

Novi model praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima

Mikulić, Iva

Doctoral thesis / Disertacija

2021

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:235:648693>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Iva Mikulić

NOVI MODEL PRAĆENJA UČINKOVITOSTI LJUDSKIH ČIMBENIKA U PROCESIMA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2021.



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Iva Mikulić

NOVI MODEL PRAĆENJA UČINKOVITOSTI LJUDSKIH ČIMBENIKA U PROCESIMA

DOKTORSKI RAD

Mentor:
prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Zagreb, 2021.



University of Zagreb

Faculty of mechanical engineering and naval architecture

Iva Mikulić

A NOVEL MODEL FOR MONITORING THE HUMAN FACTOR EFFICIENCY IN PROCESSES

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisor:
Nedeljko Štefanić, PhD Full Professor

Zagreb, 2021.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

<i>UDK:</i>	005.336.1:658
<i>Ključne riječi:</i>	<i>ljudski čimbenici, učinkovitost, stanice za tehnički pregled vozila, strukturalno modeliranje, PLS-SEM, praćenje rada, procjena izvedbe, metrika, ključni pokazatelji uspješnosti, vitki koncept, digitalizacija, industrija 4.0, beskontaktno praćenje, RFID tehnologija</i>
<i>Znanstveno područje:</i>	<i>tehničke znanosti</i>
<i>Znanstveno polje:</i>	<i>strojarstvo</i>
<i>Institucija gdje je rad izrađen:</i>	<i>Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje</i>
<i>Mentor:</i>	<i>prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić</i>
<i>Broj stranica:</i>	271
<i>Broj slika:</i>	35
<i>Broj tablica:</i>	47
<i>Broj korištenih bibliografskih jedinica:</i>	229
<i>Datum obrane:</i>	26.studenog 2021.
<i>Povjerenstvo:</i>	<i>prof. dr. sc. Dragutin Lisjak (predsjednik Povjerenstva) izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner (član Povjerenstva) prof. emer. dr. sc. Ivica Veža (član Povjerenstva)</i>
<i>Institucija u kojoj je rad pohranjen:</i>	<i>Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu</i>

Zahvala

Prije svega, najveću zahvalu upućujem svom mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na vođenju kroz doktorski studij. Hvala na svim sugestijama prilikom izrade doktorskog rada, na podršci i motivaciji, te najviše od svega na razumijevanju i pomoći u ključnim trenucima.

Posebno se zahvaljujem prof. dr. sc. Dragutinu Lisjaku, predsjedniku Povjerenstva, na svim savjetima tijekom provođenja istraživanja, na vremenu utrošenom na čitanje doktorskog rada te na ugodnoj suradnji, pomoći i razumijevanju prilikom obavljanja ostalih obaveza tijekom doktorskog studija.

Puno se zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Hrvoju Cajneru, članu Povjerenstva, na pomoći i sugestijama oko analize podataka te na svim konstruktivnim savjetima te čitanju samog doktorskog rada.

Veliko hvala prof. emer. dr. sc. Ivici Veži, članu Povjerenstva, koji me svojim korisnim savjetima prilikom obrane konačne teme doktorskog rada naveo na detaljnije i šire razmišljanje o samoj tematici. Zahvaljujem mu i na vremenu utrošenom na čitanje doktorskog rada.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Nikši Dubreti na pomoći kod izrade, provođenja i analize intervjua.

Neizmjernu zahvalu upućujem Upravi Centra za vozila Hrvatske na ukazanom povjerenju, podršci, razumijevanju te pružanju mogućnosti školovanja i stjecanja novog znanja na poslijediplomskom doktorskome studiju.

Hvala mojim dragim prijateljima na svim riječima ohrabrenja koje su bile veliki vjetar u leđa.

Posebnu i iskrenu zahvalu upućujem svojim roditeljima i ostalim članovima obitelji, na pružanju najveće podrške i pomoći te veliko hvala mojoj sestri Katji koja je bila veliki oslonac i motivator u zahtjevnijim trenucima. Na kraju, hvala mom Kristianu čija ljubav, podrška i pomoć olakšava ostvarivanje svakog cilja, koliko god bio zahtjevan. Hvala što vjeruješ u mene.

Sažetak

Modernizacija i digitalizacija, koje su sve veći zahtjevi društva, utječu na brojne procese. U skladu s time, moderne tehnologije mijenjaju kompletan način poslovanja kako u stručnim, tako i u znanstvenim organizacijama. Iako je primjena softvera i bežične povezanosti u početku bila svojstvena isključivo proizvodnoj djelatnosti, u posljednje vrijeme sve je važnija za upravljanje različitim poslovnim procesima. Ovaj doktorski rad prikazuje primjenu takvih rješenja unutar procesa donošenja odluka, pri čemu je naglasak na ljudskom čimbeniku jer precizna evaluacija tog segmenta doprinosi učinkovitijem radu. Također, smisao ovog istraživanja je riješiti problem subjektivnosti. Iz tog razloga razvijen je novi model koji omogućava uspješno praćenje učinkovitosti u skladu s izvedbom. Kako bi se ostvarilo oblikovanje navedenog modela, provedena je analiza procesa te su se utvrdili potencijalni gubici prema vitkom konceptu kako bi proces bio spreman za poboljšanje.

Ključne riječi:

ljudski čimbenici, učinkovitost, stanice za tehnički pregled vozila, strukturalno modeliranje, PLS-SEM, praćenje rada, procjena izvedbe, metrika, ključni pokazatelji uspješnosti, vitki koncept, digitalizacija, industrija 4.0, beskontaktno praćenje, RFID tehnologija

Summary

Modernization and digitalization, which are society demands, effect on many processes. Accordingly, modern technologies are changing the entire way of doing business both in professional and in scientific organizations. Although the software and wireless connection application in the beginning was initially inherent solely to production industry, it has become increasingly important for various business processes managing. This thesis shows such solution application within the decision-making process, with emphasis on the human factor, because accurate evaluation of that segment of the process achieves efficient work. Moreover, the purpose of this research is solving the subjectivity problem. For this reason, the new model is developed in order to enable successful performance monitoring. In order to provide appropriate model, it is necessary to conduct the process analysis and identify all types of waste according to the lean concept for possible improvement.

Key words:

human factor, effectiveness, periodical technical inspection stations, structural equation modeling, PLS-SEM, performance monitoring, performance evaluation, metrics, KPI, Lean management, digitalization, Industry 4.0, wireless monitoring, RFID

SADRŽAJ

SADRŽAJ	8
POPIS OZNAKA	13
POPIS KRATICA	14
POPIS SLIKA	16
POPIS TABLICA.....	18
1 UVOD	20
1.1 Uvodna razmatranja.....	20
1.2 Motivacija za istraživanje	21
1.3 Ciljevi i hipoteza istraživanja	22
1.4 Metodologija i plan istraživanja	23
1.5 Očekivani znanstveni doprinos.....	25
1.6 Struktura rada	25
2 STANJE I PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	28
2.1 Područje procjene izvedbe.....	29
2.1.1 Procjena izvedbe organizacija	29
2.1.2 Procjena izvedbe ljudskog čimbenika	30
2.2 Područje vitkog upravljanja.....	38
2.3 Područje digitalnih tehnologija i koncepta industrija 4.0	44
2.4 Zaključak poglavlja	48
3 VITKO UPRAVLJANJE	51
3.1 Povijest vitkog upravljanja	51
3.2 Definicija vitkog upravljanja	55
3.3 Principi vitkog upravljanja	61
3.4 Analiza gubitaka prema vitkom upravljanju	64
3.5 Alati i metode vitkog upravljanja	68
3.5.1 VSA.....	69

3.5.2	VSM	69
3.5.3	Dijagram toka	70
3.5.4	Procesna mapa	70
3.5.5	5S	70
3.5.6	<i>Kaizen</i>	71
3.5.7	Standardizirani rad	72
3.5.8	<i>Poka-yoke</i>	72
3.5.9	„5 zašto“	73
3.5.10	A3 izvještaj	73
3.5.11	Vizualno upravljanje	74
3.5.12	Ključni pokazatelji uspješnosti	75
3.5.13	<i>Hoshin kanri</i>	75
3.6	Vitko upravljanje u neproizvodnim organizacijama	76
4	PRIMJENA DIGITALNIH RJEŠENJA U POSLOVANJU	86
4.1	Industrija 4.0	88
4.2	Digitalne tehnologije	90
4.2.1	Internet stvari	94
4.2.2	Računalstvo u oblaku	96
4.2.3	Velika količina podataka	98
4.2.4	RFID tehnologija [140]	99
4.3	Digitalizacija vitkog upravljanja	103
5	METODE PRAĆENJA IZVEDBE LJUDSKOG ČIMBENIKA U PROCESIMA	108
5.1	Definicija ljudskog čimbenika (pojamovno određenje)	109
5.2	Učinkovitost, izvedba i kvaliteta rada (pojamovno određenje)	111
5.3	Upravljanje izvedbom ljudskog čimbenika	113
5.4	Praćenje izvedbe ljudskih čimbenika	118
5.5	Analiza postojećih metoda praćenja izvedbe ljudskih čimbenika	120

5.5.1	Metode 360 i 720 stupnjeva	125
5.5.2	Metoda praćenja ključnih pokazatelja uspješnosti ljudskih čimbenika	128
5.5.3	Pregled postojećih komercijalnih softvera za praćenje i procjenu rada ljudskih čimbenika	130
6	RAZVOJ I OBLIKOVANJE NOVOG MODELA PRAĆENJA UČINKOVITOSTI LJUDSKIH ČIMBENIKA U PROCESIMA	134
6.1	Zašto novi model?	134
6.2	Osnovna struktura modela	135
6.3	Prvi segment modela – ljudski čimbenik.....	137
6.4	Drugi segment modela - vitko upravljanje	138
6.4.1	Analiza postojećeg procesa i načina rada.....	138
6.4.2	Utvrđivanje gubitaka s obzirom na ljudski čimbenik.....	138
6.5	Treći segment modela - primjena KPI-eva za definiranje i praćenje učinkovitog rada	141
6.5.1	Odabir relevantnih podataka	141
6.5.2	Analiza i definiranje parametara primjenom multivarijatne analize podataka.	142
6.6	Četvrti segment modela - razvoj digitalnih rješenja	144
6.6.1	Primjena aplikacijskih rješenja za analizu i obradu podataka.....	144
6.6.2	Primjena adekvatne tehnologije za eliminiranje ili reduciranje ljudske pogreške i loše radne etike.....	145
7	TESTIRANJE MODELA NA PRIMJERU SUSTAVA TEHNIČKIH PREGLEDA ...	146
7.1	Sustav tehničkih pregleda vozila	146
7.1.1	Zakonski okvir.....	147
7.1.2	Sudionici u sustavu tehničkog pregleda	149
7.2	Proces tehničkog pregleda vozila	149
7.3	Uvjeti i kvalifikacije nadzornika tehničke ispravnosti vozila	156
7.4	Kontrola rada i praćenje učinkovitosti rada nadzornika tehničke ispravnosti vozila	156

7.5	Primjena modela praćenja učinkovitosti na primjeru rada nadzornika	157
7.5.1	Analiza procesa od strane promatrača.....	158
7.5.1.1	Provedba VSA analize procesa iz perspektive promatrača	158
7.5.1.2	Definiranje gubitaka u radnom procesu nadzornika prema vitkom konceptu od strane promatrača.....	160
7.5.2	Analiza procesa od strane sudionika provedbom intervjua.....	162
7.5.2.1	Odabir ispitanika.....	163
7.5.2.2	Provedba intervjua	164
7.5.2.3	Analiza intervjua.....	169
7.5.2.3.1	Najteži dijelovi tehničkog pregleda	170
7.5.2.3.2	Primjena tehnologije u postupku tehničkog pregleda	171
7.5.2.3.3	Subjektivne procjene pri donošenju odluke o tehničkoj ispravnosti	171
7.5.2.3.4	Kvaliteta pri provođenju tehničkog pregleda.....	172
7.5.2.4	Definiranje gubitaka u radnom procesu nadzornika iz perspektive sudionika	174
7.5.3	Definiranje podataka relevantnih za praćenje rada nadzornika te njegove učinkovitosti.....	176
7.5.3.1	Podaci o kvalifikacijama i predispozicijama nadzornika.....	176
7.5.3.2	Podaci o načinu rada nadzornika i njegovu pristupu radu	176
7.5.3.3	Podaci o učinkovitom radu nadzornika	177
7.5.4	PLS-SEM metoda [213]	177
7.5.5	Procjena rezultata mjernog i strukturalnog PLS-SEM modela [213].....	182
7.5.5.1	Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela.....	183
7.5.5.2	Procjena rezultata strukturalnog modela.....	187
7.5.6	Oblikovanje i rezultati PLS-SEM modela.....	190
7.5.6.1	Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina).....	191
7.5.6.2	Analiza rezultata inicijalnog PLS-SEM modela (2017. godina)	194
7.5.6.3	Analiza rezultata konačnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika	195
7.5.6.3.1	Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela	197
7.5.6.3.2	Procjena rezultata strukturalnog modela	199
7.5.7	Implementacija digitalnih rješenja	202
7.5.7.1	Izrada aplikacijskog rješenja za obradu, analizu i praćenje podataka o radu nadzornika u realnom vremenu	202
7.5.7.2	Oblikovanje i implementacija sustava za prikupljanje i prijenos podataka pomoću RFID tehnologije	205

8	PROCES NAKON PRIMJENE <i>LEHID</i> MODELA	210
8.1	Usporedba varijabli PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika za tri promatrane godine	210
8.2	Primjena PLS-SEM metode na podacima iz 2018. i 2019. godine	213
8.2.1	Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina)	213
8.2.2	Analiza rezultata inicijalnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina)	214
8.2.3	Analiza rezultata konačnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)	215
8.2.3.1	Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela (2018. godina)	216
8.2.3.2	Procjena rezultata strukturalnog modela (2018. godina)	218
8.2.4	Inicijalni i korigirani PLS-SEM modeli učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)	220
8.2.5	Analiza rezultata korigiranog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)	221
8.2.6	Analiza rezultata konačnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)	222
8.2.6.1	Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela (2019. godina)	223
8.2.6.2	Procjena rezultata strukturalnog modela (2019. godina)	224
8.3	Analiza i usporedba dobivenih PLS-SEM rezultata	227
9	ZAKLJUČAK	230
9.1	Ostvareni ciljevi doktorskog rada	232
9.2	Potvrda hipoteze doktorskog rada	233
9.3	Ostvareni znanstveni doprinos doktorskog rada	233
9.4	Dodatna postignuća doktorskog rada	234
9.5	Ograničenja postojećeg i smjernice za buduća istraživanja	235
	Popis literature	237
	PRILOZI	256

POPIS OZNAKA

Svi korišteni simboli i oznake objašnjeni su na mjestu pojavljivanja unutar teksta doktorskog rada.

POPIS KRATICA

AHP	Analitički hijerarhijski proces (engl. <i>Analytical Hierarchy Process</i>)
ANOVA	Analiza varijance (engl. <i>Analysis of Variance</i>)
ANP	Analitički mrežni proces (engl. <i>Analytic Network Process</i>)
AVE	Izvučena prosječna varijanca (engl. <i>Average Variance Extracted</i>)
BARS	Ljestvica ponašajnih očekivanja (engl. <i>Behaviorally Anchored Rating Scales</i>)
BDA	Analiza velike količine podataka (engl. <i>Big Data Analysis</i>)
BSC	engl. <i>Balanced Scorecard</i>
CB-SEM	Modeliranje strukturalnih jednadžbi koje se temelji na kovarijanci (engl. <i>Covariance Based – Structural Equation Modeling</i>)
CC	Računalstvo u oblaku (engl. <i>Cloud Computing</i>)
CFA-SEM	Modeliranje strukturalnih jednadžbi primjenom konfirmatorne faktorske analize (engl. <i>Confirmatory factorial analysis structural equation modeling</i>)
CPS	Kibernetičko-fizikalni sustavi (engl. <i>Cyber-Physical System</i>)
CWB	Veći broj nepoželjnih organizacijskih ponašanja (engl. <i>Counterproductive Work Behaviors</i>)
ERP	Planiranje resursa tvrtke (engl. <i>Enterprise Resource Planning</i>)
HRA	Računovodstvo ljudskih potencijala (engl. <i>Human Resource Accounting</i>)
HTMT	engl. <i>Heterotrait-monotrait ratio of correlations</i>
I4.0	Industrija 4.0 (engl. <i>Industry 4.0</i>)
IMVP	engl. <i>International Motor Vehicle Program</i>
IoT	Internet stvari (engl. <i>Internet of Things</i>)
IT	Informacijske tehnologije (engl. <i>Information Technology</i>)
JIT	Točno na vrijeme (engl. <i>Just in Time</i>)
KPI	Ključni pokazatelji uspješnosti (engl. <i>Key Performance Indicators</i>)
MBO	Upravljanje ciljevima (engl. <i>Management by Object</i>)
NVAA	Aktivnosti koje ne donose vrijednost, ali su nužne (engl. <i>Non Value Added Activity</i>)
OA	Osobni automobil

PLS-SEM	Modeliranje strukturalnih jednadžbi metodom parcijalnih najmanjih kvadrata (engl. <i>Partial Least Squares – Structural Equation Modeling</i>)
RFID	Radiofrekvencijska tehnologija identifikacije (engl. <i>Radio-frequency Identification</i>)
SEM	Modeliranje strukturalnih jednadžbi (engl. <i>Structural Equation Modeling</i>)
SPMS	Sustavi strateškog mjerenja izvedbe (engl. <i>Strategic performance measurement systems</i>)
STP	Stanica za tehnički pregled
TP	Tehnički pregled
TPS	Toyotin proizvodni sustav (engl. <i>Toyota Production System</i>)
TQM	Upravljanje ukupnom kvalitetom (engl. <i>Total Quality Management</i>)
VAA	Aktivnosti koje donose vrijednost (engl. <i>Value Added Activity</i>)
VIF	Faktor inflacije varijance (engl. <i>Variance Inflation Factor</i>)
VPN	Virtualna privatna mreža (engl. <i>Virtual Private Network</i>)
VSA	Analiza toka vrijednosti (engl. <i>Value Stream Analysis</i>)
VSM	Mapiranje toka vrijednosti (engl. <i>Value Stream Mapping</i>)
WA	Aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak (engl. <i>Waste Activity</i>)

POPIS SLIKA

Slika 1. Ukupan broj analizirane literature po područjima istraživanja	28
Slika 2. Prikaz ključnih barijera primjene vitkog upravljanja [67]	44
Slika 3. Prikaz Toyotina proizvodnog sustava [95]	52
Slika 4. Povijest vitkog upravljanja [90], [96]	55
Slika 5. Prikaz metoda kontinuiranog unaprjeđenja [65]	56
Slika 6. Pet principa vitkog upravljanja	62
Slika 7. Devet gubitaka vitkog upravljanja	65
Slika 8. Izgled A3 izvještaja.....	74
Slika 9. Nastanak industrije 4.0 [72]	91
Slika 10. 5C arhitektura za CPS implementaciju [130].....	93
Slika 11. Prikaz RFID sustava [162]	101
Slika 12. Opseg ljudskih čimbenika [170]	109
Slika 13. Prikaz modela <i>9-box grid</i> [188]	122
Slika 14. Pregledni model metode 720 stupnjeva [196].....	127
Slika 15. Prikaz strukture novog modela praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima	136
Slika 16. Tijek poslovnog procesa tehničkog pregleda [215]	150
Slika 17. Tijek procesa tehničkog pregleda vozila 2017. godine.....	154
Slika 18. Tijek procesa tehničkog pregleda vozila 2018. godine.....	155
Slika 19. Jednostavni prikaz modela putanje [213].....	178
Slika 20. Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina).....	192
Slika 21. Korigirani PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina)	195
Slika 22. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina).....	197
Slika 23. <i>Bootstrap</i> metoda primijenjena na konačnom modelu PLS-SEM (2017. godina) .	200
Slika 24. Sučelje aplikacijskog rješenja za obradu, analizu i praćenje podataka [226]	204
Slika 25. Prikaz implementiranog RFID sustava	206
Slika 26. RFID kartica i čitač [227]	207
Slika 27. RFID uređaj postavljen na uređaj za mjerenje sila kočenja [227]	207
Slika 28. RFID uređaj postavljen na analizator ispušnih plinova [227].....	208
Slika 29. Uređaj KALI1 za mjerenje vrelišta kočne tekućine s mogućnošću RFID načina prijenosa podataka [228]	208
Slika 30. Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina).....	214

Slika 31. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina).....	215
Slika 32. <i>Bootstrap</i> metoda primijenjena na konačnom modelu (2018. godina).....	219
Slika 33. Korigirani PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)	221
Slika 34. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina).....	223
Slika 35. <i>Bootstrap</i> metoda primijenjena na konačnom PLS-SEM modelu (2019. godina) .	226

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba tehničkih i ljudskih elemenata TPS-a [111].....	60
Tablica 2. Usporedba gubitaka u uslužnom i proizvodnom kontekstu prema [42].....	81
Tablica 3. Utvrđeni gubici u RBI projektima prema [133]	82
Tablica 4. Usporedba osnovnih tipova gubitaka s onima u neproizvodnom okruženju	84
Tablica 5. Prednosti i nedostaci digitalnog upravljanja [82].....	87
Tablica 6. Prednosti i nedostaci metode 360 stupnjeva [194].....	126
Tablica 7. Gubici u neproizvodnim djelatnostima s obzirom na rad ljudskog čimbenika	139
Tablica 8. Vrste multivarijatne analize podataka [213]	143
Tablica 9. Prikaz sklopova koji su se pregledavali sukladno Pravilniku o tehničkim pregledima vozila (NN, broj 148/08 i 36/10).....	151
Tablica 10. Prikaz sklopova koji se pregledavaju sukladno Pravilniku o tehničkim pregledima vozila (NN, broj 16/18 i 63/19).....	151
Tablica 11. Prikaz potprocesa TP i pripadajućih aktivnosti.....	158
Tablica 12. VSA tijekom procesa tehničkog pregleda	159
Tablica 13. Mogući gubici u radnom procesu nadzornika od strane promatrača.....	161
Tablica 14. Opis ispitanika koji su sudjelovali u provedbi intervjua	164
Tablica 15. Analiza pitanja iz intervjua	165
Tablica 16. Utvrđeni gubici u radnom procesu nadzornika iz njihove perspektive	175
Tablica 17. Ključne karakteristike PLS-SEM metode [213].....	180
Tablica 18. Matrica vanjskih opterećenja za korigirani PLS-SEM model (2017. godina)	196
Tablica 19. Kompozitna pouzdanost (ρ) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina).....	197
Tablica 20. Konvergentna valjanost (AVE) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)....	198
Tablica 21. Diskriminantna valjanost (HTMT) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)	199
Tablica 22. Procjena kolinearnosti (VIF) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina).....	199
Tablica 23. Koeficijenti putanje konačnog PLS-SEM modela (2017. godina).....	200
Tablica 24. Rezultati <i>bootstrap</i> metode za konačni model PLS-SEM (2017. godina)	200
Tablica 25. Koeficijenti determinacije (R^2) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)	201
Tablica 26. Veličina utjecaja (f^2) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)	201
Tablica 27. Usporedni prikaz vrijednosti promatranih varijabli za tri promatrane godine	210
Tablica 28. Matrica vanjskih opterećenja za inicijalni PLS-SEM model (2018. godina).....	214
Tablica 29. Matrica vanjskih opterećenja za konačni PLS-SEM model (2018. godina)	216

Tablica 30. Kompozitna pouzdanost (ρ) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina).....	216
Tablica 31. Konvergentna valjanost (AVE) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)....	217
Tablica 32. Diskriminantna valjanost (HTMT) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)	217
Tablica 33. Procjena kolinearnosti (VIF) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina).....	218
Tablica 34. Koeficijenti putanje konačnog PLS-SEM modela (2018. godina).....	218
Tablica 35. Rezultati <i>bootstrap</i> metode za konačni PLS-SEM model (2018. godina)	219
Tablica 36. Koeficijenti determinacije (R^2) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)	219
Tablica 37. Veličina utjecaja (f^2) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)	220
Tablica 38. Matrica vanjskih opterećenja za korigirani PLS-SEM model (2019. godina)	221
Tablica 39. Kompozitna pouzdanost (ρ) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina).....	223
Tablica 40. Konvergentna valjanost (AVE) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)....	224
Tablica 41. Diskriminantna valjanost (HTMT) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)	224
Tablica 42. Procjena kolinearnosti (VIF) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina).....	225
Tablica 43. Koeficijenti putanje konačnog PLS-SEM modela (2019. godina).....	225
Tablica 44. Rezultati <i>bootstrap</i> metode za konačni PLS-SEM model (2019. godina)	226
Tablica 45. Koeficijenti determinacije (R^2) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)	226
Tablica 46. Veličina utjecaja (f^2) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)	227
Tablica 47. Broj manifestnih varijabli po latentnim varijablama za tri analizirana modela ..	229

1 UVOD

Na samom početku poglavlja analizirano je stanje u svijetu u kontekstu globalizacije, unaprjeđenja poslovanja i digitalizacije procesa. Objašnjena je motivacija koja je bila temelj i misao vodilja provedenog istraživanja te su postavljeni ciljevi i hipoteza rada. Nadalje, analizirana je metodologija i plan istraživanja te očekivani znanstveni doprinosi. Na kraju uvodnog dijela prikazana je struktura doktorskog rada.

1.1 Uvodna razmatranja

Posljednjih godina tehnološki noviteti diktiraju promjene u različitim područjima života. Evidentna je potreba za poboljšavanjem i zadovoljavanjem svih zahtjeva potrošača i korisnika usluga, što je posebno naglašeno u proizvodnoj i uslužnoj djelatnosti. Kako bi se održale u današnjem svijetu, organizacije moraju unaprjeđivati svoje procese, sustave i tehnologije. Na taj način održavaju dinamičnost i fleksibilnost, koje su preduvjeti uspješnog poslovanja [1].

Fleksibilnost je važna zbog sve veće usmjerenosti na konkurentnost i kreativnost, što podrazumijeva veliki broj novih prijedloga, ideja i inovativnosti. Cilj je takvih promjena olakšati, ubrzati i poboljšati tijek aktivnosti, a neki od rezultata su smanjenje nepotrebnih troškova, vremena, pogrešaka te veća produktivnost.

Globalni napredak tehnologije i novi načini obrade podataka pokreću promjene unutar različitih područja poslovanja [2]. Razvoj novih opcija u informacijskim tehnologijama pružio je izazov postojećim procesima uvođenjem inovativnih i disruptivnih modela [3]. U skladu s time, unaprjeđenje postojećih procesa te njihova modernizacija i digitalizacija kroz digitalnu transformaciju sve su veći zahtjevi za uspješno djelovanje organizacija unutar različitih područja poslovanja. Međutim, potreba za provođenjem navedenih promjena nije vezana samo uz tehnološku infrastrukturu organizacija, nego i uz procedure koje imaju utjecaj na rad zaposlenika. Digitalna rješenja i velika količina dostupnih podataka pružaju beskonačne mogućnosti u aspektu kontrole rada zaposlenika. No, istodobno je i cilj i veliki izazov iskoristiti ih na optimalan način kako bi pružene mogućnosti postale prednosti, a ne nedostaci.

Navedeno razmišljanje koje teži što manjem broju pogrešaka, sve većoj produktivnosti i ostvarivanju optimalnih procesa odlikuje vitko upravljanje (engl. *Lean management*), metodu koja se već desetljećima primjenjuje u aspektu unaprjeđenja i optimizacije procesa. Iako je metoda razvijena i većinom primjenjivana u proizvodnom okruženju, brojni autori u svojim istraživanjima implementiraju je u uslužnim djelatnostima te u brojnim neproizvodnim organizacijama. Unatoč tome što je većina organizacija primjenjuje s ciljem povećanja konkurentnosti, glavni je cilj metode poboljšavanje procesa. Zbog toga se sve više primjenjuje i u javnom sektoru, kako bi strankama olakšala izvršavanje građanskih obveza te smanjila nepotrebne pokrete i nepotrebne administracijsko-birokracijske procedure.

Budući da se metoda vitkog upravljanja primjenjuje već desetljećima, veliki broj istraživanja smatra se temeljem za primjenu različitih informatičkih i tehnoloških rješenja. Odnosno, vitko upravljanje pomaže organizacijama pripremiti se za digitalnu transformaciju [4]. Prema tome, u ovom će se doktorskom radu, između ostaloga, istražiti mogućnosti primjene vitkog razmišljanja u kombinaciji s implementacijom digitalnih rješenja; njihovom integracijom u koncept digitalno-vitkog upravljanja (engl. *Digital Lean*), a istodobnim usmjeravanjem na važnost analize podataka i definiranja ključnih parametara koji karakteriziraju učinkovit rad ljudskog čimbenika.

1.2 Motivacija za istraživanje

Analizom relevantnih literaturnih izvora, koja je detaljnije prikazana u sljedećem poglavlju – 2. *Stanje i pregled dosadašnjih istraživanja*, može se utvrditi kako je područje istraživanja koje se odnosi na unaprjeđenje i preoblikovanje procesa unutar organizacija implementacijom različitih metodoloških te tehnoloških rješenja iznimno opsežno. Međutim, pozornost se većinom pridaje analizi i istraživanju poslovanja organizacije te ispunjavanju organizacijskih ciljeva. U skladu s time, prevladavaju istraživanja provedena u proizvodnom okruženju.

Kako su zaposlenici temelj svake organizacije (proizvodne i neproizvodne) i nositelji poslovanja, evidentno je kako je potrebno uložiti dodatne napore za oblikovanje metoda koje omogućuju praćenje njihovog rada. Uspješnom evaluacijom i unaprjeđenjem njihovog rada, u konačnici se dolazi do unaprjeđenja cjelokupnog poslovanja. Takve metode su izuzetno bitne u onim djelatnostima gdje nestručan i neetičan rad zaposlenika može utjecati na sigurnost i kvalitetu ljudskih života.

Potonje, kao motivacija za ovo istraživanje, je proizašlo iz autorovog osobnog iskustva pri radu u sustavu tehničkih pregleda vozila. Kao početnik na svom radnom mjestu, autor je na samom početku svog rada u ulozi promatrača imao mogućnost objektivno i realno sagledati sve procese te utvrditi one najočitije i najopćenitije pogreške pri radu, kako slučajne tako i namjerne. S vremenom i aktivnim sudjelovanjem u promatranim procesima, otvorila se mogućnost da detaljno utvrdi „slabe“ točke rada.

Prilikom provođenja tehničkih pregleda zaposlenici stanice za tehnički pregled koji rade na radnom mjestu nadzornika tehničke ispravnosti vozila su ključan čimbenik prilikom donošenja odluke o tehničkoj ispravnosti pregledanog vozila. Kako je djelatnost provođenja tehničkih pregleda vozila djelatnost od općeg interesa te ista izravno utječe na sigurnost prometa na cestama, navedena tematika istraživanja i primjena na studiji slučaja praćenja učinkovitosti rada nadzornika tehničke ispravnosti vozila je od iznimne važnosti.

1.3 Ciljevi i hipoteza istraživanja

U skladu s navedenom motivacijom za istraživanje i analizom područja istraživanja, prikazanom u sljedećem poglavlju, utvrđuju se ciljevi doktorskog rada:

- Primjenom Vitkog razmišljanja definirat će se koncept analize gubitaka s naglaskom na aktivnosti čovjeka, odnosno ljudskog čimbenika unutar procesa rada.
- Utvrdit će se način određivanja parametara koji utječu na rad ljudskog čimbenika u procesima i koji će poslužiti kao temelj za razvijanje modela.
- Pomoću definiranih parametara razvit će se model koji će omogućiti praćenje i poboljšanje učinkovitosti ljudskog čimbenika unutar različitih procesa.
- Pomoću razvijenog modela optimizirat će se parametri, prikazat će se način postizanja poboljšanja koristeći dostupne podatke te će se prikazati usporedba vrijednosti promatranih parametara kroz tri odabrane godine implementacije novog modela.

Postavlja se sljedeća hipoteza istraživanja:

Razvijenim „Novim modelom praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima“ unaprijedit će se učinkovitost procesa donošenja odluka, omogućit će se veća transparentnost te će se osigurati donošenje optimalnih odluka u realnom vremenu.

Oblikovani novi model praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima primijenit će se na studiji slučaja - na primjeru sustava tehničkog pregleda, odnosno na procesu praćenja rada nadzornika tehničke ispravnosti vozila.

1.4 Metodologija i plan istraživanja

Iako je doktorski rad temeljen na studiji slučaja praćenja učinkovitosti rada nadzornika, jasno će se naznačiti sama problematika područja istraživanja i ponuditi rješenje u pogledu predloženog univerzalnog modela koji, ovisno o području primjene, može biti podložan izmjeni.

Kako bi se ostvarili prethodno definirani ciljevi, podloga za izradu samog rada, a jednako tako i prva faza rada će biti istraživanje relevantne znanstvene literature unutar adekvatnih baza znanstvenih radova u samom području istraživanja s naglaskom na analizu gubitaka unutar procesa prema Vitkoj metodi, ali s obzirom na rad čovjeka te ekvivalentno, utjecaj ljudskog čimbenika prilikom donošenja odluka unutar procesa rada. Osim toga, kako već postoje pojedine aplikacije i softveri za praćenje rada zaposlenika, detaljnije će se istražiti njihovi nedostaci.

Druga faza rada će uključivati analizu procesa u okviru koje će se provesti identifikacija tipova gubitaka uzimajući u obzir ljudski čimbenik, koji se u znanstvenoj literaturi u sklopu Vitkog koncepta navode prvenstveno u proizvodnom kontekstu, a u posljednje vrijeme i u uslužnom kontekstu. U ovoj fazi rada će se formirati konceptualni model analize gubitaka primjenjiv u različitim djelatnostima i tipovima organizacija koji stavljaju naglasak na čovjeka. Analiza gubitaka će se provesti iz dvije perspektive, od strane promatrača i od strane sudionika u procesu. Naglasak će biti stavljen na rješavanje pitanja subjektivnosti koju je teško ocjenjivati te koja vrlo često uzrokuje veliki broj grešaka u procesu, tzv. ljudske pogreške.

Treća faza će uključivati oblikovanje modela za praćenje učinkovitosti rada s obzirom na ljudski čimbenik. Prve dvije faze istraživanja će poslužiti kao osnova za definiranje predloženog modela i uvid u područje istraživanja. Predloženi preliminarni model će se sastojati od nekoliko pristupa i područja djelovanja, koja u nastavku istraživanja mogu biti podložna izmjeni sukladno pregledu literature, a odnose se na: zakonsku regulativu, Vitki pristup, analizu podataka i modernu tehnologiju. Iako su svi sastavni dijelovi modela međusobno nezavisni, s ciljem ostvarivanja učinkovitog modela, potrebno je ostvariti njihovu sinergiju. Pomoću njega će biti moguće utvrditi od kojih se sve sastavnih dijelova proces sastoji, koji su sudionici, aktivnosti, parametri te koja su zakonska ograničenja njegovom unaprjeđenju i uvođenju adekvatnih promjena u aspektu primjene prikladnih tehnologija za praćenje njihove učinkovitosti. U sklopu ove faze definiranja modela, razmotrit će se uvjeti, odnosno pravila koja ukazuju na učinkovit, odnosno neučinkovit rad zaposlenika u stanicama za tehnički pregled vozila kako bi se precizno odredili parametri koje je potrebno utvrditi i analizirati.

Četvrta faza rada će se provesti kroz prikupljanje velike količine podataka koji se svakodnevno prikupljaju tijekom rada i određivanje parametara koji utječu na donošenje odluke u procesu pri čemu će se razgraničiti na koje parametre utječe ljudski čimbenik, odnosno subjektivan dojam, što predstavlja unutarnje faktore, a na koje vanjski faktori. Kako bi se precizno odredilo koji od parametara imaju utjecaj te koje je potrebno pratiti pri evaluaciji učinkovitosti rada zaposlenika, u sklopu istraživanja će se provesti statistička analiza navedene velike količine podataka, primjenom metode strukturalnog modeliranja. Definirani parametri će ustvari predstavljati faktore koji će upućivati na samu učinkovitost zaposlenika unutar procesa rada te će se smatrati indikatorima koji će omogućiti praćenje njihove učinkovitosti na temelju prethodno oblikovanog modela.

Petom fazom će se prikazati moguća optimizacija parametara procesa kroz prijedloge za poboljšanje te kroz digitalizaciju procesa primjenjujući tehnologiju u okviru koncepta Industrije 4.0. Kroz optimizaciju procesa i prijedlog mogućih promjena će se ostvariti preduvjet za što veću kvalitetu rada i smanjenje subjektivnosti. Osim toga, u sklopu pete faze istraživanja oblikovat će se aplikacijski model koji će adekvatnom metodom analize podataka iz baze podataka omogućiti numerički prikaz performansi svakog zaposlenika kroz određeni period s obzirom na prosječnu referentnu vrijednost.

U šestoj fazi istraživanja provest će se testiranje modela te usporedba prethodnog i novog načina odvijanja procesa kroz evaluaciju učinkovitosti ljudskih čimbenika unutar procesa, što u konačnici rezultira učinkovitošću samog procesa te prikazuje koliki utjecaj pojedini parametri imaju na ishod. Validacija modela će se provesti na primjeru analize procesa rada i donošenja odluka zaposlenika stanica za tehničke preglede vozila koji će biti ispitanici u sklopu istraživanja. U tu svrhu će biti potrebno provesti određeno vrijeme u stanici za tehnički pregled vozila radi promatranja i mjerenja tipičnih poslova i procesa koji se tamo svakodnevno obavljaju.

1.5 Očekivani znanstveni doprinos

Izradom ovog doktorskog rada očekuju se sljedeći znanstveni doprinosi:

- Razvit će se koncept određivanja gubitaka u procesima gdje je naglasak na ljudskom čimbeniku.
- Novi model praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika moći će se primijeniti u različitim područjima djelovanja gdje se nazire potreba za donošenjem kvalitetnih odluka koje su često subjektivne, a čime će se ostvariti univerzalnost modela.
- Razvijeni novi model će smanjiti autonomiju u procesima čime će se ostvariti veća produktivnost procesa.

1.6 Struktura rada

Prvo uvodno poglavlje rada prikazuje trenutne evidentne spoznaje u svijetu te u dosadašnjem radnom iskustvu autora, koje su poslužile kao motivacija za istraživanje. Osim toga, navedeni su prethodno definirani ciljevi i hipoteza rada, metodologija i plan istraživanja te u konačnici očekivani znanstveni doprinos kojim se krenulo u provođenje samog istraživanja.

Drugo poglavlje daje uvid u trenutačno stanje relevantnih i recentnih istraživanja u tri zasebna područja istraživanja – procjena izvedbe, Vitko upravljanje te digitalne tehnologije i Industrija 4.0. Poglavlje završava objedinjenim ključnim rezultatima istraživanja svakog područja i mišljenja pojedinih autora, tvoreći zaključke koji su u skladu s interdisciplinarnom karakteristikom teme ovog doktorskog rada.

Treće poglavlje prikazuje detaljni pregled i analizu metode Vitkog upravljanja. Obuhvaća njen povijesni razvoj, definiciju Vitkog razmišljanja koje karakterizira Vitko upravljanje, analizu gubitaka u procesima te osnovne principe i alate koji se primjenjuju u istraživanjima. Navedeni dijelovi poglavlja su prikazani i objašnjeni u svom prvotnom obliku koji se odnosi na proizvodno okruženje. Međutim, posljednji dio poglavlja utvrđuje saznanja dobivena analizom literature u području primjene Vitkog upravljanja u neproizvodnim organizacijama, pretežito u uslužnoj djelatnosti.

Četvrto poglavlje detaljno razrađuje recentnu temu primjene digitalnih rješenja u poslovanju. Poglavlje opisuje povijest i razvoj digitalnih koncepata sve do razvoja koncepta Industrije 4.0. Navode se brojne digitalne tehnologije koje se u posljednje vrijeme često implementiraju unutar provedenih istraživanja te u sklopu unaprjeđenja poslovanja. Također, obrađeno je područje digitalno-vitkog upravljanja čija kombinacija se sve više istražuje i primjenjuje. Posebno je istraženo i definirano područje primjene beskontaktna RFID tehnologije, koja je sastavni dio novog modela.

Peto poglavlje sadrži definiciju osnovnih pojmova koji su ključni za razumijevanje razvoja novog modela, a odnosi se na ljudski čimbenik, izvedbu, praćenje izvedbe, procjenu izvedbe te upravljanje izvedbom. Također, u poglavlju se definira učinkovitost i kvalitetan rad. U nastavku se analizira stanje istraživanja i navode se postojeće metode procjene izvedbe zaposlenika koje se primjenjuju prilikom analize rada zaposlenika.

Na temelju detaljno razrađenog područja istraživanja i utvrđenih spoznaja, u šestom poglavlju je oblikovan novi model praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika. Prikazani su razlozi oblikovanja modela i temeljna struktura univerzalnog modela. Zatim su segment po segment analizirani dijelovi modela – ljudski čimbenik, primjena Vitkog razmišljanja, definiranje parametara te u konačnici razvoj digitalnih rješenja. Šesto poglavlje karakterizira tendencija da oblikovani model bude univerzalan, odnosno da se može primijeniti u različitim područjima djelovanja.

U sedmom poglavlju je prikazano testiranje oblikovanog modela na studiji slučaja praćenja rada nadzornika za tehničku ispravnost vozila u sklopu sustava tehničkih pregleda vozila. Između ostaloga, definiran je sustav tehničkih pregleda, djelatnost koju obuhvaća te je prikazan tijek

procesa tehničkog pregleda vozila. Navedene su potrebne kvalifikacije i uvjeti koje nadzornici tehničke ispravnosti vozila moraju ispunjavati. Također, analiziran je proces kontrole rada i dosadašnji način praćenja učinkovitosti njihovog rada. Poseban je naglasak stavljen na probleme koji se uočavaju u njihovom radu. Naglasak je stavljen na multivarijatne analize podataka. Posebno se istražuje metoda strukturalnog modeliranja. Prikazuje se njena povijest, vrste varijabli koje se primjenjuju u metodi, podvrste strukturalnih modela te odabir odgovarajućeg softverskog rješenja. Razvija se inicijalni model na podacima iz 2017. godine koji ukazuje na utjecajne parametre i faktore prilikom procjene učinkovitosti nadzornika te se sukladno ostvarenim rezultatima model korigira. Na kraju je prikazana implementacija digitalnih rješenja.

Osmo poglavlje prikazuje proces nakon primjene modela kroz validaciju i verifikaciju modela praćenjem rezultata rada nadzornika u tri vremenske točke – 2017., 2018. i 2019. Također su posebno razvijeni modeli te analizirani metodom strukturalnog modeliranja za 2018. i 2019. godinu u svrhu analize i usporedbe dobivenih vrijednosti s 2017. godinom.

U zaključku su prokomentirani rezultati provedenog istraživanja, navedeni su ostvareni ciljevi doktorskog rada i potvrda hipoteze. Također, navedeni su ostvareni znanstveni doprinosi doktorskog rada te ograničenja istraživanja i buduća istraživanja.

2 STANJE I PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Prva faza rada obuhvatila je pretraživanje znanstvene literature u samom području istraživanja. Pregled i analiza dostupne literature provodila se od 2017. do 2020. godine pretragom relevantnih znanstvenih baza Web of science i Scopus. Pretraga je proširena i na pregled web-stranice ResearchGate, u sklopu koje brojni autori dijele svoje objavljene recenzirane radove te pokreću rasprave na određene teme, gdje dijele svoje istraživačke spoznaje i iskustva.

Pretraživale su se sljedeće ključne riječi: human factor, performance monitoring, performance evaluation, performance appraisal, performance management, lean management, Key Performance Indicator, lean service, digital lean, Industry 4.0, RFID, work quality, effectiveness, structural equation modeling and PLS-SEM.



Slika 1. Ukupan broj analizirane literature po područjima istraživanja

Ukupno je analiziran 271 rad, uključujući znanstvene članke, stručne članke i knjige. Prikupljena je literatura radi kasnijeg lakšeg sortiranja podijeljena u **tri područja istraživanja** – procjena izvedbe i ljudski čimbenik (104 rada), Vitko upravljanje (126 radova) te digitalizacija i industrija 4.0 (41 rad). Prethodno navedeno prikazuje slika 1.

2.1 Područje procjene izvedbe

U području procjene izvedbe analizirani su radovi koji se odnose na dva načina procjene izvedbe unutar organizacija. Prvi način odnosi se na procjenu izvedbe potpunog poslovanja organizacije, a drugi način podrazumijeva procjenu izvedbe ljudskog čimbenika, odnosno ljudskih potencijala. Oba su načina bitna prilikom praćenja rada i težnje k ostvarivanju uspješnog poslovanja te su prema tome adekvatno analizirani u nastavku poglavlja.

2.1.1 Procjena izvedbe organizacija

Prema [5], metode mjerenja izvedbe su područje interesa brojnih istraživača. ISO 9001:2008 jasno određuje mjerenje izvedbe kao dio zahtjeva broj osam. Sustav mjerenja izvedbe može se definirati kao skup metrike čija je svrha primjene kvantificiranje efikasnosti i efektivnosti rada. Sustavi mjerenja izvedbe razvijeni su i implementirani kao podrška ostvarivanju ciljeva organizacije. Oblikovani su na način da omogućuju praćenje izvedbe. Praćenje uključuje identifikaciju uspjeha, definiranje konačnih ciljeva u skladu s organizacijskim mogućnostima i unaprjeđivanje organizacijskog učenja.

Autori u [6] kroz opširan pregled literature prikazuju trenutno stanje u području mjerenja izvedbe i njezine implementacije. Prema provedenoj analizi, interes za mjerenje izvedbe je poprilično velik te se veliki broj radova odnosi na poslovanje i upravljanje. U nastavku su navedena pojedina istraživanja u kojima autori predlažu okvire i modele za mjerenje i praćenje izvedbe.

Prema [7], definiranje mehanizma za praćenje rada i mjerenje izvedbe organizacija ključni je dio svakog sustava upravljanja. U većini slučajeva vrijedi da ako se nešto ne može mjeriti, ne može se ni upravljati time [8]. Autori u [9] predlažu okvir koji, kombiniranjem kvalitativnih i kvantitativnih tehnika, utvrđuje status izvedbe iz prethodno definiranih ključnih pokazatelja uspješnosti (engl. *Key Performance Indicators* – KPI). Metoda se temelji na nagrađivanju i kažnjavanju te prikuplja negativne i pozitivne elemente izvedbe kako bi se izračunao sveukupni indeks zdravlja, sigurnosti i okoliša. Metodologija kao takva bila je primijenjena na studiji slučaja za mjerenje i praćenje izvedbe u tri tvrtke za bušenje, te je rezultirala spoznajom da je model primjenjiv u promatranoj industriji, no za izradu i implementaciju učinkovitog sustava potrebne su dvije-tri godine.

U radu [10] prikazan je okvir za KPI-eve kao pomoć eko-tvornicama prilikom postavljanja te traženja ekonomskih i okolišnih ciljeva, praćenja njihovih ostvarenja, upravljanja odlukama i usvajanja korektivnih radnji. Validacija okvira provedena je primjenom upitnika među industrijskim stručnjacima i akademskom zajednicom.

Očito je da nove strategije i metode upravljanja podrazumijevaju primjenu specifičnih KPI-eva, koji predstavljaju prethodno definirane parametre koji su od iznimne važnosti za mjerenje izvedbe poslovnih procesa. Prema [11], unaprjeđenje svakog KPI-a trebalo bi se reflektirati na unaprjeđenje organizacijskih ciljeva. Također, KPI-evi bi trebali biti kompatibilni sa strateškim ciljevima i funkcijskim područjima organizacije.

Autori u radu [12] naglašavaju da su KPI-evi temeljni alati upravljanja u svrhu donošenja odluka u organizacijama. U [13] prikazuju tehniku integracije *Balanced Scorecard* – BSC metode i metode analitičkog mrežnog procesa (engl. *Analytic Network Process* – ANP) primijenjene za analizu međusobnih odnosa te prikaza hijerarhijskog odnosa između pokazatelja. Na taj je način predložen novi način procjene logističkih KPI-eva iz perspektive logističara. Primjenom modela dolazi se do zaključka da su educirani zaposlenici, koji odnose 15,6 %, najvažniji pokazatelj konkurentnosti logističkih tvrtki.

U skladu s navedenim, iako je učestala i dobra praksa mjeriti i pratiti poslovanje organizacija kao cjelina, potrebno je veći fokus usmjeriti prema zaposlenicima jer su oni uistinu najvažniji pokazatelji poslovanja i uspješnosti svake organizacije.

2.1.2 Procjena izvedbe ljudskog čimbenika

Možemo zaključiti da izvedba organizacije ovisi o izvedbi zaposlenika. Ako je poslovna strategija pogrešno definirana ili se poslovno okruženje često mijenja zbog političkih promjena, utjecaj na zaposlenike je velik [14]. Prema tome, ako se pozornost usmjeri na definiranje adekvatnih ciljeva organizacije te oblikovanje preciznog sustava praćenja i procjene izvedbe, u konačnici se postiže unaprjeđenje kompletne izvedbe organizacije. Poanta je oblikovati individualne ciljeve koji su u skladu s ciljevima i strategijom organizacije. Jednako tako, važno je osigurati da proces upravljanja izvedbom usmjerava zaposlenike prema ostvarivanju organizacijskih strategija i ciljeva kroz prethodno određeno vrijeme.

Analizom literature moguće je zaključiti da je naizmjenično korištenje pojmova upravljanje izvedbom i procjena izvedbe čest kamen spoticanja. Autori u [15] navode definiciju upravljanja izvedbom (engl. *Performance management*) kao kontinuirani proces utvrđivanja, mjerenja i razvijanja izvedbe u organizacijama povezivanjem svake individualne izvedbe i ciljeva s organizacijskim ciljevima i misijom. Upravljanje izvedbom obuhvaća sve aktivnosti koje organizacija poduzima kako bi unaprijedila izvedbu zaposlenika. Počinje procjenom izvedbe i davanjem povratne informacije zaposleniku, a nastavlja se provođenjem obuka i potencijalnim nagrađivanjem [16].

U radu [17] autori istražuju novu metodu upravljanja izvedbom koja je razvijena u uslužnom okruženju za mjerenje i naglašavanje efikasnosti te efektivnosti zaposlenika i timova. Temelji se na novom kvantitativnom pristupu. Novi model koji autori predlažu povezuje individualnu izvedbu, produktivnost i nagrađivanje u integrirani okvir, a to je: upravljački program, transparentnost i kontrola ishoda. Također, predlažu ciklus efektivnog upravljanja izvedbom u četiri koraka:

- mjerenje izvedbe i izvještavanje
- nagrađivanje i prepoznavanje
- unaprjeđivanje i
- preoblikovanje organizacije, tima ili uloge.

Naglašavaju da bi se sljedeći podaci trebali uključiti u podatke koji se prate u sklopu upravljanja izvedbom, a vezani su uz upravljanje ljudskim potencijalima: radno mjesto, uloga i odgovornost, radno iskustvo, rezultati procjene izvedbe, plaća, nagrade i bonusi.

Posljednjih nekoliko godina postoje značajni dokazi koji povezuju praksu upravljanja ljudskim potencijalima s izvedbom zaposlenika [18]. Jednako je tako značajan utjecaj i na izvedbu. Pojmovi poput upravljanja ljudskim potencijalima, poslovni angažman i izvedba zaposlenika istraživani su u velikoj mjeri te je njihova prominentnost validirana u većem broju istraživanja. Evidentna je izravna povezanost izvedbe zaposlenika s izvedbom i uspjehom organizacije.

Autori u [19] primjenom deskriptivne statistike i strukturalnog modeliranja metodom parcijalnih najmanjih kvadrata (engl. *Partial least square structural equation modeling* – PLS-SEM) utvrđuju faktore koji imaju najveći utjecaj na izvedbu zaposlenika. Utvrđeni faktori su: ojačavanje zaposlenika, razvijanje njihovih kompetencija, prepoznavanje potencijala zaposlenika i uključivanje zaposlenika u posao. PLS-SEM metoda u navedenom se slučaju pokazala odličnom metodom za analizu i definiranje ključnih parametara.

Autori u [20] također su primjenom SEM metode oblikovali novi istraživački model koji ispituje odnose između faktora vezanih uz okruženje (kultura obuke, podrška upravljanja, okolišna dinamičnost i organizacijska klima), faktora vezanih uz sam posao (poslovno okruženje, autonomnost posla i poslovna komunikacija) i faktora vezanih uz zaposlenike (intrinzična motivacija, fleksibilnost vještina, razina vještina, proaktivnost, prilagodljivost i posvećenost) te njihov utjecaj na izvedbu zaposlenika. Utvrđeno je da poslovno okruženje i podrška upravljanja imaju najsnažniji utjecaj (izravni i neizravni) na poslovnu izvedbu, dok prilagodljivost i intrinzična motivacija izravno utječu na poslovnu izvedbu.

Istraživanje Elnage i Imrana navedeno u [21] klasificira izvedbu na pet elemenata: planiranje, praćenje, razvijanje, ocjenjivanje i nagrađivanje. Planiranje podrazumijeva postavljanje ciljeva, razvijanje strategija, naglašavanje zadataka i raspored za ostvarivanje ciljeva. Praćenje je faza u kojoj se zaposlenike kontinuirano kontrolira kako ispunjavaju postavljene ciljeve te im se konstantno pruža povratna informacija o njihovom radu i napretku. Praćenje također pomaže pri utvrđivanju nerealnih i problematičnih standardnih vrijednosti. Faza razvijanja omogućava zaposlenicima poboljšanje i unaprjeđenje loše izvedbe. Ocjenjivanje daje pregled izvedbe zaposlenika. Korisno je kad organizacije uspoređuju izvedbu tijekom određenog vremena ili između zaposlenika. Tijekom faze nagrađivanja imperativ je na tome da poslodavci znaju tko najbolje obavlja posao i da sukladno tome budu i adekvatno nagrađeni.

Procjena izvedbe smatra se jednim od ključnih dijelova upravljanja izvedbom. U [22] autori utvrđuju da je usko područje procjene izvedbe sa značajnim fokusom na procjenu zaposlenika usmjereno na upravljanje ljudskim potencijalima i na psihologiju, dok je šire područje upravljanja izvedbom uklopljeno u područje razvoja ljudskih potencijala. Potvrđuje se mišljenje [23] da upravljanje izvedbom može biti most između navedenih područja.

U [24] autori predlažu novi pristup mjerenja izvedbe zaposlenika u građevinskoj tvrtki primjenom dviju različitih metoda. Razlika između njih je u načinu angažiranja zaposlenika na projektima, direktno ili indirektno. Kod direktno angažiranih zaposlenika izvedba se mjeri primjenom različitih KPI-eva na različitim organizacijskim razinama. Za zaposlenike koji nisu izravno angažirani izvedba se mjeri primjenom matrice dodjeljivanja odgovornosti. Naglašavaju da je prvi korak mjerenja izvedbe vezan uz utvrđivanje poslova koje obavlja zaposlenik te definiranje mjera koje najbolje predstavljaju izvedbu tih poslova – što mjeriti. Drugi korak vezan je uz definiranje načina kvantificiranja mjera izvedbe posla – kako mjeriti. U provedenom istraživanju naglasak je na prvom koraku. Primjenom metode ostvarena je veća motiviranost zaposlenika, bitno povećanje kvalitete podataka i veća objektivnost mjerenja.

Prilikom razvijanja koncepta efektivnog procjenjivanja izvedbe, Jacobs i drugi [25] predlažu sustav koji utvrđuje sljedeće:

- svrhu (korištenje)
- kvalitetu (pravednost) i
- kvantitetu (preciznost).

Raniji radovi ukazuju na to da percepcije o procjeni izvedbe često ovise o tri međusobno povezana čimbenika – svrha za koju se procjena koristi, opseg u kojem se proces smatra pravednim i stupanj do kojeg se rezultati smatraju preciznima.

Procjena izvedbe zaposlenika u velikom se broju slučajeva temelji na prosudbi i donošenju odluka nadređenih. Iz toga proizlazi činjenica da integritet sustava ovisi o samoj prosudbi. Pogreške u prosudbi su moguće, a prema [26] sljedeće su jedne od najčešćih:

- efekt jeke, kad nadređeni promatra kako zaposlenik dobro radi jedan posao i osobu ocjenjuje visokom ocjenom na svim zadacima
- pogreška prvog dojma nastaje kad je ocjenjivanje određeno inicijalnim dojmom koji nadređeni oblikuje o zaposleniku
- efekt „slično meni“, koji nastaje kad nadređeni ocjenjuje zaposlenika višom ocjenom jer on manifestira ponašanje slično njegovu

- efekt usporedbe ili kontrasta zaposlenika, koji nastaje kad se zaposlenici procjenjuju jedan u odnosu na drugog umjesto u odnosu na specifične kriterije i standarde te
- pogreška centralne tendencije, koja nastaje kada su zaposlenici uobičajeno ocijenjeni srednjom ocjenom ljestvice.

Autori u [27] analiziraju primjenu metrike pri procjeni izvedbe zaposlenika. Naglašavaju važnost prikladne i ispravne metrike operativne izvedbe kako bi se organizacijska strategija prenijela u aktivnosti. Pojedine organizacije primjenjuju metriku u kombinaciji sa subjektivnom procjenom izvedbe, dok druge pokušavaju unaprijediti metriku integriranjem s drugim sustavima upravljanja ili dodavanjem težina u matrici. U provedenom istraživanju utvrđuju da je izvedba zaposlenika bila veća kad je metrika primijenjena u svrhe procjene, međutim, u konkretnom slučaju nije pronađen utjecaj metrike na kompenzacije i nagrade. Zaključuju da uključivanje razvijene metrike unutar praćenja izvedbe operativnih zaposlenika može dovesti do bolje izvedbe zaposlenika. Međutim, u [28] analizom utjecaja procjene izvedbe na sveukupno zadovoljstvo zaposlenika utvrđuju znatan pozitivan utjecaj na zadovoljstvo zaposlenika, koje je posljedica povezanosti rezultata izvedbe s novčanom nagradom.

Autori u [29] utvrđuju da je procjena izvedbe zaposlenika uključena u veliki broj poslovnih segmenata. Na izvedbu zaposlenika mogu utjecati brojni čimbenici, kao što su vještine, motivacija, priroda posla, odnos s organizacijom itd. Kritična je točka u svakom sustavu procjene zaposlenika subjektivnost nadređenih prilikom donošenja odluke o izvedbi zaposlenika. Zbog navedenog razloga, razvijanje, održavanje i unaprjeđivanje objektivnog sustava procjene zaposlenika nije jednostavno ni jednoznačno. Osim subjektivnosti, procjena izvedbe ljudskog čimbenika često uključuje različite vrste informacija koje su nejasne i nepotpune. U [30] predlaže se primjena neizrazite logike (engl. *Fuzzy logic*) u sklopu generiranja sustava evaluacije izvedbe zaposlenika, uzimajući u obzir različite kriterije procjene izvedbe.

Iako neizrazita logika u svakom slučaju olakšava procjenu i analizu podataka kod kojih je prisutna velika doza nepreciznosti i subjektivnosti, u predloženoj modelu također dolazi do pojave subjektivnosti kod osobe koja procjenjuje pojedine stavke modela. Računalni program nikada neće moći utvrditi sve okolnosti zbog kojih su pojedini podaci takvi kakvi jesu, te bi se zbog toga trebali koristiti isključivo kao pomoć i podrška pri donošenju zaključka, a donošenje ključne odluke trebalo bi biti na adekvatnoj stručnoj osobi. Također, u [31] autori primjenom

neizrazite logike utvrđuju da iako se koristimo navedenom metodom, opet pojedinac mora ocijeniti izvedbu u istraživanju ocjenom od 0 do 5, što ponovno dovodi do subjektivnosti. No, istraživanjem dolaze do zaključka da neizrazita logika može biti snažan alat, za razliku od tradicionalnog matematičkog modela procjene izvedbe zaposlenika. Zbog fleksibilnosti modela, omogućeno je donositelju odluka da bude neodređen, nesiguran i subjektivan prilikom procesa procjene.

U [32] autori su u okruženju automobilske industrije u odjelu nabave primijenili model procjene izvedbe s ciljem objektivnog mjerenja izvedbe zaposlenika kako bi se nosili s nejasnim podacima. Kriterij primijenjeni u modelu definirani su primjenom neizrazitih brojeva i lingvističkih varijabli te metode analitičkog hijerarhijskog procesa (engl. *Analytical Hierarchy Process* – AHP). Tri su glavna kriterija modela: donošenje odluka i vodstvo, komunikacija i odnosi te tehničke vještine.

Primjenom metode AHP u sklopu predloženog modela u konzultantskoj tvrtki srednje veličine kombiniraju relativno i apsolutno mjerenje te omogućuju rezultate sveukupne izvedbe zaposlenika primjenom jednostavnog alata MS Excela. Utvrđuju kako primjenom AHP metode subjektivni kriteriji mogu biti integrirani u hijerarhiju, što je logično, organizirano i jednostavno.

U [33] naglašavaju da proces procjene zaposlenika mora omogućiti dovoljnu razinu objektivnosti i ograničenu razinu subjektivnosti kako bi ispunio očekivanja zaposlenika. Procjenu izvedbe zaposlenika prikazuju kao problem višekriterijskog donošenja odluka. Na primjeru procjene izvedbe zaposlenika u medicinskom sektoru te primjenom metode *Choquet Integral* i MACBETH metode utvrđuju pet kriterija prema kojima procjenjuju rad zaposlenika. Promatrani kriteriji uključuju produktivnost, odsutnost, higijenu, razinu obrazovanja i karakteristične osobine.

U [34] navode da se informacije o zaposlenicima posebno koriste u četiri područja:

- odluke koje zahtijevaju usporedbu između pojedinaca (plaća, promoviranje, otpuštanje)
- odluke koje se odnose isključivo na rad samog pojedinca (povratna informacija, potreba za educiranjem) i

- odluke koje su usmjerene na budućnost sustava i dokumentiranje (ciljano otpuštanje, planiranje radne snage).

Prema [35], mjerenje izvedbe dijeli se u četiri kategorije:

- ishod upravljanja ljudskim potencijalima
- rezultati poslovanja
- subjektivnost i
- financije.

Autori se u istraživanju fokusiraju na kategoriju rezultata koja uključuje mjere produktivnosti, količine i kvalitete. Takve mjere ovise o vanjskim faktorima koje nije moguće kontrolirati. Jedan od primjera je primjena tehnologije ako zaposlenici ne mogu predvidjeti ili razumjeti njezin utjecaj na svoj rad. Primjenom regresijske analize odnosa između mjera izvedbe i intenziteta poticaja dolazi se do rezultata da je mjerenje rezultata statistički značajnije od mjerenja ishoda upravljanja ljudskim potencijalima, subjektivnog mjerenja i financijskog mjerenja.

Procjena izvedbe u modernim organizacijama važan je segment upravljanja. Trenutni manualni način procjene izvedbe unutar organizacija obuhvaća izračun izvedbe svakog zaposlenika posebno i diskusiju s menadžerima s nepotpunim podacima. Takav je način neučinkovit i može rezultirati pogrešnim odlukama. Prema tome, postoji potreba za oblikovanjem sustava koji omogućava brzu obradu podataka. Autori u [36] predlažu aplikaciju za procjenu izvedbe zaposlenika primjenom pet kriterija: prisutnost, kvaliteta rada, kvantiteta rada, disciplina i timski rad.

Upravljanje izvedbom konvencionalno se sastojalo od manje frekventnih sastanaka na kojima se izvedba zaposlenika uspoređivala s ciljevima organizacije. Na taj se način definiraju novi ciljevi i aktivnosti koji teže održavanju i unaprjeđivanju produktivnosti zaposlenika. U [37] zaključuju da klasična godišnja ili polugodišnja procjena nije dovoljno česta kako bi se mogao utvrditi znatniji utjecaj na poslovanje. Takvi sustavi ne odgovaraju trenutnim potrebama zbog brzih promjena u samom načinu rada. Autori smatraju da su sljedeći kriteriji ključni kod oblikovanja novog sustava procjene izvedbe:

- povratna informacija zaposlenicima (dnevno ili tjedno)
- razgovori između menadžera i zaposlenika na regularnoj i ne isključivo formalnoj bazi
- pozitivna i konstruktivna povratna informacija koja je usmjerena na ciljeve, rast i razvoj
- izbjegavanje jednostranog ocjenjivanja zaposlenika
- usklađivanje izvedbe zaposlenika s ciljevima organizacije i
- podrška u obliku softverskog rješenja.

Zbog toga je s vremenom oživjelo elektroničko praćenje izvedbe, koje omogućava kontinuiranu procjenu izvedbe u realnom vremenu. No, jedan je od najvećih nedostataka takvog sustava da se u upravljačkom dijelu smatra učinkovitim, dok se iz perspektive zaposlenika smatra stresnim narušavanjem privatnosti. Također, konstantna dostupnost podataka može zaposlenike navesti na manipuliranje podacima.

Autori u [38] predlažu skup različitih pokazatelja pomoću kojih je moguće kvantificirati izvedbu kroz interakciju zaposlenika s računalom, koje je na sličnim radnim mjestima dobar pokazatelj izvedbe zadataka. Tako su pokazali da je moguće prikupiti pokazatelje izvedbe u realnom vremenu na nenametljiv način te da ih se može primjenjivati u različite svrhe.

U [39] smatraju da manualni sustavi procjene izvedbe zaposlenika mogu biti zamijenjeni primjenom sveprisutne senzorske tehnologije internet stvari (engl. *Internet of Things* – IoT) u svrhu praćenja rada. Naglašavaju da je potrebno eliminirati ljudsku nepristranost i subjektivnost tijekom procjene izvedbe, a jedna od alternativa je prebacivanje na automatizirani sustav procjene izvedbe. Zbog toga oblikuju sustav koji donosi korisne zaključke o izvedbi zaposlenika primjenom metoda rudarenja podataka koji su prethodno prikupljeni pomoću senzora, primjenom *MapReduce* modela. U predloženom sustavu podaci se prikupljaju pomoću uređaja koji se baziraju na IoT tehnologiji i utvrđuju aktivnost svakog zaposlenika, te se na temelju tih aktivnosti procjenjuje njihova izvedba. Utvrđuju da predloženi sustav učinkovito procjenjuje izvedbu zaposlenika i prikazuje unaprjeđenje same izvedbe. Ispravno matematički postavljena procjena prikazuje ispravnu i objektivnu procjenu zaposlenika, što u konačnici rezultira njihovim motiviranjem. Kao jedan od najvećih nedostataka konvencionalnog načina ocjenjivanja navode činjenicu da zaposlenicima naglašavaju njihove slabosti, a ne pružaju objašnjenje kako ih mogu unaprijediti.

Autori u [40] predlažu pametni sustav mjerenja poslovne izvedbe policijskih službenika koji se temelji na GPS tehnologiji. Navedeni sustav omogućava objedinjavanje svih ključnih informacija u realnom vremenu i prilagođavanje radnih zadataka na temelju promatrane izvedbe.

U [41] su utvrdili da iako je područje istraživanja vezano uz mjerenje i upravljanje izvedbom zrelo u kontekstu citiranja i broja objavljenih radova, tematika kao takva i dalje je „živa“ jer istraživači i praktičari tek trebaju razviti integrirane sustave upravljanja izvedbom, uključujući potrebne vitalne perspektive obrade informacija.

Međutim, iako kontinuirano praćenje rada na računalu može imati prednosti i prikazati realnu sliku izvedbe i truda zaposlenika, prilikom donošenja odluka na temelju praćenih pokazatelja potrebno je uzeti u obzir brojne situacije koje se mogu dogoditi u svakodnevnom radu. Zbog toga bi naglasak trebao biti na razvoju sustava koji omogućava praćenje izvedbe, a ne na sustavima koji samostalno, prema unaprijed definiranim kriterijima, donose ocjenu izvedbe zaposlenika.

2.2 Područje vitkog upravljanja

Desetljeća primjene vitkog upravljanja u proizvodnom okruženju naglašavaju veliki utjecaj te metode na prepoznavanje i eliminiranje gubitaka te na povećanje učinkovitosti [42]. Metoda vitkog upravljanja proces je poboljšanja koji povećava poslovni prihod, smanjuje troškove i unaprjeđuje zadovoljstvo kupaca eliminiranjem nepotrebnih aktivnosti koje se smatraju gubicima. Vitka metoda omogućava brzinu, učinkovitost, ekonomičnost i dovodi do zadovoljavajuće kvalitete [43].

Autori u [44] navode pet prednosti primjene metode vitkog upravljanja:

- smanjenje razina zaliha
- smanjenje škarta
- smanjenje broja dobavljača, standardizacija nabave i harmonizacija kvalitete nabave
- smanjenje „papirologije“ i administracije te
- povećanje produktivnosti i sveukupne učinkovitosti zaposlenika i opreme.

U [45] cilj je istraživanja naglašavanje izazova i kulturne praznine prilikom primjene vitke metode. Utvrđuju se dva kritična čimbenika prilikom primjene vitkog upravljanja koji mogu pomoći pri procjeni zrelosti vitkog upravljanja u malim i srednjim poduzećima – organizacijska kultura i stil vođenja. Također, autori u [46] smatraju da je izgradnja vitke kulture jedan od najvećih izazova jer je potrebno da su organizacijske vještine na zavidnoj razini. Zaključuju da je nužno da se napredak implementacije mjeri.

Prema [47] vitki pristup uključuje sljedeće:

- Uzrok problema i neuspjeha može biti utvrđen alatom za utvrđivanje uzroka problema – 5 zašto.
- Svi neuspjesi moraju biti ili riješeni ili smanjeni zbog cilja vitkog upravljanja „nula gubitaka“ – *kaizen*.
- Utvrđivanje neuspjeha trebalo bi biti izravno provedeno na licu mjesta.
- Primjena softvera omogućuje kontinuirano poboljšanje – *kaizen*.
- Primjeni vitke metode trebalo bi se pristupati sporo i pažljivo, a ne brzo i površno.

Posljednjih godina ubrzano raste primjena vitkog upravljanja u različitim područjima rada. Cilj je omogućiti brzi odgovor na zahtjeve kupaca smanjivanjem gubitaka u okviru ljudskih čimbenika, zatim zaliha, vremena, dok se u isto vrijeme učinkovito i ekonomično proizvode kvalitetni proizvodi.

U [48] autori predlažu okvir primjene vitkog upravljanja koji uzima u obzir snage i slabosti postojećih okvira primjene. Predloženi okvir temelji se na cikličkom razmišljanju u svrhu ostvarivanja organizacijskih ciljeva. Sastoji se od kombinacija strateških i operativnih praksi koje se klasificiraju na tri glavne faze – prije provedbe, tijekom provedbe i nakon provedbe. Kao neke od prednosti implementacije navode sljedeće: smanjenje svih tipova gubitaka, smanjenje prigovora kupaca, povećanje produktivnosti i kvalitete, uvođenje inovativnosti u svrhu povećanja konkurentnosti, uvođenje dobre prakse upravljanja, uređeno radno mjesto, optimalno korištenje resursa, učinkovito i efikasno korištenje opreme, kultura kontinuiranog poboljšanja itd.

Istraživači Bowen i Youngdahl prvi su 1998. proveli istraživanje o primjeni metoda vitkog upravljanja u uslužnom sektoru [49]. Proveli su studije slučaja primjene alata vitkog upravljanja i prikazali rezultate o pojmu koji je kasnije postao poznat kao vitka usluga (engl. *Lean service*). Istraživanje je prikazalo karakteristike vitke usluge primijenjene u lancu restorana brze hrane, u bolnicama i avionskim kompanijama. Rezultati navedenih istraživanja doveli su do novih primjena u ostalim uslužnim djelatnostima.

Autori u [50] istražuju utjecaj vitkog upravljanja u uslužnoj djelatnosti na operativnu i financijsku izvedbu tvrtke primjenom PLS-SEM metode. Rezultati pokazuju da društveni segment ima nezavisni pozitivni utjecaj na operativnu i financijsku izvedbu. No, iako tehnički segment ima nezavisni pozitivni utjecaj samo na operativnu izvedbu, u interakciji je i s društvenim segmentom u smislu poboljšanja operativne i financijske izvedbe.

U [51] primjenom SEM metode ispituju primjenu vitkog upravljanja i njezin utjecaj na poslovnu izvedbu. Rezultati ukazuju na pozitivan i znatan utjecaj primjene vitkog upravljanja na operativnu i poslovnu izvedbu. Također, pokazuju da raznolike primjene vitkog upravljanja nisu jednako prepoznate među ispitanim organizacijama. Najučestaliji su alati u istraživanju ukupno preventivno održavanje, statistička kontrola procesa i 5S.

Za rješavanje problema autori u [52] predlažu algoritam uvođenja alata vitkog upravljanja, a koji uključuje sljedeće glavne korake:

1. Utvrđivanje ciljeva i prioriteta
2. Učenje osnova i pravila vitkog upravljanja
3. Utvrđivanje procesa i aktivnosti koje donose vrijednost kupcu
4. Pronalaženje uskoga grla u radu
5. Primjena alata i praćenje rezultata.

Dolaze do zaključka da vitko upravljanje nema jedinstveni model alata i standarda za primjenu u uslužnim djelatnostima. Svako istraživanje zasebno prikazuje primjenu kombinacije alata i praksi koje najbolje mogu doprinijeti konkretnom problemu.

U [53] autori utvrđuju da alati vitkog upravljanja primijenjeni u administrativnom okruženju nailaze na veće poteškoće zbog većih varijacija koje nastaju u procesima, nedostatka

informacija od uključenih pojedinaca i nedostatka literature. Kao jedan od rezultata ističu smanjenje broja zaposlenika s 26 na 20. Međutim, prethodno navedeno nije jedno od temelja vitkog upravljanja.

U [54] autori primjenjuju metodu vitkog upravljanja u Brazilskoj regulatornoj agenciji, što prikazuje primjenu u javnom sektoru. Način primjene vitkog upravljanja u administrativnom okruženju u literaturi se prikazuje pojmom „vitki ured“ (engl. *Lean Office*). Vitki ured predstavlja kapacitet za unaprjeđenje radne snage i smanjenje administrativnih gubitaka. Iako su prethodno provedena istraživanja u smislu vitkog ureda bila većinom vezana uz privatne organizacije, autori u radu demonstriraju kako su temelji sačuvani u javnom sektoru, te tako dokazuju da se vitko razmišljanje može primijeniti i u javnoj administraciji. Utvrđuju da je prilikom primjene vitkog ureda u regulatornoj agenciji nužno provesti prilagodbe u skladu s posebnostima javne institucije.

U zdravstvu, kao području istraživanja primjene vitkog upravljanja, ne može se sa sigurnošću utvrditi kada se pojavila prva primjena, no prve publikacije datiraju iz 2002. godine [55]. U istraživanju provedenom u [56], koje je među prvima postavljeno u području zdravstva, autori primjenom neizrazite AHP metode utvrđuju da je kontinuirano poboljšanje dominantna inicijativa vitkog upravljanja opskrbnim lancem povećavanjem operativne i financijske izvedbe. U [43] autori također prikazuju primjenu vitkog upravljanja u zdravstvu. Naglašavaju da u samom području rada pogreška može imati razarajuće posljedice za pojedinca i skupine jer utječe na živote i kvalitetu života te donosi mogući rizik.

Očito, vitko upravljanje primjenjuju i zdravstvene organizacije kako bi ostvarile poboljšanje efikasnosti, izvedbe i kvalitete. Autori u svojem istraživanju [57] kroz primjenu vitkog upravljanja pomoću integrirane i koordinirane strategije, koja uključuje sociološke, tehničke i vanjske komponente bolničkog sustava, ukazuju na važnost podržavanja vitkog razmišljanja od svih navedenih segmenata.

Autori u [58] u obliku studije slučaja primjenjuju vitko upravljanje u kardiološkoj klinici, primjenom metode mapiranja toka vrijednosti (engl. *Value Stream Mapping* – VSM). Navode da se metoda analize toka vrijednosti (engl. *Value Stream Analysis* – VSA) primjenjuje kako bi se utvrdio gubitak vremena u odabranim procesima.

Cilj istraživanja provedenog u [59] bio je razumjeti i procijeniti čimbenike povezane s ostvarivanjem učinkovitog zdravstvenog sustava. Autori navode najpopularnije i najučinkovitije alate vitkog razmišljanja: VSM, *kaizen*, 5S, vizualni radni prostor, standardizacija, dokazivanje pogrešaka i *poka-yoke*. Naglašavaju da je nakon utvrđivanja gubitaka u postojećem stanju potrebno eliminirati gubitke i održati željeno buduće stanje što efektivnije i efikasnije.

U [60] autori primjenjuju alat VSM u sektoru opskrbe građevinske tvrtke. Naglašavaju da je metoda studije slučaja kao oblik istraživanja u kontekstu primjene vitkog upravljanja najprikladnija metoda za utvrđivanje utjecaja i usporedbu rezultata.

Koncept sistematične eliminacije gubitaka temelj je vitke proizvodnje. Vitko razmišljanje inicijalno je uvedeno s ciljem smanjivanja ili eliminiranja gubitaka u Toyotinoj proizvodnji. Autori u provedenom istraživanju [61] primjenjuju vitko upravljanje kroz opskrbeni lanac hotela te razvijaju teorijski okvir za procjenu vrijednosti. Utvrđuju svih sedam gubitaka te ih prilagođavaju za djelatnost u hotelskom području. Analizom literature ukazuju na rastuću osviještenost problema primjene vitkog upravljanja u uslužnom sektoru te naglašavaju prazninu u literaturi vezanu uz utvrđivanje konceptualnog okvira vitke usluge.

Autori u svojem istraživanju [62] primjenjuju vitko upravljanje u informacijskim tehnologijama (engl. *Information technology* – IT). Utvrđuju da gubitke u IT području nije lako utvrditi jer je nekoliko presijecanja između uređaja i čovjeka. Navode definiciju vitkog IT-a (engl. *Lean IT*) kao ekspanziju principa vitkog upravljanja u uslužnim djelatnostima u okruženju informacijskih tehnologija. Autori kao jedan od ciljeva navode i omogućavanje pragmatičnog i učinkovitog modela te unaprjeđenje ljudskog čimbenika i smanjenje otpora promjenama.

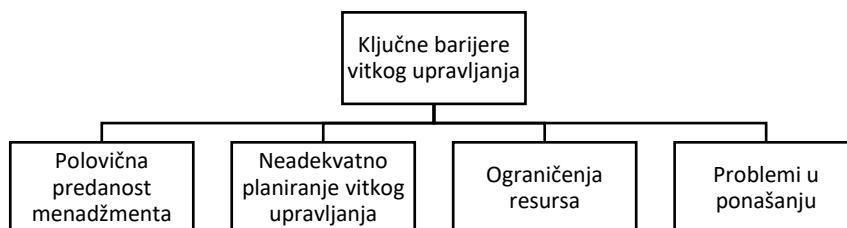
Očito je da se metoda vitkog upravljanja ne usmjerava isključivo na automobilsku ili proizvodnu industriju, nego se sve više primjenjuje u uslužnim organizacijama u području zdravstva i hotelijerstva, s ciljem unaprjeđivanja procesa. Analizom brojne znanstvene literature u području primjene vitkog upravljanja autori u [63] zaključuju da su provedena istraživanja u zdravstvenom okruženju najbrojnija, zatim slijedi nekoliko istraživanja u financijskom okruženju, te u konačnici i u javnom sektoru.

No, iako brojne organizacije navode različite prednosti primjene vitkog pristupa, i dalje je prisutan znatan skepticizam u pogledu ostvarivih rezultata i mogućnosti primjene vitkog razmišljanja izvan proizvodnog „stabilnog“ konteksta [1]. Autori primjenom SEM metode potvrđuju navedenu hipotezu.

U [64] naglašavaju da je teško ostvariti uspješnu vitku transformaciju primjenom alata vitkog upravljanja bez mijenjanja mišljenja i stavova zaposlenika. U tu svrhu, potrebno je unaprijediti njihove vještine rješavanja problema i sposobnosti kontinuiranog unaprjeđivanja. Također, u [65] navode da uključenost zaposlenika u proces kontinuiranog unaprjeđenja utječe na uspješnost vitke transformacije. Ako zaposlenici usvajaju promjenu, a ne primjenjuju je, transformacija će propasti. Prema tome, autori utvrđuju da uspjeh vitke transformacije stoji u rukama zaposlenika koji su odgovorni za implementaciju promjene. Istraživanje provedeno u [66] primjenom je dvogodišnje studije slučaja u norveškoj tvrtki zaključilo da se promjena drugačije razmatra na različitim hijerarhijskim razinama, što u konačnici stvara prepreke za primjenu alata vitkog upravljanja. Mogućnost da se takve prepreke prepoznaju i riješe može omogućiti uspješnu primjenu tehnika vitkog upravljanja unutar različitih organizacija.

Autori na temelju promatranja i 28 intervjuja utvrđuju kako različite skupine na različitim hijerarhijskim razinama doživljavaju različite vrste barijera koje otežavaju primjenu vitkog upravljanja. Osvrću se na postojeću literaturu koja navodi da je prilikom primjene vitkog razmišljanja jednako važno obratiti pozornost na organizacijske i tehničke barijere, zatim na nedostatak podrške upravljačke strukture, lošu uključenost zaposlenika u proces te pretjerano oslanjanje na alate vitkog upravljanja.

Autori u istraživanju [67] provedenom u indijskoj automobilske industriji primjenom konfirmatorne faktorske analize strukturalnog modeliranja (engl. *Confirmatory factorial analysis* SEM – CFA-SEM) utvrđuju da je najveća barijera uspješne primjene vitkog upravljanja njegovo neadekvatno planiranje. Osim navedene, istražuju i ostale barijere prikazane na Slici 2.



Slika 2. Prikaz ključnih barijera primjene vitkog upravljanja [67]

Autori u [68] primjenom triju studija slučaja u bankarskom sektoru oblikuju metodu za pojednostavljeni i automatizirani proces te za smanjenje gubitaka u uslužnom procesu. Utvrđuju da proces koji je automatiziran, a nije prethodno pojednostavljen, može uzrokovati probleme koji mogu usporiti tok i povećati pogreške. Prethodnom analizom procesa, automatiziraju se samo aktivnosti koje donose vrijednost te se eliminira mogućnost automatiziranja pogrešaka i gubitaka. Kako bi se izbjegla automatizacija postojećih pogrešaka i gubitaka, autori predlažu sljedeći tijek aktivnosti:

1. Mapiranje automatiziranih i manualnih aktivnosti
2. Naglašavanje i brisanje svake aktivnosti koja ne donosi vrijednost krajnjem kupcu
3. Preoblikovanje procesa primjenom vitke metode
4. Automatiziranje i digitaliziranje.

Prema [69] napredci u informacijskoj tehnologiji i tehnologijama poslovne analitike omogućuju jedinstvene prilike za oblikovanjem, implementiranjem i širenjem vitkog razmišljanja od velikih globalnih tvrtki pa sve do malih i srednjih poduzeća (engl. *Small and medium sized enterprises*).

2.3 Područje digitalnih tehnologija i koncepta industrija 4.0

Očito je da digitalizirani procesi imaju više prednosti od konvencionalnih jer se informacija obrađuje na brži način, što rezultira točnijim i pouzdanijim rješenjima. Prema [4], sve je veći interes za provođenje digitalne transformacije unutar organizacije. No, na samu njezinu

primjenu utječe veliki broj čimbenika. Potrebno je da se provede na iterativan način kako bi se ostvarili željeni rezultati. Također, rizično je, izazovno i skupo simultano provesti digitalnu transformaciju u svim poslovnim jedinicama i procesima.

Studija slučaja provedena u tvrtki *General Electric* [70] utvrdila je da iako digitalizacija i modernizacija organizacija mogu imati pozitivan učinak na poslovanje, neke faze transformacije koje su se činile relevantnima ipak nisu od iznimne važnosti za uspješnu poslovnu transformaciju kroz tehnološku konvergenciju. Time je naglašena važnost novih ideja i inovativnosti koje bi još više poboljšale trenutne procese.

Dolazak paradigme industrija 4.0 (engl. *Industry 4.0* – I4.0) pružio je nove mogućnosti za ostvarivanje veće fleksibilnosti i učinkovitosti sustava. U [71] naglašavaju prednosti industrije 4.0 u pogledu smanjivanja potencijalnih kašnjenja, ometanja i zastoja. Tehnologija svojstvena industriji 4.0 omogućava rješavanje problema prije nego što oni nastanu. Digitalizacija i industrija 4.0 imaju veliki utjecaj na proizvodno okruženje. Jedan je od ključnih izazova utvrditi prikladna područja unutar kojih bi se provela digitalizacija.

Zbog nedostatka konceptualnog okvira modela za primjenu industrije 4.0, u [72] predlažu okvir pametnih sustava proizvodnje industrije 4.0, no također i analiziraju moderne tehnologije koje su preduvjeti za primjenu I4.0. Predloženi koncept isključivo se odnosi na razvoj i korištenje moderne tehnologije unutar organizacija. Ne obuhvaća sve perspektive uvođenja koncepta I4.0.

Autori su u [73] analizom stanja u području istraživanja primjene Industrije 4.0 oblikovali interdisciplinarni model koji se temelji na različitim znanstvenim pristupima te koji je dovoljno fleksibilan kako bi bio primijenjen u različitim poslovnim strategijama. U [74] autori naglašavaju prednosti primjene analitike i poslovne inteligencije kao važne tehnike I4.0 u studiji slučaja proizvodnje kistova.

Prema [75], ključni je čimbenik za ostvarivanje uspješne promjene procesa međudjelovanje između aktuatora, senzora i heterogenih sustava. U [76] utvrđuje se relativna važnost ključnih čimbenika za primjenu I4.0. Prikazuju samo perspektivu tehnološke spremnosti. Također, ukazuju na to da su ciljevi usmjereni na proces važniji od onih usmjerenih na ekonomiju i okoliš. Evidentno je da se ispunjavanjem ciljeva usmjerenih na proces realiziraju i ciljevi usmjereni na ekonomiju. Zaključuju da su ciljevi usmjereni na proces važni za tehnološku

spremnost. Ciljevi usmjereni na čovjeka nisu razmatrani iako su iznimno važan čimbenik u procesima. Autori u [77] protive se potonjem i zagovaraju difuziju tehničkog i socioekonomskog aspekta.

Istraživanje prikazano u [78] na primjeru primjene koncepta pametne proizvodnje u njemačkoj tekstilnoj industriji utvrđuje da uvođenje pametnih tehnologija zahtijeva adekvatne vještine u različitim fazama. Zbog toga, kako bi se omogućila uspješna implementacija, autori predlažu razvoj sustava pomoći koji se temelji na proširenoj stvarnosti (engl. *Augmented reality*). Međutim, prvi korak trebao bi biti standardizacija procesa jer je primjena inače osuđena na propast.

Istraživanja pokazana u [79] utvrđuju da je u Kanadi reindustrijalizacija uspješno provedena zahvaljujući educiranim i kvalificiranim zaposlenicima. Naglašeno je da znanstvene organizacije koje primjenjuju recentnu tehnologiju i zapošljavaju najveći broj visokokvalificiranog osoblja uspješnije provode tehnološke promjene. U pilot-istraživanju prikazanom u [80], koje istražuje spremnost čeških tvrtki na uvođenje koncepta industrije 4.0, autori zaključuju da tvrtke imaju veliku osviještenost za uvođenje promjena, no ona se većinom odnosi na viši menadžment. Problem je u tome što je I4.0 novi pristup i zbog toga uzrokuje nepovjerenje i strah. Osim toga, moderna tehnologija zahtijeva velika ulaganja i jasnu strategiju. Također, autori u [81] istražuju tematiku spremnosti u češkoj regiji Usti nad Labem, koja se nosi s brojnim socioekonomskim problemima. Utvrđuju četiri ključna čimbenika koji ukazuju na potrebne promjene kako bi se ostvarila uspješna implementacija I4.0. Navedeni su čimbenici istraživanje, razvoj i inovacija, ljudski potencijali, edukacija te infrastruktura. Istraživanje također zaključuje da su glavni razlozi nedovoljne spremnosti nedostatak kapaciteta i nedovoljna uključenost sudionika.

Preduvjet za uspješno uvođenje digitalizacije unutar procesa je prije svega prethodna eliminacija ili eventualno redukcija svih mogućih gubitaka. Takav način poslovanja prikazuje integraciju koncepata industrije 4.0 i vitkog upravljanja, koji mijenjaju tradicionalne organizacije i trend su u poslovanju brojnih uspješnih europskih proizvodnih tvrtki. Iako su navedeni koncepti usko vezani uz proizvodnu djelatnost, sve je veća tendencija njihova širenja i u ostale djelatnosti osim proizvodne.

Metoda vitkog upravljanja podložna je utjecaju digitalizacije te može biti poboljšana uvođenjem novih tehnologija. Industrija 4.0 većinom je tehničko poboljšanje, koje ne može zamijeniti vitko razmišljanje, koje se temelji na vrijednosti, no omogućava različite prilike kako bi se sustav u kojem je primijenjena vitka metoda doveo na veću razinu izvrsnosti. Prema tome, digitalizacija bi trebala utvrditi i učinkovitije smanjiti gubitke od samostalnog vitkog upravljanja [82].

Istraživanje u [83] utvrđuje da tehnologije industrije 4.0 imaju pozitivan i izravan utjecaj na vitku i održivu organizacijsku izvedbu te da vitko upravljanje ima znatan utjecaj kao posrednička varijabla. Iako se tehnologija svojstvena industriji 4.0 može brzo prilagoditi proizvodnom okruženju, proces implementacije i ciljeve kontrolira ljudski čimbenik, što predstavlja glavnu barijeru u samom procesu. U [84] autori naglašavaju važnost utvrđivanja kompatibilnosti metode vitkog upravljanja i novih mogućnosti digitalizacije. U skladu s time navode glavne principe vitkog upravljanja u kontekstu digitalizacije procesa. Principi su detaljno prikazani u poglavlju 4.

Ključni čimbenici za ostvarivanje željenih rezultata u smislu digitalizacije i provođenja promjena su predanost i razumijevanje zaposlenika. U skladu s time, autori u [85] naglašavaju da je otpor zaposlenika promjenama najveći izazov i problem prilikom primjene vitkog upravljanja. Iako se navedeno odnosi na proizvodni sektor, problematika je više naglašena u uslužnoj djelatnosti jer najveći dio posla obavljaju ljudi.

U [86] naglašavaju da primjena moderne tehnologije uzrokuje promjene unutar konvencionalnih procesa. Najveći je izazov ljudski čimbenik, koji se treba prilagoditi i procesuirati kompleksnu tehnologiju i veliku količinu podataka. To je problem starijih generacija. Autori predlažu uklanjanje barijera integracijom ljudskog čimbenika s razvojem tehnologije.

Prema [87], ideja je četvrte industrijske revolucije povezivanje svih elemenata lanca vrijednosti u jedan jedinstveni sustav. Međutim, ljudski je čimbenik često izostavljen, iako je sam po sebi ključan za prilagodbu modernim tehnologijama i za prikupljanje novih vještina. Rješenje je uključivanje ljudskog čimbenika u sve faze oblikovanja i primjene tehnologije.

Odnos između I4.0 i vitkog upravljanja naglašen je u [88], u sklopu čega je proveden projekt „Innovative Smart Enterprise“ kako bi se unaprijedilo znanstveno shvaćanje trenutne hrvatske proizvodne industrije. Iako je napredak koncepta I4.0 spor, omogućava temelj za buduće istraživanje u području uslužnih djelatnosti u Hrvatskoj.

2.4 Zaključak poglavlja

Pregled literature prikazan u ovom poglavlju podrška je glavnoj svrsi istraživanja. Na temelju detaljne analize triju područja istraživanja moguće je donijeti adekvatne zaključke koji će poslužiti kao misao vodilja za oblikovanje nastavka doktorskog rada. Iako je unutar poglavlja analiziran veći broj provedenih istraživanja i primijenjenih metoda, sva tri konteksta detaljnije su razrađena u zasebnim poglavljima.

Područje procjene izvedbe

Analizom područja istraživanja procjene izvedbe utvrđuje se ključna terminologija u samom kontekstu. Preispituju se postojeće metode te se analiziraju provedena istraživanja u području koja imaju interdisciplinarne karakteristike. Utvrđuje se da je u području procjene izvedbe organizacija i njihova kompletnog poslovanja mjerenje izvedbe preduvjet za praćenje izvedbe. Praćenje izvedbe organizacija definira se kao postupak koji uključuje definiranje uspjeha, postavljanje ciljeva i unaprjeđivanje rada. Jedna od ključnih metoda koja se primjenjuje za definiranje metrike i kontinuirano praćenje izvedbe organizacija je KPI metoda. Međutim, budući da je izvedba cjelokupne organizacije u većoj mjeri posljedica individualne izvedbe svakog zaposlenika, potrebno je veću pozornost usmjeriti na izvedbu pojedinca.

Pretragom znanstvenih radova u području praćenja rada zaposlenika evidentno je naizmjenično korištenje pojmova upravljanja izvedbom, procjene izvedbe i praćenja izvedbe. No, u konačnici, upravljanje izvedbom sveobuhvatan je pojam koji uključuje više sastavnih dijelova, odnosno faza. Iako je područje istraživanja kao takvo usko vezano uz upravljanje ljudskim potencijalima i psihologiju, neki od čimbenika te podaci koji se evidentiraju u bazama ljudskih potencijala ključni su za objektivno i pravedno upravljanje izvedbom zaposlenika. Takvi podaci predstavljaju misao vodilju prilikom razlučivanja svih potencijalnih čimbenika koji mogu utjecati na konačan ishod rada pojedinaca.

Također, zanimljivo je kako nijedno istraživanje vezano uz ljudski čimbenik ne spominje eksplicitno znanost o podacima te pojedini površno spominju važnost analize podataka. Prema tome, nijedan rad ne pojašnjava koje aktivnosti, čimbenici ili parametri moraju biti uključeni u analitički proces. Analitička metoda koja se iskristalizirala u većem broju istraživanja je SEM metoda, pomoću koje je moguće utvrditi povezanosti i utjecaje između promatranih parametara.

Područje vitkog upravljanja

Analizom brojne literature utvrđuje se da je većina istraživanja usmjerena na povezanost primjene vitkog razmišljanja i rezultata rada. U skladu s time, očekuje se da će organizacije koje konstantno unaprjeđuju svoje poslovne procese i tehnološka rješenja lakše i učinkovitije uvesti vitko razmišljanje, za razliku od organizacija koje primjenjuju zastarjelu tehnologiju te se suočavaju s otporom prilikom provođenja promjena u svrhu unaprjeđenja procesa.

Brojni znanstveni radovi koji su objavljeni u neposrednom vremenskom intervalu temelje svoja istraživanja na primjeni vitkog upravljanja u različitim neproizvodnim okruženjima. Prema tome, poanta je nastavka rada detaljnije analizirati način primjene metode u istom okruženju, ali i osvrnuti se na ljudski čimbenik, koji je u konačnici najvažniji element za ostvarivanje uspješne primjene. Također, budući da veći broj autora zaključuje da je osnovne principe vitkog upravljanja oblikovane u proizvodnom kontekstu potrebno prilagoditi uslužnom kontekstu, cilj je prikazati analizu i utvrđivanje tih principa u procesima u kojima je naglasak na ljudskom čimbeniku.

Područje digitalizacije

Područje digitalizacije najrecentnije je i trenutno najbogatije različitim znanstvenim istraživanjima. Uvidom u tematiku i provedena istraživanja utvrđeno je stanje primjene digitalnih tehnologija te paradigme industrija 4.0. Razmatrani su preduvjeti koje obuhvaća te u kojim se okruženjima većinom primjenjuje. Između ostaloga, analizirana je i moguća problematika koja otežava proces primjene modernih tehnologija. Poseban je naglasak stavljen na ljudski čimbenik. Osim toga, navedena je sve veća tendencija integracije vitkog upravljanja i digitalnih tehnologija svojstvenih I4.0.

Kroz sistematičan pregled literature opisuje se trenutno stanje u trima područjima istraživanja kako bi se razumjelo kako vitko razmišljanje može biti implementirano u svrhu praćenja rada

zaposlenika, a sve primjenom digitalne tehnologije, koja u trenutnoj digitalnoj eri omogućava pravodobno utvrđivanje pogrešaka i njihovo preveniranje.

Moguće je utvrditi da pretraživanjem i analizom prikupljene literature nisu pronađena istraživanja koja integriraju sva tri područja istraživanja, odnosno primjenu vitkog upravljanja i digitalnih rješenja unutar procesa praćenja i procjene rada ljudskog čimbenika. Osim toga, mali broj radova istražuje i definira konceptualni model analize gubitaka prema vitkom razmišljanju u neproizvodnom okruženju. Iako se PLS-SEM metoda primjenjuje u većem broju radova u kontekstu procjene izvedbe zaposlenika, nije primijenjena na primjeru s realnim sekundarnim podacima koji se prikupljaju unutar baza podataka.

3 VITKO UPRAVLJANJE

Glavni je cilj različitih organizacija već godinama isti – pronaći način organizacije poslovanja koji rezultira većom kvalitetom i učinkovitošću, a uz istodobno smanjenje troškova i vremena izvedbe [66]. U skladu s time, veći broj uspješnih organizacija usvojio je izabranu metodu unaprjeđenja kako bi ostvarili optimalnu izvedbu, visoku kvalitetu, manje troškove i veću produktivnost. Neke od tih metoda su upravljanje ukupnom kvalitetom (engl. *Total quality management* – TQM), kontrola kvalitete (engl. *Quality control*), agilnost, *Six sigma* i vitko upravljanje [89].

U ovom doktorskom radu i samom poglavlju fokus je na metodi vitkog upravljanja, koju već desetljećima primjenjuje veliki broj istraživača. Razlog je sve veće njezine primjene stvaranje proizvoda, a u posljednje vrijeme i pružanje usluga koje su bolje kvalitete, uz manje prostora, kraće vrijeme, ostvarivanje bržeg toka procesa i informacija, koji se ostvaruju uklanjanjem poremećaja i gubitaka u procesu [90]. Vitko razmišljanje uključuje razvoj mogućnosti ljudskih potencijala kroz usvajanje znanstvenog pristupa rješavanja problema i ostvarivanja kontinuiranog poboljšavanja [91]. Drugim riječima, ključne su karakteristike vitke proizvodnje stroga integracija ljudi u proizvodni proces, kontinuirano unaprjeđivanje i usmjerenost na aktivnosti koje donose vrijednost, izbjegavanjem gubitaka [92].

3.1 Povijest vitkog upravljanja

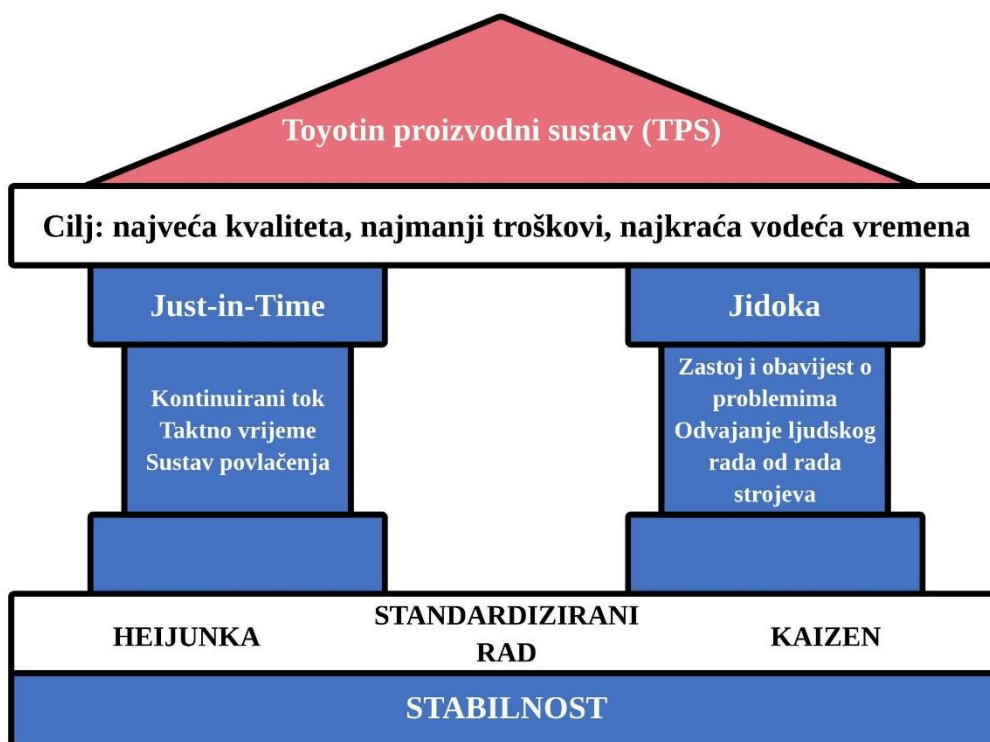
Karakteristike vitkog upravljanja datiraju još od sredine 15. stoljeća, no Henry Ford bio je prvi koji je preoblikovao proizvodni proces. Fordov sustav masovne proizvodnje podrazumijevao je [93]:

- podjelu poslova
- velike serije
- malu raznolikost
- niske troškove
- zamjenjive dijelove
- velike zalihe
- „dovoljno dobru“ kvalitetu
- automatizirane strojeve.

S vremenom, novi model Fordove proizvodnje nailazio je na probleme koji nisu bili vezani uz protočnost, nego uz premalu raznolikost proizvoda. Zbog toga su zahtjevi kupaca bili sve veći i bilo ih je sve teže pratiti. Navedeno je postalo globalni problem koji je natjerao brojne svjetske proizvođače da potraže nove inovativne mogućnosti i predlože nova rješenja koja će im omogućavati veću konkurentnost, a istodobno se pozitivno odražavati na njihovo poslovanje.

Kiichiro Toyota i Taiichi Ohno su nakon određenog razdoblja osmislili način kako da nizom jednostavnih inovacija daju veće mogućnosti osiguravanja kontinuiteta u procesu te istodobno ostvare veću raznolikost ponude proizvoda. Tako su odbacili Fordov sustav masovne proizvodnje te su oblikovali tzv. Toyotin proizvodni sustav (engl. *Toyota production system* – TPS), čije temelje prikazuje Slika 3.

Toyotin proizvodni sustav karakterizira primjena jednostavnih strojeva na montažnoj liniji koju je operator mogao zaustaviti u svakom trenutku ako se otkrije nedostatak. Na taj se način omogućilo da se niti jedan neispravan proizvod ne prenese na sljedeću operaciju u procesu. TPS se primarno usmjeravao na kvalitetu i raznolikost proizvoda [94].



Slika 3. Prikaz Toyotina proizvodnog sustava [95]

Toyotin proizvodni sustav omogućio je nisku cijenu, visoku raznolikost, visoku kvalitetu i skraćeno vrijeme isporuke, a da se istodobno odgovara na želje i potrebe kupaca. TPS je karakterizirao sustav povlačenja čiji je cilj bio izraditi dijelove koji su zaista bitni za kupca u pravo vrijeme, što je poslije nazvano strategijom *Just-in-time*. Takav je sustav omogućio strogu kontrolu zaliha.

TPS je predstavljao sposobnost integriranja vodstva, kulture i timova kako bi se izradio kvalitetan odnos i realizirala organizacijska kultura koja se temelji na učenju o razumijevanju ljudi i njihove motivacije [45]. Potonje je naglašavao Fujio Cho, bivši Toyotin direktor, koji je usmjerenost na ljudski čimbenik naglasio poznatom izjavom: „Prvo izgrađujemo ljude, a zatim gradimo vozila!“ [65].

Takvo funkcioniranje bilo je iznimno bitno zbog poslijeratne krize u Japanu, samim time i manjeg tržišta te nezadovoljstva radnika. U tom je periodu TPS kao oblik proizvodnog sustava bio poznat isključivo Toyoti kao tvrtki i njezinim dobavljačima, sve do 1943. godine, kad su prve naftne krize zahvatile svijet [47].

Vitko upravljanje američki je pojam za opisivanje TPS-a. U svijetu je postao popularan kasnih 90-ih godina 20. stoljeća, kada su ga počele primjenjivati brojne tvrtke, što je posljedica objavljivanja knjige pod nazivom *Stroj koji je promijenio svijet*. Autor Womack u knjizi definira Toyotin sustav proizvodnje „vitkom proizvodnjom“, odnosno kao proizvodnju u kojoj se s manje radi više. No, pojam vitke proizvodnje nikada se nije primijenio unutar TPS-a.

Analizom literature utvrđuje se da se pojmovi „kontinuirano unaprjeđenje“, „vitka proizvodnja“, „TPS“ i „Toyotin način“ često naizmjenično koriste bez potpune usmjerenosti na temeljne razlike među njima. Bitna je razlika između njih u tome što je kod vitke proizvodnje fokus na alatima, dok je u TPS sustavu fokus na samom sustavu i ljudima. TPS je sofisticirani proizvodni sustav u kojem svi dijelovi doprinose cjelini. Također, usmjerava se na podršku i ohrabrenje ljudi kako bi kontinuirano unaprjeđivali proces u kojem rade [65].

Iako je, u skladu s prethodno navedenim, vitko upravljanje privuklo pozornost znanstvenika i stručnjaka još od 1990., kad su Womack i drugi popularizirali japanski proizvodni sustav, John Krafcik je 1988. godine osmislio pojam „vitko“ u svojem diplomskom radu u sklopu MIT (*Massachusetts Institute of technology*) Sloan škole menadžmenta, gdje je sudjelovao u petogodišnjem istraživanju na projektu IMVP (engl. *International Motor Vehicle Program*). Na

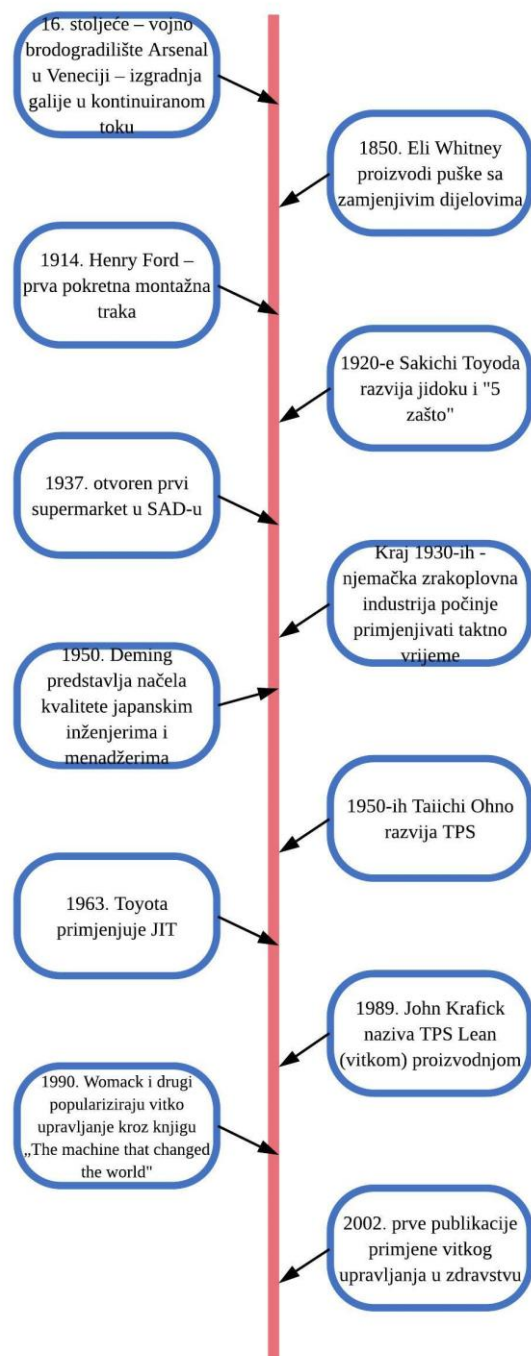
taj je način opisao japansku proizvodnju, koja koristi manje resursa u usporedbi s masovnom proizvodnjom. Provedenim istraživanjem utvrdili su da je japanski proizvodni sustav učinkovitiji i produktivniji zbog filozofije kontinuiranog unaprjeđivanja.

Međutim, tek objavom knjige 1990. godine pojam vitke proizvodnje postaje popularan kako bi ukazao na novu paradigmu u odnosu na dotadašnji „fordizam“. Tijekom godina, vitki pristup je evoluirao i intenzivnije bio primijenjen u različitim sektorima i procesima izvan automobilskega sektora, te se ekvivalentni način razmišljanja počeo širiti i izvan Japana. Na taj je način ostvarena heterogenost implementacije [63].

Druga knjiga, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Health in Your Company*, istih autora, prikazala je temeljne principe vitkog upravljanja i prve primjere primjene u različitim područjima rada [96].

Slika 4. prikazuje neke od primjera iz različitih država koji predstavljaju temelje razvoja koncepta vitkog upravljanja. Još 1850. godine Eli Whitney proizvodi puške sa zamjenjivim dijelovima. Zatim Henry Ford razvija i 1914. predstavlja prvu pokretnu montažnu traku. Sakichi Toyoda 20-ih godina 20. stoljeća uvodi načelo *jidoka*, koje omogućava zaustavljanje stroja kad se pojavi problem. Pedesetih godina 20. stoljeća Taiichi Ohno razvija Toyotin proizvodni sustav. Godine 1988. John Krafcik TPS opisuje pridjevom „vitka“ proizvodnja, no tek 1990. Womack utvrđuje pojam i metodu vitkog upravljanja – *Lean management*. Otad se koncept vitkog upravljanja primjenjuje u brojnim organizacijama u proizvodnom okruženju, a u posljednje vrijeme sve više i u različitim neproizvodnim organizacijama.

Svima je zajedničko da se primjenjuje procesni pristup koji podrazumijeva eliminiranje ili smanjivanje svega što predstavlja gubitak unutar procesa [97].



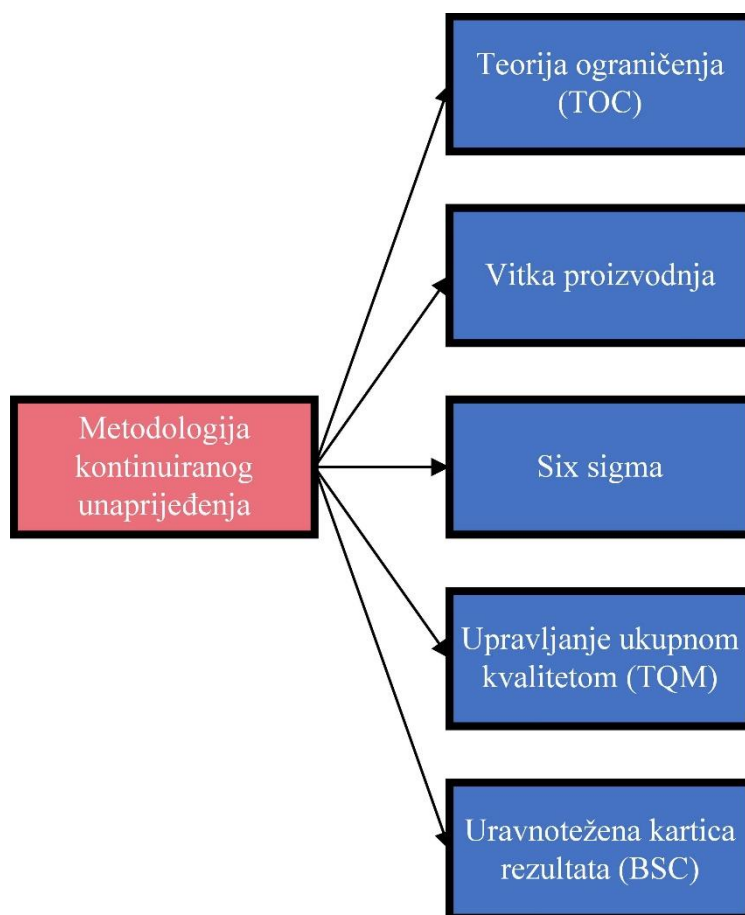
Slika 4. Povijest vitkog upravljanja [90], [96]

3.2 Definicija vitkog upravljanja

Vitko upravljanje jedna je od najučinkovitijih metoda upravljanja koja se primjenjuje s ciljem poboljšavanja poslovnih procesa. Budući da se povijesno primarno primjenjivala u proizvodnoj industriji te je proizišla iz Toyotina proizvodnog sustava, često se upotrebljava pojam „vitka

proizvodnja“. Međutim, pojmovi „vitko upravljanje“, „vitka proizvodnja“ i „vitko razmišljanje“ u literaturi podrazumijevaju isto.

Vitko upravljanje jedna je od više strategija kontinuiranog unaprjeđenja, kao što prikazuje Slika 5 [65]. Promjena i kontinuirano unaprjeđenje u samoj su srži vitkog upravljanja. Međutim, nije svaka promjena poboljšanje, ali ako nema promjene, nema ni poboljšanja [98]. Ideja kontinuiranog unaprjeđenja temelj je vitkog razmišljanja te ukazuje na nužnost praćenja i procjene procesa promatrajući strateške ciljeve [99].



Slika 5. Prikaz metoda kontinuiranog unaprjeđenja [65]

Autori u [51] tvrde da vitka metoda podrazumijeva eliminaciju gubitaka unutar procesa, uzimajući u obzir da je vitko upravljanje dugoročan sistematičan pristup koji se usmjerava na ostvarivanje malih promjena u procesima, a sve kako bi se unaprijedila kvaliteta i učinkovitost.

Primarni razlozi primjene vitke metode većinom su unutarnji, uključujući smanjenje troškova, povećanje profita, povećanu iskorištenost postrojenja i održavanje konkurentnosti [69]. Krajnji

je cilj vitke organizacije uspostavljanje glatkog i visokokvalitetnog procesa koji je sposoban proizvesti gotove proizvode i omogućiti uslugu koja će zadovoljiti zahtjeve kupaca bez ikakvih gubitaka. Kako bi se to ostvarilo, vitko razmišljanje mijenja fokus menadžmenta od optimizacije odvojenih tehnologija, ciljeva i odjela, pa sve do optimizacije toka proizvoda i usluga kroz cijeli tok vrijednosti koji teče horizontalno između tehnologija, ciljeva i odjela, pa sve do kupaca [100].

Prema agenciji EPA, cilj je vitke metode razviti najveću kvalitetu proizvoda s najmanjim troškom, s najkraćim vodećim vremenom, sistematičnim i kontinuiranim eliminiranjem gubitaka, no uz poštovanje ljudi i okoliša [101].

Koncept vitke proizvodnje temelji se na kontinuiranom poboljšanju sustava, u malim koracima, fokusiranom na eliminiranje gubitaka (rasipanja, prekomjernosti u bilo kojem obliku) radi postizanja kompetitivnosti. Sve odluke moraju biti donesene u okviru strategije poslovanja kako bi se oblikovao stabilan sustav [48].

Prednosti vitkog upravljanja su sljedeće [102]:

- veća kvaliteta izvedbe
- manji broj kvarova unutar procesa
- manja količina zaliha
- manje potrebnog prostora
- veća učinkovitost
- veće zadovoljstvo kupaca
- veća uključenost i moral zaposlenika te
- veći profit.

Vitko upravljanje može se promatrati iz dvije perspektive, filozofske i praktične. Filozofska perspektiva usmjerava se na temeljne principe i ciljeve, dok se praktična perspektiva odnosi na skup praksi upravljanja, alata ili tehnika [103].

U [104] utvrđuju da je vitko razmišljanje zlatni standard modernog operacijskog upravljanja. Koncept eliminacije gubitaka, kao ključan dio vitkog razmišljanja, postiže dobre rezultate u

različitim djelatnostima. Autori definiraju vitko upravljanje kao „sveobuhvatni holistički pristup koji sinergijski poboljšava organizacijski učinak pomoću eliminiranja gubitaka“. Vitko upravljanje u [105] definiraju kao „znanstveni sustav upravljanja koji integrira poslovnu filozofiju, metodu upravljanja, tehnologiju i upravljanje“.

Vitko razmišljanje odlikuje rješavanje problema (engl. *Problem solving*). Rješavanje problema podrazumijeva aktivnosti usmjerene prema omogućavanju funkcioniranja nečega što inače ne bi funkcioniralo. Cilj je izbjeći ponovljenu pojavu problema na istome mjestu, na istoj opremi ili u istom procesu. Vitka organizacija funkcionira tako da u istom trenutku utvrđuje uzroke, oblikuje tim koji istražuje problematiku i nikada ne promatra pogreške pojedinaca [106].

Autori u [94] smatraju da je primjena vitkog upravljanja i njegovo uvođenje unutar poslovanja kompleksan proces koji obuhvaća sve hijerarhijske razine organizacije. Podržavaju razmišljanje kako bi se vitko upravljanje trebalo primjenjivati u svim dijelovima i na svim razinama unutar organizacije, a ne samo unutar izoliranog dijela. Jednako tako, autori u [1] tvrde da se povećanje izvedbe tvrtke ne može ostvariti primjenom vitkog koncepta u jednom dijelu organizacije.

Autori u [100] navode da eliminiranje gubitaka duž cijelog toka vrijednosti, umjesto unutar izoliranih dijelova, stvara procese koji trebaju manje ljudskog truda, manje prostora, manje kapitala i manje vremena potrebnog za izradu proizvoda i pružanje usluga s puno manjim troškovima i s manje pogrešaka u usporedbi s tradicionalnim poslovnim sustavima. Međutim, navedeno je ponekad teško postići jer cijeli proces često uključuje i druge sudionike, kojima je u tom slučaju potrebno nametnuti filozofiju i način rada, a oni nisu dužni držati se toga.

U [107] su imenovali šest faktora uspješnosti za vitki pristup: transparentan menadžment, autonomija zaposlenika, transparentni dugoročni ciljevi, mehanizam za dugoročnu održivost vitkog principa, komuniciranje vitkog razmišljanja od samog početka i kontinuirana procjena tijekom primjene.

Metoda vitkog upravljanja podrazumijeva znatnu organizacijsku promjenu koja zahtijeva od organizacija da na adekvatan način upravljaju ključnim faktorima koji utječu na uspjeh procesa primjene. U [108] utvrđuju faktore uspješnosti u području upravljanja ljudskim potencijalima

prilikom implementacije vitkog upravljanja. Utvrđuju da su obuka, komunikacija, nagrada, oblikovanje i organizacija rada pet glavnih faktora.

Rezultat primjene vitkog upravljanja ovisi 50 % o vodstvu, 30 % o financijama, 10 % o organizacijskoj kulturi i 10 % o vještinama i stručnosti [109]. Međutim, ne postoji generalizirana uputa za uspješnu primjenu vitkog upravljanja kako bi se sve od navedenog postiglo [67]. Svaka organizacija posluje u različitom kontekstu i s različitim ciljevima. Upravo je potonje razlog zašto ne postoji jednoznačna definicija vitkog upravljanja. Ispravniji bi način bio definirati sve ono što vitko upravljanje nije jer neke organizacije smatraju da ga primjenjuju, dok je stvarnost drugačija.

Rezultati istraživanja provedenog u [1] ukazali su na to da nema izravne povezanosti između implementacije vitke prakse i poboljšanja izvedbe organizacije. Navedeni rezultati nisu u skladu s rezultatima istraživanja prikazanim u [110], gdje je utvrđeno da organizacije u sklopu španjolske i portugalske autoindustrije koje ne primjenjuju vitku metodu uopće ili je ne primjenjuju kontinuirano imaju velike poteškoće s postizanjem boljih rezultata u odnosu na konkurenciju.

Autori u [65] istražuju opseg uključenosti ljudske dimenzije u strategiju primjene vitkog upravljanja. U skladu s time, autori u [111] tvrde da oslanjanje isključivo na tehničke elemente TPS-a (*Kanban*, eliminiranje gubitaka, sustav povlačenja itd.) ne omogućava bolju izvedbu. Prema tome, svoje istraživanje usmjeravaju na razvoj integriranog modela koji uklapa tehničke i ljudske elemente TPS-a, zajedno s praksom TQM. Tehnički elementi podrazumijevaju automatizaciju, metodu točno na vrijeme (engl. *Just In Time* – JIT), vitku proizvodnju i eliminaciju gubitaka. Ljudski elementi podijeljeni su u pet kategorija: iskorištenost ljudi, fleksibilnost, upravljanje ljudskim potencijalima, kreativno razmišljanje i poštovanje ljudi. U tablici 1 u nastavku navode usporedbu tehničkih i ljudskih elemenata TPS-a [111].

Tablica 1. Usporedba tehničkih i ljudskih elemenata TPS-a [111]

Tehnički elementi	Ljudski elementi
Autonomija	Djelovanje ljudi
Autonomna kontrola Automatizacija Ugrađena kontrola kvalitete Preventivno održavanje <i>Poka yoke</i>	Timski rad Optimizirane mogućnosti Visoka uključenost Rukovanje većim brojem strojeva Suradnja
JIT	Fleksibilnost
<i>Kanban</i> sustav Standardne operacije Izravnavanje proizvodnje Tehnike brze zamjene Smanjenje veličine serije Kontinuirani tok proizvodnje Uzimanje vremena Smanjenje vremena ciklusa Partnerstvo s dobavljačima Suradnja s nekoliko dobavljača Sustav povlačenja Najmanje zalihe	Radnici s više vještina Izravan autoritet Osnaživanje Povećana odgovornost Donošenje odluka na najnižoj prikladnoj razini
Vitka proizvodnja	Upravljanje ljudskim potencijalima
U-tip proizvodnje Ćelijska proizvodnja Višefunkcionalno oblikovanje tlocrta Izmjena alata u jednoj minuti Višefunkcionalni timovi Simultano inženjerstvo Vertikalni informacijski sustavi Učinkovito istraživanje i razvoj	Educiranje i obuka zaposlenika Motivacija Interno promoviranje lidera Razvoj vitkog vodstva na svim razinama Odnos uzajamnog povjerenja i predanosti Zadovoljstvo poslom Autonomno odlučivanje Obogaćivanje posla Stalni razvoj zaposlenika Decentralizirane odgovornosti
Eliminacija gubitaka	Kreativno razmišljanje

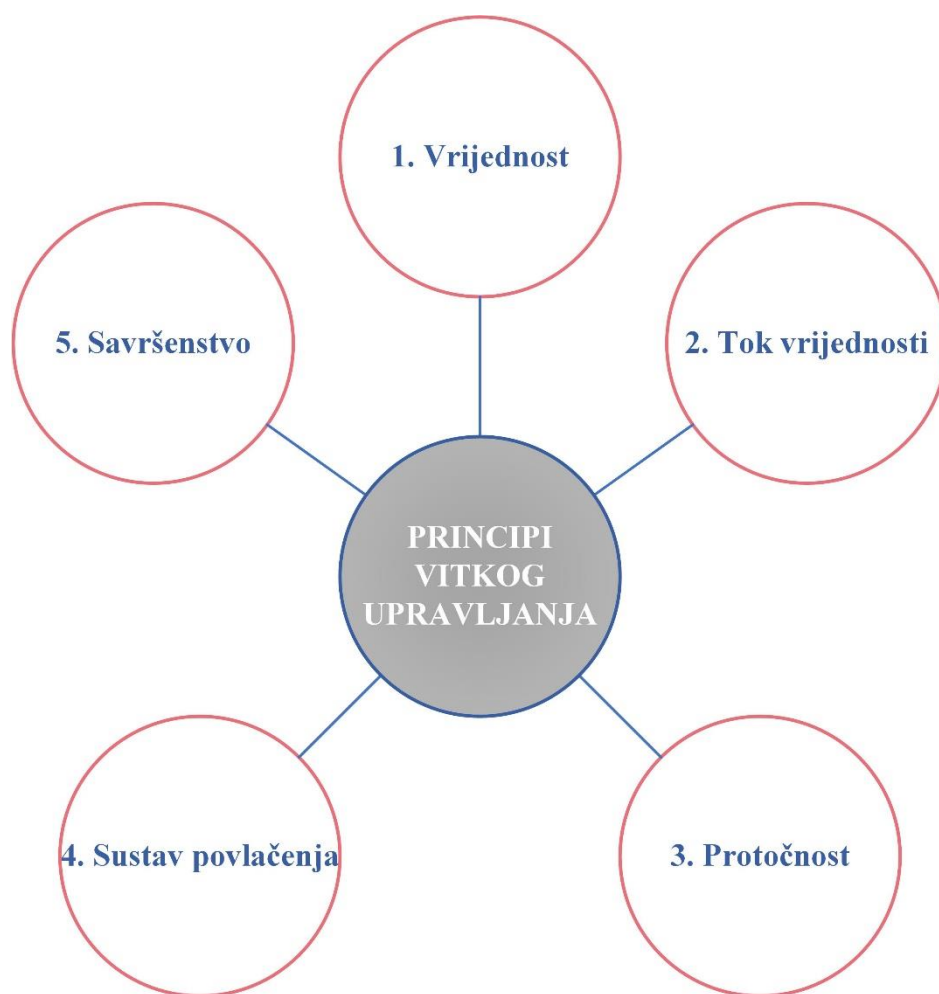
Usmjerenost na rješavanje problema Aktivnost unaprjeđenja grupe 5S Najmanje zalihe „5 zašto“	Stvaranje vrijednosti Kapitaliziranje ideja i prijedloga zaposlenika Održavanje izazova unutar postojećih procesa Težnja prema savršenstvu Inovativne aktivnosti
	Poštovanje ljudi
	Doživotno zaposlenje Povećavanje plaće sukladno stažu Odnos prema zaposlenicima kao prema obitelji Mogućnost odlučivanja zaposlenika Dijeljenje uspjeha tvrtke

Kako je metoda vitkog upravljanja nastala u proizvodnom okruženju i u posljednje je vrijeme iznimno istraženo područje, sve je više razmišljanja i ostvarenih primjena u području usluga [49], zatim zdravstva i javne uprave. Prema tome, na kraju poglavlja detaljno je analizirana primjena u neproizvodnom okruženju.

3.3 Principi vitkog upravljanja

Vitko upravljanje predstavlja način razmišljanja i skup principa koji su definirani sa svrhom ostvarivanja efektivnih i efikasnih organizacija u različitim područjima djelovanja. Navedeno podrazumijeva eliminiranje svih aktivnosti koje ne donose vrijednost ili predstavljaju gubitke pri ostvarivanju kontinuiranog unaprjeđenja sustava [44].

Kako bi metodu vitkog upravljanja približili zainteresiranim stranama, u [112] autori utvrđuju pet osnovnih principa koje bi svaka organizacija trebala primijeniti ako želi unaprijediti svoje poslovanje implementacijom vitke metode. Slika 6. prikazuje svih pet principa koji su u nastavku detaljno obrazloženi.



Slika 6. Pet principa vitkog upravljanja

1. Vrijednost

Vrijednost je temelj vitkog upravljanja. Na temelju analize vrijednosti utvrđujemo potencijalne gubitke u procesu. Dakle, vrijednost u procesu predstavlja sve ono što je kupac spreman platiti i što za njega predstavlja vrijednost. Kako bi se utvrdilo što je vrijednost, proces se segmentira na sve aktivnosti od kojih se sastoji te se utvrđuju njihove specifičnosti i nužnost.

2. Tok vrijednosti

Nakon što se u prvom koraku utvrdi što predstavlja vrijednost, analizira se na koji se način vrijednost dodaje u procesu i kako vrijednost teče kroz proces od aktivnosti do aktivnosti. Tok vrijednosti obuhvaća sve korake koji su nužni za izradu proizvoda, od narudžbe do dostave. Utvrđivanje toka vrijednosti omogućava identificiranje problema koji su prethodno bili skriveni.

U Toyoti su još od 50-ih godina 20. stoljeća razlikovali tri toka vrijednosti – tok materijala, tok informacija i tok ljudskog potencijala. Tok materijala podrazumijeva tok obratka kroz proces u kojem on mijenja svoj oblik i funkciju, od sirovine do konačnog proizvoda. Tok informacija podrazumijeva razmjenu informacija u proizvodnom procesu o načinu kretanja obratka i ostalih ključnih dijelova procesa. Tok ljudskog potencijala odnosi se na raspoređivanje zaposlenika po radnim mjestima, na njihovu moguću rotaciju itd. [97].

3. Protočnost

Protočnost podrazumijeva uspostavljanje proizvodnog procesa u kojem su eliminirane ili su reducirane sve aktivnosti koje ne donose vrijednost krajnjem kupcu. Za ostvarivanje ujednačenog i kontinuiranog odvijanja procesa potrebno je u određenim situacijama i reorganizirati način odvijanja procesa [90].

4. Sustav povlačenja

U skladu s masivnom proizvodnjom, organizacije su tradicionalno primjenjivale sustav guranja, odnosno, svaka je operacija svoj proizvod prosljeđivala idućoj bez obzira na potrebu. Tada je dolazilo do pojave „uskog grla“ i zastoja u radu. Sustav povlačenja omogućava provođenje samo onih aktivnosti za koje je iskazana potreba. Navedeno podrazumijeva da proizvodni proces počinje tek kad je iskazan zahtjev stvarnoga kupca, pa tako potražnja pokreće proizvodnju i diktira njezin proces.

5. Savršenstvo

Zadnji princip – savršenstvo – ukazuje na potrebu za stalnim poboljšavanjem kako bi se dostigla razina blizu savršenstva. Činjenica je da je savršenstvo kao takvo nemoguće ostvariti te da će proces uvijek nailaziti na različite potencijalne gubitke i nepredvidljive situacije, no potrebno je kontinuirano raditi na njihovu pravodobnom utvrđivanju i eliminiranju ili reduciranju. Preduvjet savršenom procesu je standardiziran, stabilan i transparentan proces.

U [84] autori navode ljude i timski rad kao još jedan od principa vitkog razmišljanja. Poštovanje zaposlenika centralni je aspekt vitkog razmišljanja. Usmjeravanjem na timski rad razvija se mogući potencijal zaposlenika. Također, u [113] utvrđuju sljedećih pet ključnih principa vitke proizvodnje: tok, prevencija defekata, sustav povlačenja, timski rad i rješavanje problema. Tako ukazuju na važnost segmenta ljudskog čimbenika, koji je jedan od temelja svakog procesa.

3.4 Analiza gubitaka prema vitkom upravljanju

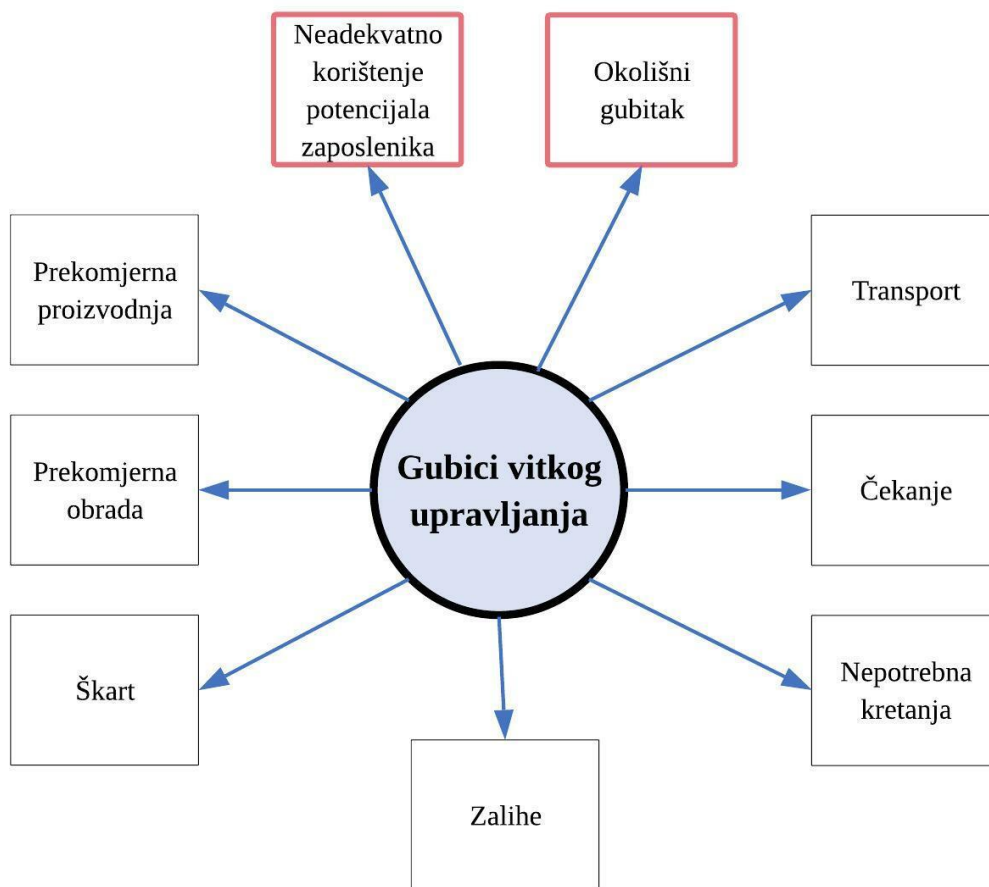
Prvi je korak svake organizacije koja planira primijeniti vitku metodu utvrditi što u njezinu poslovanju predstavlja vrijednost. Na temelju toga moguće je eliminirati faze procesa koje ne donose vrijednosti, omogućiti kontinuirani tok preostalih koraka, primijeniti sustav povlačenja gdje tok nije moguć i kontinuirano raditi na potrazi za savršenstvom [55].

U proizvodnom okruženju razlikujemo tri vrste aktivnosti – aktivnosti koje donose vrijednost, aktivnosti koje ne donose vrijednost, ali su neizbježne, te aktivnosti koje ne donose vrijednost i moguće ih je izbjeći. Vjeruje se da samo 5 % aktivnosti donosi vrijednost, oko 35 % aktivnosti ne donosi vrijednost, ali su nužne, te je 60 % aktivnosti potpuno nepotrebno i predstavljaju gubitke. Autori u [114] također aktivnosti dijele na tri vrste, ali ih nazivaju slučajnim aktivnostima (engl. *Incidental activities*), aktivnostima koje donose vrijednost i aktivnostima koje ne donose vrijednost.

Gubitkom definiramo sve ono što se kosi s osnovnim resursima, kao što su ljudi, strojevi i materijali koji su potrebni za donošenje vrijednosti konačnom proizvodu. Odnosno, gubitak predstavljaju sve aktivnosti koje uzrokuju višak novca, vremena i resursa, a ne donose vrijednost krajnjem korisniku.

Vitko upravljanje usmjerava se na prepoznavanje i eliminiranje gubitaka. To podrazumijeva ne samo materijalni, nego i radni i vremenski otpad koji se generira u procesima. Sustav je uistinu „vitki“ i poboljšan tek kada svi gubici budu uklonjeni iz sustava [89]. Međutim, svi gubici nikada neće biti u potpunosti eliminirani, nego eventualno mogu biti smanjeni. Uzrok tome je činjenica da savršenstvo kao takvo ne postoji, a kad unutar procesa imamo prisutan ljudski čimbenik, nužno je očekivati da će eventualno biti i pogrešaka koje predstavljaju gubitke. Prema tome, sustav nikada neće biti potpuno „vitak“, ali će biti blizu toga.

Prema TPS-u, kao temelju vitkog upravljanja, razlikujemo sedam vrsta gubitaka u proizvodnom okruženju. Gubici uključuju prekomjernu proizvodnju, čekanje, nepotrebne pokrete, zalihe, transport, škart i prekomjernu obradu. S vremenom je utvrđen i osmi tip gubitaka koji proizlazi iz neadekvatnog korištenja potencijala zaposlenika. Autori u [48], [109] spominju prisutnost devetog tipa gubitaka, koji se odnosi na okolišne ili energetske gubitke. Slika 7. prikazuje svih devet navedenih gubitaka.



Slika 7. Devet gubitaka vitkog upravljanja

Prekomjerna proizvodnja

Prekomjerna proizvodnja podrazumijeva proizvodnju veće količine proizvoda nego što ih je uistinu potrebno na tržištu. Zbog načina razmišljanja koji je svojstven „fordizmu“, gubitak je često utvrđen u proizvodnji kao posljedica masovne proizvodnje. Prekomjerna proizvodnja uključuje:

- proizvodnju veće količine proizvoda radi izbjegavanja namještanja linije
- serijsku proizvodnju prekobrojnih proizvoda
- proizvodnju (polu)proizvoda u većoj količini ili brže nego što ih može obraditi sljedeća faza procesa te
- proizvodnju za svaki slučaj.

Zalihe

Do suvišnih zaliha dolazi kad se u proizvodnji naručuje i skladišti više sirovina, predmeta i sredstava rada nego što je uistinu potrebno za stvaranje proizvoda koji su potrebni na tržištu. Stvaranje zaliha izravno je povezano s prethodnim gubitkom, prekomjernom proizvodnjom, koja uzrokuje gomilanje u skladišnim prostorima. Zalihe kao gubitak obuhvaćaju:

- gomilanje sirovina i alata
- proizvodnju prevelike količine proizvoda
- neusklađenu dostavu ili preuzimanje gotovih proizvoda te
- odstupanje od plana proizvodnje.

Čekanje

Čekanje podrazumijeva vrijeme besposlenosti opreme ili ljudi. Do čekanja dolazi zbog sljedećeg:

- čekanje na početak procesa zbog prepodešavanja novog proizvodnog procesa
- čekanje na završetak prethodnog procesa zbog zastoja i loše izbalansiranog procesa
- čekanje u procesu zbog zauzetosti drugim poslovima
- čekanje zbog kvara i popravka strojeva ili alata te
- čekanje zbog lošeg plana.

Transport i manipulacija

Ako se transport sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda u sklopu proizvodnog procesa ne provede na odgovarajući način, dolazi do gubitaka zbog transporta. Takvi gubici uključuju:

- nepotreban i nepravodoban transport te premještanje materijala u skladište i izvan njega
- nepotreban i nepravodoban transport od jedne do druge radne stanice
- prazni hod u transportu te
- transport prevelikim, preskupim ili presporim kapacitetom.

Prekomjerna obrada

Prekomjerna obrada podrazumijeva rad koji je nepotrebna faza u procesu proizvodnje i ne stvara vrijednost s točke gledišta kupca. Odnosi se na:

- proizvodnju složenim tehnološkim postupkom
- više operacija umjesto jedinstvene
- proizvodnju na iznimno preciznim i skupim strojevima
- veću kvalitetu proizvodnje od potrebne
- sortiranje i čišćenje između dvije slijedne operacije te
- proizvodnju po zastarjeloj tehnologiji koja se može pojednostavniti.

Nepotrebni pokreti

Nepotrebno kretanje ljudi u sklopu proizvodnog procesa koje ne donosi vrijednost konačnom proizvodu predstavlja gubitak. Posljedica je sljedećega:

- Pronalaženje dijelova, alata, dokumentacije i ostalih bitnih sredstava za rad
- Nepotrebni dohvati, dizanja, odlaganja i prenošenja
- Neadekvatan raspored radnih stanica te
- Dugo hodanje na prevelikoj površini.

Greške

Zbog grešaka u procesu dolazi do prekida kontinuiranog toka stvaranja vrijednosti. Greške u procesu proizvodnje odnose se na sljedeće:

- Proizvodnja proizvoda koji se moraju odbaciti i predstavljaju škart koji se nadoknađuje ponovnom proizvodnjom
- Proizvodnja proizvoda sa smanjenom kvalitetom u odnosu na očekivanu, zbog čega je potrebno provoditi dodatne korektivne aktivnosti
- Proizvodnja nepouzdatih proizvoda
- Rad na predmetu s greškom te
- Vraćanje proizvoda unatrag zbog propusta ili preskoka pojedine operacije.

Neiskorišteni ljudski potencijali

Do gubitka neiskorištenost ljudskih potencijala dolazi kad upravljački dio ne prepoznaje sposobnosti, vještine i potencijal zaposlenika. Kao posljedica, zaposlenike se raspoređuje na radna mjesta na kojima ne mogu ispuniti sve svoje potencijale, što u konačnici rezultira

smanjenom motivacijom i kreativnošću te nezainteresiranošću. Između ostalog, obuhvaća i sljedeće:

- nekorištenje raspoloživog znanja i vještina ljudi za unaprjeđenje poslovanja,
- nejasno iznošenje poslovnih ciljeva za sve zaposlenike i njihovo sudjelovanje u njima,
- nejasno dodjeljivanje zadataka, uloga i odgovornosti,
- nejasne procedure rada,
- ograničavanje autoriteta i odgovornosti zaposlenika za donošenje rutinskih odluka,
- angažiranje visoko plaćenog osoblja za rutinske zadatke koji ne zahtijevaju njihovu jedinstvenu stručnost,
- nedostupnost znanja i informacija te odsutnost povratne veze,
- neuključivanje svih sudionika u proces odlučivanja i donošenja rješenja,
- nedostatak savjetovanja sa zaposlenicima na koje se odnosi promjena te
- nedostatak motiviranja zaposlenika različitim dostupnim alatima i mogućnostima.

Okolišni ili energetska gubitak

Okolišni gubitak odnosi se na nepotrebno ili pretjerano korištenje izvora i sirovina. Također, uključuje i ispuštanje štetnih supstancija u zrak, vodu i zemlju, što u konačnici može biti štetno za ljudsko zdravlje i okoliš.

Prema svemu navedenom, očito je da su navedeni gubici koncipirani za proizvodno okruženje. Ako se ista metoda određivanja gubitaka želi primijeniti u neproizvodnom kontekstu, potrebno je provesti izmjene koncepta.

3.5 Alati i metode vitkog upravljanja

Kako bi se ostvarila uspješna preobrazba organizacija, ispunili postavljeni ciljevi i na samom kraju postigli željeni rezultati, potrebno je djelovati pomoću alata i metoda. Vitko upravljanje pruža veliki broj alata za poboljšanje, koji su oblikovani za rješavanje određene vrste problema. Jedan je od najvećih izazova vitkog upravljanja izabrati prikladan alat i učinkovito ga primijeniti [48] jer je često teško utvrditi koji su alati relevantni za konkretan slučaj [115]. Ista problematika naglašena je u [116].

Smisao je primjene alata prilikom uvođenja vitkog upravljanja eliminirati ili barem reducirati gubitke te omogućiti kontinuirano praćenje procesa kako bi se postignuto poboljšanje održavalo. Zbog toga se adekvatan alat primjenjuje nakon što su se utvrdili gubici jer je tada jasno koji je alat potrebno primijeniti.

U nastavku su navedeni i ukratko opisani alati koji se najčešće primjenjuju u istraživanjima.

3.5.1 VSA

Analiza toka vrijednosti, odnosno VSA, može se definirati kao metoda pomoću koje menadžeri i inženjeri žele povećati razumijevanje razvoja organizacije. Metoda služi za identifikaciju broja i tipova aktivnosti prema analizi izmjerenih vremena pojedinih aktivnosti, za trenutno i buduće stanje. Analiza toka vrijednosti ključni je prvi korak za utvrđivanje smjera kretanja prilikom uvođenja vitkog upravljanja. Povezana je s učestalije primijenjenom metodom mapiranja toka vrijednosti te predstavlja njezinu polazišnu točku.

3.5.2 VSM

Mapiranje toka vrijednosti, skraćeno VSM, alat je koji vizualno mapira cijeli proces. Ima sličnosti s dijagramom toka i s mapom toka procesa, ali ključna je razlika u tome što, za razliku od njih, utvrđuje različite vrste aktivnosti. Tok vrijednosti definira skup svih vrsta aktivnosti koje trebaju dostaviti određeni proizvod ili uslugu od sirovog materijala pa sve do kupca [93].

Kreiranje vizualne mape omogućuje svima potpuno razumijevanje načina kako se stvara vrijednost i kako nastaju gubici. VSM se definira kao pristup temeljen na timskom radu koji mapira tok vrijednosti ili proces. Vizualno i numerički lomi proces kako bi se iz perspektive kupca uočile aktivnosti koje donose vrijednost i one koje ne donose vrijednost. Izrada se obavlja na način da tim prvo izrađuje mapu trenutnog stanja, dok u isto vrijeme skuplja ideje za poboljšano buduće stanje. Mapa budućeg stanja predstavlja istu mapu s eliminiranim gubicima, nesukladnostima i neuspjesima. Mapiranje toka vrijednosti slično je procesu mapiranja, ali dodaje nekoliko dodatnih slojeva analize [93].

Metoda je često primijenjena u recentnim istraživačkim radovima izvan proizvodnog okruženja, između ostaloga u područjima zdravstva [58], [117], telekomunikacijske industrije [118] te građevinske industrije [60].

Vitko upravljanje primjenjuje VSM kako bi se podržala analiza VSA, koja je usko povezana s VSM metodom. [119]. VSM se može opisati kao metoda u kojoj su ishodi VSA analize grafički prikazani. Međutim, u procesima koji se ne odvijaju na više razina te imaju jednog sudionika, nema smisla primjenjivati VSM, nego je bolja opcija primijeniti VSA.

3.5.3 Dijagram toka

Dijagrami toka (engl. *Flow Chart/Diagram*) alati su koji su uobičajeno primijenjeni za proučavanje kretanja ljudi i materijala unutar tvornice. Cilj je dijagrama pronaći rješenje za učinkovitija radna mjesta skraćivanjem udaljenosti koje prelaze ljudi i materijali [94]. Alat omogućava vizualni prikaz svakog koraka u procesu na konkretan način kako bi bili analizirani u svrhu unaprjeđenja. Prikaz toka pomoću dijagrama često se primjenjuje u kombinaciji s primjenom alata standardiziranog rada.

3.5.4 Procesna mapa

Procesna mapa (engl. *Process Map*) vrsta je dijagrama toka koji prikazuje različite elemente toka – vrijeme, materijale, ljude i informacije. Cilj je ilustrirati zadatke i rezultate. Prema [115], procesna mapa omogućava bolje razumijevanje procesa i što povlače sa sobom.

Procesna mapa odlična je metoda za prikaz jednostavnog procesa te se prema tome primjenjuje za prikaz trenutnog (*as is*) i budućeg stanja (*to be*). Najčešće se primjenjuje kao prvi korak izrade VSM mape, kako bi se identificirale aktivnosti koje donose vrijednost u procesu. Međutim, bitno je ukazati na njihovu razliku.

3.5.5 5S

Kad su radne stanice, alati, pribor i materijali neorganizirani, zaposlenici mogu trošiti puno vremena tražeći potrebna sredstva za rad. Alat 5S primjenjuje se za učinkovitu organizaciju

radnog okruženja [93]. Uz njegovu primjenu postiže se urednost i organiziranost radnog prostora, čime se u konačnici smanjuju ili eliminiraju gubici koji se pojavljuju u procesu [90].

5S podrazumijeva sljedeće aktivnosti: sortiranje, red, sjaj, standardizaciju i održivost. Navedene aktivnosti uključuju sljedeće:

- 1. Sortiranje** (jap. *Seiri* / engl. *Sort*) – sve što je nepotrebno za obavljanje posla na radnom mjestu se uklanja, a ono što se rijetko koristi odlaže se na posebna mjesta.
- 2. Slaganje** (jap. *Seiton* / engl. *Straighten*) – predmeti nužni za rad slažu se sukladno rasporedu korištenja.
- 3. Čišćenje** (jap. *Seiso* / engl. *Scrub*) – održavanje radnog prostora čistim i urednim.
- 4. Standardiziranje** (jap. *Seiketsu* / engl. *Standardize*) – prihvatanje prethodna tri koraka kao uobičajenu proceduru rada.
- 5. Održavanje** (jap. *Shisuke* / engl. *Sustain*) – izgradnja organizacijske kulture kako bi se postignuto stanje održalo i kontinuirano unaprjeđivalo.

5S ostvaruje čisto, sigurno i organizirano radno mjesto te tako zaposlenici postaju motivirani i više uključeni u rad. Upotreba 5S alata omogućava kontinuirano poboljšavanje koje rezultira efektivnom i maksimalnom učinkovitošću u području radnog mjesta [93].

3.5.6 Kaizen

Kaizen je japanska riječ koja doslovno označava promjenu (*kai*) nabolje (*zen*). Budući da se pojam dugo primjenjuje u literaturi, često dolazi do pretpostavke da je sinonim kontinuiranom unaprjeđenju. No, *kaizen* je samo jedan aspekt, odnosno alat metode vitkog upravljanja, koja je jedna od strategija kontinuiranog unaprjeđenja [65].

Kaizen je jedan od ključnih procesa u vitkoj organizaciji. Cilj je eliminirati sve gubitke kroz inkrementalno i kontinuirano poboljšavanje procesa. Autori u [120] naglašavaju da kad se *kaizen* jednom uvede kao dio kulture organizacije, djeluje kao platforma za održavanje vitkog razmišljanja.

Prema [101], *kaizen* omogućava kulturu rješavanja problema sa znanstvenim i strukturiranim razmišljanjem, koja pomaže organizaciji povećati angažman zaposlenika i osloboditi njihovu kreativnost za promociju inovativnosti okolišnog i socijalnog napretka.

U [65] autori alate standardizirani rad, vizualni menadžment i primjenu pouzdane tehnologije smatraju jednima od glavnih principa *kaizena*.

Jedan od ključnih čimbenika *kaizen* filozofije su ljudi. Potrebno je stvoriti takvu atmosferu koja će uključivati zaposlenike u procese predlaganja i unaprjeđenja procesa. *Kaizen* se ostvaruje kroz zajednički rad i sudjelovanje zaposlenika pri eliminiranju ili reduciranju gubitaka [121].

Prema tome, *kaizen* definiramo kao pristup koji pretpostavlja stalna poboljšanja uz uključenost svih zaposlenika – od menadžmenta do radnika. Pri tome alati nisu važni koliko je važan način razmišljanja njihovih korisnika.

3.5.7 Standardizirani rad

Standardizirani rad (engl. *Standardized Work*) podrazumijeva obavljanje posla na najbolji mogući način. Cilj je osigurati siguran i ponovljiv rad sa što manje promjena, gubitaka i što većom produktivnošću. Postiže se najboljom kombinacijom zaposlenika, opreme, materijala i procedura.

Kako bi se ostvarila metoda standardiziranog rada, potrebno je detaljno i precizno opisati faze procedura i procesa. S ciljem uspješne provedbe, najbolje je oblikovati timove zaposlenika i suradnika iz drugih područja, dokumentirati korake procesa i uz dogovor osmisliti najbolji način eliminiranja ili reduciranja gubitaka u procesu. Standardizacija u velikoj mjeri uklanja učestale ljudske pogreške unutar procesa.

3.5.8 *Poka-yoke*

Poka-yoke, odnosno dokazivanje pogrešaka, tehnika je transformacije koja se primjenjuje kako bi spriječila pojavu pogrešaka ili defekata. Naziv je nastao od japanskih riječi *poka* (pogreška)

i *yoke* (sprječavanje). Primjenjuje razne uređaje ili metode koje ili ne pružaju mogućnost pogreške ili je čine očitom u trenutku njezina nastanka [89].

Alat *poka-yoke* svakako je bolje rješenje od provođenja kontrole kvalitete na samom kraju procesa, jer je pogreška tada već nastala te ili ju je nemoguće ukloniti ili se ne isplati pristupiti postupku njezina uklanjanja [90].

3.5.9 „5 zašto“

Alat „5 zašto“ (engl. *5 Whys*) ključni je alat za utvrđivanje i razumijevanje potencijalnog uzroka problema. Cilj je pronaći dovoljan broj uzroka, čija će korekcija rezultirati rješavanjem stvarnog problema.

„5 zašto“ karakterizira sljedeće:

1. Provjera problema na mjestu njegova nastanka.
2. Odgovor na svako „zašto“ mora biti utemeljen na provjerenim činjenicama (nema nagađanja).
3. Alat se primjenjuje kako bi se provjerila povezanost odgovora i ispravnost logike.

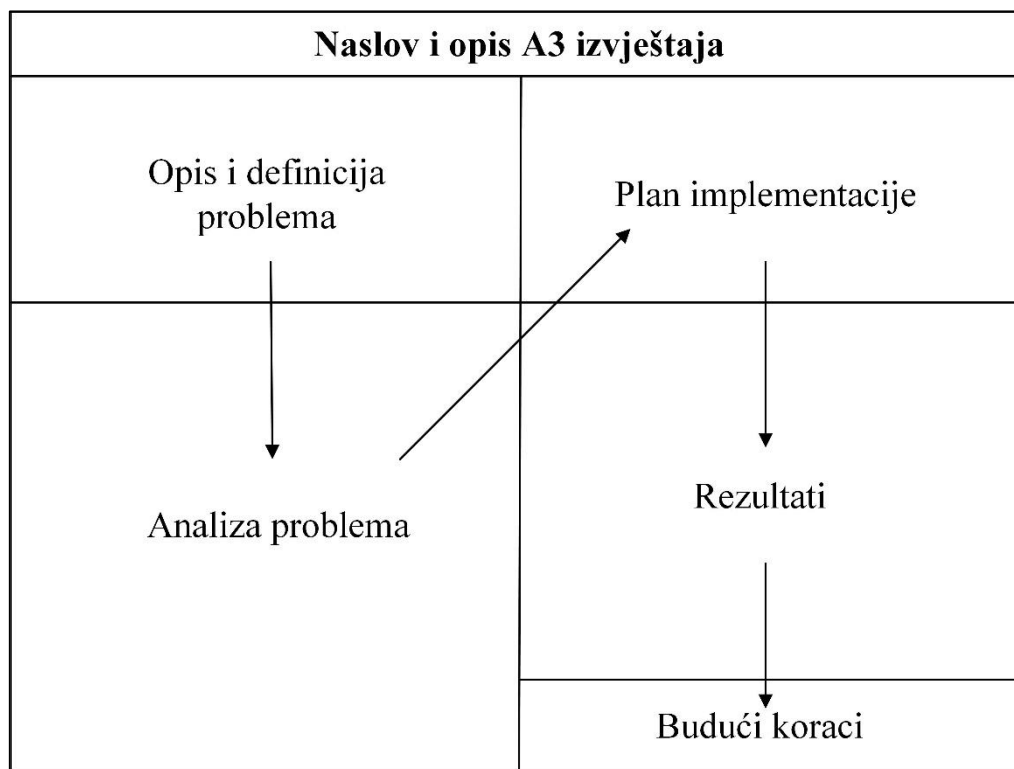
Važno je razlučiti kako se alat usmjerava na pronalaženje uzroka problema, a ne na pronalaženje krivca; zašto, a ne tko. Ponekad svaki problem može imati više uzroka, no bitno je da je fokus na najvažnijima.

3.5.10 A3 izvještaj

A3 izvještaj sažeti je prikaz ključnih informacija za evaluaciju metode. Moguće ga je primijeniti u sljedećem:

- dobivanje podrške i odobrenja prije provedbe
- glavni dokument kod provedbe metode te
- završni izvještaj nakon što je problem riješen.

Izveštaj se prikazuje na sljedeći način (Slika 8.):



Slika 8. Izgled A3 izvještaja

Izveštaj sadrži opis postojećeg problema, njegovu analizu, plan rješavanja problema, dobivene rezultate i planirane korake u budućnosti.

Smisao je primjene ovog alata rješavanje problema na strukturirani način. Potrebno ga je oblikovati s optimalnom količinom ključnih informacija, ni previše ni premalo. Obuhvaća veći broj učinkovitih alata vitkog upravljanja [96].

3.5.11 Vizualno upravljanje

Alat vizualno upravljanje (engl. *Visual management*) omogućuje da zaposlenici konstantno budu informirani o procedurama, trenutnom statusu i drugim relevantnim podacima. Tako svi znaju koliko brzo moraju izvršavati sve potrebne zadatke. Također, pogreške se puno brže i lakše utvrđuju. Vizualno upravljanje svima omogućava razumijevanje i ostvarivanje dnevnih ciljeva [93].

Iako postoji veći broj definicija vizualnog upravljanja, sve se slažu da je vizualno upravljanje alat za vizualizaciju informacija. Obuhvaća različite alate i metode koji se mogu primijeniti za vizualizaciju informacija te za prikaz zahtjeva i smjernica.

Može se primjenjivati u dvije različite domene: u prvoj domeni kao informativni alat, isključivo za vizualizaciju informacija, a u drugoj domeni kao direktivni alat, za prikaz zahtjeva, uputa i smjernica.

3.5.12 Ključni pokazatelji uspješnosti

Kako bi se na adekvatan način moglo pratiti realiziranje organizacijskih ciljeva, potrebno je uspostaviti metriku [96]. Metrika vitkog upravljanja važna je za analizu toka vrijednosti i donošenje odluka o samom procesu.

KPI predstavlja metriku primijenjenu za analizu procesa koja se izabire i prilagođava na temelju dostupne literature ili prethodno definiranih parametara [94]. KPI metrika vitalni je navigacijski instrument koji upravljački dio organizacija primjenjuje kako bi razumjeli ide li njihovo poslovanje u dobrom smjeru [122].

Svako poduzeće postavlja vlastite KPI parametre, a važno je da oni mjere upravo ono što je ključno za uspješno poslovanje organizacije [123].

3.5.13 *Hoshin kanri*

Jedan od načina implementacije strategije koju poduzeća koriste kako bi definirala ciljeve te ih pretvorila u KPI-eve naziva se *hoshin kanri* [124]. Metoda *hoshin kanri* omogućava organizacijama usklađivanje ciljeva (strategija) s planiranjem srednjeg menadžmenta (taktika) i radom osoblja (operativa), kako bi se osiguralo da svaki sudionik povlači proces u istom smjeru, eliminiranjem gubitaka i loše komunikacije. Metoda mora biti usmjerena na ostvarivanje strateških ciljeva, a pri ispunjavanju operativnih zahtjeva svakodnevno [42].

Hoshin kanri, dakle, omogućava ujednačavanje ciljeva poduzeća definiranih u korporativnoj strategiji s planovima menadžmenta definiranim u poslovnoj strategiji i radom svih ostalih

zaposlenika definiranim u operacijskoj strategiji [123]. Metoda *hoshin kanri* razvijena je u Japanu i kompaniji *Bridgestone Tire Company*, koja je od 1968. do 1969. počela pratiti svoje definirane strategije [125]. Da bi maksimizirale prednosti vitkog upravljanja, organizacije moraju razviti sustav metrike za mjerenje uspješnosti poslovanja [126].

Iako *hoshin kanri* nije toliko popularna metoda kao ostali *lean* alati, metoda kao takva povećava učinkovitost organizacije s tendencijom da svakog zaposlenika usmjerava u istom smjeru u isto vrijeme. Navedeno ostvaruje ujednačavanjem strategije tvrtke s planovima srednjeg menadžmenta i radom – s ciljem eliminiranja gubitaka koji proizlaze iz nekonstantnog smjera i loše komunikacije [1].

3.6 Vitko upravljanje u neproizvodnim organizacijama

Prema provedenom pregledu literature u prethodnom poglavlju ovog doktorskog rada, utvrđeno je da se u posljednje vrijeme sve veći broj istraživanja temelji na primjeni vitkog upravljanja u neproizvodnom okruženju. Bez obzira na razlike između proizvodnog i neproizvodnog okruženja, ciljevi dostizanja određene razine kvalitete, uvođenja standardizacije i pojednostavljenja procesa jednaki su u oba područja.

Desetljećima se vjerovalo da je vitko razmišljanje prikladno isključivo u proizvodnoj domeni, te su pojedini autori [1] utvrdili postojanje znatnog skepticizma zbog mogućih ostvarivih rezultata prilikom primjene vitkog razmišljanja izvan proizvodnoga konteksta. Međutim, u posljednje vrijeme proizišla je njegova sve veća primjena u raznim poslovima i procesima. Vitko upravljanje način je razmišljanja i ponašanja cijele organizacije, a nije taktika ili program za smanjenje troškova. Vitko razmišljanje i njegovi principi postupno proširuju njegovu valjanost i utjecaj u nekoliko ostalih područja, te u različitim razinama istraživanja [127].

Jednako tako, autori u [128] naglašavaju da vitka proizvodnja više nije praksa za primjenu isključivo u industrijskoj proizvodnji, iako naziv to sugerira. Iako su začeci vitkog razmišljanja vezani uz proizvodnju, njegovi osnovni principi primjenjivi su u svakom tipu organizacija, uključujući ured i administrativne procese [4].

Autori u [1] naglašavaju da je prije primjene vitkog razmišljanja potrebno da svaka organizacija razumije kontekst u kojemu obavlja svoju djelatnost. Alati vitkog upravljanja ne donose veliku korist bez sustava koji pruža podršku.

Vitka metoda primijenjena u zdravstvu, kao što je istraživano u [129], teži stvaranju najveće vrijednosti za pacijente, smanjivanjem gubitaka i čekanja. Uz pacijente, važna je i uključenost zaposlenika i kontinuirano poboljšanje. Kako bi se navedeno jasno prikazalo, unutar bolnica primjenjuju se različiti vizualni alati (bijele ploče i *flipchart*), što konvencionalnim načinom može dovesti do gubitka informacija.

Primjena vitkog principa unutar aktivnosti upravljanja opskrbnim lancem nije jednostavan proces. Jedan je od najvećih razloga taj da je gubitke unutar procesa lakše utvrditi i kvantificirati u proizvodnom okruženju nego u opskrbnom lancu [130].

Kada govorimo o neproizvodnom okruženju, česta je primjena u uslužnim djelatnostima (u literaturi „vitka usluga“), koja se najčešće odnosi na: telekomunikacijsku industriju, avionsku industriju, bankarsku industriju, zdravstveni sustav, logistiku i distribuciju.

Vitko razmišljanje također se može primijeniti u okruženju javne administracije, gdje je vitki ured također sposoban pružiti pozitivne rezultate stvarajući vrijednost za građane, koji su krajnji korisnici. Razlika je između vitke proizvodnje i vitkog ureda u tome da vitka proizvodnja ima fizički tok, dok u vitkom uredu tok uključuje informacije i znanje zaposlenika u uredu [4]. Javne organizacije često imaju sličnosti s privatnim, odnosno uslužnim organizacijama.

Primjena vitkog upravljanja u javnom sektoru može omogućiti sljedeće rezultate [102]: poboljšati operativnu učinkovitost, poboljšati procese, poboljšati tijek rada, poboljšati izvedbu usluge na terenu, poboljšati usluge građanima, smanjiti vrijeme čekanja, poboljšati pristup građanima, povećati zadovoljstvo građana, bolje raspodijeliti resurse, poboljšati strateške komunikacije, poboljšati upravljanje znanjem, poboljšati izvještavanje, transparentnost i planiranje.

Međutim, nije dovoljno samo postići pozitivne rezultate, nego je važno da oni budu u skladu sa strategijom javne administracije, a sve kako bi se zadovoljio javni interes. Vitko razmišljanje sve se više primjenjuje, većinom zbog njegova kapaciteta za naglašavanjem prakse upravljanja

kako bi se postigli standardi veće kvalitete te fleksibilnost, te kako bi se ostvarili zahtjevi građana za više usluga i učinkovitost javnog sektora kroz smanjenje gubitaka. Međutim, za razliku od privatnog, javni sektor ima posebnosti koje mogu utjecati na razliku u primjeni vitke metode, kao što je, primjerice, politički utjecaj [54]. Iako ta dva područja imaju slična obilježja pa se alati mogu primijeniti na sličan način, primjeni vitkog upravljanja u javnom sektoru treba pristupiti s više pozornosti jer je većina procedura zakonski određena. Zbog toga period primjene vitkog razmišljanja može puno dulje potrajati jer vuče za sobom usklađivanje postojećih alata s pripadajućim zakonskim ili podzakonskim propisima i obrnuto. Prema tome, planiranje i implementacija nove filozofije moglo bi zahtijevati prilagodbe u javnoj administraciji, kako u kontekstu prilagodbe alata, tako i prilagodbe propisanih procedura.

Autori u [99] istražuju mogućnost primjene vitkog upravljanja i u neprofitnim organizacijama. Neprofitne su organizacije ograničene svojim institucijskim okruženjem prilikom primjene modela upravljanja koji se temelji na kvaliteti i principima vitkog razmišljanja. Priroda neprofitnih organizacija teži smanjiti fokus na konkurentnost. Neprofitne organizacije nalaze se između profitnog i javnog sektora te imaju obilježja jednog i drugog područja.

U ovom poglavlju te u nastavku doktorskog rada primjenjuje se pojam neproizvodne organizacije za uslužne, neprofitne organizacije, za javni sektor te za ostale organizacije koje imaju karakteristike potonjih, a nisu proizvodne. Zajednički se suprotstavljaju proizvodnima jer se podrazumijeva da obuhvaćaju veću uključenost ljudskog čimbenika, što uzrokuje i njegov veći utjecaj na proces. Zbog toga se dolazi do njihove veće kompleksnosti te većih varijabilnosti pri njihovom djelovanju.

U većem dijelu ovog poglavlja pozornost je bila na definiranju i analiziranju vitkog upravljanja u proizvodnom kontekstu. Činjenica je da su temelji metode, njezini principi i alati nastali u proizvodnom okruženju. Također, veći dio istraživanja desetljećima se provodio upravo u različitim proizvodnim organizacijama, čime se zapravo i validirala uspješna implementacija različitih alata vitkog upravljanja, zbog čega je vitko upravljanje postalo najpoželjnija metoda upravljanja.

Usprkos sličnosti pojedinih principa vitke usluge s vitkom proizvodnjom, vitka usluga nema jedinstveni i specifični model koji se može smatrati referencom u svakoj situaciji ili području usluga kao standardna procedura [49].

Autori [131] su među prvima proveli istraživanje o prijenosu metoda vitkog upravljanja u uslužni sektor. Proveli su studije slučaja primjene alata vitkog upravljanja i objavili rezultate, što je postalo poznato kao „vitka usluga“. Istraživanje je prikazalo karakteristike vitke usluge primijenjene u lancima restorana brze hrane, u bolnicama i u avionskim kompanijama:

- smanjenje izvedbe
- uspostavljanje tijeka procesa koji donosi vrijednost i primjena sustava koji pokreće kupac
- eliminiranje gubitaka u lancu vrijednosti, od razvoja do dostave
- povećanje fokusa na kupca i uključenost u razvoj i dostavu te
- osnaživanje zaposlenika i timova.

Metodologija vitkog upravljanja, sukladno navedenom, odnosi se na proizvodnu industriju koju karakteriziraju opipljivi proizvodi. Stavovi istraživača o načinu primjene vitkog upravljanja unutar proizvodnog i neproizvodnog okruženja u globalu se razlikuju. Tako se, primjerice, [131] smatra da je vitka proizvodnja kao koncept prikladna za primjenu i u uslužnoj djelatnosti usprkos nepredviđenim situacijama. Zbog toga smatraju da nije poželjno primjenjivati odvojene konceptualne modele.

U neproizvodnom okruženju većina metoda i alata nije izravno primjenjiva. U skladu s time, potrebno ih je prethodno revidirati prije njihove primjene unutar neproizvodnih procesa. Autori u [63] naglašavaju da je koncept vitkog upravljanja promijenio originalni skup *hard* alata za proizvodno područje u sustav pristupa orijentiran ljudima, a koji može biti univerzalno primijenjen u bilo kojem procesu. *Hard* alati su zamijenjeni *soft* praksom, što je dovelo do brojnih kvantitativnih i kvalitativnih prednosti. Navedeno je ukazalo na važnost uklapanja vitkog razmišljanja u samo djelovanje ljudskog čimbenika.

U [53] naglašavaju da je neke od postojećih alata lako primijeniti u administrativnom okruženju, dok drugi podrazumijevaju znatne napore i prilagodbe. Mapiranje toka vrijednosti ili mapiranje procesa alati su vitkog upravljanja koji se najuspješnije implementiraju u vitki ured. Standardizacija procedura još je jedan važan i učinkovit alat, a zajedno uz KPI-evima i vizualni menadžment.

Moguće je glavni cilj vitkog upravljanja i osnovnih pet principa razmatrati i iz neproizvodnog okruženja, jer zbog svoje apstraktnosti nisu vezani isključivo uz proizvodnu djelatnost. Međutim, primjenom tehničkih alata koji su razvijeni za primjenu unutar proizvodnih procesa nije moguće postići očekivane rezultate. U [99] utvrđuje se da brojni autori ukazuju na univerzalnost metode vitkog upravljanja u kontekstu njezinih principa, a ne alata i metoda. Osim toga, utvrđivanje gubitaka može biti kompleksno s obzirom na neopipljivost procesa.

Autori u [68] ukazuju na razliku uslužnih procesa u odnosu na neproizvodne, koja se očituje u sljedećem: aktivno sudjelovanje kupca u procesu dostave, mjesto dostave i mjesto korištenja su jednaki, usluge su neopipljive i nemoguće ih je pohraniti. U [132] ukazuju na problematiku neopipljivosti usluga, koja se odnosi na nemogućnost njihova jednostavnog mjerenja i kvantificiranja.

U [42] ukazuje se na važnost redefiniranja koncepta vitkog upravljanja u pogledu vrijednosti i gubitaka. Autori se usmjeravaju na karakteristike uslužnih djelatnosti – neopipljivost, kvarljivost, neodvojivost, varijabilnost i nedostatak vlasništva. Predlažu model organiziran u pet koraka:

- Definicija principa vitke usluge
- Uloga kupca u usluzi
- Određivanje gubitaka u uslužnom kontekstu
- Implementacija – procjena metodologija vitkih usluga i
- Validacija modela vitke usluge – praćenje rezultata i kontinuirano unaprjeđenje.

Model je podijeljen u dva ciklusa – konceptualni i praktični. Konceptualni ciklus omogućava adekvatnu izvedbu uzimajući u obzir karakteristike svojstvene uslužnom sektoru te ulogu kupca u uslužnom procesu. Praktični ciklus omogućava da je konceptualni ciklus primijenjen unutar korisnih ciljeva te konzistentan s vitkim razmišljanjem.

U Tablici 2. u nastavku paralelno su prikazani gubici u uslužnom kontekstu s analognim gubicima u proizvodnom okruženju.

Tablica 2. Usporedba gubitaka u uslužnom i proizvodnom kontekstu prema [42]

Usluge	Proizvodnja	Primjer	Uzrok
Prekomjerna proizvodnja	Prekomjerna proizvodnja	Procesuiranje stavki više nego što je potrebno	Loše planiranje
Kašnjenje	Čekanje	Zahtjev na čekanju Kašnjenje s informiranjem	Loša koordinacija
Nepotrebiti transport	Kretanje	Potruga za podacima i informacijom	Loše vođenje ureda
	Transport	Višak priloga u mail-ovima	Zastarjele radne navike
Previsoka kvaliteta, dupliciranje	Prekomjerna obrada	Ponovljeni detalji u formama	Pretjerana birokracija
Nedostatak standardizacije	Zalihe	Fluktuirajuća vodeća vremena	Fluktuacije potražnje
Neuspjela potražnja	Škart		
Nedostatak usmjerenosti na kupca		Manjak pozornosti na kupca	Manjak motivacije
Zastarjelost ili neadekvatnost		Pogreška, nepotpuni rad	
Gubitak prilika			Nejasan tijek rada
Loša komunikacija			
Neiskorišteni resursi		Ograničena odgovornost	Menadžerski otpor promjenama
Menadžerski otpor promjenama		Odbijeni prijedlozi	Vjerovanje da je odbijajući stav sigurniji

Autori u [133] naglašavaju potrebu za predefiniranjem kategorizacije gubitaka u uslužnom kontekstu. Gubici koji su prisutni u RBI projektima prikazani su u Tablici 3.

Tablica 3. Utvrđeni gubici u RBI projektima prema [133]

Gubitak	Opisa
Ponovni rad	Aktivnosti koje moraju biti ponovno učinjene zbog brojnih razloga
Pregledi	Aktivnosti za utvrđivanje pogrešnog rada
Pogreške	Radnje koje mogu uzrokovati gubitak dobre reputacije i povjerenja klijenta
Kašnjenja	Vrijeme čekanja zbog procesa prijenosa informacija
Prekomjerna proizvodnja	Aktivnosti koje nisu obuhvaćene unutar projekta, ali su svejedno obavljene
Pokreti	Nepotrebni transport osoblja, informacija i opreme
Neučinkovitosti obrade	Neučinkovita primjena resursa prilikom provođenja određenog zadatka
Neučinkovitosti resursa	Neprikladno upravljanje osobljem, informacijama, opremom ili kapitalom

Prema [134] primjena vitkog razmišljanja u transportnom sektoru i dalje je ograničena unutar literature. U [135] predlažu utvrđivanje i eliminaciju gubitaka u transportu odstupajući od sedam osnovnih gubitaka. Istraživanje pokazuje da dva od sedam gubitaka nisu adekvatna za transport – višak zaliha i isporuka. Umjesto njih, uključuju dva nova tipa gubitka – iskorištenost resursa i nepokrivene zadatke. Autori u [136] također definiraju sedam gubitaka u transportu, koje nazivaju sedam „smrtnih“ gubitaka logistike. Navode ih kao aktivnosti koje uključuju prekomjernu proizvodnju, kašnjenje, višak transporta, kretanje, zalihe, prostor i pogreške.

Iako se svi od navedenih gubitaka mogu prikazati i u neproizvodnom kontekstu, bitno je razlučiti koji od njih su važniji od drugih, a koji su prisutni, no ne utječu znatno na proces. Tako, primjerice, gubici poput zaliha, prekomjerne obrade i prekomjerne proizvodnje budu prisutni u drugom kontekstu, ali to nije nešto što može toliko narušiti proces kao što je slučaj u proizvodnim organizacijama.

Prema [54], sedam gubitaka koji su uobičajeno utvrđeni u proizvodnom okruženju jednako tako mogu biti utvrđeni u administrativnom okruženju. Međutim, utvrđivanje gubitaka može biti

teže zbog neopipljive prirode informacija. Također, predlaže se utvrđivanje dva tipa gubitaka: površinski gubici i gubici vodstva. Površinski gubici vezani su uz operativne postupke u uredu, a gubici vodstva odnose se na administrativnu strategiju i upravljanje.

Glavna je problematika neproizvodnih organizacija u tome što je posao koji se obavlja vrlo promjenjiv, uključuje istodobni rad unutar više segmenata i zaposlenici zbog svega moraju u isto vrijeme biti stručni, snalažljivi i kreativni. Uzrok navedenog je činjenica da je unutar takvih organizacija ključni čimbenik čovjek – zaposlenik. Također, za razliku od proizvodnje, uslužna djelatnost ima veliku uključenost ljudi. Posljedica je toga da isti modeli koji se primjenjuju u proizvodnoj djelatnosti ne moraju nužno ostvarivati poboljšanje i korist u ostalim tipovima djelatnosti.

Tablica 4. prikazuje usporedbu prethodno definiranih osnovnih osam tipova s pet predloženih modela analize gubitaka u uslužnoj djelatnosti pronađenih prilikom pregleda literature.

Evidentno je da je svih osam gubitaka utvrđeno i opisano kroz svih pet modela, na način da su pojedini od njih prikazani u drugom kontekstu. Uz postojeće gubitke, predloženi su i novi, no iz perspektive svakog autora posebno. Gubici koji se odnose na transport i nepotrebne pokrete svedeni su na isti gubitak jer u neproizvodnom kontekstu podrazumijevaju isto te nisu toliko relevantni.

Tablica 4. Usporedba osnovnih tipova gubitaka s onima u neproizvodnom okruženju

8 osnovnih gubitaka	10 gubitaka [137]	7 gubitaka [138]	8 gubitaka [42]	8 gubitaka [133]	7 gubitaka [136]
Škart	Škart	Pogreške u transakciji usluge	Neuspjeh potražnje	Pogreške Ponovni rad	Škart
Zalihe	Netočne zalihe	Netočne zalihe	Nedostatak standardizacije	Neučinkovitost resursa	Višak zalihe i isporuke
Pokreti	Pokreti/transport	Kretanje	Kretanje/transport	Kretanje	Nepotrebni pokreti
Prekomjerna obrada	Duplikacija	Duplikacija	Duplikacija	Neučinkovitost obrade	Neispravna obrada
Prekomjerna proizvodnja	Prekomjerna proizvodnja	-	Prekomjerna proizvodnja	Prekomjerna proizvodnja	Prekomjerna proizvodnja
Transport	Isto kao i pokreti	-	Isto kao i kretanje	Isto kao i kretanje	-
Čekanje	Čekanje/kašnjenje	Kašnjenje	Kašnjenje	Kašnjenje	Čekanje
Ljudski potencijali	Neiskorišteni potencijali zaposlenika	-	Neiskorišteni potencijali zaposlenika	Neiskorišteni potencijali zaposlenika	Neiskorišteni potencijali zaposlenika
-	Nejasna komunikacija	Nejasna komunikacija	Isto kao i pogreške	-	Besmisleni zadaci

-	Nedostatak fokusa kupca	Izgubljena prilika za zadržavanjem ili pridobivanjem kupca	Isto kao i pogreške	-	-
-	Varijacija	-	Otpor menadžera promjenama	-	-
-	-	-	-	Procjene	-

Uzimajući u obzir usporedbu gubitaka prikazanu u Tablici 4. te navođenje gubitaka u pojedinim istraživanjima, u 6. poglavlju je u sklopu oblikovanja modela predloženo definiranje gubitaka u neproizvodnom okruženju s obzirom na ljudski čimbenik.

4 PRIMJENA DIGITALNIH RJEŠENJA U POSLOVANJU

Tehnologije su već dulje vrijeme prisutne u različitim područjima djelovanja, međutim, tek su relativno nedavno industrijski poslovni lideri svjedočili stabilnosti i zrelosti tehnoloških rješenja. Sve veću prisutnost interneta te modernih i digitalnih tehnologija unutar različitih poslovnih procesa stoga više nitko ne može osporiti. Upravo je zbog toga veliki naglasak na njihovoj važnosti u današnjem tehnološkom razvoju.

Još od kraja prethodnog stoljeća digitalizacija je bila pokretač ekonomskih promjena u različitim područjima poslovanja. Digitalizacija podrazumijeva integriranje digitalnih tehnologija u svaki aspekt svakodnevnog života unutar kojeg ih je moguće implementirati i koristiti.

U kontekstu poslovnog svijeta, digitalizacija je primjena digitalne tehnologije u svrhu promjene konvencionalnog poslovnog modela. Njezinom primjenom dolazi do stvaranja novih prihoda i prilika koje donose nove vrijednosti. *Temelj digitalizacije je dostupnost velike količine podataka (unutarnjih i vanjskih) iz različitih izvora podataka [139].* Prema tome, digitalizacija podrazumijeva vještine analize velike količine podataka.

Svjesno ili ne, organizacije se natječu u svijetu koji se temelji na podacima. Podaci dolaze iz različitih izvora, imaju različite formate, utječu na različite dijelove lanca vrijednosti te su osnova učenju i stvaranju znanja. Cilj je koristiti podatke na ispravan način kako bi se povećala mogućnost donošenja pravih odluka, u pravom kontekstu i zbog pravih razloga. Većina organizacija uistinu iskorištava samo dio potencijalne vrijednosti podataka i analitike. Najveće barijere s kojima se tvrtke susreću pri izvlačenju vrijednosti iz podataka su organizacijske. U skladu s time nužno je postaviti sljedeća pitanja:

- Tko je zadužen za upravljanje podacima i izvorima podataka u organizaciji?
- Koje bi vrste modela i analiza trebalo primijeniti kako bi se ostvarilo potrebno znanje sadržano u velikoj količini podataka?
- Koji bi proizvodni sustav idealno uključio uvid na temelju podataka u dnevne poslovne procese?
- Kako se koncept produktivnosti mijenja u digitalnom kontekstu?

Razvojem tehnologija poput digitalnih platformi, senzora, mobilnih uređaja itd. kontinuirano raste i količina dostupnih podataka [91]. Osim toga, moderna tehnologija omogućuje i uvelike olakšava primjenu agregiranih podataka.

Autori u [82] navode prednosti i nedostatke digitalnog upravljanja izvedbom, koji su navedeni u Tablici 5.

Tablica 5. Prednosti i nedostaci digitalnog upravljanja [82]

Prednosti digitalizacije	Nedostaci digitalizacije
Automatizirano prikupljanje podataka znači uštedu vremena zaposlenika i menadžera	Unutar sustava mogu biti prikupljeni netočni podaci
Spajanje informacija postaje manje kompleksno	Pogrešna interpretacija prikupljenih podataka daje pogrešnu sliku procesa
Informacija je dostupna u većoj rezoluciji	Kroz veliku dostupnost različitih podataka dolazi do mogućeg rizika praćenja previše KPI-eva
Informacija je automatski ažurirana	Automatizirano prikupljanje podataka i njihovo spajanje može uzrokovati posljedicu da se zaposlenici ne poistovjećuju s podacima
Različite mogućnosti evaluacije podataka	
Podaci mogu biti unaprijed obrađeni ovisno o različitim ciljanim skupinama	
Korisničko iskustvo i pristupačan dizajn povećavaju angažman zaposlenika	

Očito, digitalizacija i digitalno upravljanje procesima pruža više prednosti nego nedostataka. No, uz svjesnost o mogućim nedostacima, oni ne moraju biti na veliku štetu postojećim procesima.

Kako bi se uvela primjena digitalnih tehnologija unutar poslovanja, potrebno je promijeniti konvencionalni način razmišljanja i pripremiti se na preoblikovanje brojnih procesa. Analizom

literature pronalazi se pojam „digitalna transformacija“, koja podrazumijeva primjenu tehnologije u svrhu unaprjeđenja izvedbe.

Uspješni projekti digitalne transformacije prisutni su u brojnim modernim i tradicionalnim industrijama, od bankarstva pa sve do proizvodnje. Međutim, kako digitalna transformacija može utjecati na sve industrije, može utjecati i na ključne funkcije poslovanja, kao što su strategija, procesi i procedure. No velika većina organizacija još nije spremna za potpunu digitalnu transformaciju pa, zbog straha od prevelikog rizika i narušavanja trenutnog poslovanja, žele digitalizirati samo pojedina područja svojeg poslovanja [140].

4.1 Industrija 4.0

Tehnološki napredak i globalizacija mijenjaju način na koji organizacije posluju. Posljednjih godina velika količina dostupnih podataka i informacija eksponencijalno raste. Podaci se prikupljaju pomoću digitalnih platformi, bežičnih senzora, društvenih mreža i mobilnih uređaja. Time je započela nova digitalna era koja se često naziva industrija 4.0. No, što zapravo znači pojam industrija 4.0?

Termin industrija 4.0 osmislili su 2011. godine na sajmu u Hannoveru Siegfried Dais i Henning Kagermann. Označava politički utemeljen cilj za proizvodnu industriju, s namjerom primjene principa kibernetičko-fizikalnih (engl. *Cyber-physical*) sustava, interneta, tehnologija usmjerenih prema budućnosti i pametnih sustava. Naglasak je na interakciji čovjek-stroj. Označava promjenu paradigme gdje su fizički objekti neprimjetno integrirani u informatičke mreže. Autori u [141] prikazuju I4.0 projektom njemačke vlade, čija je strategija uvođenje visoke tehnologije u proizvodnju. Cilj je bio povećati konkurentnost njihove industrije i nastaviti s proizvodnjom na vlastitom teritoriju, unatoč nižim troškovima proizvodnje u zemljama trećeg svijeta.

Naziv industrija 4.0 i njezini ciljevi nisu ujednačeni na internacionalnoj razini. Međutim, takav način razmišljanja i potreba za uvođenjem digitalnih tehnologija reflektira se različitim nacionalnim inicijativama, kao što je „Industry 4.0“ u Njemačkoj, „Industry 2025“ u Švicarskoj, „Smart Manufacturing“ u SAD-u, „Industria 4.0“ u Italiji, „Norge 6.0“ u Norveškoj, „Usine du Futur“ u Francuskoj i „High Value Manufacturing“ u Velikoj Britaniji. Poanta je svake inicijative izrada različitih programa kako bi se snaga usmjerila na tehnologiju koja omogućuje

jednostavnu integraciju međusobno povezanih inteligentnih „stvari“ unutar proizvodnje, s ciljem izgradnje pametnih, adaptivnih i učinkovitih tvornica koje mogu integrirati poslovne procese i vrijednosti u cijeli lanac opskrbe [91].

Industrija 4.0 mrežni je pristup gdje komponente i strojevi postaju pametni i dio standardizirane mreže koja se temelji na dobro dokazanim internetskim standardima [92]. Prema [142], industrija 4.0 revolucionira društvo zahtijevanjem znatnih nadogradnji koje nisu isključivo u kontekstu tehnologije. Industrija 4.0 rezultira sve većom prisutnošću tehnologije, većim brzinama i mogućnošću obrade veće količine podataka.

Tehnologije industrije 4.0 doprinose proizvodnim organizacijama ostvarivanjem održivih ciljeva kroz poboljšano radno okruženje, veći moral zaposlenika, smanjeno vodeće vrijeme, prilagođene proizvode i poboljšanu kvalitetu. Primarni je cilj unaprijediti učinkovitost i odziv proizvodnih sustava. Iako ne postoji univerzalna definicija, autori u [83] industriju 4.0 definiraju kao značajnu inicijativu za proizvodne opskrbe lance u svrhu ostvarivanja ekološke, socijalne i ekonomske održivosti.

U knjizi [140] autor navodi tri definicije:

- „Pojam Industrija 4.0 predstavlja četvrtu industrijsku revoluciju. Najbolje ju opisuje nova razina organizacije i kontrola nad cijelim lancem vrijednosti životnog ciklusa proizvoda, koja je pogonjena povećanom individualizacijom zahtjeva kupaca. Ciklus započinje s idejom o proizvodu, pokriva narudžbu te se proteže kroz razvoj i proizvodnju, a sve do isporuke proizvoda krajnjem kupcu, te se završava recikliranjem. Temelj četvrte industrijske revolucije je mogućnost dobivanja svih relevantnih informacija u realnom vremenu povezivanjem svih dijelova uključenih u lanac vrijednosti. Mogućnost dobivanja optimalne vrijednosti iz podataka u bilo kojem trenutku je također vitalno. Povezanost ljudi, stvari i sustava ostvaruje dinamičnu, samostalno organiziranu povezanost u realnom vremenu kroz cijelu organizaciju.“
- „Okvir za Industriju 4.0 ovisi o 1) digitalizaciji i integraciji horizontalnih i vertikalnih lanaca vrijednosti, 2) digitalizaciji proizvoda i usluga te 3) uvođenju inovativnih poslovnih modela,“

- „Industrija 4.0 je kolektivni pojam za tehnologije i koncepte lanaca vrijednosti unutar organizacija. U sklopu modularno strukturiranih pametnih tvornica koje karakteriziraju Industriju 4.0, CPS prati fizičke procese, izrađuje virtualnu kopiju fizičkog svijeta i donosi decentralizirane odluke. Pomoću IoT, CPS komunicira međusobno i s ljudima u realnom vremenu. Pomoću IoS omogućene su usluge unutar i izvan organizacije te su korištene sa sudionicima lanca vrijednosti.“

Prema [140], zagovornici pojma „industrija 4.0“ imenuju četiri ključne karakteristike:

1. Vertikalna integracija pametnih proizvodnih sustava
2. Horizontalna integracija kroz globalne mreže lanca vrijednosti
3. „Prolazno inženjerstvo“ kroz cijeli lanac vrijednosti i
4. Ubrzanje proizvodnje.

Ključne su tehnologije industrije 4.0, u kontekstu pametnog prikupljanja podataka, pohranjivanja, analize i dijeljenja, *Big Data Analytics*, *Cloud computing*, *Internet of things* i senzori, simulacija te izrada prototipova [83]. Navedene tehnologije temeljne su infrastrukture koje, zajedno s prikladnim hardverom i softverom, omogućuju cjelokupnu vertikalnu i horizontalnu integraciju svih funkcija unutar organizacije [142].

Dakle, kad se spominje pojam industrije 4.0, naglasak je na riječima „pametno“ i „digitalno“, a ponajviše na primjeni tehnologije koja omogućava automatizaciju i brzu razmjenu podataka. Iako su koncept i paradigma industrije 4.0 osmišljeni za primjenu u proizvodnoj industriji, digitalne tehnologije koje se primjenjuju u sklopu koncepta mogu biti primijenjene i u različitim drugim područjima poslovanja, a i svakodnevnog života. No, kada se, primjerice, u sustav i proces koji karakterizira uslužna djelatnost uvodi visoka tehnologija, tada se ne govori o implementaciji same industrije 4.0, nego o uvođenju digitalne tehnologije unutar procesa, odnosno o digitalizaciji procesa.

4.2 Digitalne tehnologije

Nove tehnologije, a posebno informatičke i informacijske tehnologije, sve se više primjenjuju u modernim poslovnim sustavima. Njihova je primjena dovela do novih načina poslovanja u različitim područjima rada, od proizvodnje do javnog sektora.

Pojava disruptivnih tehnologija dovela je do spajanja fizičkog i virtualnog segmenta. Time se omogućila povezanost svih strojeva, opreme i sustava tako da razmjenjuju sve potrebne informacije, što se naziva *cyber-physical sustav*. Industrija 4.0 rezultat je široke primjene kibernetičko-fizikalnih sustava (engl. *Cyber-physical System – CPS*) [72]. Slika 9. prikazuje njihovu međusobnu povezanost i kronologiju.



Slika 9. Nastanak industrije 4.0 [72]

U [143] upravo navode kako se I4.0 može razumjeti kao primjena CPS-a u industrijskim proizvodnim sustavima.

Začetnici kibernetičko-fizikalnog sustava bili su tzv. ugrađeni sustavi (engl. *Embedded system*). To su informacijski sustavi koji se ugrađuju u fizičke uređaje. Primjenjuju se u telekomunikacijama, umrežavanju, transportnim sustavima te u brojnim drugim područjima. Nakon njih su nastali kibernetičko-fizikalni sustavi koji se temelje na kompleksnijim informacijskim sustavima koji ih integriraju s njihovom okolinom. Precizna definicija prema [140] prikazuje CPS sustave integracijom računarstva, umrežavanja i fizičkih procesa. Primjerice, CPS može biti ljudski operator i pametna tvornica. Konkretno je primjer CPS-a inteligentna proizvodna linija gdje stroj može obavljati zadatke komuniciranjem s komponentama te proizvodima koji su u samom procesu izrade.

Kao što [144] utvrđuje, brojne tehnologije omogućuju primjenu I4.0. Međutim, najvažnije je svojstvo fuzija fizičkog i virtualnog svijeta. Upravo CPS, kao tehnologija upravljanja međusobno povezanih tehnologija između fizičkog dijela i računalnih mogućnosti, omogućava takvu fuziju. Kako bi se to ostvarilo, potrebno je unutar procesa primjenjivati tehnologiju koja omogućava razmjenu informacija unutar procesa u pravodobnom, pouzdanom i jednoznačnom

vremenu [145]. U [130] autori indiciraju da su simulacija, integracija horizontalnih i vertikalnih sustava, IoT, *cybersecurity*, *cloud* tehnologije, *additive* proizvodnja, proširena stvarnost, *big data* i analitika te autonomni roboti devet tehnologija koje će preoblikovati industrijsku proizvodnju.

Tijekom procesa izrade željenog proizvoda, već u ranoj fazi definiranja njegova dizajna i oblikovanja potrebno je utvrditi njegovu željenu funkciju – IT, mreža, fizički sustav ili da ima sve tri karakteristike: mrežnu, fizičku i digitalnu. Ako ima sve tri značajke, tada govorimo o kibernetičko-fizikalnom sustavu [140].

Autori u [146] navode da je kibernetički sustav skup logičkih i senzornih jedinica, dok je fizički sustav skup jedinica aktuatora. Primjenom senzorne tehnologije, kibernetičko-fizikalni sustavi imaju mogućnost zaprimanja izravnih fizičkih podataka i njihovih pretvaranja u digitalne signale.

Očito, jednoznačna definicija CPS sustava ne postoji. Međutim, CPS se može opisati kao transformacijska tehnologija, za upravljanje međusobno povezanim sustavima, kao što su fizički uređaji u stvarnom svijetu i računalne mogućnostima u digitalnom svijetu. U CPS sustavima mogu se ostvariti tri vrste komunikacije [96]:

- Ljudi s ljudima
- Ljudi sa stvarima ili
- Stvari sa stvarima.

CPS sustavi mogu imati mnogo primjena jer mogu koristiti senzore i ostale ugrađene sustave kako bi pratili i prikupljali podatke od fizičkih procesa. Drugim riječima, omogućavaju interakciju softverskih aplikacija s događajima u fizičkom svijetu [140].

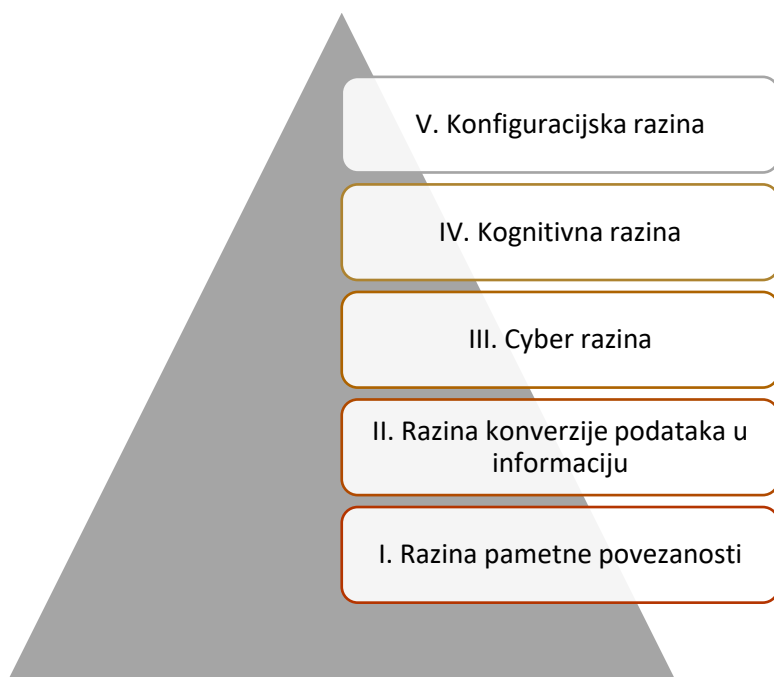
Kako CPS primjenjuje senzore, 3D skenere, kamere i RFID (engl. *Radio-Frequency Identification*) uređaje koji omogućavaju veliku količinu podataka unutar procesa, autori u [145] CPS ustvari nazivaju realizacijom IoT-a.

U [130] navodi se CPS struktura koja se sastoji od pet razina, a koja ukazuje na razvoj same strukture i razvoj za primjenu u proizvodnji. Predložena struktura, koja je nazvana 5C

arhitektura, omogućava uputu po koracima za razvoj i primjenu CPS-a. U principu, CPS se sastoji od dvije glavne funkcionalne komponente:

1. Napredna povezanost koja omogućava prikupljanje podataka iz fizičkog svijeta i povratne informacije iz *cyber* svijeta u realnom vremenu te
2. Inteligentno upravljanje podacima, analitika i računske sposobnosti koje izgrađuju *cyber* prostor.

Međutim, sve navedeno prilično je apstraktno za općenitu svrhu primjene. Za razliku od toga, 5C struktura, prikazana na Slici 10., jasno definira način na koji se izgrađuje CPS, od inicijalnog prikupljanja podataka, analitike, pa sve do izrade konačne vrijednosti.



Slika 10. 5C arhitektura za CPS implementaciju [130]

Međutim, između oblikovanja novih tehnologija i njihove primjene u organizacijama su ljudi kao ključan čimbenik. Upravo je ljudski čimbenik taj koji se mora prilagoditi tehnologiji i prilagoditi procese za uspješnu primjenu tehnologije. Prema tome, zaposlenici su iznimno važni i predstavljaju najveći izazov. Zbog toga je važno u što ranijoj fazi otkriti moguće probleme kako bi ih se lakše riješilo.

U nastavku su pojedine digitalne tehnologije posebno obrađene, s naglaskom na *big data* i RFID tehnologiju jer su ključne za oblikovanje modela u kontekstu provedene studije slučaja ovog doktorskog rada.

4.2.1 Internet stvari

Internet je u velikoj mjeri prisutan u ljudskim životima. Mijenja uobičajene oblike interakcije i komunikacije između pojedinaca te oblikuje nove načine življenja. Informacijska tehnologija i inovacije često su ključ ostvarenja povećane profitabilnosti i uspjeha poslovanja [148].

Internet stvari jedna je od digitalnih tehnologija CPS sustava. To je tehnološki sustav međusobno povezanih računala, mehaničkih i digitalnih strojeva, predmeta, životinja ili ljudi koji imaju jedinstvene identifikatore (engl. *Unique Identification Data – UID*) i koji mogu obavljati razmjenu podataka putem mreže [96]. Internet stvari omogućava potpunu povezanost između stvarnog i virtualnog svijeta, povezujući objekte s internetom kako bi informacije i aktivnosti bile izvedene i prenesene bez ljudske intervencije. Trenutno se takve tehnologije široko primjenjuju u industrijskom i poslovnom okruženju, omogućavajući veliku učinkovitost i veću brzinu izvedbe [148].

Današnja prihvaćena definicija za IoT je sljedeća [149]:

„dinamična globalna mrežna infrastruktura sa sposobnostima samokonfiguracije, a koja se temelji na standardnim i interoperabilnim komunikacijskim protokolima gdje fizičke i virtualne 'stvari' imaju identitete, fizičke attribute, virtualne karakteristike te primjenjuju inteligentna sučelja, te su neprimjetno integrirane u informacijsku mrežu.“

Prema [146], Klaster europskih istraživačkih projekata „stvarima“ naziva aktivne sudionike u poslovnim, informacijskim i socijalnim procesima gdje im je omogućena komunikacija i interakcija među sobom i s okolišem, na način da razmjenjuju podatke i informacije o okolišu dok autonomno reagiraju na stvarne fizičke događaje u realnom vremenu, te utječu na njih pokretanjem procesa koji proizvode aktivnosti ili usluge izravnom ljudskom intervencijom ili bez nje.

Prema [91], IoT je tehnološka baza za I4.0. Drugim riječima, autori u [4] opisuju IoT kao okruženje koje je preduvjet za uspješnu provedbu digitalne transformacije svojstvene I4.0.

Jednako tako, u [150] autori zaključuju da je razvoj IoT-a povezan s razvojem I4.0. Pojam je prvi put predložen 1999. na MIT-u [151]. Autori u [152] nazivaju IoT trendom i smjerom za novu industrijsku revoluciju.

U [153] IoT se opisuje kao sustav gdje su fizičke stavke obogaćene ugrađenom elektronikom (RFID oznake, senzori itd.) i povezane su pomoću interneta. Na taj su način fizički objekti integrirani u informacijsku mrežu, gdje postaju aktivni sudionici u poslovnim procesima, pružaju informacije o svojem statusu, okruženju, proizvodnim procesima, rasporedima održavanja itd. Jednako tako, Hermann, Pentek i Otto [144] prikazuju IoT kao termin za mobilne uređaje koji su opremljeni čipom, RFID-om, senzorom ili bilo kojim drugim uređajem sposobnim za umrežavanje te za komunikaciju i razmjenu podataka.

IoT omogućava interakciju između uređaja bez potrebe za ikakvom ljudskom intervencijom [154]. Djeluje na principu mreže povezanih uređaja, gdje svaki uređaj ima jedinstveni identifikator koji je povezan pomoću računalnog sustava. Uređaji su daljinski kontrolirani kako bi se ostvarila uska integracija između fizičkog i digitalnog svijeta, tako da se stvori mreža stvari koja omogućava autonomno prikupljanje i proslijeđivanje podataka drugim uređajima pomoću interneta, zahvaljujući ugrađenoj povezanosti na elektroničkoj i softverskoj razini [91].

Zahvaljujući naprednom tehnološkom razvoju, IoT je dovoljno razvijen kako bi se mogao isplativo primjenjivati u industrijskoj proizvodnji [91]. Prema [155], alat poput IoT-a omogućava neposredno i automatsko pružanje informacije sudionicima u procesu, te se tako u kratkom roku rješava problematika birokracije i neadekvatne komunikacije. Prema tome, proizvodni sustavi koji su upravljani pomoću IoT tehnologije mogu sve povezane uređaje daljinski kontrolirati s visokom točnošću i učinkovitošću [83]. Iako brojna istraživanja prikazuju IoT kao jednu od tehnologija u kolekciji I4.0, ona može služiti u različite svrhe te autori naglašavaju da organizacije mogu implementirati samo pojedinu izabranu tehnologiju, a ne nužno sve. Autori također svrstavaju IoT u grupu tehnologija čija je svrha pametno prikupljanje podataka, pohrana, analiza i dijeljenje.

Međutim, Gilchrist u svojoj knjizi [140] naglašava da je prije uvođenja IoT tehnologije potrebno ispuniti sljedeće preduvjete:

- Zaposliti ili obučiti radnu snagu s potrebnim vještinama

- Predanost inovacijama
- Snažan sigurnosni tim vješt u ublažavanju problematike industrijskih i IT mreža
- Inteligentni uređaji.

Navedeni preduvjeti mogu se uzeti u obzir i za uvođenje bilo koje moderne tehnologije u sustav.

Prednosti primjene IoT-a nisu vidljive samo u tradicionalnoj industrijskoj proizvodnji, nego i u zdravstvu te u brojnim drugim područjima svakodnevnog života. Zbog toga je prisutan sve veći rast interesa za primjenu IoT tehnologija. Veliki broj IoT projekata bio je proveden u područjima kao što su agrokultura, prehrambena industrija, praćenje okoliša, sigurnosni nadzor i drugi [154].

4.2.2 Računalstvo u oblaku

Koncept računalstva u oblaku (engl. *Cloud Computing* – CC) razvija se već više od 40 godina. Pojam „oblak“ (engl. *cloud*) potječe iz telekomunikacijskog svijeta od 90-ih godina 20. stoljeća, kad su se za komunikaciju podacima primjenjivale virtualne privatne mreže (engl. *Virtual private network* – VPN) [156].

CC je jedna od ključnih I4.0 tehnologija te najnovija evolucija računarstva gdje su IT resursi pruženi kao usluga. Hardver i softver sustavi koji upravljaju takvim uslugama su infrastruktura kao usluga (engl. *Infrastructure as a Service* – IaaS) i platforma kao usluga (engl. *Platform as a Service* – PaaS), dok samom primjenom upravlja softver kao usluga (engl. *Software as a Service* – SaaS). Ispravna primjena u sklopu sveukupne IT strategije može pomoći malim i srednjim poduzećima te vladi da smanje IT troškove [157].

Iako postoji bezbroj načina na koji se CC može definirati, Nacionalni institut standarda i tehnologije (engl. *National Institute of Standards and Technology* – NIST) definira CC na sljedeći način [157]:

„Model koji omogućava prikladan mrežni pristup zajedničkom 'bazenu' podesivim računalnim resursima (mrežama, serverima, skladištima, aplikacijama i uslugama) na zahtjev, a koji može biti brzo omogućen s minimalnim trudom upravljanja ili interakcijom s davateljem usluge.“

Drugim riječima [157], CC predstavlja novi način korištenja računalne tehnologije tako da se korisnicima da mogućnost pristupa, rada, dijeljenja i pohrane informacija primjenom interneta.

U [157] su navedene ključne značajke CC-a:

- Agilnost – pomaže u brzom i povoljnom ponovnom korištenju resursa
- Nezavisnost lokacije – resursima se može pristupiti s bilo koje lokacije
- Višestruka zakupljenost – resursi se dijele među velikim brojem korisnika
- Pouzdanost – pouzdana dostupnost resursa
- Skalabilnost – dinamično osiguravanje dostupnosti podataka pomaže u izbjegavanju različitih scenarija uskih grla te
- Održavanje – korisnici se ne bave nadogradnjom i upravljanjem resursima, nego se time bavi pružatelj usluge CC.

Temeljna infrastruktura sastoji se od podatkovnih centara koje prate i održavaju pružatelji usluga. CC omogućava sofisticirane usluge kojima se može pristupiti putem mreže, a pružatelji usluga oblaka ostvaruju profit naplatom pristupa uslugama [158]. Iako literatura često spominje pojam „oblak“ u jednini, to ne implicira činjenicu da se CC sastoji od samo jednog oblaka. Pojam „oblak“ podrazumijeva internet, što je u konačnici mreža od više mreža [157].

Autori u [159] naglašavaju da CC može omogućiti virtualnu strukturu koja integrira uređaje za praćenje, uređaje za pohranu, analitičke alate, platforme za vizualizaciju i dostavu klijentu. CC je najrecentnija paradigma koja omogućava pouzdane usluge dostavljene kroz centre podataka nove generacije, a koji se temelje na virtualnoj tehnologiji pohrane. Platforma se ponaša kao primatelj podataka od sveprisutnih senzora; kao računalo koje analizira i interpretira podatke i kao omogućavatelj web-vizualizacija koje je moguće razumjeti.

Nadalje, CC omogućava visoku pouzdanost, skalabilnost i autonomiju kako bi se omogućio pristup, dinamično otkrivanje i komponiranje resursa potrebnih za sljedeću generaciju primjena IoT-a [159].

4.2.3 Velika količina podataka

Današnje vrijeme karakterizira sve veća količina dostupnih podataka iz različitih izvora. Međutim, prikupljanje velike količine podataka datira još od samih početaka društvenih mreža, odnosno još iz ere nazvane web 2.0, u razdoblju od 2004. godine. Ključna je razlika u vrsti podataka, koji su se tada isključivo odnosili na ljude, dok se sada velika količina podataka odnosi na one prikupljene pomoću senzora, kontrolera itd. integriranih na strojeve [140].

Prikupljanje podataka i izračun na tradicionalni način zahtijeva veliki trud i puno vremena. Takav se trud primjenom nove tehnologije može smanjiti pomoću automatskih kalkulacija velike količine podataka. Zahvaljujući velikoj količini podataka, moguća je relevantna evaluacija poslovnih strategija. Kako bi se velika količina podataka, koja se prikuplja unutar baza podataka prilikom svakodnevnog rada, što kvalitetnije upotrebljavala u aktivnostima upravljanja i u procesima donošenja odluka, potrebno ih je analizirati na adekvatan način upotrebom izabranih metoda jer „sirovi“ podaci sami za sebe ne mogu omogućiti pravu sliku u kontekstu učinkovitosti rada, zbog činjenice da subjektivnost u procesu donošenja odluka vrlo često uzrokuje pogreške u radu, a veći broj pogrešaka utječe na lošu učinkovitost.

Autori u [147] veliku količinu podataka kojima nije moguće upravljati pomoću kontinuiranih sustava analize podataka nazivaju *big data*.

Podatke je potrebno prikupljati, slagati i organizirati na smislen način. Različiti poslovni procesi više ne mogu ignorirati dostupnost podataka i važnost njihova prikupljanja jer oni omogućuju optimizaciju proizvoda i usluga, smanjuju potrošnju energije te unaprijeđuju učinkovitost. Autori u [140] ukazuju na problem brojnih proizvodnih sustava s prikupljanjem velike količine podataka zbog nedostatka pametnih analitičkih alata. Dakle, iz navedenog proizlazi da velika količina podataka donosi vrijednost jedino ako organizacije imaju alate za njihovu analizu te njihovu prezentaciju u *user-friendly* obliku. Tada se takva analiza naziva analizom velike količine podataka (engl. *Big Data Analytics – BDA*) te može biti izvor konkurentske prednosti [147].

Prema [83], analiza velike količine podataka odnosi se na prikupljanje podataka u realnom vremenu, primjenu analitičkih alata i računalnih algoritama za donošenje smislenih zaključaka i uzoraka za poboljšano donošenje odluka. BDA doprinosi ostvarivanju održive poslovne izvedbe i konkurentske prednosti.

Digitalna rješenja omogućuju automatsko prikupljanje podataka iz informacijskih sustava [129].

Velika količina podataka i povezani način analitike imaju važnu ulogu u optimizaciji kvalitete proizvodnje, uštedi energije i unaprjeđenju usluge u kontekstu I4.0 [143].

Velika količina podataka opisuje podatke kojih je jednostavno toliko mnogo da nije moguće upravljati njima na konvencionalan način, koji uključuje tradicionalne baze podataka i alate za obradu. Takvi podaci najčešće se sastoje od kombinacije strukturiranih i nestrukturiranih podataka koji su prikupljeni iz različitih izvora podataka – tekstualni, forme, *web*, komentari, videozapisi, fotografije i brojni drugi. Zbog takve različitosti dolazi do problema u pogledu pohranjivanja u tradicionalne strukturalne baze podataka i u pogledu njihove analize. Primjenom velike količine podataka u sklopu IoT sustava danas je moguće analizirati velike tokove podataka online, koristeći naprednu analitiku [140].

Prilagođavanje takvim novitetima jedan je od imperativa za ostvarivanje uspješnog poslovanja različitih organizacija. Tvrtke moraju pronaći način analize takvih podataka kako bi ostvarile brojne prednosti u sklopu vlastitog poslovanja. Odabir prikladne tehnologije ovisi o tipu velike količine podataka, a koji može imati nekoliko karakteristika. Navedene karakteristike nazivaju se „šest V“ (engl. *The six Vs*), a odnose se na sljedeće [160]:

- Količina (engl. *Volume*)
- Brzina (engl. *Velocity*)
- Raznolikost (engl. *Variety*)
- Točnost (engl. *Veracity*)
- Vrijednost (engl. *Value*)
- Vidljivost (engl. *Visibility*).

4.2.4 RFID tehnologija [140]

U posljednjem desetljeću dramatično je evoluirala primjena bežične tehnologije. To se odnosi na tehnologije i standarde za bežičnu komunikaciju, bežične mreže, bežične senzore, Bluetooth,

LTE, RFID, GPS i brojne druge. Bežična tehnologija vrlo je širok pojam, definiran kao tehnologija korištena za prijenos informacija i omogućavanje komunikacije između ljudi i/ili uređaja bez žica. Široko je koriste tvrtke i pojedinci.

Bežičnu tehnologiju moguće je podijeliti u dvije grupe – taktička bežična i bežična komunikacija [130]. Jedna od najpopularnijih taktičkih bežičnih tehnologija koja se primjenjuje u prodaji, komercijali i industriji je radiofrekvencijska tehnologija identifikacije – RFID. RFID primjenjuje oznake kako bi pohranio elektroničke informacije koje se mogu prenijeti bežično pomoću elektromagnetskih polja.

RFID tehnologija predstavlja veliki proboj u paradigmi ugrađene komunikacije (engl. *Embedded communication*) koji omogućava oblikovanje mikročipova za bežičnu komunikaciju podacima [159].

U posljednjem desetljeću sve je veći trend primjene RFID tehnologije zbog njezinih superiornih karakteristika sustava prikupljanja podataka. Međutim, usvajanje RFID tehnologije i dalje nije dovoljno razvijeno za sve potrebe u proizvodnom okruženju. U istraživanju [161] autori utvrđuju važnu ulogu RFID tehnologije u pametnim i vitkim digitalnim tvornicama. Također, fokus je na proširivanju kontrole proizvodnih operacija iz perspektive toka vrijednosti.

Radiofrekvencijska identifikacija osmišljena je kao jednostavna zamjena za bar-kodove, pomoću koje se proizvod identificira bežično putem radiovalova. Na taj su se način pronasla rješenja za sva ograničenja primjene bar-kodova, kao što su [146]:

- Potreba za izravnom vidljivošću bar-koda
- Mala udaljenost za učitavanje
- Problemi oštećenih etiketa s bar-kodovima
- Sporo učitavanje veće količine proizvoda.

RFID zamjenjuje bar-kod i ostale sustave prikupljanja podataka pomoću papira, kako bi se eliminirale povezane ljudske pogreške i vrijeme skeniranja [161].

Ovisno o sustavu, oznake mogu biti pasivne ili aktivne, što u konačnici određuje raspon unutar kojeg oznaka i RFID čitač mogu djelovati. Pasivne RFID oznake ne napajaju se baterijama i koriste snagu čitačeva ispitivačkog signala kako bi komunicirale ID RFID čitaču. Aktivni RFID čitači imaju vlastito napajanje baterijom i mogu instancirati komunikaciju [159].



Slika 11. Prikaz RFID sustava [162]

RFID je automatska tehnologija identifikacije bez fizičkog kontakta s objektom. Temelji se na emisiji radiosignala koji omogućavaju identificiranje i pristup informacijama sadržanim u oznakama. Autori u [148] opisuju primjenu sustava praćenja proizvodnje primjenom RFID tehnologije, bežične i *plus-and-play* tehnologije. Metoda obuhvaća razvoj RFID čitača, *middleware*, baze podataka i softvera. Sastavljen je od Arduino mikrokontrolera, RFID čitača i bežičnih Zigbee transmisijskih modula, koji omogućuju rad u realnom vremenu.

Primjena RFID-a, što predstavlja reprezentativnu tehnologiju IT industrije, može se prilagoditi u kontekstu različitih industrija. RFID je pametni mali senzor koji sadrži integrirani čip i antenu, koji ima mogućnost odgovoriti radiovalovima koji se prenose iz RFID čitača kako bi poslali, obradili i pohranili informaciju [163].

RFID tehnologija primjenjuje se u brojnim područjima rada za utvrđivanje i praćenje zalihe, ljudi, objekata i životinja zbog prilagodljivosti oznaka i mogućnosti da ih se priloži na većinu toga. U svakodnevnom životu RFID se također primjenjuje za beskontaktno plaćanje karticama ili čak mobilnim uređajima na način da ih se približi RFID čitaču.

RFID djeluje učinkovito i pouzdano čak i pri velikim brzinama. RFID oznake sada mogu biti i u mikroskopskim veličinama. Najmanje proizvedena RFID oznaka do sada je 0,005 mm x 0,05 mm te može sadržavati broj od 38 znamenki na 128-bitnom ROM-u.

Autori u [164] prikazuju primjer studije slučaja u autoindustriji s primjenom tehnologija svojstvenih industriji 4.0. Između ostalog, ističu primjenu RFID tehnologije, koja je poprilično prikazana kao jedan od temelja industrije 4.0. Navedena tehnologija bila je jedna od prvih uvedenih u velikoj mjeri. Takva inovativna, ali u principu osnovna tehnologija morala je biti baza jednostavnog projekta koji uz podršku specijaliziranih dobavljača mora biti brzo implementirana (tijekom šest mjeseci).

Autori u radu [163] provode empirijsku analizu performansi tvrtke koja se bavi izvozom primjenom nove pametne RFID tehnologije. Istraživanje ima vrijednost kao interdisciplinarna studija kako bi se mjerile performanse tvrtke industrijskom konvergencijom kroz temu primjene pametne tehnologije. Međutim, rezultati provedenog istraživanja pokazali su da je utjecaj tehnologije poput RFID-a na performanse tvrtke i dalje nezadovoljavajuć.

Trenutno se smatra jednom od obećavajućih pametnih tehnologija koje se primjenjuju unutar različitih područja, uključujući prodaju, prehranu, zdravlje, agrokulturu, logistiku, putovanja, knjižnice i upravljanje opskrbnim lancima, još od 80-ih godina 20. stoljeća [154].

RFID je postigao znatan interes u brojnim industrijskim područjima zbog svojih posebnih karakteristika i superiornih sposobnosti (brzo učitavanje, kapacitet pohrane veće količine podataka itd.) te ušteda [164], a sve u svrhu eliminiranja ljudske pogreške koja rezultira nepotpunim, netočnim i nepravodobnim informacijama, što se smatra varljivom informacijom. No, mali broj prethodnih istraživanja fokusirao se na integraciju RFID tehnologije s vitkom metodom kako bi se ostvarili ciljevi vitke metode i eliminirali gubici [161].

Autori u [148] navode da postoji veliki potencijal korištenja IoT-a u kontekstu vitke proizvodnje, a posebno u kombinaciji s RFID tehnologijom. Tvrdi da brojni istraživači ne razumiju na koji način RFID i vitka proizvodnja mogu biti međusobno povezani te kako obnavljanje informacija u realnom vremenu može biti korisno. U tom kontekstu razvili su sustav praćenja pomoću RFID tehnologije, bežičnih uređaja i *plus-and-play* kako bi se omogućilo prikupljanje podataka iz proizvodnog sustava. Tako se omogućuje prikupljanje

podataka u realnom vremenu, a sve kako bi se poboljšalo balansiranje, taktno vrijeme, kapaciteti i utvrđivanje gubitaka u procesu.

Sve veći broj znanstvenih istraživanja temelji svoje studije na izgradnji i primjeni sustava koji se zasniva na RFID tehnologiji. Međutim, za razliku od ostalih tehnologija u širokoj paleti digitalnih tehnologija na kojoj se temelje principi I4.0, veći broj uspješno provedenih primjena pronalazi u neproizvodnom okruženju. Kao što i tvrde pojedini rezultati istraživanja, rezultati primjene RFID sustava u skladu su s temeljnim principima i ishodima primjene vitkog razmišljanja.

4.3 Digitalizacija vitkog upravljanja

Slijedom prethodnih poglavlja, vitko razmišljanje i digitalna revolucija poprilično su dominantna i plodna područja istraživanja u ovo vrijeme. U sklopu istraživanja provedena su dva različita pretraživanja, pretraživanjem *lean*, *digital* i kombinirajući pojmove u *digital lean*. Sve više istraživača razmatra mogućnosti primjene obiju paradigmi kako bi se ostvarili što bolji i dugoročniji rezultati.

Prema [92], danas se čini da je vitka proizvodnja dosegla svoj limit jer su snažne devijacije vezane uz potražnju tržišta u sukobu sa zahtijevanom razinom iskorištenosti kapaciteta. Takav način razmišljanja otvara novo poglavlje primjene vitkog upravljanja.

Iako je široka primjena vitkog razmišljanja još od 90-ih godina 20. stoljeća doprinijela potpunom „vitkom“ svijetu, izazov je razumjeti na koji način koristiti navedene tehnologije kako bi se izgradili temelji vitkog razmišljanja i stvorile još veće vrijednosti te poboljšala produktivnost. Općenito, informaciju se mora biti moguće prikazati, ponovno koristiti te omogućiti je pravoj osobi, u pravom obliku i u pravo vrijeme. Prema tome, vitka metoda ima ogroman potencijal u digitalnoj eri jer ostvaruje više s manje, a u kontekstu podataka, može ostvariti više s manje informacija. Također, vitko razmišljanje ima utjecaj na ljudski čimbenik i na metode rješavanja problema, kako bi se informacije obradile na prikladan način, znajući kada, kako, gdje i zašto informacija mora biti dostupna. Prema tome, integracija digitalnih tehnologija i vitke metode čini se razumnom i korisnom [91].

Već u ranim 90-im godinama 20. stoljeća proizišli su prvi pristupi za integriranje automatizirane tehnologije unutar vitke proizvodnje te su se nazivali „vitka automatizacija“ (engl. *Lean automation*). Vitka automatizacija obuhvaća ideju kombiniranja tehnologije automatizacije s vitkom proizvodnjom. Međutim, u posljednjem desetljeću znanost nije previše obraćala pažnju na vitku automatizaciju. U kontekstu industrije 4.0 dostupna su nova rješenja za integriranje tehnologije automatizacije s vitkom proizvodnjom. Iako rješenja u kontekstu vitke automatizacije već postoje te istraživanje i dalje traje, većina takvih primjena vezana su uz samostalne i izolirane kontekste. Međutim, kako bi se osigurala modularnost i izmjenjivost, potreban je okvir koji omogućuje integraciju rješenja industrije 4.0 u vitku proizvodnju [92].

Glavni ciljevi vitkog upravljanja koji ukazuju na važnost toga da je nužno raditi ono što je potrebno, kako je potrebno i kada je potrebno, u digitalnom kontekstu pretvaraju se u ciljeve da tehnološka rješenja omoguće da sustav pruži potrebne informacije kada su potrebne, gdje su potrebne i u kojem obliku. Autori u [91] upozoravaju na to kako sve navedeno nije lak zadatak u dubokom oceanu punom podataka. Dakle, potrebno je pronaći način razumijevanja kako vitka metoda može služiti kao temelj u digitalnoj eri. IT alati trebali bi doprinijeti prikupljanju, upravljanju, dijeljenju i učiniti dostupnim sve informacije o proizvodima ili uslugama. Trebalo bi se podrazumijevati da postojeća softverska rješenja moraju biti integrirana s prikladnim statističkim alatima i algoritmima koji su u mogućnosti izvoditi analize kako bi se izvukla vrijednost i višekratna informacija iz različitih izvora podataka kao što su senzori, CPS, IoT i društvene mreže.

Između radova koji istražuju tehnologije podataka, autori u [165] eksplicitno tvrde da se CPS, IoT i *big data*, kao tehnologije karakteristične za ovu digitalnu eru, mogu koristiti kao rješenja za implementaciju vitkih principa. Ipak, ukazuju na to da su pojedina istraživanja u području industrije 4.0 isključivo usmjerena na teoriju i nisu spremna za primjenu u stvarnom životu.

Rad [166] prikazuje istraživanje moguće primjene bežičnih tehnologija kao podrške alatima vitke proizvodnje. Vitko upravljanje razlikuje tri glavne kategorije: utvrđivanje i analizu gubitaka, primjenu unaprjeđenja te praćenje procesa. Nove tehnologije daju nove mogućnosti u razvoju legendarnog Toyotina proizvodnog sustava koji je oblikovao bazu vitke proizvodnje. Bežične tehnologije mogu biti primijenjene u vitkim organizacijama i smanjiti postojeće gubitke. Postoji veći broj dokaza da se bežične tehnologije mogu uspješno kombinirati s vitkim tehnikama i principima u širokoj raznolikosti organizacija.

Prema [83], integracija digitalnih tehnologija i vitke metode pruža prednosti u pogledu uštede troškova u područjima gdje je teško primijeniti jednostavnu vitku tehniku.

Vitka metoda usmjerena je na ljudsku integraciju unutar procesa, što je važno za rješavanje implementacijskih barijera tehnologija industrije 4.0, a to autori u [164] navode kao problematiku jer najveća su barijera ljudi, odnosno ljudski aspekt. Vitko razmišljanje doživljava ljude kao vrijednu imovinu i ohrabruje njihovo sudjelovanje u organizaciji, što je važno za bilo kakav program promjene unutar organizacija. Prema tome, uspješna primjena vitkog razmišljanja omogućava pripremljenost organizacija za iniciranje procesa implementacije tehnologija industrije 4.0.

Autori u [130] istražuju utjecaj moderacije usvajanja tehnologija industrije 4.0 na odnos između vitkog upravljanja opskrbnim lancem i poboljšanjem izvedbe opskrbnog lanca u brazilskoj industriji. Rezultati istraživanja ukazuju na to kako usvajanje tehnologija industrije 4.0 moderira odnos između praksi vitkog upravljanja opskrbnim lancem i izvedbe opskrbnog lanca u brazilskoj industriji. Međutim, utjecaj kao takav nije prisutan u očekivanom opsegu. Rezultati istraživanja navode da primjena recentne tehnologije ne mora nužno rezultirati boljim performansama, bilo u proizvodnom bilo u uslužnom kontekstu.

U [84] autori naglašavaju da je nejasno zamjenjuje li pristup industrije 4.0 vitku proizvodnju ili je oživljava. Pojedini autori opisuju vitku metodu kao bazu implementacije industrije 4.0, dok drugi vide industriju 4.0 kao nadopunu vitkog razmišljanja ili kao potencijal za povećanje učinkovitosti vitke metode. Na temelju utjecaja industrije 4.0 na vitko upravljanje prikazano je pet teorija koje se temelje na principima vitkog razmišljanja:

1. Kupac je uvijek u pravu

Najveći je prioritet vitkog razmišljanja zadovoljstvo kupaca. Cilj je omogućiti vrijednost i kvalitetu koju zahtijevaju. Utjecaj kupaca nastavit će rasti razvojem industrije 4.0. Usmjerenost na kupca koje karakterizira vitko upravljanje postat će još važnije dolaskom digitalizacije.

2. Proces ostaje najveći prioritet

Pri primjeni industrije 4.0 i dalje ostaje naglasak na temelju vitkog razmišljanja – savršenstvo procesa eliminiranjem otpada, kontinuiranim unaprjeđenjem te izrada toka i povlačenja.

3. Vitko upravljanje i tehnologija međusobno se nadopunjuju

Metode ključne za postizanje svih principa mogu se znatno optimizirati i ubrzati integriranjem tehnologija industrije 4.0.

4. Nema kontinuiranog poboljšanja bez ljudskih osjetila

Najbolji je način razumijevanja procesa i utvrđivanja potencijala optimizacije analiza aktualnog sustava. Međutim, kako bi zaposlenici predložili i primijenili kontinuirano poboljšanje, podrazumijeva se da imaju već stečeno znanje svih mogućnosti koje pružaju nove tehnologije.

5. Vitko upravljanje temelj je za uspješne proizvodne usluge, a tehnologije industrije 4.0 omogućavaju optimizaciju njegove implementacije

Osnovni principi vitkog upravljanja neće se promijeniti prilikom razvoja industrije 4.0. Međutim, sama primjena kao takva može biti upotpunjena novim tehnologijama.

Tvrtke koje su istraživane u sklopu rada [167] utvrdile su da je potrebno utvrditi osnove vitke metodologije prije digitalizacije jer im je iskustvo pokazalo veliki broj problema ako se prebrzo ide u digitalizaciju.

Autori u radu [168] istražuju odnos između vitke metode i primjene poslovnih aplikacija unutar organizacija. Na temelju postojećih istraživanja navode postojeće konflikte između vitke metode i IT tehnologije. Takvi konflikti imaju veliki utjecaj na vitku transformaciju i uključuju:

- uvođenje prevelike kompleksnosti
- automatiziranje procesa koje nema smisla automatizirati te
- automatizaciju loših procesa.

Najveći konflikt nastaje u fundamentalnim razlikama jer vitko razmišljanje podrazumijeva jednostavnost, dok primjena različitih računalnih sustava uvodi veliku kompleksnost u procese. No, kako su vitko razmišljanje i IT ključni za uspjeh današnjih organizacija, važno je da organizacije prigrle obje metode te omoguće da jedna nadopunjuje drugu, a ne da kontriraju jedna drugoj.

Autori u [159] predlažu konceptualni okvir u kojem vitka metoda podržava tehnologije svojstvene industriji 4.0. Implementacija industrije 4.0 znači integraciju novih tehnologija u

postojeći vitki proizvodni sustav i prilagodbu poslovnih procesa. Naglašavaju da utjecaj rješenja industrije 4.0 većinom nije jasno specificiran te nedostaje metoda evaluacije. Jednako tako, autori u [169] zaključuju da je evidentan manjak literature koja korelacijski povezuje vitku metodu i I4.0 jer ona samo sugerira pozitivnu povezanost između navedenih paradigmi, no bez empirijskih istraživanja.

Prema [4], vitko upravljanje pomaže organizacijama pripremiti se za digitalnu transformaciju. Digitalna transformacija izazov je za tvrtke, te je važno pomoći im u svladavanju barijera implementacije, širenju i ubrzavanju primjene digitalnih tehnologija unutar industrijskog sektora.

Očito je da se vizije I4.0 i vitkog razmišljanja uglavnom susreću u industrijskim tvrtkama. Međutim, iako se promatra isključivo proizvodno okruženje, može se reći da jednaka pravila vrijede prilikom primjene digitalnih rješenja i tehnologija koje su svojstvene I4.0 u neproizvodnom okruženju u kojem je razmatrana ili provedena implementacija vitkog razmišljanja.

Automatizacija uključuje djelovanje bez potrebe za ljudskim operatorima. Zbog toga industrija 4.0 ne može biti uključena unutar neproizvodnih djelatnosti kao što su uslužna, javni sektor itd., ali se njezine tehnologije mogu implementirati unutar samih procesa – tada se dolazi do pojma digitaliziranih procesa. Prema tome, u kontekstu izrade ovog doktorskog rada fokus je isključivo na digitalizaciji jer je u promatranom području djelovanja čovjek i dalje ključan čimbenik, pa prema tome proces nikada neće moći biti autonoman i potpuno digitaliziran. Također, bez razumijevanja i obuhvaćanja ljudskog elementa nemoguće je uspješno implementirati bilo kakvu novu metodologiju rada.

5 METODE PRAĆENJA IZVEDBE LJUDSKOG ČIMBENIKA U PROCESIMA

Organizacija je svjesno koordiniran sustav u kojem su karakteristike pojedinaca, skupina i organizacije u interakciji jedni s drugima te taj međuodnos poprilično ovisi o organizacijskoj kulturi koja oblikuje individualnu izvedbu [20]. Različite studije zaključuju da su ljudski potencijali, odnosno ljudski čimbenik, ustvari temelj svakog djelovanja i procesa. Čovjek je uistinu resurs koji je temelj za sve promjene koje ga okružuju. Zbog toga je važno usmjeriti njegovo djelovanje u pozitivnom smjeru, a anulirati sve negativno što proizlazi iz samog djelovanja. Međutim, samo mali broj provedenih istraživanja usmjerava pažnju na ljudski čimbenik te ga smatra temeljem svakog poslovanja i glavnim resursom za provođenje promjena.

Stoga je iznimno važno pratiti ljudsku izvedbu na jednak način kako se prate izvedbe različitih procesa (većinom unutar proizvodnih sustava), a sve u svrhu postizanja vrhunske izvedbe. Sustav procjene izvedbe kao dio upravljanja izvedbom proces je utvrđivanja kako zaposlenik obavlja svoj posao. U engleskom se nazivlju procjena izvedbe može različito nazivati, odnosno veći broj različitih pojmova sugerira isto – *performance evaluation*, *performance appraisal*, *performance assessment* itd.

Analizom znanstvenih radova područja procjene izvedbe utvrđen je veliki broj provedenih istraživanja. U 2. poglavlju navedeni su relevantni znanstveni članci koji iznose adekvatne zaključke o području istraživanja. Tako je utvrđeno naizmjenično korištenje pojmova „upravljanje izvedbom“ i „procjena izvedbe“. Zatim su analizirani parametri koji se prate u sklopu upravljanja izvedbom i čimbenici koji utječu samo na izvedbu, gdje se iskristalizirala SEM metoda kao odličan analitički alat za utvrđivanje odnosa među varijablama. Metoda mjerenja izvedbe primjenom KPI-a također je jedna od češćih metoda koje se koriste za praćenje, a u konačnici i za procjenu izvedbe. Međutim, ona se češće primjenjuje u procjeni izvedbe organizacija, a ne zaposlenika. Pojedini autori ukazuju na problematiku procjene izvedbe temeljene na prosudbi nadređenih, ponajviše zbog problema subjektivnosti, te predlažu primjenu neizrazite logike. Uz AHP metodu, neizrazita logika jedna je od češćih metoda kojom se anulira loša strana subjektivne prirode prilikom procjene izvedbe i donošenja odluka o njoj.

U nastavku poglavlja prethodno je analizirano područje istraživanja detaljnije razrađeno s teorijske strane te su prethodni zaključci nadopunjeni većim brojem znanstvenih istraživanja.

5.1 Definicija ljudskog čimbenika (pojmovno određenje)

Ljudski čimbenik (engl. *Human factor*) ključni je element za uspjeh organizacija te je također i jedan od glavnih razloga njihova neuspjeha. Međutim, analizom pojma ljudskog čimbenika u literaturi dolazimo do spoznaje kako ga se razmatra iz različitih područja istraživanja. Autor u [170] navodi kako se pod istim pojmom podrazumijeva interakcija čovjeka i tehnike, zatim utjecaj pojedinca na izvođenje poslovnih aktivnosti, te se u nekim slučajevima spominje naizmjenično s pojmom ergonomije. Također, s obzirom na različite interpretacije pojma, odnosi se na sljedeće:

- osobne (individualne) čimbenike
- čimbenike radnog okruženja
- organizacijske čimbenike te
- čimbenike fizičke strukture radnog mjesta.

U konačnici, autor sugerira da se pojam i opseg ljudskih čimbenika može svesti na zajednički nazivnik prikazan na Slici 12., što uključuje čovjeka, tehniku te sustav upravljanja i organizacije u radnom okruženju.



Slika 12. Opseg ljudskih čimbenika [170]

Ljudski čimbenici u kontekstu ergonomije znanstvena je disciplina koja se bavi razumijevanjem interakcija između ljudi i ostalih elemenata sustava s ciljem optimizacije ljudskog općeg dobra te sveukupne izvedbe sustava. Pojam ljudskih čimbenika prikazan je u brojnim istraživanjima, ne samo za unaprjeđenje ljudskog općeg dobra u kontekstu smanjenja broja ozljeda i povećanja zadovoljstva poslom, nego za povećanje produktivnosti, usluge i smanjenje ljudske pogreške [171].

Problemi vezani uz ljudski čimbenik također su uvjeti pod kojima pojedinci moraju raditi te koji utječu na individualne sposobnosti. Kad se identificiraju ljudski čimbenici, ključne su sljedeće točke [172]:

- Važno je razlikovati ljudske čimbenike i mjerenja koja utječu na njih.
- Ljudski čimbenici mogu imati međusobnu interakciju. Primjerice, moral utječe na motivaciju.
- Neki ljudski čimbenici, kao što je dobra volja prema tvrtki, mogu biti dominantni.
- Postoje KPI-evi koji omogućuju mjerenje određenih ljudskih čimbenika.

Ljudski je čimbenik (u tom području istraživanja češće se primjenjuje pojam „ljudski resursi“) zahvaljujući svojem znanju i kompetencijama ključni čimbenik unutar organizacija jer im pomaže održati svoju konkurentsku prednost [30].

Ljudski čimbenici u upravljanju kvalitetom (engl. *Quality management*) imaju središnju ulogu u kontekstu implementacije praksi unaprjeđenja kvalitete i izvedbe organizacije. Istraživanja provedena u području upravljanja kvalitetom utvrđuju da implementacija različitih programa ne bi bila uspješna da se ne posvećuje velika pažnja ljudskom čimbeniku [173]. Stoga ljudski čimbenici mogu unaprijediti ljudske aspekte operativne izvedbe.

Također, područje ljudskih čimbenika usmjerava se na interakcije među ljudima, sustavima i u njihovu okruženju, a koje doprinose unaprjeđenju kvalitete i izvedbe sustava. Principi ljudskih čimbenika teže učinkovitosti, efikasnosti i zadovoljstvu korisnika u oblikovanju uređenog sustava. Autori u [174] analiziraju perspektive ljudskog čimbenika u kontekstu oblikovanja sustava praćenja starijih osoba.

Tradicionalno, istraživanja društvenih znanosti bave se razumijevanjem ljudskog čimbenika – objašnjavanjem, mjerenjem i predviđanjem ljudskog iskustva, ponašanja, kognicije itd. [86], no to nije glavna preokupacija ovog istraživanja.

Pojedina istraživanja definiraju ljudske čimbenike kao profesionalnu disciplinu koja se usmjerava na poboljšanje i integraciju ljudskog utjecaja pri analizi, dizajnu, razvoju, implementaciji te primjeni različitih sustava i tehnologija [170]. U konkretnom primjeru proizlazi vizija ovog doktorskog rada te se u kontekstu rada pod pojmom ljudskog čimbenika podrazumijeva sve prethodno navedeno.

Međutim, kad spomenemo pojam ljudskog čimbenika, ekvivalentno uzimamo u obzir i pojam ljudske pogreške (engl. *Human error*). Ljudskom pogreškom definiraju se sve ljudske aktivnosti koje su izvan prihvatljivih okvira s obzirom na unaprijed zadane granice. Navedeno je izričito prisutno u kontekstu proizvodne, procesne industrije, gdje se pojmovi naizmjenično primjenjuju [170], no pojam ljudskog čimbenika obuhvaća puno veći opseg. Upravo je ljudska pogreška kao moguća posljedica ljudskog čimbenika motivacija i jedan od glavnih razloga oblikovanja modela koji predlaže ovaj rad.

5.2 Učinkovitost, izvedba i kvaliteta rada (pojemno određenje)

Kako bi se što preciznije mogla pratiti učinkovitost ljudskog čimbenika, potrebno je definirati značenje tog pojma te što obuhvaća. U nastavku su detaljno objašnjena značenja pojmova učinkovitosti, izvedbe te kvalitete rada.

Prema Hrvatskom jezičnom portalu, definicija pojma „učinkovitost“ je sljedeća:

„svojstvo onoga što je učinkovito, osobina onoga koji je učinkovit“, a učinkovit definira kao „koji donosi plod ili rezultat“ [175].

Učinkovitost se prema hrvatskom strukovnom nazivlju definira kao „mjera u kojoj se ostvaruju planirane radnje i postižu planirani rezultati“ [176], a u ekonomskom smislu definira sposobnost poduzeća da radi ekonomično, djelotvorno i svrhovito [177].

Izvedba, odnosno učinak, prema Enciklopediji Leksikografskog zavoda Miroslava Krleže je „posljedica nečega, ono što postoji po drugome kao rezultat neke radnje ili misli“, odnosno drugim riječima „performansa, postignuće ili rezultat“ [178].

Definiranje standarda izvedbe temelj je procjene izvedbe. Međutim, teško je utvrditi potpuno objektivne kriterije za većinu poslova, te se zbog toga većina procjena temelji na subjektivnim odlukama koje donose nadređeni. Također, razumne standarde izvedbe često je teško definirati jer je proizvode ili ishode teško postići ili variraju iz dana u dan. Zbog toga se pojedine procjene izvedbe temelje na ponašanju i osobinama zaposlenika. Međutim, takve značajke ne mogu biti izravne mjere produktivnosti zaposlenika [26].

Izvedba zaposlenika dinamična je i može imati veliki utjecaj na sveukupnu izvedbu svake tvrtke i njezine održivosti. Takvu činjenicu razumije veliki broj tvrtki te su odjeli upravljanja ljudskim potencijalima odgovorni za mjerenje izvedbe zaposlenika. Jedan je od ključnih ciljeva razviti metode za kontinuirano unaprjeđenje njihove izvedbe. Takve prakse uključuju obuku zaposlenika, pružanje inicijativa kao što su bonusi, slobodni dani itd. Veliki broj istraživanja utvrđuje izvedbu zaposlenika. Razvijene su brojne teorije koje pokušavaju objasniti ponašanje ljudskih bića u njihovu radnom okruženju. Najpoznatija teorija uključuje McGregorovu teoriju X i Y te njihovu evoluciju u obliku teorije Z.

Izvedba nije samo ono što ljudi ostvare, nego na koji način to ostvare [37]. Mjera izvedbe indikator je koji procjenjuje nekakav ishod. Može biti kvalitativna ili kvantitativna [35]. Mjerenje izvedbe ima korijene u mjerenju kvalitete, što je jedan od izazova istraživanja posljednjih godina [9].

Ne postoji jasna definicija kvalitete jer se ona može koristiti na razne načine. Odnosno, može se promatrati s različitih stajališta – društva, tržišta, potrošača, proizvođača, proizvoda, rada itd. U globalu spominjanje samog pojma kvalitete automatski asocira na neki proizvod ili uslugu. Međutim, prema normi HRN EN ISO 8402 „Kvaliteta je ukupnost svojstava stanovitog entiteta koja ga čine sposobnim zadovoljiti izražene ili pretpostavljene potrebe“. Nakon revizije 2000. godine po normi ISO 9000:2000, kvaliteta je stupanj do kojeg skup svojstvenih karakteristika ispunjava zahtjeve, te su dane dvije napomene [179]:

1. Pojam kvaliteta može se koristiti s atributima – nedovoljna, dobra, izvrsna.
2. Svojstven znači postojanje u nečemu, stalna karakteristika.

Kvaliteta se općenito može smatrati kao izvrsnost, ostvarenje ciljeva, odsutnost pogrešaka te prikladnost. Kvaliteta može biti višedimenzionalna, gdje svaka dimenzija gledana pojedinačno daje djelomični prikaz sustava, ali u sintezi s drugima opisuje cijeli sustav. Jedne od najčešćih dimenzija su dimenzija učinkovitosti, dimenzija djelotvornosti, dimenzija pristupačnosti i dimenzija dostupnosti. Dakle, može se zaključiti da učinkovitost ne uključuje samo postizanje rezultata, nego oni moraju biti planirani i smisleni. Također, rezultati moraju biti odgovarajuće kvalitete.

Navedeno pojmovo određenje analizirano je u svrhu njihova boljeg razumijevanja te adekvatnijeg oblikovanja modela i definiranja odgovarajućih varijabli.

5.3 Upravljanje izvedbom ljudskog čimbenika

Zaposlenici i njihova izvedba imaju osnovnu ulogu u uspjehu svake organizacije, a upravljanje izvedbom zaposlenika također je jedan od najvažnijih segmenata upravljanja u organizacijama. Brojne organizacije koriste upravljanje izvedbom zaposlenika za selekciju, preservaciju, promociju, kompenzaciju, planiranje ljudskih potencijala i obuku zaposlenika. Prema tome, mjerenje izvedbe zaposlenika je kritično pitanje [15]. Kako organizacije rastu, jednako tako rastu i njihove potrebe za formalnim i strukturiranim sustavima upravljanja. S vremenom upravljanje izvedbom zaposlenika postaje iznimno važno, a njegovu važnost razumiju i sami zaposlenici.

Upravljanje izvedbom kao pojam prvi je spomenuo Warren 1972. godine. Kao dio njegova istraživanja, očekivanja, vještine, povratna informacija, resursi i ohrabrenje rangirani su kao glavne značajke upravljanja izvedbom. Koncept kao takav bio je otkriven u Sjedinjenim Američkim Državama sredinom 80-ih godina 20. stoljeća. Postojanje upravljanja izvedbom bilo je potvrđeno 1992. u okviru istraživačkog projekta koji je proveo *British Institute of Personnel Management*. Upravljanje izvedbom stiglo je u kasnim 80-im godinama 20. stoljeća, djelomično kao reakcija na negativni aspekt upravljanja ciljevima. Iako se ponekad smatra kako je procjena izvedbe i upravljanje izvedbom isto, postoji nekoliko znatnih razlika [37].

Upravljanje izvedbom zaposlenika uobičajeno uključuje sljedeće [180]:

- Planiranje posla te postavljanje očekivanja izvedbe i radnih standarda

- Kontinuirano praćenje i pružanje povratne informacije o izvedbi
- Razvijanje kapaciteta izvedbe
- Regularno ocjenjivanje izvedbe u dogovorenom obliku te
- Prepoznavanje i nagrađivanje dobre izvedbe.

Većina definicija opisuje upravljanje izvedbom kao proces koji se jednako primjenjuje u brojnim organizacijama kako bi se evaluirala ili procijenila izvedba zaposlenika u prošlom vremenu te razmotrilo kako se može maksimizirati njegov budući doprinos. Upravljanje izvedbom također se može opisati kao sustav pomoću kojeg organizacija postavlja radne ciljeve, utvrđuje standarde izvedbe, dodjeljuje i evaluira rad, pruža povratnu informaciju izvedbe, utvrđuje obuku i potrebe razvijanja te distribuira nagrade [37].

Upravljanje izvedbom može se definirati kao identificiranje, mjerenje i razvijanje izvedbe pojedinaca i tima te usklađivanje izvedbe sa strateškim ciljevima organizacije [22]. U organizacijskom kontekstu upravljanje izvedbom je proces u kojem koordinatori i zaposlenici kontinuirano surađuju kako bi planirali, pratili i pregledali ciljeve rada zaposlenika i sveukupni doprinos organizaciji. Glavni je cilj takvog procesa unaprijediti i poboljšati učinkovitost zaposlenika [38]. Upravljanje izvedbom kontinuirani je proces identificiranja, mjerenja i razvijanja izvedbe pojedinaca i timova te usklađivanje izvedbe sa strateškim ciljevima organizacije. Najveći je fokus upravljanja izvedbom unaprjeđenje izvedbe individualnog zaposlenika [16].

Upravljanje ljudskom izvedbom ključno je za upravljanje ljudskim potencijalima. Pomoću upravljanja izvedbom zaposlenika, glavni menadžment i vodstvo teže usklađivanju organizacijskih ciljeva s ciljevima zaposlenika pomoću KPI-eva. Takvi KPI-evi uključuju mjerenje, vještine, zahtjeve za kompetentnosti, planove razvoja i dostavu rezultata. Naglasak je ovog procesa na unaprjeđenju, učenju i razvoju zaposlenika kako bi učinkovito doprinijeli u sveukupnoj poslovnoj strategiji.

Menadžeri se suočavaju s brojnim odlukama koje zahtijevaju simultanu primjenu različitih tipova podataka u svojem procesu donošenja odluka. Kritično je područje donošenja odluka procjena izvedbe osoblja, bilo individualno bilo kao dio tima. Evaluacija izvedbe osnova je učinkovitog upravljanja ljudskim potencijalima svake organizacije i evaluacije zaposlenika, a

koja pomaže razviti individualno, poboljšati izvedbu organizacije i uklopiti se u poslovne planove [30].

Procjena izvedbe poseže daleko u povijest i neraskidivo je povezana sa samim poslom. Prema Armstrongu, prvi formalni sustav praćenja evoluirao je iz rada Fredericka Taylora prije Prvog svjetskog rata. Prvotni oblici procjene izvedbe orijentirane na rezultatima nastali su 70-ih godina 20. stoljeća. Problem s evaluacijom bio je u tome što se procjena izvedbe prečesto smatrala aktivnošću koja je odgovornost odjela ljudskih potencijala [37].

Pri oblikovanju i primjeni sustava procjene upravljački dio organizacije mora odrediti za što će se primjenjivati sustav procjene i u kojem dijelu organizacije. Prikladno oblikovan sustav može pomoći ostvariti organizacijske ciljeve i poboljšati izvedbu zaposlenika [30].

To je proces koji bi trebao pomoći da zaposlenici razumiju i prihvate organizacijske norme. Odnosno, ako je cilj da procjena kao takva bude koristan alat koji pomaže menadžerima motivirati i educirati zaposlenike, procedure i procesi moraju biti prihvaćeni od zaposlenika i njihovih nadređenih [26].

Brojna istraživanja dokazuju da je učinkovit sustav procjene izravno povezan s motivacijom zaposlenika i s produktivnošću. No, teško je razmotriti apsolutno sve čimbenike kako bi se procijenila izvedba zaposlenika u organizaciji [30].

Kad upravljanje primjenjuje sustav evaluacije na temelju percepcije nadređenih, kupaca ili vanjskih agencija, nije uvijek lako interpretirati njihove ocjene u smislu organizacijske izvedbe [35].

Procjena izvedbe je proces kojim se procjenjuje individualna izvedba zaposlenika tijekom određenog perioda. Formalne su procjene rijetke. Pomaže utvrditi posluje li organizacija u skladu s prethodno utvrđenim ciljevima. Odstupanje od predefiniраниh ciljeva znatnije je u organizacijama koje zapošljavaju veliki broj zaposlenika te čije je poslovanje uslužnog tipa. Tradicionalno, većina istraživanja u području procjene izvedbe usmjerena je na načine eliminiranja pogrešaka i/ili unaprjeđenja točnosti [16]. Metode procjene temelje se na kvantitativnim metodama koje omogućuju precizan *output* koji definira izvedbu zaposlenika.

Međutim, u samom kontekstu veliki broj informacija nije moguće kvantificirati niti su precizne s jasnim granicama. Stoga, takve su informacije radije prikazane izrazima ili riječima [31].

Općenito, procjena izvedbe obavlja tri funkcije: omogućava adekvatnu povratnu informaciju kao podrška razvoju zaposlenika, služi kao temelj modificiranja i mijenjanja ponašanja kako bi bili što učinkovitiji za organizaciju, te omogućava korisne informacije nadređenima [181].

Proces evaluacije mora biti eksplicitan i organiziran. Takav sustav omogućuje konkretnu i transparentnu evaluaciju te da ona zadovoljava uvjete potrebne objektivnosti i ograničene subjektivnosti [34].

Taj bi proces trebao biti što objektivniji kako bi se smanjila moguća tjeskoba i kako bi se zadovoljila očekivanja zaposlenika. U većini slučajeva nemogućnost ostvarivanja potpune objektivnosti dovodi evaluatore do subjektivnosti, koja može dovesti do nepovjerenja u njihov autoritet. Tijekom procjene izvedbe moraju se razmotriti sljedeće stavke [32]:

- Svrha i ciljevi procjene moraju biti jasno objašnjeni zaposlenicima.
- Zaposlenicima moraju biti objašnjeni ciljevi izvedbe, odnosno kakva se izvedba očekuje od njih.
- Očekivana izvedba mora biti dohvatljiva, razumljiva i objektivna.
- Procjena mora biti balansirana i pravedna. Mora biti zajamčena dovoljna razina objektivnosti i limitirana subjektivnost kako bi se zadovoljili zahtjevi zaposlenika.

Evaluacija izvedbe je proces prikupljanja, analiziranja i snimanja informacija o relativnoj vrijednosti zaposlenika. Fokus je na mjerenju i unaprjeđenju aktualne izvedbe zaposlenika te na budućem potencijalu. Cilj je mjeriti što zaposlenik radi. Glavni su ciljevi sljedeći [182]:

- Pregledati izvedbu zaposlenika tijekom određenog razdoblja.
- Procijeniti razliku između stvarne i željene izvedbe.
- Pomoći menadžmentu u provođenju organizacijske kontrole.
- Pomoći da se ojača odnos i komunikacija između nadređenih i podređenih te između menadžmenta i zaposlenika.
- Dijagnosticirati snage i slabosti pojedinaca.
- Utvrditi potrebne obuke i razvoj u budućnosti.
- Omogućiti povratnu informaciju zaposlenicima o njihovoj prošloj izvedbi.
- Pružiti potporu ostalim odlukama u organizaciji.

- Pružiti jasna očekivanja i odgovornosti funkcija koje obavljaju zaposlenici.
- Prosuditi učinkovitost ostalih funkcija ljudskih potencijala organizacije kao što su regrutacija, selekcija, obuka i razvoj.
- Smanjiti pritužbe na zaposlenike.

Važnost učinkovitog sustava evaluacije zaposlenika univerzalno je prepoznata jer može potaknuti razvoj institucije i osobni razvoj zaposlenika. Zapravo, sposobnost organizacije da procjenjuje izvedbu svojih zaposlenika i ispituje njihov doprinos smatra se ključnom značajkom za dugoročnu održivost [29].

Tipičan proces procjene odvija se u godišnjem ciklusu. Početkom godine definiraju se ciljevi izvedbe, no oni se mogu prilagoditi tijekom godine. Krajem godine izvedbu procjenjuje neposredni nadređeni primjenom ljestvice izvedbe ili matrice izvedbe. Konkretna informacija o aktualnim procesima procjene u različitim tvrtkama su ograničene [183].

Autori u [184] utvrđuju da se previše pozornosti usmjerava na oblikovanje sustava upravljanja izvedbom, a premalo na to kako on funkcionira kad se primijeni.

Brojne organizacije podrazumijevaju provođenje upravljanja izvedbom jedino ako prate prethodno propisane zahtjeve za procjenom i ocjenom izvedbe. No, stvarnost je takva da je ocjenjivanje samo mali dio ukupnog procesa, a često i najmanje važan dio. Upravljanje izvedbom se prema tome može prikazati kao sistematičan proces koji se sastoji od [185]:

- planiranja posla i postavljanja očekivanja
- kontinuiranog praćenja izvedbe
- razvijanja kapaciteta za izvođenje
- periodičnog ocjenjivanja izvedbe te
- nagrađivanja dobre izvedbe.

Planiranje je postavljanje ciljeva izvedbe za skupinu i pojedince kako bi usmjerili trud prema ostvarivanju organizacijskih ciljeva. Uključivanjem zaposlenika u proces planiranja ostvaruje se njihovo bolje razumijevanje ciljeva organizacije te što je potrebno napraviti, zašto i na koji način. Zbog toga bi elementi i standardi izvedbe trebali biti mjerljivi, lako razumljivi, povjerljivi, pravedni i ostvarivi.

Praćenje podrazumijeva konstantno mjerenje izvedbe i pružanje povratne informacije zaposlenicima i skupinama o njihovu napretku. Uključuje provođenje pregleda rada sa zaposlenicima, gdje se njihova izvedba uspoređuje s prethodno definiranim standardima. Kontinuirano praćenje omogućuje poslodavcu da provjerava koliko su zaposlenici u skladu sa standardima. Na taj se način neprihvatljiva izvedba može utvrditi na vrijeme i može se omogućiti podrška za rješavanje takvih problema, što je bolje nego čekanje kraja perioda, kad se dodjeljuju odgovarajuće ocjene.

Razvijanje u ovom kontekstu znači povećanje kapaciteta zaposlenika kroz obuke, davanje zadataka koje će zaposlenicima donijeti nove vještine ili više razine odgovornosti itd. Omogućavanje obuka i razvojnih prilika zaposlenika u konačnici dovodi do bolje izvedbe, ojačavanja poslovnih vještina i kompetencija, a među ostalim pomaže zaposlenicima da se nose s promjenama radnog mjesta, kao što je, primjerice, uvođenje novih tehnologija.

Ocjenjivanje pomaže rukovoditeljima da promatraju i uspoređuju izvedbu tijekom vremena i između zaposlenika. Podrazumijeva procjenu zaposlenika prema standardima definiranim u skladu s izvedbenim planom. Ocjena reflektira izvedbu tijekom cijelog perioda procjene.

Nagrađivanje označava priznavanje izvedbe zaposlenika te njihov doprinos viziji i ciljevima organizacije. Međutim, nagrade pružaju široki niz mogućnosti, od novčane nagrade, slobodnih dana te brojnih nenovčanih oblika.

Ovaj doktorski rad usmjeren je na mali segment upravljanja izvedbom – praćenje izvedbe jer je to, sukladno navedenom, najvažniji dio upravljanja izvedbom te omogućava rješavanje utvrđenih problema na vrijeme.

5.4 Praćenje izvedbe ljudskih čimbenika

Kako poslovno okruženje postaje sve više komplicirano i podložno brzim promjenama današnjice, organizacije moraju biti svjesne važnosti posvećivanja dovoljno vremena i pažnje promatranju i mjerenju izvedbe svojih zaposlenika. Procjena izvedbe usmjerava se na mjerenje i kontrolu individualne izvedbe i integrira ih unutar organizacijskih ciljeva [32].

Praćenje i evaluacija temelje se na ciljevima izvedbe za svaki odjel i proces. Pri utvrđivanju ciljeva izvedbe, u isto vrijeme poduzeća moraju utvrditi ključne indekse evaluacije izvedbe specifičnih težina [186].

Ključni je segment praćenja izvedbe mjerenje izvedbe, jer da bi se nešto moglo pratiti, potrebno je prvenstveno uspostaviti metriku. Tradicionalno, mjerenje izvedbe uključuje indikatore kao što su kvantificiranje, kvaliteta, pravodobnost, troškovna učinkovitost i izostanak s posla [38]. Za svaku organizaciju važno je primjenjivati mjerni sustav koji prikazuje razine izvedbe pojedinaca [32].

Mjerenje izvedbe definirano je kao proces kvantificiranja efikasnosti i efektivnosti prošlih aktivnosti u organizaciji [6]. Mjerenje izvedbe zaposlenika u građevinskim tvrtkama važan je dio upravljanja ljudskim potencijalima jer omogućava donošenje objektivnih i pravodobnih odluka [24].

Mjerenje izvedbe pomaže menadžerima razumjeti gdje se trenutno nalaze i utvrditi što žele ili trebaju unaprijediti. Sustav mjerenja izvedbe tradicionalno se promatra kao integralni dio planiranja i kontrole i smatra se da omogućava podatke o izvedbi za donošenje odluka. U kontekstu metrike izvedbe, organizacijska izvedba tradicionalno se primarno evaluirala kroz financijske mjere. No, financijske mjere ne doprinose znatnije unaprjeđenju trenutne izvedbe [17].

Kontrola ljudskih potencijala učinkovita je samo s prikladnim alatima i metodama. Podaci za kontrolu ljudskih potencijala moraju biti rudareni iz informacijskog sustava ljudskih potencijala ili iz ostalih dijelova informacijskog sustava tvrtke. Prikladno izabrani alati i indikatori moraju pratiti identificirane ciljeve upravljanja ljudskim potencijalima. Kontrola može biti definirana kao svaki proces koji pomaže uskladiti aktivnosti pojedinaca s interesima njihovih poslodavaca. Kontrola ljudskih potencijala nije isto kao i kontroliranje ljudskih potencijala. Kontrola je orijentirana na prošlost, dok je kontroliranje/kontroling orijentiran prema budućnosti. Glavni je cilj kontrole utvrditi pogrešku, dok su ciljevi kontrolinga pratiti, kontrolirati i ispravljati pogreške. Kontroling pomaže voditi i inspirirati, dok kontrola samo pomaže ukloniti pogreške i njezine uzroke [187].

Praćenje individualne izvedbe zadatka, posebno u kontekstu radnog mjesta, postaje sve više zanimljiva i kontroverzna tema u vremenu kad se od zaposlenika očekuje da rade više, bolje i brže. Zbog navedenog može doći do velike konkurentnosti, koja uz pritisak zbog praćenja rada može raditi kontraučinak organizacijskim ciljevima [38]. Međutim, pitanje je što sve praćenje rada uključuje, odnosno na koje bi sve čimbenike bilo potrebno obratiti pažnju.

Izvedbu kao takvu može se pratiti kontrolirajući prethodno utvrđene parametre koji karakteriziraju sam proces ili promatrajući čimbenike koji utječu na način i rezultat željene izvedbe. Potonje, među ostalim, može uključiti i motivaciju. Motivacija se prilično jednostavno može utvrditi promatranjem entuzijazma zaposlenika kada dolaze na radno mjesto, kroz njihovu interakciju s kolegama i uključivanjem u aktivnosti u kojima su angažirani.

U sustavima se često primjenjuje praćenje individualnog doprinosa te individualna izvedba u odnosu na organizacijske ciljeve kako bi se utvrdila individualna snaga, njezin utjecaj na sustav i kako bi se prepoznale prilike za buduća poboljšanja [30].

Mjere izvedbe u [182] uključuju komunikacijske vještine, međuljudske vještine, rješavanje problema, timski rad, prilagodljivost/fleksibilnost, inicijativu, donošenje odluka, vodstvo, zrelost i organizacijsko ponašanje građana.

Evidentno je da su stil vodstva, organizacijska kultura i angažiranost zaposlenika najučestalije istraživani čimbenici koji utječu na izvedbu. Prethodno navedeni čimbenici istraživani su u području psihologije te je promatrana njihova psihološka perspektiva. Budući da se ovaj rad usmjerava na konkretne realne podatke koji se pohranjuju u bazama podataka, prethodno navedeni čimbenici neće biti uključeni u model koji predlaže ovaj doktorski rad.

5.5 Analiza postojećih metoda praćenja izvedbe ljudskih čimbenika

Desetljećima prije oblikovali su se sustavi praćenja izvedbe kako bi proširili računovodstvene sustave organizacija. Četrdesetih i pedesetih godina 20. stoljeća događalo se sve veće prepoznavanje visoke učinkovitosti i uspješnosti japanskih industrija. Zatim su se, u skladu s time, zapadnjačke tvrtke trudile replicirati japanske prakse upravljanja izvedbom. Takvi su pokušaji doveli do procvata područja mjerenja izvedbe tijekom 70-ih i 80-ih godina 20. stoljeća. Procvat je kulminirao 90-ih godina, revolucijom u području upravljanja izvedbom. U rasponu

od dvije godine, o toj je temi bilo objavljeno 4000 članaka. No, interes za metriku izvedbe i dalje je velik [6].

Metrika je temelj praćenja izvedbe, kako organizacijskog poslovanja tako i zaposlenika. Postoje različiti tipovi metrike izvedbe i prema [188] mogu se podijeliti na četiri glavne kategorije:

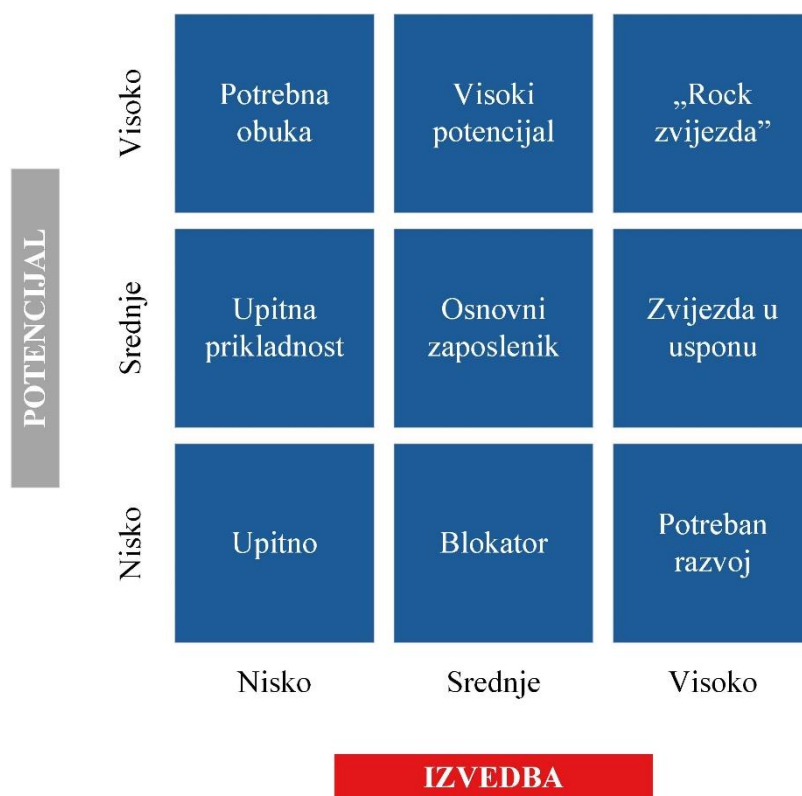
1. Metrika kvalitete rada
2. Metrika kvantitete rada
3. Metrika radne efikasnosti
4. Metrika organizacijske izvedbe.

U nastavku su detaljnije opisane prve dvije glavne kategorije (metrika kvalitete rada i metrika kvantitete rada) jer se najčešće primjenjuju.

Metrika kvalitete rada ukazuje na kvalitetu izvedbe zaposlenika. Kvalitetu rada teško je izravno mjeriti te se često primjenjuju metode koje se temelje na subjektivnim procjenama. U nastavku su metode koje se primjenjuju za mjerenje kvalitete rada:

Upravljanje ciljevima (engl. *Management by objectives* – MBO) model je upravljanja koji teži unaprijediti izvedbu organizacije prenošenjem organizacijskih ciljeva u specifične individualne ciljeve. Ciljeve kao takve često oblikuju zaposlenici i rukovoditelji zajedno. Zaposlenici se trude ispuniti prethodno postavljene ciljeve i podnose izvještaje o svojem napretku. Postavljenim ciljevima često se može dodijeliti određena težina.

Subjektivna procjena rukovoditelja (engl. *Subjective appraisal by manager*) donosi se nekoliko puta godišnje. Zaposlenike se procjenjuje na temelju nekoliko kriterija. Primjena takvog modela naziva se *9-box grid*. Takav prikaz temelji se na 3x3 tablici (Slika 13.) unutar koje se zaposlenicima procjenjuje izvedba i potencijal. Zaposlenici s visokom izvedbom i niskim potencijalom savršeni su za trenutno radno mjesto. Metoda je jednostavan način za procjenu trenutne i buduće vrijednosti zaposlenika.



Slika 13. Prikaz modela 9-box grid [188]

Nesukladni proizvodi, odnosno neispravno proizvedeni proizvodi, indikator su niske radne kvalitete i potrebno je ukupan broj držati što niže moguće. Međutim, uvođenje standardizacije unutar proizvodnog procesa sve je više ukazivalo na beskorisnost metrike.

Broj pogrešaka može biti alternativa nesukladnim proizvodima. Navedeno se može odnositi na pogreške u unosu, korekcije ili greške u softverskom kodu. Iako zvuči banalno, mala greška ponekad može proizvesti puno veće i teže posljedice. Primjerice, kod računalnog programiranja jedna greška u programskom kodu može zaustaviti cijeli program, što u konačnici može imati veliki utjecaj na poslovanje, pogotovo za tvrtke koje izdaju tjedne ili mjesečne verzije softvera.

Lojalnost klijenata (engl. *Net Promoter Score* – NPS) indikator je izvedbe zaposlenika. NPS je broj uobičajeno između 1 i 10 koji predstavlja volju klijenta da preporuči usluge organizacije drugim potencijalnim klijentima. Klijenti koji dodijele rezultat 9 ili 10 iznimno su zadovoljni.

360 stupnjeva povratna informacija jedan je od najčešćih alata mjerenja izvedbe zaposlenika. Povratnu informaciju o radu zaposlenika uobičajeno pružaju kolege, podređeni, klijenti, nadređeni te ponekad i sami zaposlenici. Povratna informacija tada pruža uvid iz više perspektiva.

180 stupnjeva povratna informacija jednostavnija je verzija metode 360 stupnjeva. Kod takve metode samo kolege iz neposredne blizine i nadređeni pružaju informaciju. Takva metoda

češće se koristi između zaposlenika koji nisu na upravljačkim pozicijama i/ili nemaju izravan kontakt s klijentom.

Prisilno rangiranje (engl. *Forced ranking*) način je rangiranja zaposlenika na način da nadređeni sastavlja listu najboljih i najgorih zaposlenika. Na taj se način svi zaposlenici međusobno uspoređuju te im se procjenjuje izvedba. Cilj je svakog rangiranja unaprijediti radnu snagu. Međutim, kako je ta metoda izvorište velike razine subjektivnosti, dobila je brojne kritike na račun pristupa te su mnoge organizacije prestale s tom metodom, uključujući i *General Electric*, čiji je predsjednik uprave Jack Welch popularizirao metodu kao takvu.

Metrika kvantitete rada općenito je lakše mjerljiva od kvalitete rada te postoji više načina kako mjeriti metriku izvedbe u ovom kontekstu.

Broj prodaje jednostavan je način kako precizno odrediti rezultate zaposlenika koji rade u prodaji. Također, izvedba se može mjeriti i brojem kontaktiranja potencijalnih klijenata, brojem telefonskih poziva, brojem posjeta tvrtkama itd. U proizvodnom okruženju može se pratiti broj proizvedenih jedinica, vrijeme obavljanja posla itd.

Činjenica je da različite industrije imaju različite načine definiranja metrike i parametara koje je potrebno analizirati. Nedostatak je korištenja isključive metrike u tome da se može koristiti samo kad su parametri jednoznačni i jednostavni.

Problematika je kvalitativne i kvantitativne metrike izvedbe da same za sebe ne otkrivaju puno. Primjerice, ako zaposlenik proizvede 50 proizvoda, dolazimo do informacije da je proizveo puno proizvoda, ali taj broj ne govori o njihovoj kvaliteti. Prema tome, trebao bi postojati balans između kvantitete i kvalitete, a taj se balans mjeri radnom efikasnošću.

Elektroničko praćenje izvedbe odnosi se na organizacijske sustave koji koriste tehnologiju za prikupljanje, pohranjivanje, analizu i pregled podataka o ponašanju zaposlenika kako bi procijenili izvedbu i promatrali aktivnosti na poslu. Anketa provedena 2007. utvrdila je da 78 % organizacija koristi neki tip elektroničkog praćenja izvedbe, a danas je taj broj još veći jer evolucija tehnologija pruža više mogućnosti prikupljanja podataka. Način na koji je elektroničko praćenje izvedbe implementirano i komunicirano zaposlenicima je ključno jer je u organizacijskom istraživanju dobro poznato da stav zaposlenika ima utjecaj na njihovo ponašanje. Ako se takvi sustavi neadekvatno implementiraju, zaposlenici mogu imati negativne stavove prema organizaciji, što u konačnici može dovesti do smanjene izvedbe. Neki od primjera negativnih reakcija uključuju [189]:

- Osjećaj narušavanja privatnosti

- Percepciju nepravednosti
- Smanjeno zadovoljstvo poslom
- Smanjenu predanost organizaciji
- Veći broj nepoželjnih organizacijskih ponašanja (engl. *Counterproductive Work Behaviors* – CWB)
- Smanjenu izvedbu zadataka i produktivnost za zaposlenike s manje vještina te
- Veću percepciju stresa.

Postoje različite aplikacije za praćenje ljudskih potencijala koje pružaju djelomične informacije. Na temelju tih informacija menadžeri moraju donijeti važne poslovne odluke. Tvrtke trebaju integrirani sustav koji podržava cjelokupno poslovanje, uključujući učinkovito upravljanje ljudskim potencijalima na jednostavan i intuitivan način. Takvi sustavi su sustavi planiranja resursa poduzeća (engl. *Enterprise resource planning* – ERP). U istraživanju koje su proveli Picek, Mijač i Andročec utvrđeno je da 87 % ispitanih organizacija primjenjuje informacijski sustav za upravljanje ljudskim potencijalima. Takva informacija utvrđuje da veliki broj hrvatskih organizacija prati svoje ljudske potencijale pomoću neke vrste softvera. Detaljna analiza rezultata pokazuje da su više od pola organizacija koje koriste ERP sustave velike organizacije. Uočeno je da s povećanjem veličine organizacije raste i primjena ERP sustava. ERP sustavi koji se većinom primjenjuju su: Microsoft, Oracle i SAP [190].

Posljednjih su godina različiti pristupi procjene izvedbe privukli veliku pozornost. Razvile su se i evoluirale brojne kvantitativne metode te je, u skladu s time, u području istraživanja u posljednjih nekoliko godina proveden znatan broj znanstvenih istraživanja. Izbor najprikladnijeg pristupa procjene izvedbe izazovan je posao za organizacije. Postoje prednosti i nedostaci za svaku metodu, koji je prikazuju više ili manje preciznom. Metode koje autori procjenjuju su [191]:

- Metoda rangiranja (engl. *Ranking Method*)
- Grafička ljestvica procjene (engl. *Graphic Rating Scales*)
- Upravljanje narativnim esejima (engl. *Narrative Essays Management*)
- Upravljanje ciljevima – MBO
- Ljestvica ponašajnih očekivanja (engl. *Behaviorally Anchored Rating Scales* – BARS)
- Računovodstvo ljudskih potencijala (engl. *Human Resource Accounting* – HRA)

- Centri procjene (engl. *Assessment Centers*)
- Metoda 360 stupnjeva te
- Metoda 720 stupnjeva.

Svaka metoda osmišljena je za određene svrhe i kontrolira aspekte izvedbe zaposlenika. Navedeni aspekti mogu biti osobine, ponašanje ili poslovni rezultati. Većina metoda koje se primjenjuju imaju perspektivu od vrha prema dnu i započinju s organizacijskim ciljevima na godišnjoj razini, a zatim s ciljevima pojedinih odjela [15].

Najveći su nedostaci u tome da navedene metode ne omogućavaju dobru analizu podataka i ne pružaju mogućnost rješavanja problema nejasnih podataka [32].

5.5.1 Metode 360 i 720 stupnjeva

Subjektivne mjere široko koriste organizacije jer pomažu riješiti nedostatke objektivnog mjerenja, kao što je prisutnost nekontroliranog rizika. Subjektivno mjerenje prikazuje različite značajke ostalih kategorija, jer uključuju diskreciju i prosudbu nadređenih [35].

Metoda 360 stupnjeva u posljednjem je desetljeću postala iznimno popularna diljem svijeta. Metoda kao takva je sustav koji procjenjuje izvedbu zaposlenika kroz otvoreni sustav povratne informacije, te je tako omogućen relativno bolji način procjene. Bez obzira na poziciju u organizaciji, važno je razumjeti kako ostali doživljavaju učinkovitost pojedinca, njegove snage i slabosti. Zaposlenika procjenjuju brojni procjenitelji – nadređeni, kolege, kupci i podređeni. Znači, izvedba zaposlenika promatrana je s različitih strana. Dakle, ako je povratna informacija procjenitelja objektivna, a očekuje se da bi trebala biti takva, procjena izvedbe bit će učinkovita.

Unatoč prednostima metode, brojne organizacije teže koristiti metodu narativnih komentara, koja se temelji na mišljenju jednog izvora. Procjena 360 stupnjeva rezultat je više općenitog fenomena koji se zove povratna informacija više izvora. Istraživači uz primjenu neizrazite matematičke metode uvode pet glavnih primjena povratne informacije 360 stupnjeva: promjena u kulturi, razvoj karijere, evaluacija izvedbe, istraživanje potencijala i učinkovitost tima. Funkcije sustava procjene izvedbe mogu se klasificirati kao: razvojne, administrativne, organizacijsko održavanje i korištenje dokumentacije [192].

Autori u [193] na temelju rezultata potvrđuju prednosti primjene metode 360 stupnjeva kao subjektivni alat koji uklapa samostalnu i višestruku procjenu kolega u provođenju procjene. Alati metode 360 stupnjeva koji se trenutno primjenjuju primarno su razvile konzultantske tvrtke, a ne odnose se konkretno na upravljanje u zdravstvenoj djelatnosti. Konkretno, alati procjene razvijeni za zdravstvene djelatnike nisu u pravilu primjenjivi za procjenu, primjerice, menadžerskih kompetencija. Također, jedan je od ključnih čimbenika koji utječu na uspješnost primjene metode 360 stupnjeva prvenstveno veličina organizacija, zatim razlog za primjenu takvog mehanizma povratnih informacija te vijek trajanja, odnosno održivost takve metode.

Povratna informacija omogućuje uvid u vještine i ponašanja koja su poželjna u organizacijama kako bi se ostvarila misija, vizija i organizacijski ciljevi. Svrha je pomoći svakom pojedincu da razumije svoje snage i slabosti te da doprinese područjima rada kojima je potreban profesionalni razvoj.

Uzimajući u obzir karakteristike metode kao takve, u nastavku su u tablici 6. navedene njezine prednosti i nedostaci [194].

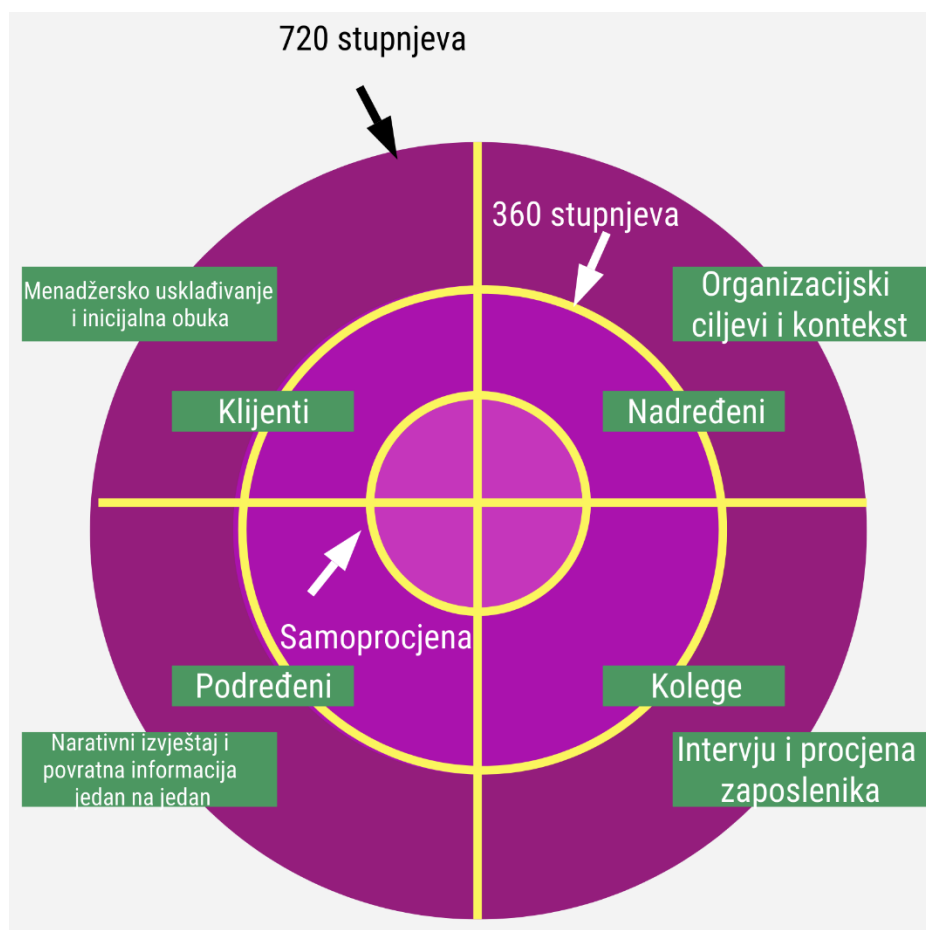
Tablica 6. Prednosti i nedostaci metode 360 stupnjeva [194]

Prednosti	Nedostaci
Omogućava povratnu vezu zaposlenicima iz različitih izvora	Predstavlja samo dio sveukupnog sustava mjerenja izvedbe
Razvija i ojačava timski rad	Može uzrokovati organizacijske probleme ako se loše implementira
Otkriva proceduralnu problematiku koja može zaustaviti rast zaposlenika	Neće donositi vrijednost ako se ne uklopi učinkovito unutar postojećih planova izvedbe
Otkriva specifična područja razvoja karijere	Ne omogućava dobivanje kompletnih informacija zbog anonimnosti procesa
Smanjuje nepristranost i tendenciju diskriminacije	Usmjerava se na slabosti i nedostatke zaposlenika umjesto na njihovu snagu
Pruža konstruktivnu povratnu informaciju kako bi se unaprijedio rezultat zaposlenika	Omogućava povratnu informaciju od neiskusnih ocjenjivača te se grupe mogu udružiti protiv pojedinca

Prikaz stvarnih potreba obuke	U nekim slučajevima zahtijeva prikupljanje i procesuiranje velike količine podataka
-------------------------------	---

Metoda procjene izvedbe 360 stupnjeva korisna je, no ne i za procjenu zaposlenika, a posebno ako je usko vezana uz neki oblik kompenzacije ili drugih nagrada. Navedeno može narušiti integritet traženih povratnih informacija te stvoriti pogrešnu sliku. No, kad se primjenjuje za planiranje razvoja, može biti učinkovita ako je organizacijska klima transparentna i pouzdana.

Jedan od glavnih problema procjene izvedbe zaposlenika uvijek je vezan uz pravednost, pristranost, kvantificiranje kvalitativnih značajki itd. Navedeno je slučaj i s modelom 360 stupnjeva. Koncept je logički smišljen, no u praksi nije transparentan i nepristran.



Slika 14. Pregledni model metode 720 stupnjeva [196]

Cilj je metode 720 stupnjeva pratiti, mjeriti, davati povratnu informaciju i poticati zaposlenike na to da ostvaruju ciljeve [195]. Autori u [194] utvrđuju da je metodu 720 stupnjeva moguće

definirati kao dvostruku metodu 360 stupnjeva. Slika 14. prikazuje pregledni model metode 720 uz usporedbu s metodom 360 stupnjeva. Prednosti obuhvaćaju naglašenu povratnu informaciju iz više izvora, poboljšanje timskog rada, evaluaciju potreba obuke itd. No, jedan je od najvećih nedostataka da se usmjerava na negativno i na slabosti. Iako metoda pruža veće mogućnosti od konvencionalne metode 360 stupnjeva, nije naišla na veću primjenu u organizacijama, iako je sve više autora obrađuje u svojim istraživanjima.

5.5.2 Metoda praćenja ključnih pokazatelja uspješnosti ljudskih čimbenika

Ključni indikatori izvedbe početna su točka ciklusa evaluacije izvedbe, a definiraju se prema strateškim ciljevima koje je moguće kvantificirati. Organizacije trebaju za svaki ključni indikator izvedbe definirati koji je kratkoročni, a koji dugoročni, kako bi se definirao uspjeh standarda poduzeća i buduća očekivanja [186].

KPI-evi bi trebali biti oblikovani tako da ih je jednostavno razumjeti, mjeriti, pratiti i analizirati [197]. Temelj su mjerenja i procesa praćenja. KPI-evi se koriste za praćenje progresije tijekom vremena unutar tvrtke ili za usporedbu rezultata između organizacija – tzv. *benchmark* [9].

KPI-evi bi u obliku procjena izvedbe trebali biti dostupni svim zaposlenicima kako bi bili upoznati sa svojim radom te s tim koje je obuke i daljnji razvoj potrebno proći kako bi se unaprijedili. Postavljeni ciljevi usmjeravaju zaposlenike, a zbog procjena se osjećaju dobro jer je prepoznat njihov trud. KPI-evi upravljanja izvedbom trebali bi se uklopiti u sveukupne ciljeve organizacije, mjeriti područja rada koja utječu na uspješnost poslovanja i indicirati područja koja zahtijevaju daljnje akcije. Područja koja je potrebno mjeriti trebala bi se odnositi izravno na temeljne aktivnosti poslovanja te se razlikuju ovisno o području rada organizacije. Primjeri su mjerenja parametara jedinice prodaje, profit po stavkama, kvaliteta proizvoda, vrijeme potrebno za dovršenje zadataka, preporuke kupaca itd. [198].

Korištenjem specifične metrike, podaci prikupljeni tijekom izvršavanja poslovnih procesa analizirani su i elaborirani kako bi se izračunale KPI vrijednosti od interesa i kontinuiranog praćenja ponašanja procesa. Ustvari, KPI-evi se smatraju učinkovitim načinom mjerenja strateških ciljeva, ciljeva specifičnih za proces i kontroliranja izvršavanja učinkovitih procesa. Ovisno o području primjene, KPI-evi mogu uključiti financijske, kvantitativne, kvalitativne, vremenske aspekte i različite druge mjere. KPI indikatori mogu biti izravno procijenjeni

izvršnim okvirom, koji također može izvršavati korektivne aktivnosti u slučaju važnih devijacija. Glavni je nedostatak takvih pristupa nedostatak fleksibilnosti i u prikupljanju poslovnih podataka, definiranju KPI mjera i planiranju korektivnih aktivnosti. Zbog toga KPI-evi i metrika mogu biti dinamički definirani kao značajke praćenja i mogu biti primijenjeni u različitim okruženjima [199].

Tijekom procesa oblikovanja KPI-eva se mogu koristiti za usporedbu izvedbe alternativnih tehnologija ili proizvodnih sustava. Mjerenje KPI-eva nema značenje samo po sebi, ali obuhvaća različita značenja kad se uspoređuje s prikladnim referentnim točkama [10]:

- S definiranim ciljevima, kako bi se procijenila implementacija strategija i planova
- S povijesnim vrijednostima, kako bi se procijenio napredak
- Sa sličnim proizvodnim sustavima, kako bi se identificirale i usvojile najbolje prakse.

Indikatori poput rada u procesu, vrijeme ciklusa, izvedba na vrijeme i zalihe korisni su indikatori za mjerenje implementacije vitkog upravljanja. Autori u [200] provode pregled literature kako bi utvrdili indikatore pomoću čijeg mjerenja mogu doznati o fazi implementacije vitke metode. Istraživanje temelji analizu na podacima dostupnim iz godišnjih izvještaja i podataka iz baza podataka ERP sustava tvrtke. Podaci obuhvaćaju period od 11 godina, koje dijele na razdoblje prije primjene vitkog upravljanja i poslije primjene, a 2007. godina, u kojoj je primijenjena vitka metoda, smatra se referentnom godinom. Za statističku analizu primijenjena je linearna regresija u kombinaciji s VSM metodom i statistikom za izradu *probability plots*. Navedene metode korisne su za prikaz svih koraka procesa.

Iako posljednjih godina vitka metoda odvlači veliku pozornost, što se odražava na veliki broj znanstvenih radova, istraživanja su, doduše, zanemarila praćenje procesa u tijeku [201].

Problem je s primjenom KPI-eva nezadovoljavajuća razina objektivnih mjera koja je povezana s realnom izvedbom na licu mjesta. Pouzdana metrika preduvjet je za objektivno, usporedivo i nepristrano mjerenje izvedbe. Iako je dostupan veliki broj odvojenih studija u području evaluacije uspjeha projekata primjenom KPI-eva, povezanost između ta dva područja i potencijala u području mjerenja izvedbe zaposlenika nije dovoljno istražena. Istraživanje u području KPI-eva većinom je vezano uz predlaganje reprezentativnog skupa KPI-eva koji mogu

biti primijenjeni za objektivnu procjenu uspjeha projekta [24]. Zbog svega navedenog potrebno je predložiti način mjerenja izvedbe ljudskog čimbenika u radnom procesu.

5.5.3 Pregled postojećih komercijalnih softvera za praćenje i procjenu rada ljudskih čimbenika

Sustavi strateškog mjerenja izvedbe (engl. *Strategic performance measurement systems* – SPMS) softverski su programi koje primjenjuju poslovne tvrtke kako bi ujednačile strategiju s individualnim izvedbama. SPMS su indirektno povezani s individualnom izvedbom pomoću medijatora kao što je uloga dvosmislenosti, što označava percepciju da pojedincu nedostaje informacija potrebnih za izvedbu posla ili zadatka, zbog čega se osjeća bespomoćnim i zbunjenim. SPMS sustavi poboljšavaju individualnu izvedbu smanjenjem dvosmislenosti na način da se pružaju informacije relevantne za posao. Informacije relevantne za posao su informacije koje su potrebne zaposleniku da bi obavio svoj posao. Što su takve informacije više dostupne zaposlenicima, očekivana je viša kvaliteta izvedbe jer takve informacije omogućavaju bolje razumijevanje posla. SPMS je informacijski sustav koji sadrži financijske i nefinancijske mjere koje proizlaze iz strategije te su oblikovane da ujednače individualne aktivnosti s organizacijskom strategijom. Prema tome, SPMS ima četiri glavne svrhe: pretvoriti strategiju u mjerljivu aktivnost, objasniti poslovne dužnosti, pratiti individualnu izvedbu te izvedbu na razini odjela i omogućiti povratnu informaciju. Kako bi bio učinkovit u objašnjavanju zadataka i praćenju izvedbe, SPMS bi trebao prikladno pretvoriti strategiju u mjernu aktivnost. SPMS također omogućuje menadžerima da prate individualnu izvedbu i izvedbu na razini odjela [202].

Sustav informacijskog upravljanja teži pružiti informaciju, podršku, upravljanje i odluku. Sadrži veliki broj korisnih informacija, načina kako iskoristiti informaciju i funkciju upita kao bitan i nezamjenjiv dio. Izgradnja informacijskog sustava upravljanja neizbježan je zahtjev upravljanja informacijama. Postojeći informacijski sustavi upravljanja primjenjuju se zbog sljedećih razloga:

- Funkcija planiranja
- Funkcija pomoćnog donošenja odluka
- Funkcija obrade podataka te
- Funkcija predviđanja.

Informacijski sustav upravljanja pohranjuje velike količine podataka, utvrđuje strukturu pohrane dobrih podataka kako bi upravljao navedenom količinom podataka [186].

Budući da upravljanje procesom može oduzimati puno vremena, sve se više primjenjuju softverska rješenja koja pomažu pri administraciji i procjeni rezultata metode 360. Još 2001. godine tvrtka *Goldman Sachs and Co* patentirala je sustav praćenja izvedbe zaposlenika koji se temelji na potpuno automatiziranoj metodi 360 stupnjeva [203]. Primjer jednog od takvih softvera je Halogen 360, koji, primjerice, primjenjuju organizacije *Princess Cruises* i MSNBC. Takvi softveri omogućavaju postavljanje skupa kriterija i slanje poveznica svim sudionicima pri provođenju procjene. Nakon što se podaci prikupe, izvještaj se automatski generira, a zaposlenik ga može zatražiti kao brzu povratnu informaciju. Slična softverska rješenja omogućuju i Carbon 360 i Argos [204]. Također, AssessTEAM je predložio rješenje koje se također temelji na metodi 360 stupnjeva te koje pruža jednostavnu procjenu, fleksibilnost i izvještavanje. Omogućavaju potpunu prilagodbu području poslovanja, jednostavnost korištenja, mogućnost korištenja softvera na mobilnim uređajima te uključuju veći angažman zaposlenika [205].

Cornerstone [206] nudi aplikaciju koja omogućava izgradnju i upravljanje visokom izvedbom organizacije usklađivanjem zaposlenika i poslovnih strategija. Pruža mjerenje i praćenje vještina kako bi se utvrdili pravi ljudi na pravim pozicijama.

Jedan od aplikacijskih softvera za praćenje zaposlenika je i softver Hubstaff, koji pomoću praćenja rada na računalu može mjeriti produktivnost, pratiti prisutnost, omogućiti sigurnost i prikupljati dokaz o radnim satima. Zahvaljujući modernoj tehnologiji, organizacije mogu pratiti većinu aktivnosti zaposlenika te njihovu komunikaciju, uključujući korištenje interneta i aplikacija, *e-maila*, snimanje računalnog ekrana, korištenje telefona, video/audio nadzor, GPS praćenje vozila i praćenje lokacije. Takvi podaci transformiraju proces donošenja odluka. Međutim, prilikom primjene takvih aplikacija potrebno je voditi računa o njihovu utjecaju na zaposlenika, u prvom redu na povećani stres, nedostatak privatnosti, utjecaju na moral te brojna pravna pitanja.

Također, softver StaffCop Enterprise [207] omogućava osiguravanje sigurnog poslovanja smanjenjem rizika od curenja podataka i gubitka reputacije. Između ostaloga, pruža transparentnost radnog toka te omogućava korisnicima da vide poslovne procese u stvarnosti.

Aplikacija kao takva prati i snima svaki detalj, od *e-mailova*, *chata*, aktivnosti na internetu, praćenja dokumenata, korištenja aplikacija, snimanja ekrana, korištenja tipkovnice, snimanja preko mikrofona itd. Na taj se način prati radno vrijeme te se mjeri produktivnost zaposlenika.

Softver KnowIT [208], koji se temelji na oblaku, služi za praćenje zaposlenika, a može se primjenjivati na računalima i mobilnim uređajima. Omogućava razumjeti ponašanje, unaprijediti produktivnost, detektirati prijetnje te drugo.

Time Doctor [209] softver je za praćenje zadataka u realnom vremenu i preveniranje nepotrebno potrošenog vremena. Softver prati korištenje interneta i omogućava jednostavne izvještaje posjećenih web-stranica i korištenih aplikacija. Time Doctor svake tri minute snima ekrane kao potvrdu da zaposlenici rade. Na istom principu softver WorkiQ prati računalno ponašanje zaposlenika i omogućava izvještaje o njihovu vremenu potrošenom na produktivne i neproduktivne aplikacije.

Gartner definira aplikacijsko praćenje izvedbe na sljedeći način [210]:

„Jedna ili više softverskih i hardverskih komponenti koje olakšavaju praćenje kako bi se ispunilo pet glavnih funkcionalnih dimenzija: praćenje krajnjeg korisnika, modeliranje i prikaz otkrivanja arhitekture aplikacijskog programa, korisnički definirano profiliranje transakcija, dubinsko praćenje komponenti u kontekstu aplikacije, i analitika.“

Međutim, autori su u [211] analizom dvaju eksperimentalnih istraživanja utvrdili kako su utjecaji praćenja izvedbe na stres poprilično dvoznačni. Utvrđeno je da se kvaliteta rada znatno smanjuje zbog računalnog praćenja izvedbe, no, s druge strane, brzina izvršenja zadataka znatno se povećala. Zaključeno je da se računalnim praćenjem izvedbe može povećati efikasnost, no ako se zahtijeva visoka kvaliteta, tada praćenje izvedbe nije poželjno.

Također, autori u [212] zaključuju da kad se elektroničko praćenje izvedbe podrazumijeva razvojnim, smatra se pravednijim nego kada djeluje zastrašujuće na buduće ponašanje.

Analizom postojećih metoda i softvera za praćenje izvedbe zaposlenika utvrđeno je da ima puno prostora i mogućnosti za poboljšanje i predlaganje novih optimalnih rješenja, kako za praćenje rada, tako i za procjenu rada. Za oblikovanje modela istraživanje se usmjerilo isključivo na

područje praćenja rada, odnosno na metodu koja omogućava optimalno oblikovanje takvog sustava unutar organizacija.

Završetkom ove prve faze doktorskog rada primijenjeni su svi koraci sistematičnog pregleda literature, koje je uključivalo analizu različitih područja istraživanja – vitko upravljanje, digitalne tehnologije, industrija 4.0, digitalno-vitko upravljanje, ljudski čimbenik i ljudska izvedba. Na taj je način ostvarena interdisciplinarnost istraživanja te su izneseni odgovarajući zaključci koji su bili temelj za razvoj i oblikovanje modela koji predlaže ovaj rad, a koji je detaljno opisan u drugoj fazi rada.

6 RAZVOJ I OBLIKOVANJE NOVOG MODELA PRAĆENJA UČINKOVITOSTI LJUDSKIH ČIMBENIKA U PROCESIMA

Prilikom oblikovanja modela koji će omogućiti praćenje učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima, odnosno praćenje zaposlenika i njihove izvedbe, naglasak je prije svega na tendenciji da se oblikovanim modelom može pružiti vrijednost organizaciji i zaposlenicima. Odluka koju upravljački dio organizacija donosi o radu zaposlenika temelj je svakog poslovanja jer zaposlenici utječu na ukupnu učinkovitost izvedbe kompletne organizacije. Drugim riječima, učinkoviti zaposlenici dovode do učinkovitih organizacija. Prema tome, iznimno je važno da takav proces bude što precizniji, objektivniji i transparentniji.

Iako se čini da je praćenje aktivnosti i rada jednostavan zadatak, stvarnost nije takva. Učinkovitost i njezini pokazatelji ovise o više čimbenika te se razlikuju ovisno o djelatnosti i veličini organizacije. U ovom poglavlju detaljno će se prikazati okvir modela koji je temelj provedenog istraživanja i izrade ovog doktorskog rada. U kontekstu upravljanja izvedbom naglasak će biti na praćenju izvedbe, što je jedan od ključnih dijelova upravljanja izvedbom.

6.1 Zašto novi model?

Brojne organizacije već primjenjuju popularizirane metode rada i modele, no često toga nisu ni same svjesne. Drugim riječima, u njihovim organizacijama i procedurama pojedini modeli i njihova primjena nisu opisani stručnim rječnikom. U prethodnom poglavlju dan je pregled postojećih metoda i modela u području upravljanja ljudskom izvedbom. Većina postojećih metoda u velikoj je mjeri subjektivna, granično pristrana te podrazumijeva dug period provođenja. Subjektivnost postojećih metoda dovodi do nedostatka povjerenja u autoritet. Navedenome doprinosi činjenica da se brojne informacije prikazuju riječima jer nije definiran sustav njihove kvantifikacije. Nadalje, postojeće metode predlažu modele koji se temelje na metodama procjene, dok je primjetan nedostatak većeg broja metoda praćenja izvedbe.

Međutim, integracijom temeljnih značajki upravljanja ljudske izvedbe s filozofijom vitkog upravljanja i tendencijom za digitalizacijom postojećih procesa unutar kojih su evidentni gubici, dolazi se do temelja za razvoj novog modela. Primjena takvog modela može omogućiti uspješno praćenje rada i njegove učinkovitosti u skladu s izvedbom te smanjuje problem

subjektivnosti na najmanju moguću mjeru. Nadalje, omogućava kvantificiranje svih podataka koji su ključni za procese i rad te predlaže adekvatnu statističku metodu.

6.2 Osnovna struktura modela

Sukladno detaljnoj analizi područja istraživanja prikazanoj u prethodnim poglavljima, u nastavku se oblikuje novi model praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima – **LEHID**. Temelj modela su četiri različita i neovisna segmenta koja naglašavaju njegovu interdisciplinarnost. Model je prikazan na slici 15. Naziv modela složenica je nastala na temelju segmenata koji čine model – *Lean management*, *Human Factor*, *Key Performance Indicators* – *KPI* i *Digital I4.0 technology*.

Predloženi novi **LEHID** model obuhvaća četiri ključna segmenta. Prvi segment odnosi se na ljudski čimbenik. U procesima u sklopu kojih zaposlenici donose ključne odluke i koje se temelje na njihovom radu, ljudski čimbenik, njegovo djelovanje te njegova učinkovitost ključni su faktor. To je posebno naglašeno u uslužnim djelatnostima. Drugi segment odnosi se na primjenu vitkog načina razmišljanja, prvenstveno podrazumijevajući analizu procesa te definiranje aktivnosti koje donose vrijednosti, odnosno onih koje predstavljaju gubitak koji ne donosi nikakvu vrijednost. Ključni pokazatelji uspješnosti koji opisuju učinkovit način obavljanja rada treći su segment modela. Njihovim kontinuiranim praćenjem moguće je izolirati svaki rad koji se ne obavlja na učinkovit, profesionalan i kvalitetan način. Primjena digitalnih tehnologija svojstvenih industriji 4.0 te općenita digitalizacija procesa četvrti su segment.

Svaki od četiri navedenih segmenata za sebe predstavlja koncept koji je u posljednje vrijeme iznimno populariziran. Međutim, integracijom svih četiriju segmenata u novi model **LEHID** dolazi se do modela koji predstavlja čvrst temelj i nekonvencionalan pristup analizi rada ljudskog čimbenika, područja koje je primarno bilo istraživano i primjenjivo isključivo u kontekstu upravljanja ljudskih potencijala te psihologije.



Slika 15. Prikaz strukture novog modela praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima

6.3 Prvi segment modela – ljudski čimbenik

Ljudi su ključan dio poslovnih procesa te su uključeni u gotovo sve poslovne aktivnosti. Drugim riječima, ljudski je čimbenik ključan u gotovo svakoj djelatnosti. No, u pojedinim je djelatnostima njihov utjecaj naglašeniji od drugih i predstavlja sve posljedice koje proizlaze kao rezultat ljudskog djelovanja u različitim procesima. Međutim, iako je evidentna ključna uloga ljudskog čimbenika u poslovnim procesima, taj je segment iznenađujuće slabo prepoznat i razrađen u brojnim modelima.

Ljudski čimbenik u kontekstu ovog modela podrazumijeva dva ključna aspekta ljudskog djelovanja:

- Radnu etiku i
- Ljudsku pogrešku.

Radna etika u konkretnom smislu odnosi se na način na koji ljudski čimbenik pristupa radu te na način na koji obavlja svoje radne zadatke. Podrazumijeva skup stavova i ponašanja utemeljenih na vrijednosti rada. Osoba koja ima dobru radnu etiku odgovorna je prema radu, ima dobre radne navike te radi u uvjerenju da je rad sam po sebi dobar i koristan za pojedinca i organizaciju. Radna etika dio je osnovnih vještina te obuhvaća odgovornost i samoinicijativnost. Pogreške koje se događaju zbog loše radne etike većinom su namjerne i manipulativne naravi.

Ljudski utjecaj i sama ljudska priroda temelj su mogućnosti pojave ljudske pogreške. Sve dok organizacije usmjeravaju pažnju isključivo na tehnologiju i procese rada, procesi rada uvijek će uključivati djelovanje ljudskog čimbenika i rezultirajuće pogreške. Ljudske su pogreške temelj velikom broju modela, tehnika i pristupa istraživanja ljudskih čimbenika [170].

Unaprjeđenja i oblikovanje modela u području ljudskih čimbenika dovode do veće učinkovitosti, kvalitete, sigurnosti i poboljšanja radnih procesa [170]. Prema tome, ljudski čimbenik i njegovo djelovanje unutar procesa glavno su uporište modela.

6.4 Drugi segment modela - vitko upravljanje

Drugi segment predloženog **LEHID** modela odnosi se na vitko upravljanje unutar poslovnih procesa. Poanta je primjene koncepta i alata vitkog upravljanja unaprjeđenje postojećih procesa. Vitko razmišljanje u velikoj mjeri predstavlja temelj uspješnog uvođenja novih modela rada i digitalnih tehnologija. Primjenom vitkih principa i alata moguće je analizirati procese, utvrditi sve gubitke unutar procesa te ih zatim reducirati ili eliminirati.

Iako se vitko razmišljanje uglavnom primjenjuje unutar poslovnih procesa s ciljem njihova poboljšanja, smisao uklapanja vitkog koncepta u **LEHID-u** je, uz integraciju s ostalim segmentima, omogućiti primjenu metodologije u svrhu unaprjeđenja rada ljudskog čimbenika. Prema tome, metodu je potrebno prilagoditi kontekstu unutar kojeg se primjenjuje.

6.4.1 Analiza postojećeg procesa i načina rada

Kako bi se precizno utvrdilo na koji je način moguće poboljšati postojeće procese te indirektno i način rada ljudskog čimbenika, potrebno je provesti analizu svih aktivnosti u procesu. Vitko upravljanje pruža više mogućih načina prikazivanja procesa (prikazano u poglavlju 3.5), međutim, izbor adekvatnog alata uvjetuje prije svega područje rada organizacije, veličina te sama struktura. Međutim, primjena VSA analize u velikom se broju slučajeva nameće kao metoda koja se može primijeniti za analizu procesa u različitim tipovima organizacija i procesa. Mapiranje procesa s druge strane ovisi o tome kroz koliko razina prolazi proces. Kad se obavlja na jednoj razini, navedene metode grafičkog prikaza nemaju pretjeranog smisla.

6.4.2 Utvrđivanje gubitaka s obzirom na ljudski čimbenik

Kako bi se ostvarili ciljevi eliminiranja svih aktivnosti unutar procesa, a koje ne donose nikakvu vrijednost, potrebno je utvrditi koji se sve gubici mogu pronaći unutar procesa. U poglavlju 3.4 prikazano je devet tipova gubitaka koje je moguće pronaći analizom literature u području istraživanja. Iako je detaljnim pretraživanjem relevantnih baza podataka pronađen veći broj istraživanja koja gubitke prikazuju u neproizvodnom kontekstu, nisu pronađeni znanstveni radovi koji utvrđuju gubitke u procesu s ciljem utvrđivanja pojedinih segmenata ključnih za identifikaciju djelovanja ljudskog čimbenika u procesu rada.

U skladu s navedenim, u nastavku je oblikovan koncept utvrđivanja gubitaka u procesima s obzirom na djelovanje ljudskog čimbenika. Mehanizam utvrđivanja gubitaka jednak je konvencionalnom načinu definiranja gubitaka u proizvodnoj djelatnosti. Uzimajući u obzir usporedbu gubitaka prikazanu u tablici 4. u poglavlju 3.6, novi koncept detaljno je obrazložen i prikazan u nastavku (Tablica 7.).

Tablica 7. Gubici u neproizvodnim djelatnostima s obzirom na rad ljudskog čimbenika

Rbr	Gubitak	Primjer
1	Prekomjeran rad	Obavljanje većeg broja aktivnosti od potrebnog
2	Loša organizacija	Loše planiranje posla i loša koordinacija zaposlenika
3	Čekanje	Besposlenost ljudi ili uređaja zbog kvarova, kašnjenja s informacijama ili loše procjene
4	Previsoka kvaliteta	Obavljanje poslova pretjerano detaljno i sporije od uobičajenog
5	Nepotrebno kretanje	Traženje potrebne opreme, potraga za podacima, obavljanje nepotrebnih aktivnosti ili loš raspored uređaja
6	Pogreške u radu i ponovni rad	Pogrešno obavljene aktivnosti, zbog čega se moraju ponovno obavljati ili uzrokuju teže posljedice
7	Neiskorišteni resursi	Loše upravljanje ljudskim potencijalima, opremom ili informacijama
8	Okolišni ili energetska gubitak	Pretjerano korištenje uređaja i štetno ispuštanje neželjenih supstancija u zrak, vodu ili zemlju
9	Nejasna komunikacija	Loše razumijevanje i nedorečenost u komunikaciji između zaposlenika i stranaka ili između zaposlenika međusobno
10	Nedostatak usmjerenosti na stranku	Manjak pozornosti usmjeren na potrebe stranaka i komunikaciju s njima

11	Otpor novitetima i promjenama	Kategoričko odbijanje usvajanja novih znanja i loše prihvaćanje novih poslovnih okolnosti
12	Raznolikost rada	Veći broj radnih aktivnosti koje je potrebno obavljati na određenom radnom mjestu zahtijeva širok spektar znanja te može utjecati na smanjenje kvalitete obavljenog posla
13	Subjektivne procjene	Pogrešno donesena odluka zbog loše vlastite procjene
14	Zastarjelost opreme i procedura	Procedure i oprema koje ne idu ukorak s vremenom utječu na preciznost i lošu kvalitetu
15	Neprepoznavanje prilika	Loš pristup poslu i mogućim poslovnim prilikama koje mogu dovesti do većeg i boljeg razvoja poslovanja
16	Loša radna etika	Uključuje lošu disciplinu, manipulaciju i loš pristup radu

Pojedini od temeljnih devet gubitaka izuzeti su iz novog koncepta gubitaka u neproizvodnim djelatnostima s obzirom na ljudski čimbenik, a drugima je izmijenjen kontekst i naziv. U novom konceptu navedeno je 16 gubitaka koji mogu biti pronađeni unutar procesa prilikom analize rada ljudskog čimbenika. Naglasak je stavljen na današnju svakodnevicu, u kojoj prevladava primjena moderne tehnologija, odnosno njezin nedostatak. Također, jedna je od glavnih stavki neproizvodnih djelatnosti uspostavljanje odnosa sa strankama, kupcima i ostalim sudionicima u procesu ovisno o vrsti djelatnosti i tipu organizacije. Prema tome, navedeno može u velikoj mjeri utjecati na sam proces i, ako je pristup loš, tada dolazi do gubitaka.

6.5 Treći segment modela - primjena KPI-eva za definiranje i praćenje učinkovitog rada

Sveukupni je cilj istraživanja provedenog u [91] razumijevanje kako podaci i brojni analitički alati mogu biti preduvjet vitkog razmišljanja te obrnuto, a sve kako bi se ispunili zahtjevi kupaca te povećala produktivnost industrije.

Ključni pokazatelji uspješnosti u brojnim organizacijama definiraju se ili iskustveno ili sukladno relevantnoj zakonskoj regulativi. Međutim, ako se radi o djelatnosti koja nije izričito zakonski regulirana, ključne pokazatelje uspješnosti moguće je definirati sukladno poslovnoj dokumentaciji te definiranjem od strane stručnih osoba na iskustveni način. Potonje ne predstavlja nikakvu novost prilikom analize radnih procesa jer se na jednak način uobičajeno definiraju pravila koja čine temelj ekspertnih sustava.

Primjena KPI-eva za praćenje poslovanja organizacija nije novitet jer se metoda primjenjuje već dugi niz godina te je temelj brojnih znanstvenih istraživanja. Međutim, mali broj radova naglašava važnost preduvjeta za uspješno oblikovanje KPI-eva, a što je prethodna analiza podataka te definiranje parametara koji su ključni za procese. Naravno, navedeno ima više smisla kad se prate parametri koji su iskustveno definirani jer parametre koji su zakonski definirani nema smisla statistički analizirati. Drugim riječima, najčešće je sastavljanju zakonskih propisa već unaprijed prethodila detaljna analiza.

Iako je metoda KPI jedan od alata vitkog upravljanja te se u tu svrhu i implementira, često se primjenjuje u različitim područjima poslovanja a da organizacije nemaju znanja o primjeni konkretne metodologije. Budući da se metoda KPI analizom područja istraživanja praćenja izvedbe iskristalizirala kao jedna od najčešćih metoda, uklopljena je u model kao poseban segment.

6.5.1 Odabir relevantnih podataka

Nova tehnološka dostignuća omogućavaju prikupljanje velike količine podataka koji se pohranjuju u bazama podataka. Samim time dostupne su različite vrste i tipovi podataka. Takva velika količina podataka olakšava i unaprjeđuje praćenje procesa te pruža mogućnosti predviđanja.

Budući da je temelj KPI metode definiranje i praćenje parametara, prvi korak odnosi se na odabir podataka koji opisuju procese i koji su ključni za njihovo odvijanje. U kontekstu primjene KPI-eva u svrhu praćenja učinkovitog rada kako bi odabrali podatke, potrebno je postaviti pitanje što je za konkretan primjer učinkovit rad. Na taj je način moguće odrediti ulazne i izlazne podatke.

Najčešće se organizacije u svrhu odabira ključnih podataka oslanjaju na zakonsku regulativu, upute za rad ili radno iskustvo stručnih osoba u tom području rada. Sve ovisi o tome koliko organizacija ulaže u tehnološku infrastrukturu koja omogućava prikupljanje veće količine podataka unutar baza.

6.5.2 Analiza i definiranje parametara primjenom multivarijatne analize podataka

Nakon što su se prikupili podaci relevantni za promatrani proces, slijedi ključan dio metode KPI, a to je analiza podataka prikladnom statističkom metodom kako bi se utvrdila važnost pojedinih parametara u procesu. Na taj se način definira koje je parametre potrebno pratiti kroz prethodno utvrđeni period. Navedena je faza ključna jer dostupnost velike količine različitih podataka može dovesti do rizika praćenja prevelike količine KPI-eva koji ustvari nisu relevantni za sam rad zaposlenika.

Standardna metoda utvrđivanja povezanosti između parametara je metoda regresije. Međutim, kad imamo bitno složenije modele, veći broj parametara, te kad želimo prikazati odnos među njima, nužno je primijeniti naprednije statističke metode, tzv. metode druge generacije. Količina i vrsta varijabli koje se analiziraju u svrhu provođenja znanstvenih istraživanja zahtijevaju napredne statističke metode. Multivarijatne analize podataka omogućavaju simultanu analizu većeg broja varijabli i utvrđivanje njihovih kompleksnih odnosa. Mjerenja se većinom provode primjenom upitnika, intervjua ili promatranja, čime se prikupljaju primarni podaci, no podaci se također mogu prikupiti iz baza podataka različitih organizacija te se tada dobivaju sekundarni podaci. U Tablici 8. u nastavku navedene su glavne vrste multivarijatne analize podataka.

Tablica 8. Vrste multivarijatne analize podataka [213]

	Eksploratorna analiza	Konfirmatorna analiza
Metode prve generacije	Klaster analiza	Analiza varijance (engl. Analysis of Variance - ANOVA)
	Eksploratorna faktorska analiza	Logistička regresija
	Višedimenzionalno skaliranje	Višestruka regresija Konfirmatorna faktorska analiza
Metode druge generacije	Strukturalno modeliranje metodom parcijalnih najmanjih kvadrata (PLS-SEM)	Strukturalno modeliranje koje se temelji na kovarijanci (CB-SEM)

Metode druge generacije jednim se imenom nazivaju metode strukturalnog modeliranja, odnosno modeliranja strukturalnih jednadžbi (engl. *Structural equation modeling – SEM*). Strukturalno modeliranje statistička je metoda koja ima veliki broj dodirnih točaka s učestalo primjenjivom metodom linearne regresije. Glavna je razlika u tome da tradicionalna regresijska analiza analizira samo izravan utjecaj, dok SEM sagleda izravni i neizravni utjecaj. Autor knjige [214] *Osnove strukturalnog modeliranja* napominje da metodu primjenjuju brojni istraživači u svojim znanstvenim i doktorskim radovima, no da, međutim, prilično mali broj sveučilišta educira svoje studente i istraživače o njoj. Oni se moraju snalaziti samostalno čitajući različite knjige, radove te dostupan sadržaj na internetu, a čak i tako nije dostupan veliki broj potrebnih materijala i primjera. Simultano, dolazi do problema zbog nedostatka *benchmarkinga*.

SEM kao statistička metoda analizira odnos između promatranih ili manifestnih varijabli i latentnih varijabli. Promatrane su varijable one koje je moguće mjeriti, odnosno čije su nam vrijednosti poznate. Takve varijable mogu biti kategoričke, diskretne ili kontinuirane. S druge strane, latentne varijable nije moguće izravno mjeriti, nego se njihove vrijednosti iskazuju pomoću promatranih varijabli. Latentne varijable uvijek moraju biti kontinuirane varijable. Prema tome, u SEM metodi razlikujemo strukturalni i mjerni model.

Ako se detaljnije pogleda Tablica 8., vidljivo je da postoje dva tipa SEM metode – CB-SEM (engl. *Covariance Based – Structural Equation Modeling*) i PLS-SEM. Prvi spomenuti tip primjenjuje se za potvrđivanje ili odbacivanje teorije na način da utvrđuje koliko dobro predloženi teorijski model može procijeniti matricu kovarijance za uzorak skupa podataka. PLS-SEM primjenjuje se za razvijanje teorija u eksploratornom istraživanju, na način da se usmjerava na objašnjavanje varijance zavisnih varijabli pri ispitivanju modela [213]. Prema tome, PLS-SEM je metoda koja je preferirana kad je cilj istraživanja razvoj teorije i objašnjenje varijance.

U skladu s glavnim ciljevima ovog doktorskog rada, u idućem poglavlju, koje prikazuje testiranje modela na sustavu tehničkog pregleda, detaljnije je objašnjena PLS-SEM metoda, pomoću koje je oblikovan model koji ukazuje na učinkovitost rada nadzornika.

6.6 Četvrti segment modela - razvoj digitalnih rješenja

Primjena digitalnih tehnologija svojstvenih industriji 4.0 u poslovanju četvrti je segment modela. Smisao je njezine primjene u unaprjeđenju, modernizaciji i digitalizaciji procesa. Iako je u kontekstu rada ljudskog čimbenika, koji je temelj neproizvodnih djelatnosti, teže ostvariti apsolutnu primjenu koncepta industrije 4.0 nego što je to u proizvodnoj industriji, moguće je implementirati njezinu tehnologiju. U nastavku su u sklopu modela razrađena područja primjene tehnoloških rješenja u kontekstu ljudskog čimbenika, a koja su opisana u poglavlju 4.2.

6.6.1 Primjena aplikacijskih rješenja za analizu i obradu podataka

Kako bi se organizacije snašle s velikom količinom dostupnih podataka, potrebno je da ih na adekvatan način prikupljaju, pohranjuju i obrađuju. Cilj je da podaci postanu znanje koje je temelj i potpora donošenju odluka. Upravo primjena adekvatnih aplikacijskih rješenja omogućava njihovo prikupljanje, obrađivanje i analizu. Najčešće se prikazuju u obliku izvještaja koji se prethodno definiraju ovisno o parametrima koje je potrebno pratiti i analizirati. Takvi se izvještaji u raznim organizacijama često generiraju „ručno“, postavljanjem upita na bazu. Međutim, primjena aplikacijskog rješenja znatno olakšava i ubrzava njihovo kreiranje i

korištenje. Također, osobe s minimalnim programerskim vještinama mogu na jednostavan način doći do željenih izvještaja.

Ključan je dio implementacije takvih aplikacijskih rješenja priprema projekta. Zbog toga je potrebno uložiti velike napore u analizu podataka i definiranje ključnih parametara koji će biti prikazivani u izvještajima. Prema tome, primjena aplikacijskih rješenja za analizu i obradu podataka pomaže pojednostavniti zadnji korak KPI metode – praćenje parametara koji su ključni za uspješnost organizacija.

6.6.2 Primjena adekvatne tehnologije za eliminiranje ili reduciranje ljudske pogreške i loše radne etike

Jedna je od brojnih prednosti moderne tehnologije da smanjuje mogućnost ljudske pogreške. Također, može smanjiti vrijeme potrebno za obavljanje zadatka. Osim toga, preciznija je, sigurnija i učinkovitija od isključivog rada ljudskog čimbenika.

Postoji veliki broj mogućnosti i tehnoloških rješenja kojima je moguće unaprijed eliminirati ljudsku pogrešku. Brojna istraživanja bave se upravo tom tematikom, većinom primjenom različitih softverskih i aplikacijskih rješenja, poput upozorenja prilikom unosa podataka, nemogućnosti unosa određenih podataka itd.

No još je veća korist u potpunosti zamijeniti ručno unošenje podataka ljudskog čimbenika. U tu svrhu primjena RFID tehnologije može uvelike doprinijeti točnosti i preciznosti podataka. Iako se prvenstveno primjenjuje u logističkom tipu djelatnosti, za praćenje skladišnog inventara i u prodaji, navedena tehnologija primjenjuje se i u različitim drugim procesima gdje se prate faze pojedinih aktivnosti. Pri implementaciji takve tehnologije potrebno je uložiti velike napore u sljedeću problematiku:

- educiranje ljudskog čimbenika za rad s novom tehnologijom te
- usavršavanje sustava kako bi se zastoji i blokiranja sveli na najmanju moguću mjeru.

7 TESTIRANJE MODELA NA PRIMJERU SUSTAVA TEHNIČKIH PREGLEDA

Testiranjem **LEHID** modela na sustavu tehničkih pregleda, odnosno na primjeru praćenja učinkovitosti nadzornika tehničke ispravnosti vozila, bit će utvrđena mogućnost primjene modela. U uvodnom dijelu ovog doktorskog rada navedena je motivacija za izradu rada te je skrenuta pozornost na važnost ostvarivanja transparentnog i objektivnog sustava tehničkog pregleda jer je to inspekcijska djelatnost s javnom ovlasti. Prema tome, kako je cilj kompletnog sustava osigurati što veću sigurnost prometa na cestama, potrebno je uložiti velike napore u stvaranje osjećaja pouzdanosti u rad sustava te ljudi koji su nositelji procesa i ključni čimbenici pri donošenju odluke o tehničkoj ispravnosti vozila.

U nastavku je opisan sustav tehničkih pregleda, zakonski okvir te tijek procesa tehničkog pregleda vozila i potrebne kvalifikacije nadzornika tehničke ispravnosti vozila. Također, prikazan je konvencionalni način kontrole i praćenja rada nadzornika te opis problematike u njihovu radu.

7.1 Sustav tehničkih pregleda vozila

Tehnička ispravnost vozila jedan je od ključnih čimbenika koji utječu na sigurnost prometa na cestama. Smisao je sustava tehničkih pregleda vozila prvenstveno održavanje sigurnosti prometa na cestama. U uređenim društvima diljem svijeta vozila koja su, sukladno zakonskoj regulativi i propisanim smjernicama, u tehnički prihvatljivom stanju mogu sudjelovati u prometu na cestama. Međutim, vozila koja nisu u tehnički prihvatljivom stanju imaju propisani rok za uklanjanje prethodno utvrđenih nedostataka. Neispravna vozila opasnost su za sve sudionike u prometu te su potencijalni uzročnici prometnih nesreća. Prema tome, od iznimne je važnosti osigurati da u prometu sudjeluju samo tehnički ispravna vozila. Vozila koja ne udovoljavaju propisanim uvjetima eliminiraju se iz prometa na tehničkom pregledu.

Sustavi tehničkih pregleda u svijetu imaju jednaki cilj – težnju za što većom kvalitetom i što boljom ujednačenošću. Procesi se provode na približno sličan način. Međutim, temeljne razlike vezane su uz period između dva tehnička pregleda, manje razlike u kriterijima koje treba zadovoljiti, status tijela koje provodi tehnički pregled te organizaciju sustava [215]. Jedan je od

većih problema pojedinih sustava tehničkih pregleda upravljanje podacima te njihova (ne)organiziranost. Navedeno je važno jer omogućava bolje praćenje sustava, a jednako tako i njegove učinkovitosti.

Autor Tomislav Škreblin u svojem doktorskom radu pod nazivom *Model procjene kvalitete rada stanica za tehnički pregled* predlaže model nadzora nad radom stanica za tehnički pregled vozila analizom rezultata tehničkih pregleda [215]. Usmjerava se na utjecaje na rezultate tehničkih pregleda razdvajanjem na vanjske i unutarnje. Kao unutarnje utjecaje navodi stručnost nadzornika, organizaciju poslovnih procesa, kvalitetu opreme, međuljudske odnose i motivaciju nadzornika. Međutim, u radu se usmjerava na vanjske utjecaje jer smatra da je unutarnjim utjecajima potrebno posvetiti veću pozornost ako rezultati na razini stanica pokažu znatnije odstupanje od ujednačenih kriterija. No, u ovom će radu naglasak biti isključivo na analizi kvalitete i učinkovitosti rada nadzornika na temelju njihovih rezultata rada jer su oni ključan čimbenik u procesu tehničkog pregleda.

7.1.1 Zakonski okvir

Tehnički pregledi (TP) vozila provode se u općem interesu, a sve kako bi se vozilima koja ne udovoljavaju propisanim uvjetima onemogućilo sudjelovanje u prometu na cestama. U Republici Hrvatskoj tehničke preglede obavljaju ovlaštene pravne osobe, u stanicama za tehnički pregled (STP). Sustav tehničkih pregleda reguliran je zakonima i podzakonskim propisima Republike Hrvatske. Prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, tehnički pregledi vozila obavljaju se radi provjere tehničke ispravnosti motornih i priključnih vozila. Na tehničkom pregledu utvrđuje se ima li vozilo propisane uređaje i opremu, jesu li ti uređaji i oprema ispravni te udovoljavaju li propisanim uvjetima za sudjelovanje u prometu na cesti [216].

U nastavku su taksativno navedeni aktualni propisi i stručne upute (bilteni) koji se odnose na sustav tehničkih pregleda u Republici Hrvatskoj te način provođenja tehničkog pregleda vozila:

- *Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN, broj 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19 i 42/20)*
- *Pravilnik o tehničkim pregledima vozila (NN, broj 16/18 i 63/19)*

- *Pravilnik o tehničkim pregledima vozila na cesti (NN, broj 132/17)*
- *Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (NN, broj 85/16, 24/17, 70/19 i 60/20)*
- *Pravilnik o uvjetima koje mora ispunjavati stanica za tehnički pregled vozila (NN, broj 33/09 i 46/18)*
- *119 Tijek tehničkog pregleda vozila – za „laka vozila“ M1 kategorije*
- *120 Tehnički pregled teretnih automobila - kategorija N2, N3 - radna uputa*
- *124 Tijek tehničkog pregleda vozila za autobuse M2 i M3 kategorije*
- *126 Tehnički pregled priključnih vozila kategorija 03, 04 - radna uputa*
- *128 Tijek tehničkog pregleda vozila "Mopedi i motocikli" - L kategorija*
- *130 Tehnički pregled teretnih automobila kategorija N1 - Radna uputa*
- *131 Tehnički pregled priključnih vozila - Kategorija 01 i 02 - Radna uputa*
- *147 Tehnički pregled traktora - radna uputa*
- *150 Tehnički pregled traktorskih priključnih vozila*
- *155 Tehnički pregled vozila M1 kategorije na električni pogon*
- *159 Kontrola tahografa i ograničivača brzine na tehničkom pregledu*
- *161 Razvrstavanje nedostataka na tehničkom pregledu*
- *169 Tehnički pregled vozila s pogonom na plin*
- *Uputa za rad sa RFID karticama u provedbi tehničkog pregleda*

U ovom doktorskom radu promatrano je razdoblje od 2017. do 2019. godine. Do kraja 2017. godine primjenjivali su se propisi prema kojima su nova vozila obavljala tehnički pregled tijekom mjeseca u kojem istječe rok od 24 mjeseca od prvog tehničkog pregleda i registracije vozila, a vozila stara dvije ili više godina obavljala su tehnički pregled tijekom svakog 12. mjeseca od posljednjeg redovitog tehničkog pregleda vozila. Od 1. 1. 2018. godine, izmjenom propisa, na novim se vozilima više ne obavlja prvi, odnosno tzv. nulti tehnički pregled, nego se istekom roka od 24 mjeseca od prve registracije i identifikacije vozila obavlja prvi tehnički pregled. Identifikacija vozila podrazumijeva unos vozila i svih njegovih podataka u bazu kako bi se to vozilo moglo registrirati.

7.1.2 Sudionici u sustavu tehničkog pregleda

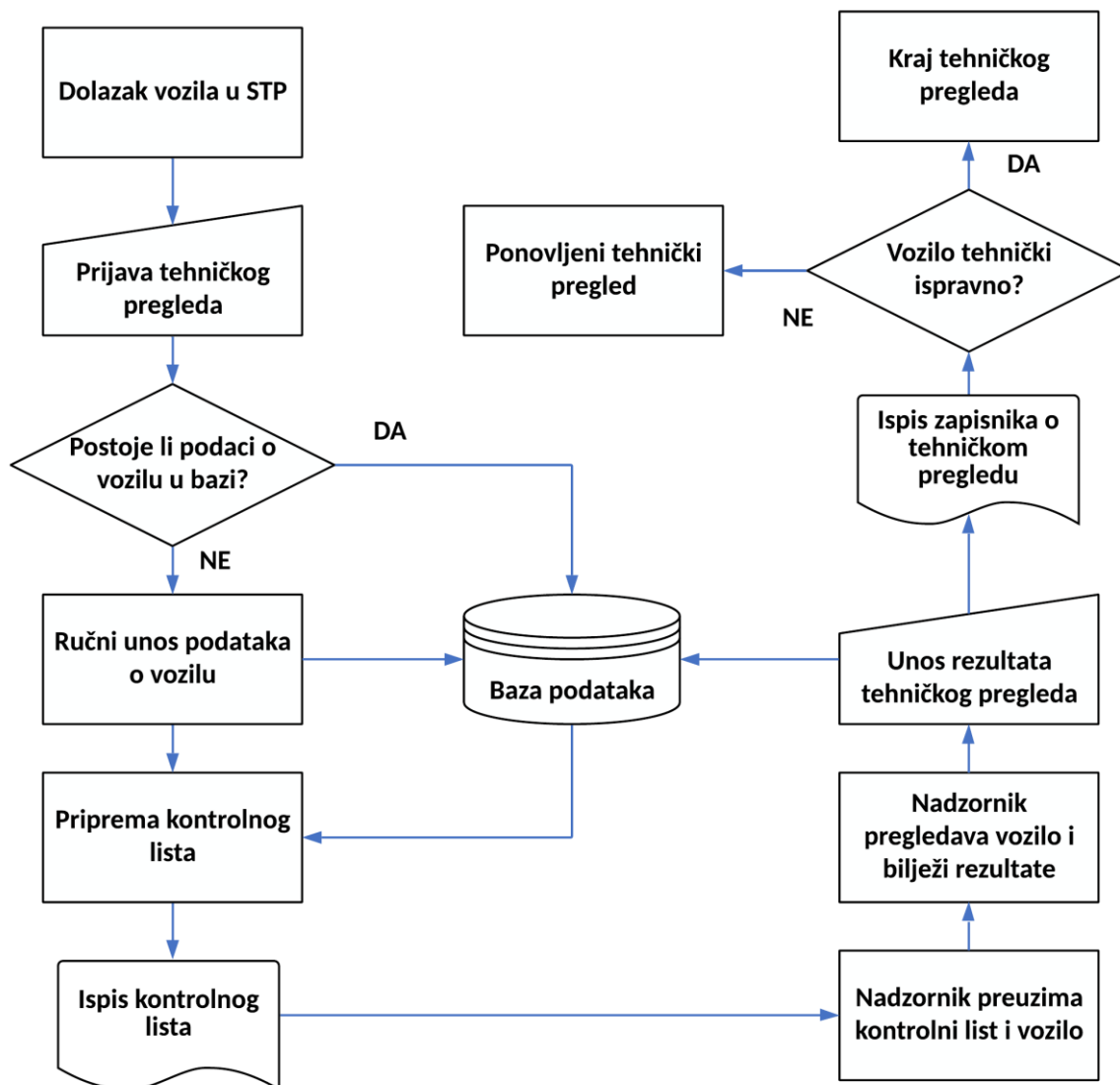
Tehničke preglede vozila i poslove oko registracije vozila obavljaju ovlaštteni djelatnici. Nadzornici tehničke ispravnosti vozila, uz preduvjet da posjeduju dopuštenje Ministarstva unutarnjih poslova (licencije) i važeće provjere stručnosti, ovlaštteni su obavljati tehničke preglede vozila svih kategorija. Referenti za poslove registracije također za obavljanje poslova registracije vozila i ostalih povezanih poslova moraju imati dopuštenje (licenciju) Ministarstva nadležnog za unutarnje poslove za obavljanje poslova registracije vozila te važeću provjeru stručnosti. Svi uvjeti za stjecanje navedenih dopuštenja propisani su zakonskom regulativom. Budući da je u ovom istraživanju naglasak na radu nadzornika, isti uvjeti i povezani propisi detaljnije će se navesti u poglavlju 7.3.

7.2 Proces tehničkog pregleda vozila

Temelj provođenju tehničkih pregleda vozila su propisi i upute navedeni u prethodnoj točki. Prolazak na tehničkom pregledu, odnosno potvrđena tehnička ispravnost vozila, jedan je od uvjeta za registraciju vozila ili za produženje važenja prometne dozvole. Stanice za tehnički pregled objekti su u kojima se provodi tehnički pregled vozila te koji moraju ispunjavati propisane uvjete kako bi se tehnički pregled provodio na pravilan način. Tijekom provođenja tehničkog pregleda vozila i ostalih vezanih poslova, unutar baze evidentiraju se različiti podaci: o vozilu, o vlasniku te o rezultatu tehničkog pregleda.

Slika 16. prikazuje tijek procesa tehničkog pregleda. Proces započinje dolaskom stranke u stanicu za tehnički pregled i prijavom za tehnički pregled. Zatim referenti za registraciju vozila zaprimaju i analiziraju zaprimljenu dokumentaciju te u informacijskom sustavu otvaraju novi predmet tehničkog pregleda. Ovisno o vrsti postupka koji slijedi nakon tehničkog pregleda, podaci o vozilu prethodno se upisuju ili se već postojeći podaci povlače iz baze podataka. Zatim se za vozilo ispisuje kontrolni list koji služi za ručno zapisivanje utvrđenih nedostataka po sklopovima. Također, na njemu se ispisuju podaci o vozilu koje je potrebno provjeriti u sklopu postupka tehničkog pregleda. Nakon prijave tehničkog pregleda, vozilo preuzima prvi slobodni nadzornik te započinje s tehničkim pregledom na tehnološkoj liniji. Redoslijed obavljanja tehničkog pregleda diktira raspored uređaja i opreme na tehnološkoj liniji, koji se razlikuje od stanice do stanice. Svaki utvrđeni nedostatak te rezultati pojedinih ispitivanja bilježe se na kontrolnom listu, te se uz njega prilažu i ispisi iz pojedinih uređaja. Nakon što je nadzornik

završio s tehničkim pregledom, dobivene rezultate i utvrđene neispravnosti unosi u informacijski sustav te stranci predaje zapisnik o tehničkom pregledu.



Slika 16. Tijek poslovnog procesa tehničkog pregleda [215]

U sklopu provođenja tehničkog pregleda vozila se raščlanjuju na definirane sklopove te ih se pregledava. Tablica 9. prikazuje 17 sklopova koji su se pregledavali prema Pravilniku o tehničkim pregledima vozila do kraja 2017. godine. Tablica 10. prikazuje 18 sklopova koji se sukladno aktualnom propisu provjeravaju od 2018. godine.

Ovisno o karakteristikama, konstrukciji i namjeni pojedinih vozila, neke od sklopova neće biti moguće pregledati na njima jer nisu njihov sastavni dio. Tako se, primjerice, za vozila M1

(osobni automobili) ne pregledava sklop pod brojem 16, te na vozilima u kojima nije ugrađena plinska instalacija nije moguće pregledavati sklop 17. Također, na vozilima na kojima nije ugrađen uređaj za spajanje vučnog i priključnog vozila (tzv. kuka) nije moguće pregledati sklop 13 itd.

Tablica 9. Prikaz sklopova koji su se pregledavali sukladno Pravilniku o tehničkim pregledima vozila (NN, broj 148/08 i 36/10)

Broj sklopa	Naziv sklopa
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

Tablica 10. Prikaz sklopova koji se pregledavaju sukladno Pravilniku o tehničkim pregledima vozila (NN, broj 16/18 i 63/19)

Broj sklopa	Naziv sklopa
0	Identifikacija vozila
1	Uređaj za upravljanje
2	Uređaj za kočenje
3	Uređaji za osvjetljavanje i svjetlosnu signalizaciju

4	Uređaji koji omogućuju normalnu vidljivost
5	Samonosiva karoserija, šasija i ostali dijelovi
6	Osovine, kotači, pneumatici i ovjes
7	Motor
8	Utjecaj na okoliš
9	Električni uređaji i instalacije
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	Dodatna ispitivanja za vozila kategorije M2 i M3
17	Plinska instalacija

Na temelju stanja i funkcionalnosti navedenih sklopova, donosi se odluka o ispravnosti vozila. Kako bi se u nastavku istraživanja bolje razumjeli podaci te njihova analiza, potrebno je razlučiti način utvrđivanja neispravnosti na sklopovima do 20. svibnja 2018. te nakon tog datuma.

Pravilnikom o tehničkim pregledima vozila iz 2008. godine, procjenjivala se neispravnost pojedinog uređaja na način je li to razlog za neprolazak na tehničkom pregledu – DA ili NE.

Stupanjem na snagu novog Pravilnika o tehničkim pregledima 2018. godine propisano je klasificiranje pronađenih neispravnosti (nedostataka) u tri kategorije:

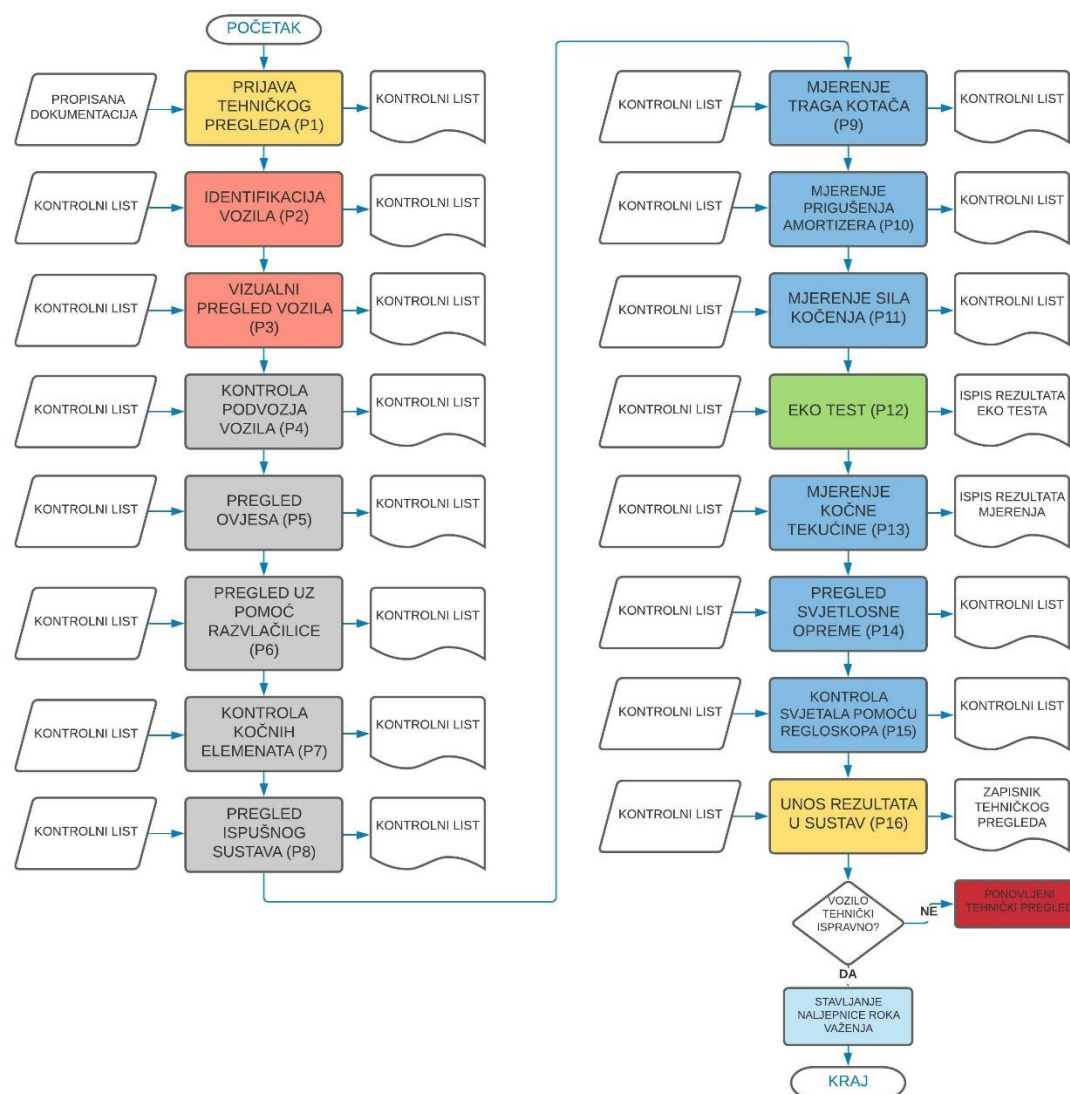
- **Manji nedostatak** – vozilo zadovoljava na tehničkom pregledu
- **Veći nedostatak** – vozilo ne zadovoljava na tehničkom pregledu
- **Opasan nedostatak** – vozilo ne zadovoljava na tehničkom pregledu te se isključuje iz prometa ako ne može sigurno prometovati na cesti.

Zbog izmjene propisa u promatranom razdoblju, razlikuju se detaljni prikazi procesa tehničkog pregleda za 2017. godinu te za period od 2018. godine. Sukladno navedenom, u nastavku se posebno prikazuju procesi čija je razlika ključna za usporedbu i testiranje modela u nastavku

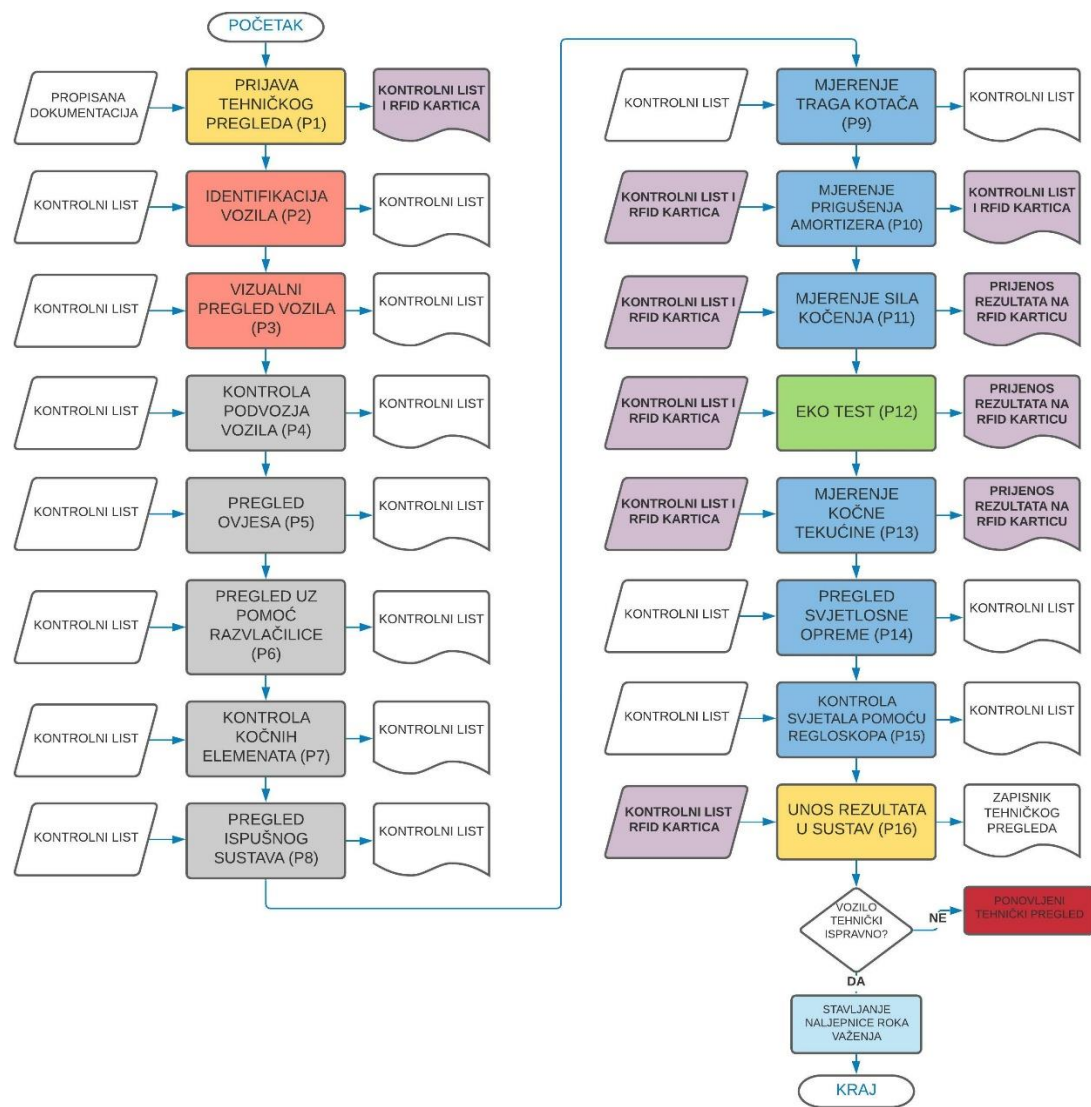
rada (Slika 17. i Slika 18.). Iako su aktivnosti koje se provode u sklopu procesa tehničkog pregleda jasno propisane i standardizirane, njihov raspored odvijanja nije jer ovisi o razmještaju uređaja i opreme na tehnološkoj liniji u sklopu stanice za tehnički pregled. Prema tome, slike u nastavku prikazuju tijek i raspored procesa u sklopu jedne stanice za tehnički pregled koja će poslužiti kao reprezentativni primjer u ovom istraživanju.

Temeljna je razlika u procesima tehničkog pregleda uspoređujući 2017. godinu i 2018. godinu (s naglaskom na period od 20. svibnja), osim u klasificiranju pronađenih nedostataka, u implementaciji digitalne tehnologije te u načinu prijenosa rezultata ispitivanja vozila u pojedinim dijelovima tehničkog pregleda. Postupci koji su se promijenili označeni su na Slici 18. ljubičastom bojom (*Kontrolni list i RFID kartica; Prijenos rezultata na RFID karticu*).

U nastavku poglavlja analizirat će se procesi primjenom metode vitkog upravljanja te će se detaljnije opisati proces implementacije digitalne RFID tehnologije, koja je jedna od ključnih tehnologija industrije 4.0.



Slika 17. Tijek procesa tehničkog pregleda vozila 2017. godine



Slika 18. Tijek procesa tehničkog pregleda vozila 2018. godine

7.3 Uvjeti i kvalifikacije nadzornika tehničke ispravnosti vozila

Nadzornici tehničke ispravnosti vozila ključan su dio sustava tehničkih pregleda. Obavljaju tehnički pregled vozila i ostale vezane poslove, ovisno o dobivenim ovlaštenjima. Uvjeti za izdavanje dopuštenja za provođenje tehničkog pregleda propisani su u Pravilniku o sadržaju, obliku i načinu izdavanja i oduzimanja dopuštenja (licencije) (NN, broj 132/17 i 60/19), međutim, preduvjet je da osoba vlada materijom i znanjima o tehnici motornih vozila. Ako je preduvjet ispunjen, osoba se dodatno usavršava stjecanjem znanja o postupku tehničkog pregleda, načinu utvrđivanja neispravnosti na dijelovima vozila te u konačnici dobiva dopuštenje za rad u sustavu tehničkog pregleda.

Kad analiziramo kvalifikaciju nadzornika tehničke ispravnosti vozila, utvrđena je raznolikost u pogledu stručne spreme i zanimanja. Zakonska regulativa propisuje da zahtjev za izdavanje dopuštenja za rad mogu podnijeti osobe koje su sljedećih zanimanja:

- zanimanje nadzornika tehničke ispravnosti
- zanimanje automehaničar ili autoelektričar s tri godine iskustva u održavanju motornih vozila ili
- završen najmanje preddiplomski sveučilišni studij ili stručni studij, u trajanju od tri godine, strojarskog ili prometnog smjera (cestovnog).

U skladu s time, struktura zaposlenih nadzornika u promatranom sustavu obuhvaća srednju, višu ili visoku stručnu spremu.

Osobe koje obavljaju nadzornički posao mogu biti na jednom od sljedeća tri radna mjesta:

- Nadzornik tehničke ispravnosti vozila
- Voditelj smjene STP-a ili
- Voditelj STP-a.

7.4 Kontrola rada i praćenje učinkovitosti rada nadzornika tehničke ispravnosti vozila

Upravni i inspekcijski nadzor nad radom stanica provodi Ministarstvo unutarnjih poslova. Stručni nadzor nad načinom rada stanica, a konkretno i nad radom nadzornika, provodi ovlaštena stručna organizacija (Hrvatski autoklub). Tijekom redovnih i izvanrednih obilazaka

stručnog nadzora, uz analizu statističkih pokazatelja rada, detaljnim pregledom baza podataka utvrđuju propuste i pogreške u radu te predlažu mjere.

Kako bi se rad nadzornika pratio i kontrolirao na prikladan način, potrebno je definirati što podrazumijeva učinkovit rad u tom djelokrugu rada. Konvencionalno se njihov rad prati statističkom analizom ključnih parametara koji su definirani zakonskom regulativom i stručnim uputama te višegodišnjim iskustvom.

Na taj se način utvrđuje razina kvalitete rada i učinkovitost. Međutim, kako bi se dobila široka slika koja razmatra sve perspektive rada, potrebno je razlučiti koji sve čimbenici utječu na rad. Tako će se utvrditi i što je konkretno učinkovit rad u promatranom procesu. Također, potrebno je utvrditi koje sve aktivnosti u procesu rada predstavljaju područja mogućih poboljšanja. U skladu s navedenim, razvijeni model omogućava definiranje svih ključnih čimbenika i njihovih utjecaja na učinkovitost rada nadzornika, a njegova primjena na konkretnom primjeru prikazat će se u nastavku.

7.5 Primjena modela praćenja učinkovitosti na primjeru rada nadzornika

U svrhu postizanja veće učinkovitosti i kvalitete radnih procesa, model je primijenjen u području ljudskih čimbenika, gdje je čovjek (nadzornik) ključan čimbenik prilikom donošenja odluke o tehničkoj ispravnosti vozila koje pregledava na tehničkom pregledu vozila. U skladu s time, očekivano je da će u procesu biti prisutna doza subjektivnosti i različitog pristupa radu, što ukazuje na radnu etiku. Činjenica je da kad se u pojedinim područjima oslanjamo na djelovanje ljudskog čimbenika, subjektivnost ne možemo u potpunosti eliminirati jer ona često može utjecati na odluku koja se temelji na iskustvu i koja je u konačnici ispravna. Međutim, cilj je ukazati na negativni aspekt subjektivnosti i loše radne etike te ponuditi prikladno rješenje. Kako bi se to ostvarilo, prvo se primjenjuje metoda vitkog upravljanja, koja omogućava detaljno analiziranje procesa i njegovih gubitaka, zatim se definiraju podaci koji utječu na rad te ih se, budući da se radi o velikoj količini podataka, obrađuje na adekvatan način. Zatim se implementira adekvatno tehnološko rješenje koje omogućava eliminiranje ili barem reduciranje utvrđenih gubitaka.

7.5.1 Analiza procesa od strane promatrača

U svrhu analize procesa primijenilo se aktivno istraživanje jer je u proces provođenja tehničkog pregleda uveden autor kao osoba istraživač koja inače ne sudjeluje u procesu koji se istraživao, kako bi se otklonila mogućnost pojave subjektivnosti i proces sagledao iz perspektive promatrača. Autor je prije svega trebao proučiti tijek odvijanja procesa, svu zakonsku regulativu i stručne upute kako bi stekao tehničko znanje o samom procesu. Aktivno istraživanje provodilo se u dvije stanice za tehnički pregled, no ona u kojoj je autor boravio dulje vrijeme uzeta je kao reprezentativni primjer stanice za tehnički pregled vezano uz raspored uređaja i opreme kako bi se primijenila metoda analize toka vrijednosti te metoda definiranja gubitaka.

7.5.1.1 Provedba VSA analize procesa iz perspektive promatrača

Metoda VSA analize primijenjena je kako bi se utvrdio broj i tipovi aktivnosti sukladno analizi izmjerenih vremena pojedinih aktivnosti. Promatrane aktivnosti podijeljene su na aktivnosti koje donose vrijednost (engl. *Value Added Activity* – VAA), aktivnosti koje ne donose vrijednost, ali su nužne (engl. *Non Value Added Activity* – NVAA) i aktivnosti koje su čisti gubitak (engl. *Waste Activity* – WA).

U tu su se svrhu svi dijelovi procesa prethodno prikazani na Slici 16. dalje razdvojili na pripadajuće aktivnosti (Tablica 11.), koje su zatim detaljno analizirane promatrajući vrijeme koje je potrebno za njihovo izvršavanje te kojoj vrsti aktivnosti pripada ovisno o njezinim karakteristikama (Tablica 12.). Detaljan opis pojedinih aktivnosti dan je u prilogu (Prilog 1).

Tablica 11. Prikaz potprocesa TP i pripadajućih aktivnosti

Oznaka potprocesa	Uključene aktivnosti
P1	-
P2	A1, A2 i A3
P3	A3
P4	A4, A5 i A6
P5	A6
P6	A7
P7	A8

P8	A9 i A10
P9	A10 i A11
P10	A12
P11	A13
P12	A14, A15, A16, A17 i A18
P13	A18 i A19
P14	A21
P15	A20
P16	A22, A23, A24 i A25

Tablica 12. VSA tijekom procesa tehničkog pregleda

Aktivnost	Trajanje aktivnosti	Vrsta aktivnosti
A1	0,5 min	NVAA
A2	0,5 min	NVAA
A3	2 min	VAA/WA
A4	0,5 min	NVAA
A5	0,5 min	NVAA
A6	2 min	VAA/WA
A7	1 min	VAA/WA
A8	1 min	VAA/WA
A9	0,5 min	VAA/WA
A10	0,5 min	NVAA
A11	1 min	VAA/WA
A12	1 min	VAA/WA
A13	3 min	VAA/WA
A14	0,5 min	NVAA
A15	5 min	VAA
A16	5 min	VAA/WA
A17	2 min	NVAA
A18	2 min	VAA/WA
A19	1 min	NVAA
A20	1 min	VAA/WA

A21	1 min	VAA
A22	1 min	NVAA
A23	0,5 min	NVAA
A24	5 min	VAA/WA
A25	1 min	VAA
	38 min	

Analizom gornjih tablica jasno je kako u procesu ne postoje aktivnosti koje su čisti gubitak. Razlog tome je činjenica da je proces tehničkog pregleda standardiziran na način da se točno zna od kojih se sve aktivnosti sastoji. Jedina razlika može biti u rasporedu uređaja na tehnološkoj liniji, gdje navedeno može biti izvor pojedinih gubitaka. Izgradnjom novih te rekonstrukcijom postojećih stanica, navedene gubitke koji nastaju zbog pogrešnog rasporeda uređaja na tehnološkoj liniji pokušava se svesti na najmanju moguću mjeru. Međutim, kod pojedinih aktivnosti (A3, A6, A7, A8, A9, A11, A12, A13, A16, A18, A20 i A24) ista može biti aktivnost koja donosi vrijednost, a u drugom trenutku može biti čisti gubitak ako dođe do loše radne etike i manipulacije prilikom provođenja tehničkog pregleda. Također, velika doza subjektivnosti može utjecati na loš rezultat te ujedno uzrokovati aktivnost koja predstavlja gubitak.

7.5.1.2 Definiranje gubitaka u radnom procesu nadzornika prema vitkom konceptu od strane promatrača

U skladu s prethodno provedenom analizom, jasno je u kojim područjima rada može doći do stvaranja gubitaka. No, cilj je utvrditi o kojim se gubicima potencijalno može raditi u procesu tehničkog pregleda. U nastavku je u Tablici 13. naveden tablični prikaz 16 tipova gubitaka koji su oblikovani u prethodnom 6. poglavlju, a čija bi prisutnost u pojedinim slučajevima mogla biti utvrđena u procesu tehničkog pregleda.

Tablica 13. Mogući gubici u radnom procesu nadzornika od strane promatrača

Gubitak	Moguća prisutnost u procesu TP	Opis
Prekomjeren rad	DA	Do prekomjernog rada može doći kada nadzornik obavlja puno veći broj aktivnosti nego što je to propisano normativom.
Loša organizacija	DA	Loša organizacija rada može dovesti do povećanja gužve i neusklađenosti između prijavljenih i obrađenih predmeta.
Čekanje	DA	Čekanje podrazumijeva besposlenost ljudi ili uređaja te do njega može doći ili zbog zastoja uslijed kvarova ili zbog prethodnog gubitka – loše organizacije.
Previsoka kvaliteta	DA	Prekomjerna detaljnost obuhvaća provođenje poslova na puno sporiji način od propisanog.
Nepotrebno kretanje	DA	Nepotrebni pokreti u smislu kretanja zaposlenika često su posljedica težeg pronalaženja potrebne opreme, nepotrebnih aktivnosti ili lošeg rasporeda uređaja.
Pogreške u radu	DA	Pogreške u radu obuhvaćaju pogrešno obavljene aktivnosti zbog kojih se moraju ponovno obavljati.
Neiskorišteni ljudski potencijal	DA	Gubitak može nastati ako nisu prepoznate predispozicije nadzornika za bolje radno mjesto ili ako je veća konkurencija. Međutim, navedeni gubitak je rijedak.
Okolišni ili energetski gubitak	DA	Okolišni ili energetski gubitak podrazumijeva pretjerano korištenje uređaja te štetno ispuštanje neželjenih supstancija u zrak, vodu ili zemlju.
Nejasna komunikacija	DA	Loš način interpretacije utvrđenih nedostataka ili informacija koje je potrebno pružiti stranci. Loša komunikacija između zaposlenika.

Nedostatak usmjerenosti na stranku	DA	Slično kao i prethodno navedeno, samo što se isključivo odnosi na komunikaciju sa strankom.
Otpor novitetima	DA	Loše prihvaćanje novosti u radnim procedurama vezanim uz postupak tehničkog pregleda i loše prihvaćanje primjene novih tehnoloških rješenja.
Raznolikost rada	DA	Obavljanje različite vrste poslova, od tehničkih pregleda do utvrđivanja sukladnosti i ispitivanja vozila.
Subjektivna procjena	DA	Loša strana subjektivne procjene može se utvrditi ako nadzornik pogrešno procijeni stanje pojedinih sklopova, gdje nema pomoći uređaja.
Zastarjelost opreme i procedura	DA	Pojedine stanice rade već duži period te zbog toga imaju starije uređaje i opremu. Novija oprema u svakom slučaju omogućava veću preciznost i utječe na bolju kvalitetu rada.
Gubitak prilika	DA	Loš odnos nadzornika prema strankama ili ostalim zaposlenicima može dovesti do gubitaka potencijalnih poslovnih prilika u smislu odustajanja stranaka od obavljanja tehničkog pregleda u toj stanici.
Loša radna etika	DA	Kršenje kodeksa ponašanja i manipulacija rezultatima tehničkog pregleda.

7.5.2 Analiza procesa od strane sudionika provedbom intervjua

Autor doktorskog rada [123] ističe problematiku manjka istraživanja u sklopu kojih istraživač izravno na licu mjesta utvrđuje problematiku područja koje istražuje. Jedan je od navedenih prikladnih tipova istraživanja i prikupljanja podataka provođenje intervjua, kao kvalitativno istraživanje koje omogućuje sudionikovu interpretaciju i razumijevanje procesa. Navedeno je važno za analizu procesa u istraživanju u području vitkog upravljanja. Usporedbom perspektive

sudionika i promatrača moguće je doći do objektivne slike o cjelokupnom procesu, što omogućava objektivnu analizu procesa te utvrđivanje postojećih gubitaka.

U skladu sa svim prethodno navedenim, provedeni su intervjui kako bi se što vjernije analizirao proces rada i definirali gubici u tom procesu od strane sudionika u procesu – zaposlenika koji obavljaju poslove iz nadzorničkog djelokruga. Navedeni intervju također je primijenjen u svrhu istraživanja prikazanog u radu [217] koji je bio dio istraživanja provedenog u sklopu doktorskog studija. U radu je usmjerenost bila na samu subjektivnost i tehnologiju rada nadzornika. Zaključeno je da su subjektivne procjene nužna ljudska aktivnost u procesu obavljanja tehničkog pregleda.

U nastavku je opisan način odabira ispitanika, prikazan je način provođenja intervjua te su navedena pitanja koja su bila uključena, a na kraju je prikazana analiza rezultata intervjua uz definiranje utvrđenih gubitaka u procesu od strane sudionika te su prikazani dobiveni zaključci.

7.5.2.1 Odabir ispitanika

Smisao provođenja intervjua bio je analizirati proces tehničkog pregleda od strane nadzornika, koji su ključan čimbenik tog procesa. U svrhu provođenja intervjua odabrani su zaposlenici iz dviju stanica za tehnički pregled. U provođenju intervjua ukupno je sudjelovalo 10 zaposlenika koji obavljaju nadzorničke poslove, po pet iz svake stanice. Dvije odabrane stanice najviše su se razlikovale u tome što je jedna već dulje razdoblje prije provođenja intervjua primjenjivala testni RFID sustav, dok je druga stanica isti sustav počela primjenjivati dva do tri tjedna prije, i to s prekidima. Zbog toga su nadzornicima postavljena pitanja vezana uz primjenu moderne tehnologije te u kojoj mjeri ona utječe na rad, kako bi se utvrdilo na koji način ta tehnologija utječe na procese ondje gdje se već primjenjuje te kako na nju gledaju zaposlenici koji je još ne primjenjuju u većem opsegu, ali su upoznati s njom i budućom svakodnevnom primjenom. U Tablici 14. u nastavku navedeni su opisi svih ispitanika koji su sudjelovali u intervjuima te su im pridružene oznake.

Tablica 14. Opis ispitanika koji su sudjelovali u provedbi intervjua

Rbr	Oznaka	Radno mjesto	Godine iskustva	Stručna sprema	Primjena RFID tehnologije
1	S1A	Voditelj smjene	23	SSS	Dulje razdoblje
2	S1B	Nadzornik	16	SSS	Dulje razdoblje
3	S1C	Nadzornik	4	SSS	Dulje razdoblje
4	S1D	Nadzornik	17	SSS	Dulje razdoblje
5	S1E	Voditelj smjene	11	SSS	Dulje razdoblje
6	S2A	Voditelj STP-a	14	VŠS	Dva do tri tjedna prije istraživanja
7	S2B	Nadzornik	17	VŠS	Dva do tri tjedna prije istraživanja
8	S2C	Nadzornik	12	SSS	Dva do tri tjedna prije istraživanja
9	S2D	Nadzornik	18	SSS	Dva do tri tjedna prije istraživanja
10	S2E	Nadzornik	12	SSS	Dva do tri tjedna prije istraživanja

Kao što je moguće utvrditi iz priložene Tablice 14., ispitanici se razlikuju ovisno o radnom mjestu te godinama iskustva. Usporedbom stručne sprema ne utvrđuju se velike razlike, osam je ispitanika srednje stručne sprema, dok su dva ispitanika više stručne sprema. Time je ostvarena prikladna reprezentativnost uzorka. Također, ukupan broj od 10 ispitanika bio je dovoljan kako bi se utvrdio obrazac ponavljanja određene problematike te iznijeli odgovarajući zaključci.

7.5.2.2 Provedba intervjua

Pitanja u intervjuu kreirana su na temelju autoričina osobnog iskustva tijekom rada u stanici za tehnički pregled. Podijeljena su u četiri osnovne grupe pitanja:

1 – najteži dijelovi tehničkog pregleda

- 2 – primjena tehnologije u postupku tehničkog pregleda
- 3 – subjektivne procjene pri donošenju odluke o tehničkoj ispravnosti vozila
- 4 – kvaliteta pri provođenju tehničkog pregleda.

Pitanja raspodijeljena po osnovnim grupama prikazana su u tablici u nastavku (Tablica 15.).

Tablica 15. Analiza pitanja iz intervjua

Grupa pitanja	Pitanje	Objašnjenje
1 Najteži dijelovi tehničkog pregleda		
1A	<i>Što smatrate da je općenito najteže procijeniti pri pregledu vozila?</i>	Cilj je doznati koji dio postupka tehničkog pregleda nadzorniku otežava donošenje odluke te često dovodi do nesigurnosti, a u konačnici i do pogreške u radu.
1B	<i>Koji biste dio pregleda izdvojili kao najteži?</i>	Ako se ispitanik nije fokusirao na tehnološki tijek tehničkog pregleda, ovim ga se pitanjem želi potaknuti na tu perspektivu.
1C	<i>Možete li navesti još neke dijelove pregleda kao teške?</i>	Želi se doznati koji su još dijelovi postupka tehničkog pregleda problematični, ako ih ispitanik nije sam detaljno nabrojio.
1D	<i>Koji sklopovi ili uređaji za vas predstavljaju najveći izazov?</i>	Pitanje je slično prethodno postavljenom, ali želi se doznati za koje je dijelove pregleda izazov doći do odluke o ispravnosti te koje ispitanik smatra izazovom jer su po njegovu mišljenju važni.
1E	<i>Na koji način vrsta i starost vozila utječu na prethodno?</i>	Cilj je utvrditi razmišljanje o navedenim čimbenicima te u kolikoj mjeri navedeno uočavaju u svakodnevnom poslu.
2 Primjena tehnologije u postupku tehničkog pregleda		
2A	<i>U kojem vam području tehnologija i standardizacija najviše pomažu na planu iznošenja procjena i u donošenju odluka u poslu?</i>	Kako bi se utvrdilo u kojem se dijelu ispitanici najviše oslanjaju na tehnologiju u smislu korištenja uređaja koji su im dostupni za rad.

2B	<i>Utječe li tehnologija na rad i donošenje odluka? Na koji način?</i>	Utvrditi u kojoj mjeri primjena novih i postojećih uređaja utječe na njihovu odluku.
2C	<i>Koliko vam je tehnologija unaprijedila rad?</i>	Utvrditi imaju li osjećaj da posao obavljaju na bolji način otkad imaju podršku u smislu uređaja.
2D	<i>Je li vam lakše sada ili je to bio slučaj prije?</i>	Pojedini ispitanici koji imaju višegodišnje iskustvo moći će utvrditi razliku.
2E	<i>Koji se dio tehničkog pregleda, po vašem mišljenju, najviše unaprijedio i na koji način?</i>	Također, ispitanici koji su prošli određene promjene unutar procesa moći će ukazati na dijelove procesa koji su se najviše unaprijedili.
2F	<i>U kojem biste dijelu posla htjeli više tehnologije u smislu da se odluke ne moraju zasnivati na vašim subjektivnim procjenama?</i>	Cilj je utvrditi u kojem dijelu procesa ispitanici uočavaju mogućnosti za primjenom dodatnih uređaja koji bi olakšali i unaprijedili rad.
2G	<i>Na koji bi se način, po vašem mišljenju, to moglo provesti?</i>	Pitanje se veže na prethodno, kako bi se doznalo na koji način oni imaju perspektivu primjene vlastitih ideja.
2H	<i>Što mislite, može li tehnologija biti samo sredstvo koje bi olakšalo procjenu ili sredstvo koje bi je moglo u potpunosti zamijeniti?</i>	Utvrditi u kojoj se mjeri ispitanici u potpunosti oslanjaju na tehnologiju te smatraju li da tehnologija može zamijeniti osobnu procjenu.
3 Subjektivne procjene pri donošenju odluke o tehničkoj ispravnosti vozila		
3A	<i>Koliko se često morate osloniti na svoje subjektivne prosudbe?</i>	Uolikoj se mjeri ispitanici prilikom provođenja tehničkog pregleda oslanjaju na subjektivne procjene.
3B	<i>Kako definirate probleme u obavljanju posla i kako ih rješavate?</i>	Što za ispitanike predstavlja problem u provođenju tehničkog pregleda i na koji ga način rješavaju.

3C	<i>U kojim vam se konkretnim situacijama čini da se ne možete osloniti na zadane parametre?</i>	Utvrđiti u kojim dijelovima pregleda dolazi do razilaženja osobne procjene i vrijednosti koje pokazuju uređaji. Odnosno, u kojim ih situacijama uređaji zbunjuju.
3D	<i>Kako rješavate situacije u kojima se ono što pokazuju parametri ne poklapa s vlastitim subjektivnim procjenama?</i>	Vezano na prethodno pitanje, cilj je utvrditi kako rješavaju situacije kad se osobna procjena ne poklapa s vrijednostima koje pokazuju uređaji.
3E	<i>Oslanjate li se pritom na vlastito iskustvo?</i>	Također, u kojoj mjeri iskustvo pomaže prilikom rješavanja problematičnih situacija.
3F	<i>Opišite na koji se način to odvija.</i>	Cilj je utvrditi kako primjenjuju iskustvo prilikom rješavanja problema u radu.
3G	<i>Kako bi se taj problem mogao riješiti prilikom davanja uputa za rad?</i>	Kako bi se doznalo kako ispitanici promatraju trenutne upute za rad te pomažu li im prilikom rješavanja problematičnih situacija.
3H	<i>Postoje li neke već poznate strategije da se u takvim situacijama tehnologija zaobiđe?</i>	Utvrđiti postoji li način rješavanja problema zaobilaznjem rezultata koji budu iskazani pomoću uređaja. Pitanje može ukazati na potencijalnu manipulaciju u radu.
3I	<i>Koji bi dio pregleda bio izvor najveće subjektivnosti pri utvrđivanju ispravnosti?</i>	Po mišljenju ispitanika, u kojem dijelu tehničkog pregleda uočavaju najveću dozu vlastite subjektivnosti pri procjeni ispravnosti.
3J	<i>Na koje se uređaje i sklopove to odnosi?</i>	Vezano na prethodno pitanje, ako ispitanici ne spomenu o kojim se dijelovima vozila radi.
3K	<i>Kako promatrate proces procjene ispravnosti vozila kad uzmete u obzir svoj utjecaj na rezultate?</i>	U kojoj mjeri ispitanici smatraju da svojim odlukama i procjenama utječu na rezultate tehničkog pregleda.
4 Kvaliteta pri provođenju tehničkog pregleda		

4A	<i>Što smatrate kvalitetno obavljenim poslom?</i>	Kako bi se razumjelo što je za ispitanike kvalitetno odrađen tehnički pregled i kvaliteta rada.
4B	<i>Gdje to najviše dolazi do izražaja?</i>	Utvrđiti u kojim segmentima rada kvalitetan rad dolazi do izražaja.
4C	<i>Na temelju čega i kako procjenjujete koliko je vremena i pažnje potrebno posvetiti pojedinom vozilu?</i>	Kako bi se doznalo kako ispitanici određuju koliko će provoditi tehnički pregled na određenom vozilu, odnosno koliko će vremena posvetiti određenom dijelu tehničkog pregleda.
4D	<i>Utječe li iščitavanje podataka s uređaja na kvalitetu rada? Naglasak je na raznolikosti uređaja (analogni/digitalni).</i>	Cilj je utvrditi postoje li iz perspektive ispitanika razlike u primjeni analognih i digitalnih uređaja te koliko koji utječu na preciznost, a samim time i na kvalitetu obavljenog tehničkog pregleda.
4E	<i>Na koji način učite kako riješiti najteže dijelove procedure?</i>	Utvrđiti kako ispitanici obavljaju najteže dijelove tehničkog pregleda.
4F	<i>Na čemu se zasniva predodžba o kvalitetno odrađenom poslu kad je riječ o subjektivnim prosudbama?</i>	Na koji način dovode u vezu kvalitetno obavljen posao i činjenicu da su pojedine odluke donesene subjektivnom procjenom.
4G	<i>U kojoj mjeri osjećate nesigurnost u pogledu kvalitete obavljenog posla kada donesete subjektivnu odluku?</i>	Utvrđiti postoji li doza nesigurnosti prilikom provođenja tehničkog pregleda te smatraju li da navedeno narušava kvalitetu posla.
4H	<i>Mislite li da u poslu ima prostora za poboljšanje kvalitete?</i>	Ističu li ispitanici u kojim bi se područjima procesa tehničkog pregleda proces mogao unaprijediti te tako poboljšati kvalitetu.
4I	<i>U kojim dijelovima posla?</i>	Vezano na prethodno pitanje, ako ispitanici ne spomenu na koje se dijelove posla to odnosi.

4J	<i>Smatrate li da bi više kvalitete značilo i više posla?</i>	Doznati smatraju li ispitanici da bi se proces tehničkog pregleda usporio kad bi povećali kvalitetu, te da bi sam posao dulje trajao ili bi ga bilo puno više.
4K	<i>Koliko, s obzirom na svoj radni staž, možete uspoređivati načine na koje se radilo prije?</i>	Pitanje je mjerodavno za ispitanike koji imaju više godina iskustva. Cilj je utvrditi i usporediti kvalitetu obavljanja posla prijašnjih godina i sada.
4L	<i>Što mislite, koje vam vještine i znanja trebaju da i dalje možete kvalitetno obavljati svoj posao?</i>	Utvrditi koje su još vještine potrebne ispitanicima kako bi svoj posao obavljali što kvalitetnije.
4M	<i>Na koji način raznolikost poslovnih aktivnosti utječe na kvalitetu rada?</i>	Pitanje je proizišlo iz odgovora jednog od ispitanika i cilj je utvrditi utječe li raznovrsnost poslova i njihovo često mijenjanje na sveukupnu kvalitetu.
4N	<i>Na koji način komunikacija sa strankama utječe na kvalitetu rada?</i>	Pitanje je također proizišlo iz odgovora nekoliko ispitanika, te je ideja utvrditi koliko komunikacija i odnos stranaka prema ispitanicima utječe na obavljanje njihova posla i na samu kvalitetu.

Tijekom provođenja intervjua, pogotovo kod prvih nekoliko ispitanika, proizišle su pojedine teme kojima je završna verzija pitanja nadopunjena, a koje na samom početku nisu bile razrađene. Zbog toga nekoliko ispitanika možda nije odgovorilo na sva prikazana pitanja, te također za pojedine ispitanike na temelju prethodnog odgovora nije bilo potrebe za postavljanjem svih navedenih pitanja.

7.5.2.3 Analiza intervjua

Nakon što intervjui provedeni, analizirani su u nekoliko koraka. Svih deset intervjua snimljeno je, uz ručno bilježenje ključnih odgovora. U samom početku takav način bilježenja pomogao je definirati dodatna područja na koja je potrebno usmjeriti pažnju, pa su se prethodno definirana

pitanja nadopunila. Budući da su se svi intervjui snimali, prvi korak analize obuhvaćao je njihovo preslušavanje i transkripciju. U drugom koraku svaki se intervju ponovno preslušavao kako bi se iznijeli zajednički zaključci. U trećem se koraku na temelju dobivenih zaključaka rekonstruirala analiza procesa iz perspektive ispitanika te su se definirali utvrđeni gubici unutar procesa.

U nastavku su dobiveni zaključci prikazani zasebno po osnovnim grupama pitanja, u svakom poglavlju posebno. Zaključci su temeljeni na većini odgovora ispitanika, no pojedinačni odgovori koji nisu u skladu s odgovorima većine također su posebno navedeni.

7.5.2.3.1 Najteži dijelovi tehničkog pregleda

Cilj je ove grupe pitanja bio utvrditi u kojim dijelovima tehničkog pregleda ispitanici imaju najviše problema i dvojbi prilikom donošenja odluke o tehničkoj ispravnosti vozila, što su ujedno i kritična područja samog procesa. Većina ispitanika složila se u svojim odgovorima te se takvi dijelovi prvenstveno odnose na one dijelove procesa gdje im nije dana pomoć u smislu primjene uređaja, odnosno gdje moraju donositi subjektivne procjene. Najčešće su spomenuti dijelovi obuhvaćali elemente podvozja vozila (kočne pločice, zračnost u zglobovima ovjesa, gumene elemente, amortizere), pneumatike i koroziju jer je često teško odrediti stupanj. Osim činjenice da se odluka o procjeni stanja u velikoj mjeri temelji na subjektivnoj procjeni, nekoliko ispitanika ukazalo je na tešku dostupnost navedenih dijelova na novim vozilima zbog velike količine zaštitne plastike. Neki ispitanici ukazali su i na probleme prilikom usvajanja novih tehnologija u radu, jer njihova početna implementacija dovodi do blokiranja sustava te potrebe za ponavljanjem postupka.

Što se tiče najvećih izazova pri provođenju pregleda, ispitanici su se složili da se navedeno odnosi na sustave za upravljanje i kočenje jer su ključni za sigurnost vozila, te su dvojici ispitanika izazov svi dijelovi, zbog istog razloga.

Međutim, iako je pitanje prvenstveno bilo namijenjeno utvrđivanju tehnoloških poteškoća pri provođenju tehničkog pregleda, jedan je ispitanik na pitanje odgovorio da mu nijedan dio pregleda ne predstavlja problem jer je educiran za navedeni posao, nego da mu je najteži problem komunikacija sa strankama.

Zadnje pitanje u ovoj grupi pitanja odnosilo se na percepciju ispitanika u kojoj mjeri smatraju da starost vozila utječe na probleme i poteškoće pri obavljanju tehničkog pregleda i donošenja odluke o tehničkoj ispravnosti vozila. Ispitanici smatraju da starost vozila zasigurno utječe na tehničko stanje vozila jer s godinama dolazi do većeg zamora materijala. Međutim, smatraju da

starost vozila, po njihovu iskustvu, nije uvijek presudna i da se nekada previše generalizira, te da veći utjecaj imaju održavanje vozila te način vožnje i učestalost vožnje tih vozila.

7.5.2.3.2 Primjena tehnologije u postupku tehničkog pregleda

Definiranjem ove grupe pitanja cilj je bio analizirati na koji način primjena tehnologije utječe na rad ispitanika i donošenje adekvatnih odluka, te smatraju li ispitanici da bi se još tehnologije i uređaja moglo implementirati u preostalim dijelovima procesa. Ispitanici su većinom odgovorili da je za većinu dijelova tehničkog pregleda nemoguće donijeti odluku bez korištenja uređaja te da je tehnologija u velikoj mjeri ubrzala i pojednostavnila procese. Zbog toga je smanjen subjektivan dojam i pojednostavnila se komunikacija sa strankama. Tehnologija im najviše pomaže kod provjere kočnog sustava i eko testa, te također omogućava da se neki dijelovi bolje pregledaju. Smatraju da su svi uređaji redovito kontrolirani i umjeravani, te se zbog toga u velikoj mjeri oslanjaju na njih. Jedan je ispitanik naglasio da ga tehnologija štiti pred kontrolama jer za pojedine dijelove procesa nema bilježenja vrijednosti rukom, te je samim time vjerojatnost pogreške smanjena na najmanju moguću mjeru. Međutim, većina je naglasila da tehnologija u globalu poboljšava rad, no u nekim slučajevima može sputavati i usporiti procese. Tu se prvenstveno misli na početak implementacije novih tehnologija. No, prednosti su puno veće od tih privremenih nedostataka.

Većina ispitanika smatra da se najviše unaprijedio dio vezan uz pregledavanje kočnog sustava i eko test, gdje se i primjenjuje RFID tehnologija, jer je praktički nemoguće pogriješiti. Iako u navedenim slučajevima tehnologija može olakšati odluku, mišljenja su da je ne može u potpunosti zamijeniti, pogotovo u dijelovima pregleda gdje prevladava subjektivna procjena. Prema tome, smatraju da zasad implementirana tehnologija pokriva sva područja i da u ostalima mora ostati ljudska perspektiva jer ne postoji uređaj koji bi mogao samostalno procijeniti stanje ovjesa i kompletno podvozje vozila te procijeniti vrstu i opseg korozije. S druge strane, nekoliko ispitanika spomenulo je mogućnost kreiranja uređaja za mjerenje zračnosti ovjesa ili uređaja za ispitivanje dubine korozije, te su napomenuli kako su u Japanu na tehnološkoj liniji regloskopi potpuno automatizirani.

7.5.2.3.3 Subjektivne procjene pri donošenju odluke o tehničkoj ispravnosti

Odgovaranjem na ovu grupu pitanja ispitanici su utvrdili na koji način i koliko se često moraju osloniti na svoje subjektivne prosudbe. Također, definirali su probleme u poslu i izvore najveće subjektivnosti, te na koji način rješavaju dvojbe prilikom donošenja odluke. Osim toga,

odgovorili su na pitanja koliko se često oslanjaju na vlastito iskustvo te na koji način promatraju proces i svoj utjecaj na rezultate.

Oko problema u poslu ispitanici su podijeljeni. Dio smatra da problema u poslu nema jer se točno zna što je ispravno, a što nije, te da ih uređaji ne zbunjuju jer se umjeravaju i kontroliraju. Također, navode da se sumnje većinom potvrde. Drugi dio ispitanika probleme u poslu percipira u pogledu kad je početno mišljenje jedno, a uređaji kažu drugo. Jedan ispitanik dao je primjer provođenja eko testa kad u početku misli da je miris jak te da vozilo neće proći eko test, a dobivena vrijednost bude dobra. No, takve probleme većina rješava iskustveno ili uz konzultacije s kolegom, te se u slučaju razlike u subjektivnoj procjeni i izračunu uređaja svi priklanjaju uređajima jer su ispravni i mjerodavni. Osim toga, svi su se složili da su upute za rad jasne i konkretne, iako ih ima puno pa se u određenom trenutku teško snalaze. Jedan je ispitanik napomenuo da stalno dolaze neke novosti, no smatra da je jednako tako i u svijetu te da treba ići ukorak s vremenom.

Većina ispitanika navodi da iskustvo jako pomaže u poslu te da bez njega ne bi mogli kvalitetno raditi, a najviše dolazi do izražaja tamo gdje ne postoji tehnologija kao podrška. Pojedini ispitanici koji nemaju puno godina iskustva napominju kako se u tim slučajevima pouzdaju u konzultacije s kolegama i u njihovo iskustvo. Jedan je ispitanik naveo da u slučaju granične procjene iskustvo ima utjecaj na rezultate.

U principu svi smatraju da je veliki utjecaj na rezultate primjetan pri procjeni dijelova za koje se donosi subjektivna procjena. Većina izvor najveće subjektivnosti pronalazi pri procjeni dijelova ovjesa, kočnih elemenata, izgleda vozila, unutrašnjosti vozila koje se odnosi na staklene površine, pojaseva, opreme, zatim korozije, čitkosti broja šasijske i stanja pneumatika. Navode da čim ima dijelova subjektivne procjene, tada ima i utjecaja jer nadzornik je taj koji procjenjuje. Međutim, cilj je biti objektivan, dosljedan, konkretan i držati se svih propisanih pravila. Tada utjecaj nije velik.

7.5.2.3.4 Kvaliteta pri provođenju tehničkog pregleda

Cilj je ove grupe pitanja bio utvrditi što je za ispitanike kvalitetno obavljen posao te koji sve faktori utječu na kvalitetu. Također, u kojem segmentu, po njihovu mišljenju, ima prostora za poboljšanje kvalitete. Provođenjem intervjua u ovoj grupi pitanja došlo je do oblikovanja dviju tema, vezanih uz raznolikost posla i utjecaj na kvalitetu, te na komunikaciju sa strankama i utjecaj na kvalitetu.

Kvalitetno obavljen posao za ispitanike uključuje obavljen tehnički pregled u skladu s propisanim uputama na način da se vozilo detaljno i savjesno pregleda bez ikakvih pritisaka.

Osim toga, dio ispitanika smatra kvalitetno obavljenim poslom kad je stranka zadovoljna bez obzira na rezultat tehničkog pregleda te kad vladaju korektni međuljudski odnosi.

Svi ispitanici slažu se da je vrijeme koje je potrebno posvetiti pregledu vozila u skladu s uputama, a većinom 25-30 minuta. Međutim, ispitanici tu uzimaju u obzir stanje vozila, starost, održavanje vozila i prijeđene kilometre. Također, jedan ispitanik napominje kako su u tome bitne i godine staža nadzornika te njegovo iskustvo.

Većina ispitanika smatra da njihova vlastita nesigurnost ne narušava kvalitetu posla pri donošenju subjektivnih procjena jer za sve bitne stvari u principu nema dvojbe. Iako je nekada teško biti siguran u svoju odluku kad se taj dan pregleda 20-ak vozila, ako i postoji nesigurnost, tada se obavljaju konzultacije s kolegama. No, takve situacije nisu česte.

Vezano uz mogući prostor za poboljšanje kvalitete, ispitanici se razlikuju u svojim odgovorima. Nekoliko ispitanika smatra da uvijek ima prostora za poboljšanje, ali da je, objektivno promatrajući, sustav odlično razvijen, uz puno ulaganja u edukaciju i tehnologiju. Neki od njih smatraju da je jedini problem kvalitete subjektivna procjena, ali ona uvelike ovisi o pristupu radu. Jedan je ispitanik zaključio da bi za povećanje kvalitete vrlo korisne bile i veće kontrole zaposlenika. Od ostalih mogućnosti za povećanje kvalitete ispitanici su naveli implementaciju još više tehnologije, više educiranja nadzornika, da budu savjesniji, te veći naglasak na obazrivu komunikaciju sa strankama.

Većina ispitanika koja je bila relevantna za usporedbu navodi da je u odnosu na ranije razdoblje danas puno strože i detaljnije, što je uvelike utjecalo na povećanje kvalitete sustava tehničkog pregleda.

Vezano uz potrebne vještine i znanja koji bi bili potrebni za povećanje kvalitete rada, ispitanici se slažu da nema nekih dodatnih potreba. Često se polažu ispiti, provode se edukacije i seminari, tako da su svi zaposlenici konstantno u tijeku. Jedan je ispitanik naveo kako ne bi bilo loše ponovno organizirati edukacije vezano uz komunikacijske vještine, koje su često bitne u odnosu sa strankama i među zaposlenicima.

Jedna od tema koju su ispitanici sami otvorili bila je utjecaj raznolikosti posla na kvalitetu. U odgovorima su ispitanici podijeljeni. Dok nekoliko ispitanika smatra da je teško biti kvalitetan kad je u pitanju veća raznolikost poslova, te da istodobni poziv, upit stranke i obrada predmeta znaju uzrokovati napor i stres, ostali ispitanici navode da je sve to uhodani posao. Problem uočavaju jedino u skakanju s posla na posao, a da se prethodni ne odradi do kraja, no naglašavaju da je sve stvar organizacije posla. Smatraju da je to svakodnevica koja je u opisu posla te da su svi educirani za to. Čak naprotiv, nekima od njih veći problem zna stvoriti monotonija, kad nema veće raznovrsnosti.

Druga tema na koju su pojedini ispitanici ukazali vezana je uz komunikaciju i njezin utjecaj na kvalitetu rada. Većina ispitanika ne vidi problem u tom dijelu jer su rijetke stranke nekulturne i bez razumijevanja za ishod tehničkog pregleda. Međutim, napominju da stalna prisutnost stranke i konstantna ispitivanja prilikom obavljanja tehničkog pregleda mogu utjecati na kvalitetu pregleda jer se nadzornik ne može u potpunosti koncentrirati na vozilo.

7.5.2.4 Definiranje gubitaka u radnom procesu nadzornika iz perspektive sudionika

Provedbom i analizom intervjua deset zaposlenika stanica za tehnički pregled koji obavljaju nadzorničke poslove, bilo je moguće iznijeti zaključke koji su navedeni zasebno u prethodnim poglavljima ovisno o grupi i temi pitanja. Daljnjom analizom objedinjenih zaključaka moguće je utvrditi gubitke u procesu tehničkog pregleda na koje su ispitanici ukazali odgovarajući na pitanja. Također, zaključci su omogućili utvrđivanje učinkovitog rada te koje je parametre potrebno uzeti u obzir.

U trećem poglavlju ovog doktorskog rada detaljno je analizirana metoda vitkog upravljanja. Između ostaloga, naglasak je stavljen na definiciju gubitaka u sklopu vitke terminologije. Analizom adekvatnih znanstvenih istraživanja, utvrđeno je da znanstvenici razlikuju devet gubitaka vitkog upravljanja (prekomjerna proizvodnja, prekomjerna obrada, škart, zalihe, transport, čekanje, nepotrebna kretanja, neadekvatno korištenje potencijala zaposlenika i okolišni gubitak). U Tablici 7., u poglavlju 6.4.2, kod oblikovanja modela predložena je metoda utvrđivanja gubitaka u neproizvodnim djelatnostima s obzirom na rad ljudskog čimbenika.

U nastavku su u Tablici 16. navedeni utvrđeni gubici u postupku obavljanja tehničkog pregleda koji su proizašli iz odgovora ispitanika po prethodno definiranim grupama pitanja. Utvrđeni gubici promatrani su u aspektu djelovanja ljudskog čimbenika, koji je temelj provođenja postupka tehničkog pregleda. Nadzornici donose ključne odluke o ispravnosti vozila koje pregledavaju na tehničkom pregledu te su stoga ključan čimbenik procesa.

Tablica 16. Utvrđeni gubici u radnom procesu nadzornika iz njihove perspektive

Redni broj	Gubitak	Opis
1	Subjektivna procjena	U područjima rada u kojima nema pomoći tehnologije subjektivna procjena može dovesti do pogrešno utvrđenog stanja pojedinih sklopova.
2	Uvođenje novina	Iako uvođenje novina u procese u proceduralnom smislu i u smislu nove tehnologije dovodi do poboljšanja procesa, početno razdoblje implementacije često uključuje zastoje u radu i ponavljanje određenih radnji.
3	Loša komunikacija	Loša komunikacija sa strankama i među zaposlenicima narušava procese i kvalitetu rada.
4	Nesklad vlastite procjene i rezultata na uređajima	Razilaženje između vlastite procjene zaposlenika i vrijednosti koje prikazuju uređaji može dovesti do zbunjujućih situacija i usporavanja procesa.
5	Neadekvatne upute za rad	Loše definirane upute za rad i nepokrivenost svih područja rada dovodi do zastoja u radu i nesigurnosti prilikom donošenja odluka.
6	Raznovrsnost posla / monotonija	Raznovrsnost posla i monotonija dvije su dijametralno suprotne pojave koje u svojim ekstremima mogu utjecati na kvalitetu obavljenog posla.
7	Loša organizacija rada	Loša organizacija rada u velikoj mjeri može narušiti proces i smanjiti njegovu kvalitetu.
8	Zastarjela tehnologija	Zastarjeli uređaji utječu na preciznost podataka i kvalitetu procesa donošenja

		odluka koje se temelje na navedenim podacima.
--	--	---

7.5.3 Definiranje podataka relevantnih za praćenje rada nadzornika te njegove učinkovitosti

Kako bi se što preciznije oblikovao model koji ukazuje na radnu učinkovitost nadzornika, potrebno je razmotriti koje je sve podatke moguće uključiti u analizu. Dva ključna segmenta koja imaju utjecaj na učinkovitost, a koji su se iskristalizirali analizirajući objavljene radove u tom području i analizom intervjua, jesu:

- Predispozicije za rad te
- Način rada i pristup radu.

U nastavku su detaljno prikazani i obrazloženi gore navedeni segmenti koji u modelu strukturalnog modeliranja predstavljaju faktore, odnosno parametre koje nije moguće izravno mjeriti. Također, navedeni su i parametri koji se pohranjuju unutar baza podataka te koje je moguće mjeriti, a tijekom godina rada su se iskristalizirali kao podaci koje je potrebno pratiti prilikom donošenja odluka o radnoj učinkovitosti nadzornika.

7.5.3.1 Podaci o kvalifikacijama i predispozicijama nadzornika

Predispozicije za rad kao faktor predstavljaju samog nadzornika kao jedinku, odnosno sve mogućnosti i kvalifikacije koje ima i koje je prethodno stekao. Takvi podaci većinom obuhvaćaju podatke koji se evidentiraju u kadrovskim programima, odnosno, godinu starosti, stručnu spremu i godine staža. Također, uključeni su podaci o broju dana bolovanja, koji ukazuju na zdravstvene mogućnosti.

7.5.3.2 Podaci o načinu rada nadzornika i njegovu pristupu radu

Podaci o načinu rada nadzornika i njegovu pristupu radu također se većinom pohranjuju u kadrovskim programima, a odnose se na broj upozorenja na rad, broj destimulacija i broj stimulacija. Također, uključuju i broj prigovora na rad i pohvala koje mogu podnijeti stranke. Osim toga, uključeni su i podaci o broju pogrešaka utvrđenih prilikom redovnih i izvanrednih

obilazaka stručnog nadzora te broj rješenja izdanih od MUP-a o oduzimanju licencijske. Navedeni podaci također se evidentiraju te služe kao indikatori u svrhu praćenja rada.

7.5.3.3 Podaci o učinkovitom radu nadzornika

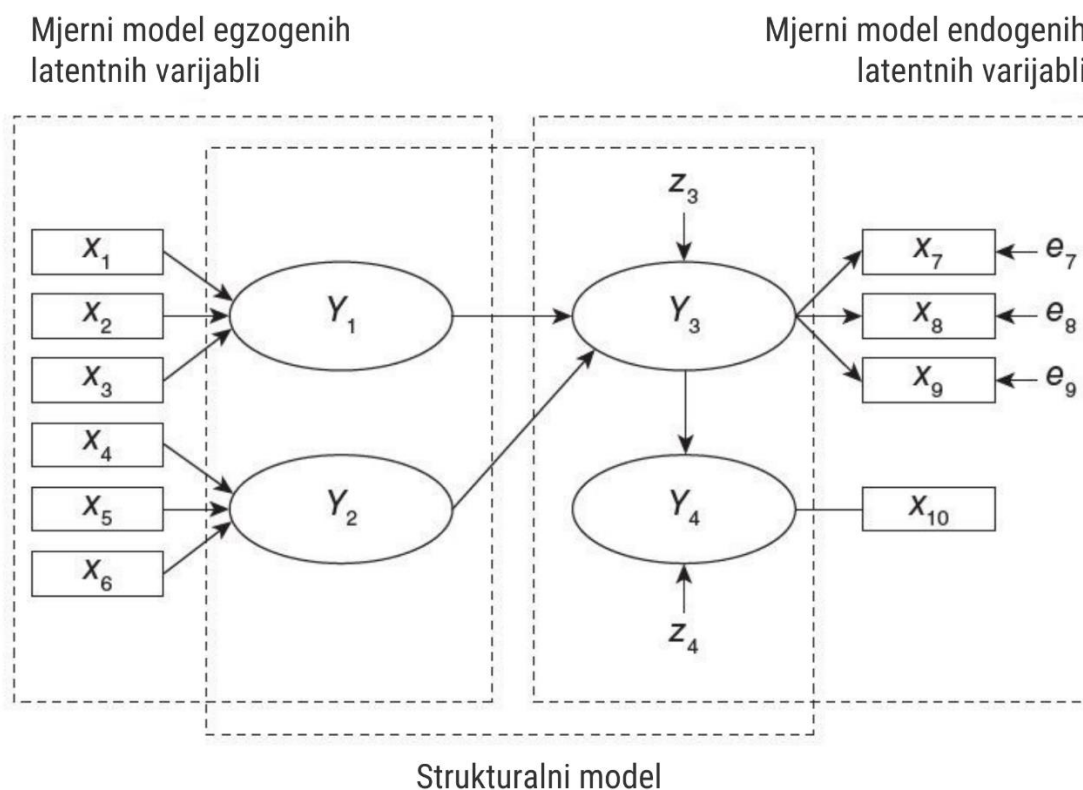
Kvaliteta i kvantiteta rada nadzornika prikazuju se parametrima koji se iskustveno prate prilikom analize rada, a ukazuju na učinkovitost rada nadzornika. Takvi podaci prvenstveno uključuju postotak neispravnih vozila u odnosu na ukupan broj pregledanih vozila, prosječnu godinu starosti pregledanih vozila i broj ukupnih obavljenih radnji iskazanih OA normativima na način da su sve radnje svedene na tehnički pregled osobnog automobila (OA). OA normativ predstavlja potrebno radno vrijeme za obavljanje općeg dijela redovnog tehničkog pregleda jednog osobnog automobila (bez eko testa) i služi kao jedinstveno mjerilo za usporedbu različitih vrsta usluga koje se obavljaju u STP-u, u jednakim jedinicama mjere. Općenita je primjena u svrhu planiranja radnih kapaciteta i organizacije rada te se izračunava na razini stanice, no u ovom je radu OA normativ izračunat za svakog nadzornika posebno kako bi se utvrdila njegova opterećenost.

Zatim, podaci uključuju i prosječno trajanje tehničkog pregleda, broj pregleda vozila kod kojih je isti obavljen kraće od 20 minuta te broj vozila kod kojih je utvrđena neispravnost uklonjena u roku od 5, 30 i 60 minuta. Trajanje tehničkog pregleda podrazumijeva vrijeme koje započinje prijavom tehničkog pregleda, a završava unosom rezultata u informacijski sustav. Podaci koji se odnose na broj vozila kod kojih je utvrđena neispravnost na tehničkom pregledu otklonjena u roku od 5, 30 ili 60 minuta ukazuju na to koliko vozila je u navedenim promatranim periodima proglašeno ispravno na ponovljenom tehničkom pregledu. Prikazuju se za svakog nadzornika posebno jer velike vrijednosti (posebno u vremenskim periodima od 5 i 30 minuta) mogu ukazati na potencijalnu manipulaciju rezultatima tehničkog pregleda. Navedeni podaci prate se za svakog nadzornika kako bi se utvrdile pojedine anomalije u odnosu na ostale nadzornike i prosječne vrijednosti te su temelj radne učinkovitosti nadzornika.

7.5.4 PLS-SEM metoda [213]

PLS-SEM je alternativa modeliranju strukturalnih jednadžbi (strukturalnom modeliranju) koje se temelji na kovarijanci (CB-SEM). Omogućuje zajedničku analizu mjernog i strukturalnog

modela od kojih se sastoji (Slika 19.). Prikazuje se modelom putanje te razlikuje dva tipa varijabli – latentne i manifestne.



Slika 19. Jednostavni prikaz modela putanje [213]

Latentne varijable (faktori, konstrukti: Y_1 , Y_2 , Y_3 i Y_4) prikazuju se elipsama te nisu izravno mjerljive, a manifestne varijable (indikatori: x_1 , x_2 , ..., x_{10}) prikazuju se pravokutnicima i moguće ih je izravno mjeriti.

Mjerenje latentnih varijabli može se definirati reflektivno ili formativno. Kod reflektivnog mjerenja strelice su usmjerene od latentnih varijabli prema manifestnim varijablama i naznačuju da latentne varijable uzrokuju mjerenje manifestnih varijabli. Kod formativnog mjerenja strelice su obrnuto usmjerene te ukazuju na uzročno-posljedični odnos. Kod reflektivnog mjernog modela pogreška je vezana uz svaku manifestnu varijablu (npr. $e_7 \rightarrow x_7$, $e_8 \rightarrow x_8$ i $e_9 \rightarrow x_9$), dok kod formativnog mjerenja to nije slučaj. Na Slici 19. prikazana su oba tipa mjernog modela. Mjerenje latentnih varijabli Y_1 i Y_2 definira se formativno, dok se mjerenje latentne varijable Y_3 definira reflektivno.

U strukturalnom modelu razlikuju se endogene i egzogene latentne varijable. Egzogene latentne varijable nemaju niti jednu strukturalnu putanju vezanu na njih, dok endogene latentne varijable podrazumijevaju latentnu varijablu koja je objašnjen ostalim latentnim varijablama preko odnosa strukturalnog modela [218].

Prilikom oblikovanja modela potrebno je paziti na razliku u vezama između latentnih varijabli i manifestnih varijabli – kod formativnih latentnih varijabli naziva se vanjska težina (w), a kod reflektivnih latentnih varijabli naziva se vanjsko opterećenje (l). Navedene vrijednosti inicijalno su nepoznate te se procjenjuju PLS-SEM algoritmom. Na sličan način, veza između latentnih varijabli u strukturalnom modelu naziva se koeficijent putanje (p) te je također inicijalno nepoznata i procijenjena rješavanjem PLS-SEM algoritma.

Prije pokretanja PLS-SEM algoritma potrebno je definirati opcije algoritma i postaviti nužne parametre. Navedeno uključuje odabir metode putanje strukturalnog modela, inicijalne vrijednosti za pokretanje algoritma, kriterij zaustavljanja i maksimalan broj iteracija. Moguće je odabrati jednu od tri sheme ponderiranja strukturalnog modela: shemu ponderiranja centroida, shemu ponderiranja faktora i shemu ponderiranja putanje. Najčešće primjenjivana i preporučena je shema ponderiranja putanje jer omogućuje najvišu vrijednost za endogene latentne varijable i primjenjiva je za sve vrste modela. Budući da odnosi u mjernom modelu zahtijevaju inicijalne vrijednosti kako bi se pokrenuo algoritam, inicijalne vrijednosti od +1 specificirane su za sve odnose u mjernom modelu prilikom prve iteracije. U kasnijim iteracijama algoritma navedene se inicijalne vrijednosti zamjenjuju. PLS-SEM algoritam oblikovan je na način da provodi iteracije sve dok se rezultati ne stabiliziraju, odnosno kada je suma promjena vanjskih težina između dvije iteracije iznimno niska.

U skladu s prethodno navedenim, u nastavku su navedena pravila inicijalizacije PLS-SEM algoritma koja se u odgovarajućem softverskom paketu automatizmom definiraju u pozadini, no moguće ih je korigirati:

- Odabir sheme putanje kao metode ponderiranja
- Primjena +1 kao inicijalne vrijednosti svih vanjskih težina
- Izbor kriterija zaustavljanja od 1×10^{-7} (0,0000001)
- Odabir vrijednosti od 300 za maksimalan broj iteracija.

Postoje dva ograničenja PLS-SEM metode koja su navedena u nastavku:

- Metoda se ne može primijeniti kada strukturalni model sadrži uzročne petlje ili cirkularne odnose između latentnih varijabli.
- Kako PLS-SEM nema utvrđenu globalnu kvalitetu prilagodbe (engl. *Goodness-of-fit*) mjeru, njegova je primjena pri testiranju i potvrđivanju teorije ograničena.

PLS-SEM se primjenjuje u sljedećim situacijama [214]:

- Ako je uzorak mali
- Ako podaci nisu normalno distribuirani
- Ako je broj manifestnih varijabli povezanih na latentnu varijablu manji od 3
- Ako je prisutna višestruka kolinearnost
- Ako nedostaju vrijednosti
- Ako je broj promatranja (engl. *Observations*) manji od broja eksploratornih varijabli.

Ključne karakteristike metode objedinjene su i prikazane u Tablici 17. u nastavku.

Tablica 17. Ključne karakteristike PLS-SEM metode [213]

Karakteristike podataka	
Veličina uzorka	Nema problema pri identifikaciji malih uzoraka
	Ostvaruje veću statističku snagu kod manjih uzoraka
	Veći uzorci povećavaju preciznost PLS-SEM procjene
Distribucija	Bez početnih pretpostavki o distribuciji podataka – neparametarska metoda
Nedostajuće vrijednosti	Visoka robusnost ako su nedostajuće vrijednosti ispod razumne razine
Mjerna skala	Funkcionira s metričnim podacima, kvazimetričnim (ordinalnim) podacima i binarnim varijablama

	Do ograničenja dolazi pri primjeni kategoričnih podataka za mjerenje endogenih latentnih varijabli
Karakteristike modela	
Broj stavki kod svake latentne varijable mjernog modela	Latentne varijable mogu biti mjerene jednom stavkom ili više njih
Odnos između latentnih varijabli i njihovih manifestnih varijabli	Jednostavno uključuje reflektivne i formativne mjerne modele
Kompleksnost modela	Mogući su kompleksni modeli s puno veza u strukturalnom modelu
Postavljanje modela	Nema uzročnih petlji (nema kružnih odnosa) u strukturalnom modelu
Svojstva algoritma PLS-SEM	
Cilj	Minimizira količinu neobjašnjene varijance
Učinkovitost	Konvergira nakon nekoliko iteracija do optimalnog rješenja – učinkovit algoritam (čak i kod složenih modela te velikog skupa podataka)
Priroda latentnih varijabli	Promatraju se kao posrednici latentnog koncepta, a zastupani kompozitnim varijablama
Vrijednosti latentnih varijabli	Određeni linearnim kombinacijama povezanih manifestnih varijabli
	Primijenjeni za prediktivne svrhe
	Mogu se primijeniti kao ulaz za naknadne analize
	Nezavisne od neprimjerenosti podataka
Procjene parametara	Odnosi strukturalnog modela općenito su podcijenjeni i odnosi mjernog modela uglavnom su precijenjeni kod procjenjivanja podataka od zajedničke latentne varijable
	Konzistentnost
	Visoka razina statističke snage

Problemi evaluacije modela	
Evaluacija cjelokupnog modela	Nije utvrđen kriterij kvalitete prilagodbe
Evaluacija mjernog modela	Za reflektivne modele: procjena pouzdanosti i valjanosti po višestrukim kriterijima
	Za formativne modele: procjena valjanosti, značajnosti i relevantnosti težina manifestnih varijabli, kolinearnosti manifestnih varijabli
Evaluacija strukturalnog modela	Kolinearnost između skupa latentnih varijabli, značajnost koeficijenata putanje, kriterij za procjenu prediktivnih mogućnosti modela

Primjena SEM metoda zahtijeva dostupnost kvantitativnih podataka. Veliki broj istraživanja u znanstvenim radovima uključuje primarne podatke, ali je također moguće koristiti i sekundarne podatke, s naglaskom na sve dostupnije arhivirane podatke iz baza podataka. Istraživači u području društvenih znanosti u principu se oslanjaju na primarne podatke prikupljene iz strukturiranih upitnika, te ih analiziraju pomoću CB-SEM i PLS-SEM metode. Međutim, sve je veća tendencija primjene SEM metode s arhivskim podacima, s naglaskom na primjenu PLS-SEM-a. Upravo zbog toga, u ovom je radu implementirana primjena metode PLS-SEM na podacima koji se prikupljaju prilikom svakodnevnog rada unutar stanica za tehnički pregled vozila.

7.5.5 Procjena rezultata mjernog i strukturalnog PLS-SEM modela [213]

Nakon što pokrenuti PLS-SEM algoritam izračuna vrijednosti latentnih varijabli, one se primjenjuju kako bi se procijenio svaki parcijalni regresijski model u modelu putanje. Rezultat navedenog postupka su procjene svih odnosa u mjernome modelu (težine i opterećenja) i strukturalnom modelu (koeficijenti putanje). Parcijalni regresijski model ovisi o oblikovanju mjernog modela – reflektivno ili formativno. Kod formativnog modela koeficijenti vanjske težine (w) procijenjeni su višestrukom parcijalnom regresijom, gdje latentna varijabla predstavlja zavisnu varijablu, a manifestne varijable su nezavisne varijable. Kada je latentna varijabla prikazana reflektivnim mjernim modelom, koeficijenti vanjskih opterećenja (l)

procijenjeni su pojedinačnim regresijama svake manifestne varijable na pripadajuću latentnu varijablu.

Oba tipa modela procjenjuju se iterativnim procedurama PLS-SEM algoritma, koji slijedi pristup u dvije faze. U prvoj fazi procjenjuju se rezultati latentnih varijabli procesom od četiri koraka. U drugoj fazi izračunavaju se konačne procjene težina i opterećenja, koeficijenti putanje i rezultirajuće vrijednosti endogenih latentnih varijabli.

PLS-SEM procjena dobivenih rezultata uobičajeno slijedi proces od dva koraka koja uključuju odvojenu procjenu rezultata mjernog i strukturalnog modela [218]. Kako se prema [219] vrlo mali broj radova temelji isključivo na formativnom prikazu mjernog modela jer se modeli uobičajeno sastoje ili isključivo od reflektivno mjerenih latentnih varijabli ili od kombinacije reflektivno i formativno mjerenih latentnih varijabli, u nastavku će se prikazati isključivo procjena rezultata reflektivnog mjernog modela jer su se mjerni modeli u nastavku istraživanja oblikovali reflektivno.

7.5.5.1 Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela

Procjena rezultata PLS-SEM modela inicijalno se usmjerava na mjerni model. Najvažnije su metrike mjernog modela pouzdanost, konvergentna valjanost i diskriminantna valjanost. Reflektivni mjerni modeli procjenjuju se na temelju njihovih unutarnjih konzistentnosti pouzdanosti i valjanosti. Pouzdanost je nužan uvjet za valjanost.

Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela uključuje kompozitnu pouzdanost kako bi se procijenila unutarnja konzistentnost, pouzdanost individualnog indikatora te izvučena prosječna varijanca (engl. *Average variance extracted* – AVE) za procjenu konvergentne valjanosti. Osim toga, procjena uključuje i diskriminantnu valjanost. Za ispitivanje diskriminantne valjanosti mogu se primijeniti Fornell-Larckerov kriterij, unakrsna opterećenja (engl. *Cross-loadings*) te posebno *heterotrait-monotrait* omjer korelacije (engl. *Heterotrait-monotrait* (HTMT) *ratio of correlations*).

- Pouzdanost unutarnje konzistentnosti

Tradicionalni kriterij za unutarnju konzistentnost je **Cronbach's alpha**, koji omogućuje procjenu pouzdanosti na temelju korelacija između promatranih manifestnih varijabli. Parametar je definiran izrazom (1) u nastavku:

$$\text{Cronbach's } \alpha = \left(\frac{M}{M-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^M s_i^2}{s_t^2} \right) \quad (1)$$

gdje s_i^2 predstavlja varijancu manifestne varijable i vezane na promatranu latentnu varijablu, mjerenu s M manifestnim varijablama ($i=1,...,M$), a s_t^2 je varijanca sume svih M manifestnih varijabli iste latentne varijable.

Cronbach's alpha podrazumijeva da su sve manifestne varijable jednako pouzdane, odnosno da sve imaju jednaka vanjska opterećenja na latentnu varijablu. No, PLS-SEM daje prioritet manifestnim varijablama na temelju njihove individualne pouzdanosti. Također, Cronbach's alpha je osjetljiv na broj stavki u skali i teži podcijeniti pouzdanost unutarnje konzistentnosti. Zbog toga je prikladnije primijeniti drugačiju mjeru pouzdanosti unutarnje konzistentnosti – **kompozitnu pouzdanost (ρ_c)**. Kompozitna pouzdanost kao mjera pouzdanosti unutarnje konzistentnosti uzima u obzir drugačija vanjska opterećenja manifestnih varijabli i izračunava se izrazom (2):

$$\rho_c = \frac{(\sum_{i=1}^M l_i)^2}{(\sum_{i=1}^M l_i)^2 + \sum_{i=1}^M \text{var}(e_i)} \quad (2)$$

gdje l_i simbolizira standardizirano vanjsko opterećenje manifestne varijable i vezane na specifičnu latentnu varijablu mjerenu s M manifestnim varijablama, zatim e_i je mjerna pogreška manifestne varijable i , a $\text{var}(e_i)$ označava varijancu mjerne pogreške koja je definirana pomoću $1-l_i^2$.

Kompozitna pouzdanost varira između 0 i 1, gdje više vrijednosti ukazuju na višu razinu pouzdanosti. Konkretno, vrijednosti kompozitne pouzdanosti između 0,60 i 0,70 su u eksploratornom istraživanju prihvatljive, dok su u naprednijim fazama istraživanja zadovoljavajuće vrijednosti između 0,70 i 0,90. Vrijednosti iznad 0,90, a pogotovo iznad 0,95 nisu poželjne jer ukazuju na to da sve manifestne varijable mjere isti fenomen. Navedeno može ukazati na pitanja koja se ponavljaju ili podatke koji prikazuju isti sadržaj. S druge strane, vrijednosti ispod 0,60 ukazuju na manjak pouzdanosti unutarnje konzistentnosti.

- Konvergentna valjanost

Konvergentna valjanost opseg je u kojem mjera pozitivno korelira s alternativnim mjerama iste latentne varijable. Primjenom domene uzorkovanja modela, manifestne varijable reflektivne latentne varijable promatraju se kao alternativni pristupi mjerenju iste latentne varijable, što znači da bi manifestne varijable promatrane latentne varijable trebale težiti zajedničkom rezultatu ili dijeliti visoku proporciju varijance.

Za procjenu konvergentne valjanosti reflektivnih latentnih varijabli, istraživači razmatraju vanjska opterećenja manifestnih varijabli i AVE vrijednost. Viša vanjska opterećenja ukazuju na to da manifestne varijable povezane na latentnu varijablu imaju puno toga „zajedničkoga“.

Veličina vanjskog opterećenja uobičajeno se još naziva i pouzdanost manifestne varijable. Pravilo je da bi standardizirana vanjska opterećenja trebala biti 0,708 ili viša. Kvadrat standardiziranog vanjskog opterećenja manifestnih varijabli pokazuje koliko je varijacije objašnjeno latentnom varijablom te je opisano kao varijanca. Utvrđeno pravilo kaže da bi latentna varijabla trebala objasniti znatan dio svake varijance manifestnih varijabli, barem 50 %. To znači da bi vanjsko opterećenje manifestnih varijabli trebalo biti preko 0,708 jer je taj broj na kvadrat jednak 0,50. No, u većini slučajeva može se prihvatiti i vrijednost 0,70.

No, kada su rezultati vanjskih opterećenja manji od 0,70, umjesto automatskog brisanja manifestnih varijabli i ponovnog oblikovanja modela, potrebno je oprezno utvrditi utjecaj njihovih eliminiranja na kompozitnu pouzdanost, a jednako i na valjanost sadržaja latentne varijable. Za manifestne varijable s vanjskim opterećenjima između 0,40 i 0,70 trebalo bi razmotriti eliminiranje samo ako bi brisanje dovelo do povećanja kompozitne pouzdanosti. Još jedno razmatranje za brisanjem manifestnih varijabli je opseg u kojem bi njihovo uklanjanje utjecalo na valjanost sadržaja.

Prema [220], manifestne varijable s vanjskim faktorskim opterećenjima između 0,60 i 0,70 smatraju se prikladnima u eksploratornim istraživanjima.

No, manifestne varijable s vrlo niskim vanjskim opterećenjima (ispod 0,40) uvijek bi trebale biti uklonjene iz modela.

Međutim, pojedini istraživači poput [221] ukazuju na mogućnost zadržavanja manifestnih varijabli čija su opterećenja ispod navedene vrijednosti ako su dovoljno važne za istraživanje te ako ostali rezultati modela odgovaraju traženim vrijednostima promatranih parametara.

Mjera za utvrđivanjem konvergentne valjanosti je AVE. Kriterij je definiran kao velika srednja vrijednost kvadrata opterećenja kojima su manifestne varijable povezane s latentnom varijablom. Izračunava se na sljedeći način prema izrazu (3):

$$AVE = \left(\frac{\sum_{i=1}^M l_i^2}{M} \right) \quad (3)$$

gdje l_i simbolizira standardizirano vanjsko opterećenje manifestne varijable i vezane na specifičnu latentnu varijablu mjerenu s M manifestnih varijabli.

AVE vrijednost od 0,50 ili više ukazuje na to da latentna varijabla objašnjava više od pola varijance svojih manifestnih varijabli. S druge strane, vrijednost manja od 0,50 interpretira se kao pogreška stavaka. Za latentne varijable koji se sastoje od jedne manifestne varijable nije prikladno mjeriti AVE jer je vanjsko opterećenje fiksirano na 1,00.

- Diskriminantna valjanost

Diskriminantna valjanost je opseg u kojem je latentna varijabla uistinu različita od ostalih latentnih varijabli prema empirijskim standardima. Istraživači se tradicionalno oslanjaju na dvije mjere diskriminantne valjanosti – unakrsna opterećenja (engl. *Cross-loadings*) i Fornell-Larckerov kriterij.

Unakrsna opterećenja prvi su pristup za procjenu diskriminantne valjanosti manifestnih varijabli. Konkretno, vanjska opterećenja manifestnih varijabli kojima su povezane za latentnu varijablu trebala bi biti veća od vlastitih unakrsnih opterećenja na druge latentne varijable (odnosno korelacije). Najčešće se prikazuje tablično. Vanjska opterećenja uvijek moraju biti veća od unakrsnih opterećenja te je tada utvrđena diskriminantna valjanost.

Fornell-Larckerov kriterij drugi je pristup procjeni diskriminantne valjanosti. Kriterij uspoređuje korijen AVE vrijednosti s korelacijama latentnih varijabli. Korijen AVE vrijednosti svake latentne varijable treba biti veći od njezine najveće korelacije s bilo kojom latentnom varijablom. Alternativan je pristup procjeni rezultata navedenog kriterija utvrđivanje je li AVE vrijednost veća od kvadrata korelacije s bilo kojom latentnom varijablom. Logika metode kao takve temelji se na ideji da latentna varijabla dijeli više varijance s povezanim manifestnim varijablama nego s bilo kojom latentnom varijablom.

Međutim, zadnja istraživanja utvrdila su da ni jedan od navedena dva pristupa ne može pouzdano utvrditi probleme s diskriminantnom valjanosti. Unakrsna opterećenja ne mogu utvrditi nedostatak diskriminantne valjanosti kada dvije latentne varijable međusobno savršeno koreliraju. Nadalje, Fornell-Larckerov kriterij ostvaruje lošu izvedbu kada su opterećenja manifestnih varijabli kod jedne latentne varijable sličnih vrijednosti. Zbog navedene problematike, u [222] predlažu HTMT omjer korelacije.

HTMT je omjer korelacija između osobina i korelacija unutar osobina. HTMT je srednja vrijednost svih korelacija manifestnih varijabli vezanih na latentnu varijablu, a koje mjere različite latentne varijable u odnosu na srednje vrijednosti prosječnih korelacija manifestnih varijabli koji mjere istu latentnu varijablu. Pristup procjenjuje kakva bi trebala biti prava korelacija između dvije latentne varijable ako su savršeno mjerene. Navedeno se naziva rastvorena korelacija (engl. *Disattenuated correlation*). Rastvorena korelacija između dvije latentne varijable koja iznosi blizu vrijednosti 1 ukazuje na nedostatak diskriminantne valjanosti. Prema tome, HTMT vrijednost iznad 0,90 ukazuje na nedostatak diskriminantne valjanosti. Međutim, kada su latentne varijable u modelu putanje konceptualno različite, potpuno je opravdano postaviti nižu graničnu vrijednost od 0,85 [222].

7.5.5.2 Procjena rezultata strukturalnog modela

Procjena strukturalnog modela ne ispituje se dok nisu utvrđene pouzdanost i valjanost latentnih varijabli. Navedeno se odnosi na ispitivanje prediktivnih sposobnosti modela i odnosa između latentnih varijabli.

Ključni kriteriji procjene rezultata strukturalnog modela u PLS-SEM metodi su kolinearnost strukturalnog modela – prvi korak, značajnost koeficijenata putanje – drugi korak, razina koeficijenta determinacije (R^2) – treći korak, veličina utjecaja (f^2) – četvrti korak, prediktivna relevantnost (Q^2) – peti korak i veličina utjecaja (q^2) – šesti korak.

- Procjena kolinearnosti

Kako bi se navedeno provelo, potrebno je ispitati skup prediktora latentnih varijabli zasebno za svaki dio strukturalnog modela, drugim riječima, postoji li kritična razina kolinearnosti između latentnih varijabli koje su prediktori promatrane latentne varijable.

Kako bi se procijenila razina kolinearnosti, potrebno je izračunati toleranciju (engl. *Tolerance* – TOL). Tolerancija predstavlja količinu varijance jedne latentne varijable koja nije objašnjena ostalim latentnim varijablama u strukturalnom modelu. Povezana mjera kolinearnosti je faktor inflacije varijance (engl. *Variance inflation factor* – VIF) definirana kao recipročna vrijednost tolerancije, a koja se prikazuje sljedećim izrazom (4):

$$VIF_{xs} = \frac{1}{TOL_{xs}}. \quad (4)$$

TOL i VIF vrijednosti izračunavaju se za svaku latentnu varijablu u strukturalnom modelu. Oba parametra kolinearnosti pružaju iste informacije, no prikaz i izračun VIF vrijednosti postao je standard. Vrijednosti tolerancije ispod 0,20 ili VIF vrijednosti iznad 5 ukazuju na kritičnu razinu kolinearnosti i potencijalni problem kolinearnosti.

- Koeficijenti putanje strukturalnog modela

Nakon pokretanja PLS-SEM algoritma, ostvarene su procjene za odnose u strukturalnom modelu, drugim riječima koeficijente putanje. Koeficijenti putanje predstavljaju hipotetske odnose između latentnih varijabli i imaju standardizirane vrijednosti približno između -1 i +1. Što su procijenjeni koeficijenti bliži nuli, to je odnos slabiji.

Značajnost koeficijenta u konačnici ovisi o njegovoj standardnoj pogrešci koja je dobivena pomoću metode *bootstrapping*. *Bootstrap* standardna pogreška omogućuje izračun empirijskih t- vrijednosti i p- vrijednosti za sve strukturalne koeficijente putanje. Kad je empirijska t- vrijednost veća od kritične vrijednosti, zaključujemo da je koeficijent statistički značajan pri određenoj mogućnosti pogreške (razini značajnosti). Uobičajeno korištene kritične vrijednosti za test s dva repa su 1,65 (razina značajnosti je 10 %), 1,96 (razina značajnosti je 5 %) i 2,57 (razina značajnosti je 1 %). Kritične vrijednosti za test s jednim repom su 1,28 (razina značajnosti je 10 %), 1,65 (razina značajnosti je 5 %) i 2,33 (razina značajnosti je 1 %). Uobičajeno kada se radi o eksploratornom istraživanju, primjenjuje se razina značajnosti od 10 %.

Većina istraživača primjenjuje p vrijednosti pri procjeni razine značajnosti. P vrijednost je vjerojatnost pogrešnog odbacivanja nulte hipoteze. Kad se uzima u obzir razina značajnosti od 5 %, p vrijednost mora biti manja od 0,05 kako bi se donio zaključak da je odnos značajan na razini od 5 %.

Bootstrap interval vjerodostojnosti također omogućuje ispitivanja značajnosti razlike koeficijenta putanje od nule. Interval vjerodostojnosti omogućuje informacije o stabilnosti procijenjenog koeficijenta pružanjem opsega vjerojatnih vrijednosti populacije parametra zavisnog od varijacije podataka i veličini uzorka. *Bootstrap* interval vjerodostojnosti temelji se na standardnim pogreškama dobivenima od same *bootstrapping* procedure te određuje opseg u kojem će se nalaziti stvarni populacijski parametar, uzimajući u obzir razinu vjerodostojnosti od 95 %. Ako interval vjerodostojnosti za procijenjeni koeficijent putanje ne uključuje nulu, hipoteza u kojoj je putanja jednaka nuli odbačena je te se podrazumijeva značajan utjecaj.

Pri procjeni rezultata modela putanje potrebno je ispitati značajnost odnosa u strukturalnom modelu, koja se većinom procjenjuje analizom p vrijednosti.

- Koeficijent determinacije

Najčešće primjenjivana mjera procjene strukturalnog modela je koeficijent determinacije (R^2). Navedeni koeficijent mjera je prediktivne snage modela te se izračunava kao kvadrat korelacije između aktualne i predviđene vrijednosti promatrane endogene latentne varijable. Koeficijent predstavlja kombinirani utjecaj egzogene latentne varijable na endogenu latentnu varijablu. Drugim riječima, koeficijent predstavlja količinu varijance u endogenoj latentnoj varijabli objašnjenu svim egzogenim latentnim varijablama koje su povezani s njom. Vrijednost R^2 nalazi se u intervalu od 0 do 1, gdje viša vrijednost ukazuje na višu razinu prediktivne preciznosti.

Međutim, odabir modela isključivo na temelju R^2 nije dobar pristup. Dodavanje dodatnih, neznačajnih latentnih varijabli za objašnjavanje endogene latentne varijable u strukturalnom modelu uvijek povišuje R^2 vrijednost. Što je više putanja usmjereno prema latentnoj varijabli, R^2 vrijednost je veća. Kako bi se donijeli adekvatni zaključci, može se koristiti prilagođeni koeficijent determinacije (R_{adj}^2). Navedeni kriterij prilagođen je broju egzogenih latentnih varijabli prema veličini uzorka i definira se na sljedeći način (izraz (5)):

$$R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \times \frac{n-1}{n-k-1} \quad (5)$$

gdje je n veličina uzorka, a k je broj egzogenih latentnih varijabli korištenih za predviđanje endogene latentne varijable.

- Veličina utjecaja

Pri procjeni R^2 vrijednosti svih endogenih latentnih varijabli kada je egzogena latentna varijabla izostavljena iz modela, promjena R^2 vrijednosti može se koristiti za procjenu ima li izostavljena latentna varijabla znatan utjecaj na endogene latentne varijable. Takva mjera naziva se f^2 veličina utjecaja i izračunava se na sljedeći način prema izrazu (6):

$$f^2 = \frac{R_{included}^2 - R_{excluded}^2}{1 - R_{included}^2} \quad (6)$$

gdje su $R_{included}^2$ i $R_{excluded}^2$ vrijednosti endogene latentne varijable kada je egzogena latentna varijabla uključena ili isključena iz modela. Vrijednosti veličine utjecaja manje od 0,02 ukazuju na to da nema utjecaja.

U ovom su poglavlju u kratkim crtama navedene činjenice koje su ključne za razumijevanje i interpretaciju rezultata postavljenih modela u nastavku doktorskog rada. U nastavku su oblikovani modeli i analizirani rezultati usporedbom postignutih vrijednosti s graničnim kriterijima svih parametara koji su ključni za metriku procjene.

7.5.6 Oblikovanje i rezultati PLS-SEM modela

Uzimajući u obzir podatke relevantne za sam rad nadzornika, a koji su prikazani u prethodnoj točki, u nastavku je sastavljen adekvatni statistički model. Kako je u istraživanju naglasak na podacima koji se prikupljaju unutar baza podataka, odnosno na sekundarnim podacima, detaljnom analizom većeg broja znanstvenih radova utvrdilo se da je metoda strukturalnog modeliranja jednadžbi metodom parcijalnih najmanjih kvadrata – PLS-SEM odličan izbor. U ovom je poglavlju na temelju dostupnih podataka oblikovan početni model od kojeg se polazilo prilikom provođenja analize.

U svrhu oblikovanja modela i provođenja PLS-SEM algoritma primijenio se softver SmartPLS [223]. SmartPLS jedan je od najpoznatijih softvera za primjenu PLS-SEM metode na željenim podacima. Razvijen je 2005. godine i s godinama je postizao sve veću popularnost zbog jednostavnog korisničkog sučelja i naprednih značajki izvještavanja. Također, softver se redovito održava i unaprjeđuje te omogućava raspravu preko aktivnog foruma, čime je omogućena razmjena znanja i iskustava među korisnicima [224].

U nastavku je prikazano oblikovanje PLS-SEM modela po koracima te su ostvareni rezultati prikazani u dva koraka. U prvom koraku prikazani su rezultati procjene reflektivnog mjernog modela, a zatim strukturalnog modela.

7.5.6.1 Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina)

Slijedom navedenog u prethodnim poglavljima rada, postavljena je sljedeća istraživačka hipoteza te je oblikovan inicijalni PLS-SEM model:

Predispozicije za rad svakog nadzornika utječu na njegov način rada te u konačnici i na njegovu učinkovitost. Također, način rada nadzornika utječe na njegovu učinkovitost.

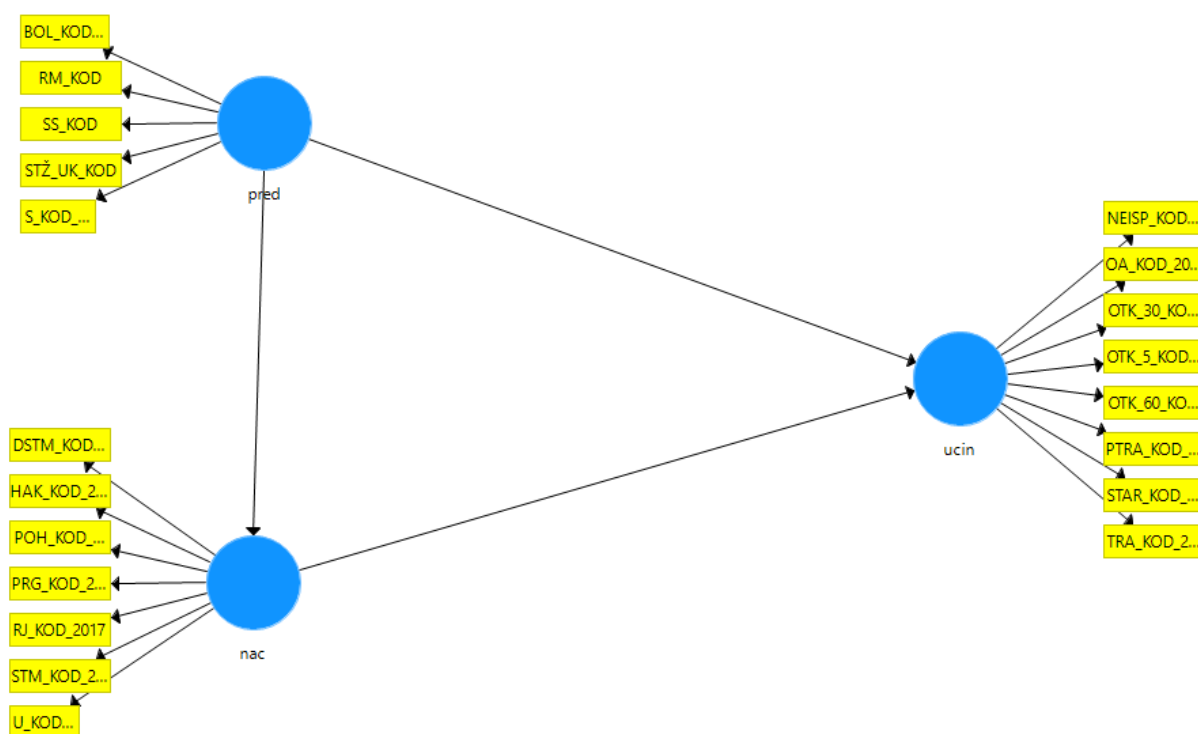
Kako se radi o primjeni neparametarske statističke metode, nije bilo nužno provjeriti distribuciju podataka jer metoda ne zahtijeva normalnu razdiobu podataka [213]. Prvi korak koji je prethodio oblikovanju inicijalnog modela bio je normalizacija podataka svih promatranih varijabli. Prilikom analize sekundarnih podataka koji su u različitim mjernim veličinama i različitim raspona vrijednosti, normalizacija podataka neizbježan je korak kako bi se varijable mogle adekvatno analizirati.

Normalizacija podataka, odnosno kodiranje vrijednosti, ostvarila se na temelju izraza (7):

$$x_{i1} = \frac{y_{i1} - [\max(y_{i1}) + \min(y_{i1})]/2}{[\max(y_{i1}) - \min(y_{i1})]/2} \quad (7)$$

gdje vrijednost x_{i1} predstavlja novu kodiranu vrijednost promatrane varijable, y_{i1} vrijednost varijable koju je potrebno kodirati, $\min(y_{i1})$ minimalnu vrijednost koju promatrana varijabla ostvaruje te $\max(y_{i1})$ maksimalnu vrijednost koju promatrana varijabla ostvaruje.

Inicijalni PLS-SEM model (Slika 20.), koji procjenjuje učinkovitost rada nadzornika te pomoću kojeg je cilj ukazati na važnost i povezanost pojedinih promatranih parametara – ključnih pokazatelja uspješnosti rada nadzornika, oblikovan je primjenom softvera smartPLS. Za oblikovanje modela koristili su se podaci objašnjeni u poglavlju 7.5.3, za ukupan broj od 516 zaposlenika koji su u 2017. godini obavljali nadzorničke poslove (nadzornici, voditelji smjene STP-a i voditelji STP-a). Kako se radi o većem uzorku, u prilogu je tablično dan djelomični prikaz prethodno navedenih podataka te djelomični tablični prikaz kodiranih podataka.



Slika 20. Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina)

Ključni dio modela su tri latentne varijable čiji se međusobni utjecaj promatra primjenom metode medijacije. Ključna endogena latentna varijabla u sklopu istraživanja je učinkovitost rada nadzornika, no potrebno je uzeti u obzir i egzogene latentne varijable – predispozicije za rad nadzornika te sam način rada nadzornika. Također, očekivano je da predispozicije za rad nadzornika izravno utječu i na način njegova rada. Na taj način predispozicije za rad ostvaruju dvostruki utjecaj na učinkovitost – izravni i neizravni preko latentne varijable način rada.

Kako bi navedene latentne varijable bilo moguće mjeriti, a i utvrditi njihove međusobne utjecaje, potrebno ih je povezati s pripadajućim manifestnim varijablama, odnosno parametrima čije se vrijednosti prikupljaju unutar baza podataka. Manifestne varijable se povezuju na latentne varijable tvoreći reflektivni mjerni model. Za sastavljanje inicijalnog modela primijenjeni su podaci za 2017. godinu, kada se još nisu primjenjivala digitalna rješenja. Pojedini podaci odnose se isključivo na vrstu vozila osobni automobili (M1) jer čine oko 76 % voznog parka u Hrvatskoj. Radi se, dakle, o najzastupljenijoj kategoriji vozila. Također, uzeti su u obzir podaci koji se odnose isključivo na redovni tehnički pregled kao vrstu tehničkog pregleda. Iznimka su podaci koji se odnose na broj OA jedinica, što predstavlja opterećenost

nadzornika u godini dana, a izračunava se uzimajući u obzir sve vrste poslova koje nadzornik obavlja, bez obzira na vrstu vozila ili vrstu postupka.

U skladu s time, na latentnu varijablu **predispozicije za rad nadzornika (pred)** povezuju se sljedeće manifestne varijable:

1. Ukupan broj dana bolovanja u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (BOL_KOD_2017)
2. Radno mjesto na kojem radi nadzornik u 2017. godini (RM_KOD)
3. Stručna sprema koja kvalificira nadzornika u 2017. godini (SS_KOD)
4. Ukupan broj godina staža po nadzorniku (iskustvo) u 2017. godini (STŽ_UK_KOD_2017)
5. Godine života nadzornika u 2017. godini (S_KOD_2017).

Na latentnu varijablu **način rada nadzornika (nac)** povezuju se sljedeće manifestne varijable:

1. Broj destimulacija u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (DSTM_KOD_2017)
2. Broj pogrešaka po nadzorniku utvrđenih stručnim nadzorom u 2017. godini (HAK_KOD_2017)
3. Broj pohvala na rad u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (POH_KOD_2017)
4. Broj prigovora na rad u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (PRG_KOD_2017)
5. Broj izdanih rješenja o oduzimanju licencijske u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (RJ_KOD_2017)
6. Broj stimulacija u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (STM_KOD_2017)
7. Broj upozorenja na rad u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (U_KOD_2017).

Na latentnu varijablu **učinkovitost nadzornika (ucin)** povezuju se sljedeće manifestne varijable:

1. Postotak neispravnosti u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (NEISP_KOD_2017)
2. Ukupan broj OA jedinica u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (OA_KOD_2017)
3. Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 5 minuta po nadzorniku u 2017. godini (OTK_5_KOD_2017)
4. Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 30 minuta po nadzorniku u 2017. godini (OTK_30_KOD_2017)

5. Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 60 minuta po nadzorniku u 2017. godini (OTK_60_KOD_2017)
6. Prosječno trajanje tehničkog pregleda u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (PTRA_KOD_2017)
7. Prosječna starost pregledanih vozila u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (STAR_KOD_2017)
8. Broj vozila kojima je tehnički pregled trajao do 20 minuta po nadzorniku u 2017. godini (TRA_KOD_2017).

Glavni je cilj oblikovanja PLS-SEM modela definiranje KPI-eva kako bi im se utvrdile težine te kako bi ih se primijenilo u oblikovanju digitalnih rješenja. Također, praćenje odnosa između definiranih parametara tijekom tri promatrane godine može pomoći pri razumijevanju i utvrđivanju utjecaja koje primjena digitalnih rješenja ima na same procese. Navedena analiza provedena je u 8. poglavlju.

7.5.6.2 Analiza rezultata inicijalnog PLS-SEM modela (2017. godina)

Prilikom pokretanja PLS-SEM algoritma na inicijalnom modelu nije ga bilo moguće primijeniti zbog problema singularne matrice do kojeg dolazi zbog jednog od sljedećih potencijalnih razloga [223]:

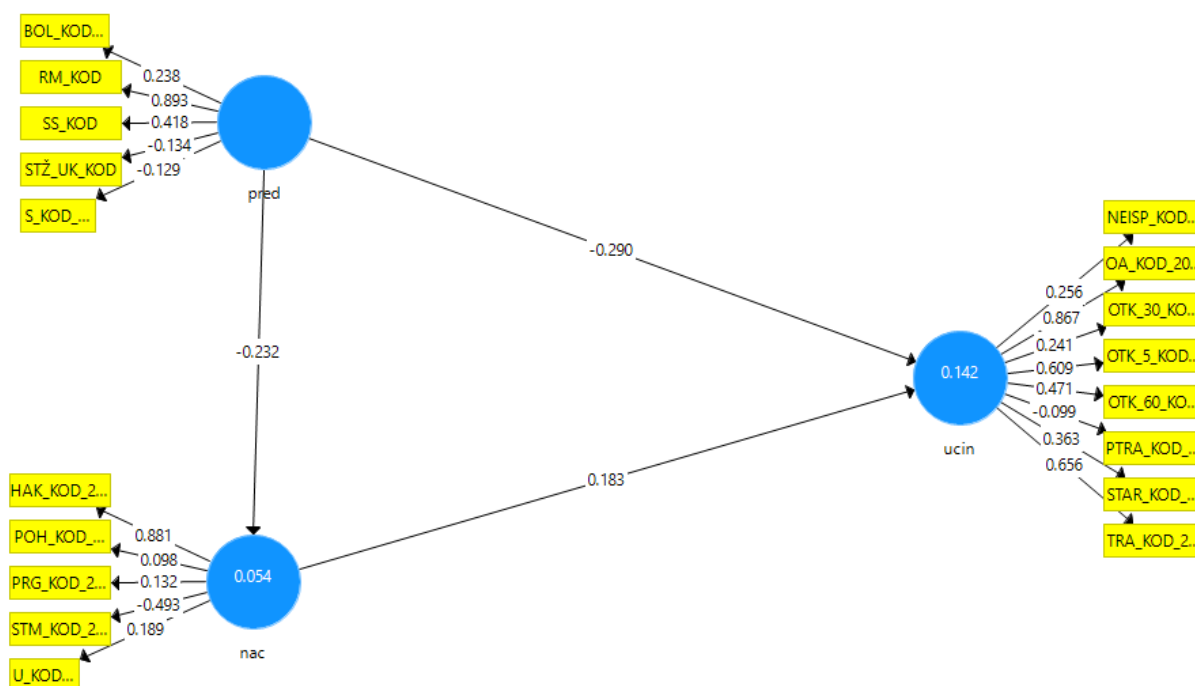
1. Pojedina varijabla ima varijancu jednaku nuli, odnosno sadrži samo jednake vrijednosti za sve slučajeve.
2. Prisutna je ekstremna kolinearnost, do koje dolazi kad su dvije varijable savršeno kolinearne.
3. Veličina uzorka je premala, odnosno broj opservacija je manji od broja stupnjeva slobode; matrica nije invertibilna.

Zbog proizišlog problema, podatke je bilo potrebno analizirati te je bilo jasno da je problem u varijablama *Broj izdanih rješenja o oduzimanju licence u godini dana po nadzorniku (RJ_KOD_2017)* u 2017. godini i *Broj destimulacija u godini dana po nadzorniku u 2017. godini (DSTM_KOD_2017)* jer su za sve slučajeve imale jednake vrijednosti, odnosno nulu (varijanca je jednaka nuli). U skladu s navedenim, navedene manifestne varijable eliminirane su iz daljnje analize.

Iako je jedna od ključnih prednosti PLS-SEM metode mogućnost analize podataka koji nemaju normalnu razdiobu te zbog navedenog literatura ne ukazuje na potrebu deskriptivne statističke analize promatranih varijabli, slijedom prethodno navedenog problema zaključuje se kako njezino provođenje može znatno olakšati proces oblikovanja modela jer je neprikladne varijable moguće utvrditi na samom početku analize.

7.5.6.3 Analiza rezultata konačnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika

Slika 21. prikazuje korigirani PLS-SEM model dobiven eliminacijom prethodno navedenih manifestnih varijabli te se pokretanjem algoritma dobivaju rezultati prikazani u Tablici 18., a koji matrično prikazuju vrijednosti vanjskih opterećenja. Vanjska faktorska opterećenja nalaze se u intervalu od -0,099 do 0,893. Jedanaest manifestnih varijabli ostvaruje vrijednosti manje od 0,40 (u Tablici 18. označeni crvenom bojom) te su eliminirane iz daljnje analize sukladno procjeni konvergentne valjanosti obrazložene u poglavlju 7.5.5.1. Iako manifestna varijabla SS_KOD_2017 ostvaruje vrijednost vanjskog opterećenja od 0,418, što predstavlja prihvatljivu vrijednost, eliminira se jer se njezinim brisanjem povećava kompozitna pouzdanost modela.

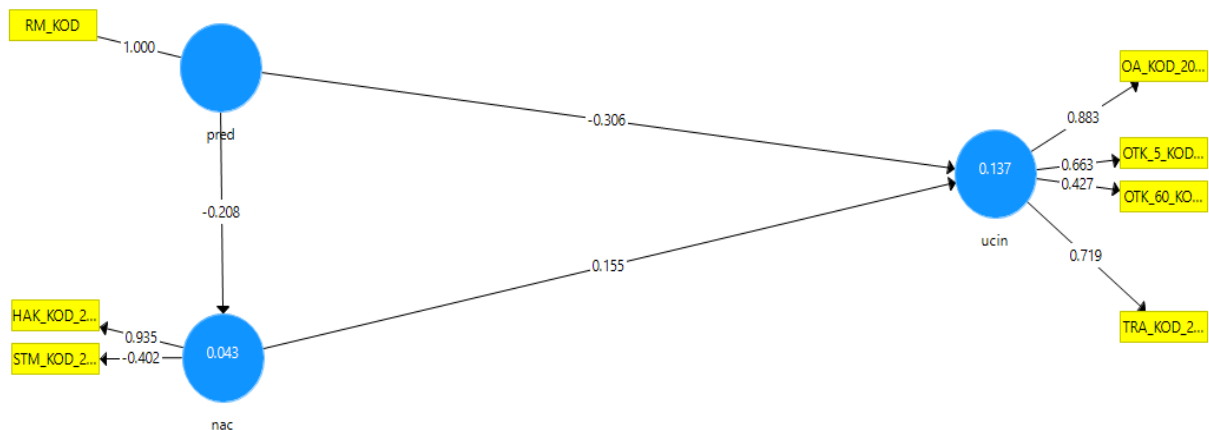


Slika 21. Korigirani PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina)

Tablica 18. Matrica vanjskih opterećenja za korigirani PLS-SEM model (2017. godina)

	<i>Vanjska faktorska opterećenja latentnih varijabli</i>		
<i>Manifestne varijable</i>	nac	pred	ucin
BOL_KOD_2017		0,238	
HAK_KOD_2017	0,881		
NEISP_KOD_2017			0,256
OA_KOD_2017			0,867
OTK_30_KOD_2017			0,241
OTK_5_KOD_2017			0,609
OTK_60_KOD_2017			0,471
POH_KOD_2017	0,098		
PRG_KOD_2017	0,132		
PTRA_KOD_2017			-0,099
RM_KOD_2017		0,893	
SS_KOD_2017		0,418	
STAR_KOD_2017			0,363
STM_KOD_2017	-0,493		
STŽ_UK_KOD_2017		-0,134	
S_KOD_2017		-0,129	
TRA_KOD_2017			0,656
U_KOD_2017	0,189		

Eliminiranjem prethodno navedenih manifestnih varijabli oblikovan je konačni model prikazan na slici 22.



Slika 22. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2017. godina)

Konačni PLS-SEM model učinkovitosti nadzornika sastoji se od sljedećih manifestnih varijabli vezanih na promatrane latentne varijable – *pred*, *nac* i *ucin*. Latentna varijabla *pred* veže se samo za jednu manifestnu varijablu – RM_KOD, zbog čega manifestna i latentna varijabla imaju istu vrijednost (vanjsko opterećenje je jedan) te povezanost nema smjer, odnosno nije reflektivna ni formativna. Upravo metoda PLS-SEM omogućava da se latentne varijable sastoje od samo jedne manifestne varijable, za razliku od metode CB-SEM [213]. Na latentnu varijablu *nac* vežu se manifestne varijable HAK_KOD_2017 te STM_KOD_2017, a na latentnu varijablu *ucin* vežu se OA_KOD_2017, OTK_5_KOD_2017, OTK_60_KOD_2017 te TRA_KOD_2017.

7.5.6.3.1 Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela

Kako bi se utvrdila prikladnost oblikovanog modela, prvo se procjenjuje reflektivni mjerni model. Analizom pouzdanosti i valjanosti mjernog modela procjenjuje se njegova dosljednost. Prva vrijednost koja se procjenjuje je pouzdanost unutarnje konzistentnosti (ρ) jer je ista nužan uvjet za valjanost. U Tablici 19. prikazani su rezultati analize kompozitne pouzdanosti.

Tablica 19. Kompozitna pouzdanost (ρ) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

Latentna varijabla	Kompozitna pouzdanost (ρ)
nac	0,641
pred	1,000
ucin	0,777

Razmatranjem vrijednosti kompozitne pouzdanosti, može se zaključiti da se vrijednosti nalaze u intervalu od 0,641 do 1,000, što ukazuje na dobru pouzdanost, odnosno da manifestne varijable dobro predstavljaju latentne varijable. Iako vrijednosti iznad 0,95 nisu poželjne jer ukazuju na to da sve manifestne varijable mjere isti fenomen, navedeno ne vrijedi kad se radi o latentnoj varijabli na koju je vezana jedna manifestna varijabla, kao što je slučaj s latentnom varijablom *pred*.

U svrhu procjene konvergentne valjanosti, prvo se promatraju vrijednosti vanjskih opterećenja. Taj je korak već proveden prilikom analize rezultata dobivenih u Tablici 18., kada su se sve neodgovarajuće vrijednosti vanjskih opterećenja pojedinih manifestnih varijabli eliminirale te je oblikovan konačni model. U sklopu konvergentne valjanosti analiziraju se AVE vrijednosti koje su prikazane u Tablici 20.

Tablica 20. Konvergentna valjanost (AVE) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

<i>Latentna varijabla</i>	AVE
nac	0,518
pred	1,000
ucin	0,480

Ostvarene AVE vrijednosti ukazuju na to da u gotovo svim slučajevima latentne varijable objašnjavaju više od pola varijance povezanih manifestnih varijabli jer se nalaze u intervalu od 0,480 do 1,000. Jedino je kod latentne varijable *ucin* ostvarena AVE vrijednost neznatno manja od 0,50, što predstavlja graničnu vrijednost gdje sve manje vrijednosti ukazuju na moguću pogrešku stavaka. Međutim, prema [225] moguće je prihvatiti i vrijednost od 0,48, jer ako je AVE vrijednost neznatno manja od 0,50, a kompozitna pouzdanost navedene manifestne varijable je veća od 0,6, tada je konvergentna valjanost latentne varijable i dalje adekvatna.

Nakon konvergentne valjanosti slijedi i analiza diskriminantne valjanosti. Provjeri diskriminantne valjanosti pristupilo se ispitivanjem HTMT rezultata. U Tablici 21. prikazani su rezultati diskriminantne valjanosti HTMT omjera korelacije u obliku matrice.

Tablica 21. Diskriminantna valjanost (HTMT) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

HTMT rezultati	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			
pred	0,627		
ucin	0,769	0,408	

Vrijednosti HTMT omjera korelacije manje su od referentne vrijednosti 0,85, što je karakteristično kada su latentne varijable konceptualno različite. Na taj je način ostvarena diskriminantna valjanost reflektivnih latentnih varijabli.

7.5.6.3.2 Procjena rezultata strukturalnog modela

Nakon procjene mjernog modela slijedi procjena strukturalnog modela. Prvo se procjenjuje kolinearnost (VIF) između latentnih varijabli, koja je matrično prikazana u Tablici 22.

Tablica 22. Procjena kolinearnosti (VIF) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

VIF rezultati	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			1,045
pred	1,000		1,045
ucin			

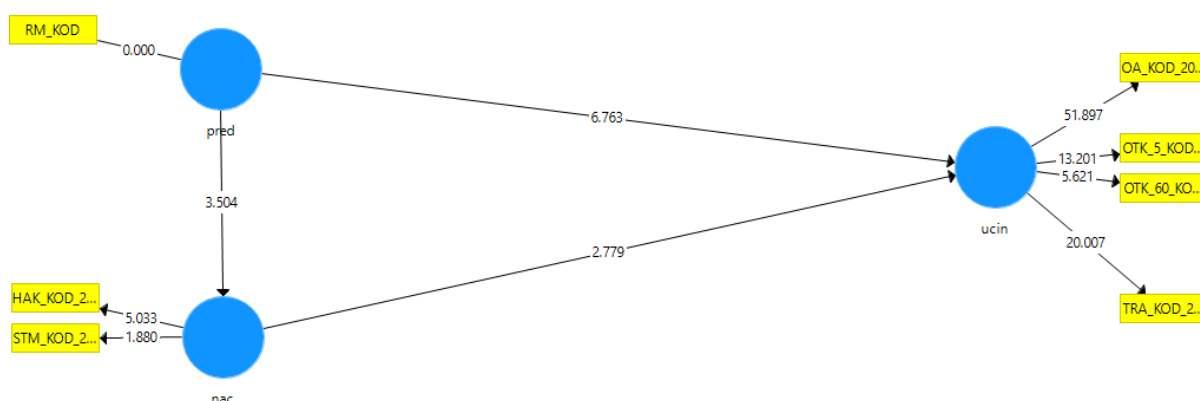
Na temelju rezultata, kolinearnost između sve tri latentne varijable je u granicama referentnih vrijednosti. Dakle, sve su vrijednosti manje od pet, što je idealno jer vrijednosti iznad pet ukazuju na moguće probleme kolinearnosti između promatranih latentnih varijabli.

Zatim se analiziraju vrijednosti koeficijenata putanje koje mogu poprimiti vrijednosti u intervalu od -1 do +1. Što su vrijednosti bliže +1, to je snažniji pozitivan odnos. U Tablici 23. prikazane su vrijednosti koeficijenata putanje za promatrani model. Naj snažniji utjecaj utvrđuje se između latentnih varijabli *pred* i *ucin* (-0,306). Umjeren utjecaj uočava se između latentnih varijabli *pred* i *nac* (-0,208), a najslabiji utjecaj utvrđen je između latentnih varijabli *nac* i *ucin* (0,155).

Tablica 23. Koeficijenti putanje konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

Koeficijenti putanje	Latentna varijabla		
	nac	pred	ucin
nac			0,155
pred	-0,208		-0,306
ucin			

Kako bi se utvrdila značajnost odnosa među latentnim varijablama, primijenjena je *bootstrap* metoda (Slika 23.). Općenito, za testiranje utjecaja medijacije primjenjuje se *bootstrapping* [213]. Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 24.



Slika 23. Bootstrap metoda primijenjena na konačnom modelu PLS-SEM (2017. godina)

Tablica 24. Rezultati *bootstrap* metode za konačni model PLS-SEM (2017. godina)

	Aritmetička sredina originalnog uzorka	Aritmetička sredina (bootstrap)	Standardna devijacija	t-vrijednost	p-vrijednost
nac - >ucin	0,155	0,158	0,056	2,779	0,006
pred - >nac	-0,208	-0,204	0,059	3,504	0,000
pred - >ucin	-0,306	-0,307	0,045	6,763	0,000

Analizom rezultata utvrđuje se da su svi odnosi između sve tri latentne varijable značajni na razini vjerodostojnosti od 95%, odnosno p vrijednost u sva tri slučaja iznosi manje od 0,05.

Zatim se analizira koeficijent determinacije zavisnih latentnih varijabli kao mjera prediktivne snage modela. U Tablici 25. prikazani su rezultati zajedno s prilagođenim koeficijentom koji se primjenjuje za adekvatnije rezultate.

Tablica 25. Koeficijenti determinacije (R^2) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

<i>Latentna varijabla</i>	R^2	R^2 prilagođeni
nac	0,043	0,041
ucin	0,137	0,134

Poželjno je da se vrijednosti nalaze u intervalu od 0 do 1, gdje više vrijednosti ukazuju na višu razinu prediktivne preciznosti. U oba slučaja (0,041 i 0,134) rezultati ukazuju na to da model ima prediktivnu snagu. Međutim, iako objašnjenost postoji, relativno je mala s obzirom na vrijednosti R^2 , poglavito u slučaju latentne varijable *nac*.

Tablica 26. prikazuje rezultate veličine utjecaja (f^2), čija se vrijednost procjenjuje kako bi se utvrdilo ima li izostavljena latentna varijabla znatan utjecaj na endogene latentne varijable. Kako su sve vrijednosti veće od 0,02, utjecaj je prisutan. Uočava se veći utjecaj latentne varijable *pred* na latentnu varijablu *ucin* (0,104), zatim srednji utjecaj latentne varijable *pred* na latentnu varijablu *nac* (0,045) te slab utjecaj latentne varijable *nac* na latentnu varijablu *ucin* (0,027).

Tablica 26. Veličina utjecaja (f^2) konačnog PLS-SEM modela (2017. godina)

Veličina utjecaja (f^2)	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			0,027
pred	0,045		0,104
ucin			

Strukturalni model prikazuje statistički značajne korelacije ključne za potvrđivanje hipoteze te se na temelju prikazanih rezultata potvrđuje postavljena hipoteza i prihvaća oblikovani model učinkovitosti rada nadzornika.

7.5.7 Implementacija digitalnih rješenja

Nakon što su se detaljnom analizom procesa rada nadzornika utvrdile slabe točke u radu koje često dovode do pogrešaka, te nakon što se adekvatnom statističkom analizom procijenio veći broj parametara koji utječu na radnu učinkovitost rada, ostvaren je temelj za implementaciju digitalnih rješenja.

7.5.7.1 Izrada aplikacijskog rješenja za obradu, analizu i praćenje podataka o radu nadzornika u realnom vremenu

Jedan od najboljih načina praćenja rada zaposlenika je praćenje KPI-eva. Međutim, kako bismo došli do željenih podataka, potrebno je uspostaviti sustav pohrane i obrade podataka. Dostupnost velike količine podataka poprilično otežava takav sustav. Prema tome, potrebno je uložiti veliki trud u izradu aplikacijskog rješenja koje će omogućiti jednostavnu obradu, analizu i praćenje podataka.

Zbog navedenog se razloga u svrhu praćenja rada nadzornika oblikovalo aplikacijsko rješenje u obliku web-aplikacije, koje pruža mogućnost izrade brzih izvještaja s obzirom na prethodno definirane parametre pretraživanja. Pojedini izvještaji već su postojali, ali u jednostavnoj verziji koja nije bila dostupna za područje cijele RH, nego za svaku stanicu posebno. Analizom parametara koji definiraju rad nadzornika i utvrđivanjem njihove značajnosti moguće je dokazati njihovu relevantnost. Međutim, iako smo primjenom PLS-SEM metode pojedine parametre morali eliminirati iz konačnog modela kako bismo ostvarili njegovu težinu i značajnost, ipak su primijenjeni u svrhu kreiranja pojedinih izvještaja, na temelju iskustva.

Kreirana aplikacija omogućila je laku dostupnost podataka koji su nužni za kontrolu i praćenje rada nadzornika te je pružila temelj daljinskog upravljanja radom nadzornika. Omogućila je brzo uočavanje pogrešaka u radu te potencijalnih manipulacija. Međutim, rezultati prikazani na izvještajima ustvari predstavljaju KPI, odnosno pokazatelje potencijalnih problema koje je

potrebno utvrditi, a koji su većim dijelom predstavljali manifestne varijable sastavljenog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika.

Sučelje na Slici 24. prikazuje trenutni izgled aplikacijskog rješenja, međutim, ono se nadograđuje i nadopunjuje novim izvještajima ovisno o utvrđenom većem broju anomalija u radu. Uvođenje sličnih digitalnih rješenja proces je koji kontinuirano traje i koji se konstantno nadopunjuje novim idejama. Navedeno odlikuje većinu projekata digitalizacije koji u određenom trenutku započnu, ali traju u skladu s dolaskom novih tehnoloških rješenja, odnosno trajanje je kontinuirano.

Glavni izbornik

Odaberite izvještaj koji želite formirati

Tehnički pregledi

1. Rezultati po vrsti TP i nadzorniku
2. Vrijeme trajanja osnovnog TP
3. Vrijeme između pada na osnovnom i prolaska na ponovljenom TP
4. Prosječna godina proizvodnje
5. Prolaz u drugoj STP
6. Broj TP po nadzornicima i vrstama vozila
7. Tehnički pregledi po mjesecima i vrstama vozila (dvije godine)

Homologacija

1. Homologacija po nadzornicima i vrstama vozila

Ispitivanja

1. Prijave ispitivanja po nadzornicima i vrstama vozila
2. Prijave ispitivanja po nadzornicima i vrstama ispitivanja

OA analiza

1. Izvještaj prema Pravilniku o utvrđivanju mreže i kriterija o dovoljnom broju stanica za TP vozila
2. Izvještaj o potrebnom broju djelatnika prema Biltenu 162
3. OA analiza potrebnog broja djelatnika po STP

Slika 24. Sučelje aplikacijskog rješenja za obradu, analizu i praćenje podataka [226]

7.5.7.2 Oblikovanje i implementacija sustava za prikupljanje i prijenos podataka pomoću RFID tehnologije

Već samim pogledom na sliku 17. u poglavlju 7.2, koja prikazuje tijek tehničkog pregleda, moguće je utvrditi područja najvećeg broja pogrešaka u radu te područja gdje loša radna etika može imati veliki utjecaj na rezultat tehničkog pregleda. Navedeno se odnosi na dijelove procesa u kojima se provode ispitivanja i mjerenja pojedinih parametara na način da se nakon završetka ručno upisuju na kontrolni list. Jednako tako, metodom utvrđivanja gubitaka u procesu navedene su aktivnosti prepoznate kao veliki gubici u procesu koji u konačnici štete rezultatu.

Zbog navedenog razloga bilo je potrebno osmisliti način na koji će se iz navedenih dijelova procesa što uspješnije eliminirati ljudska pogreška, subjektivnost i manipulacija, odnosno mogućnost loše radne etike, što su jedni od glavnih tipova gubitaka vitkog upravljanja u procesima gdje zaposlenici donose ključne odluke.

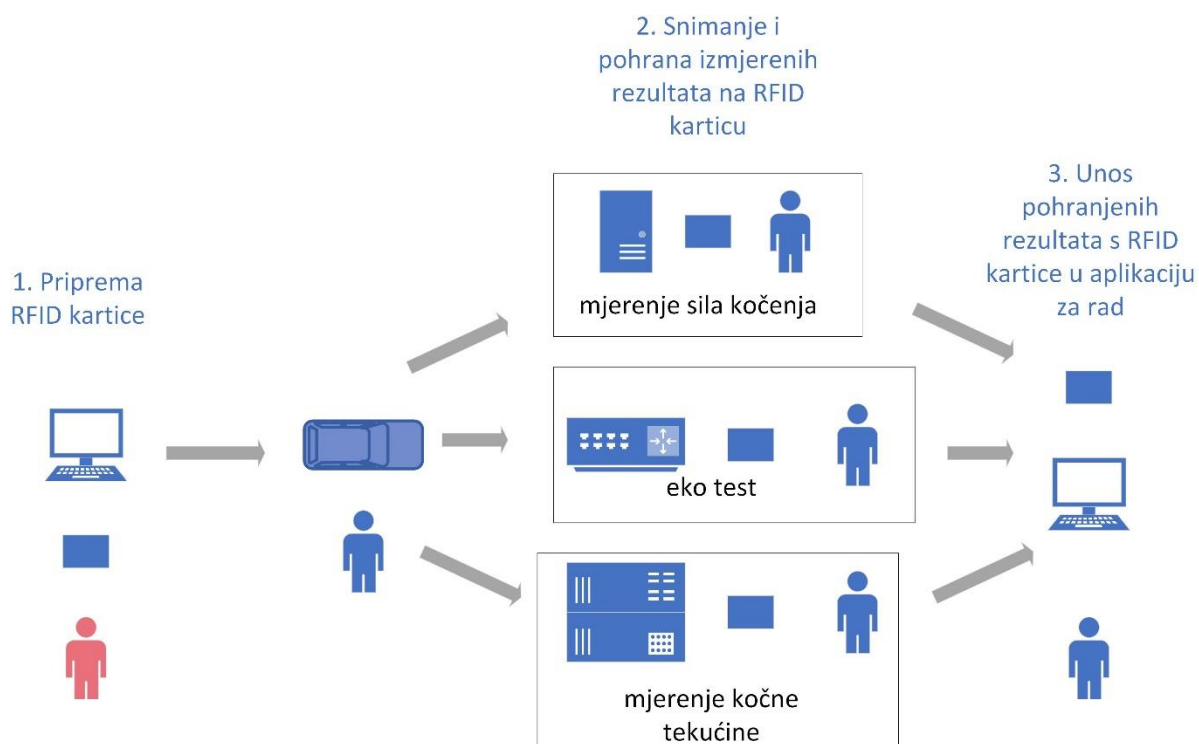
Tijekom doktorskog studija i u sklopu provođenja istraživanja u svrhu izrade ovog doktorskog rada oblikovan je eksperimentalni postav [227] čiji je cilj bio utvrditi kako se oblikovani postav primjenjuje u procesu tehničkog pregleda i u kojoj mjeri pomaže u ostvarivanju ciljeva, te također koji su njegovi nedostaci kako bi ih se moglo riješiti prije široke primjene.

Temelj je postava RFID tehnologija za prikupljanje i prijenos podataka, koja se primijenila na sljedećim uređajima:

- Valjci za mjerenje sila kočenja (aktivnost mjerenja sila kočenja)
- Analizator ispušnih plinova (aktivnost ispitivanja ispušnih plinova – eko test)
- Uređaj za mjerenje vrelišta kočne tekućine (aktivnost mjerenja kočne tekućine).

Izradom pripadajućih RFID uređaja pazilo se na sigurnost prijenosa podataka kako ih ne bi mogli čitati drugi RFID uređaji. U tu svrhu primijenjena je AES enkripcija, koja je napredni standard za enkripciju elektroničkih podataka. Pomoću navedene enkripcije implementirani uređaji pamte rezultate prethodnog tehničkog pregleda. Odnosno, pamte i vrijeme i datum kada je obavljen tehnički pregled na jednom od uređaja te broj prethodnog zapisnika. Zahvaljujući tome, dobivene je rezultate moguće koristiti za samo jedno vozilo [228].

Način funkcioniranja RFID sustava prikazan je na Slici 25., koja prikazuje sastavne dijelove sustava. Sastoji se od tri ključna koraka. Prvi je korak priprema RFID kartice, koju obavljaju referenti prilikom prijave vozila za tehnički pregled. Na taj se način osnovni podaci o vozilu, koji uključuju broj zapisnika, broj šasije, registarsku oznaku, marku, tip, model i godinu proizvodnje, prenose pomoću čitača na prvu slobodnu praznu RFID karticu.



Slika 25. Prikaz implementiranog RFID sustava

Drugi korak odnosi se na snimanje i pohranu izmjerenih rezultata tijekom tehničkog pregleda na RFID karticu. Uključuje prijenos i pohranu postignutih rezultata mjerenja i ispitivanja na tri različita uređaja koji su prethodno navedeni. RFID uređaji preuzimaju ulogu pisara uređaja gdje su implementirani. Nakon mjerenja rezultati se spremaju u memoriju uređaja te je ispis spreman za preuzimanje pomoću RFID kartice. RFID kartica prislanja se na uređaj te se tako prenose podaci. Kod mjerenja sila kočenja rezultati postignutih sila spremaju se na karticu za svaku osovinu pojedinačno.



Slika 26. RFID kartica i čitač [227]

Treći je korak unos i pregled rezultata koji su tijekom provođenja tehničkog pregleda bili pohranjeni na RFID karticu u aplikaciju koja se koristi za rad. RFID kartica prislanja se na čitač te se otvara programsko sučelje koje omogućava pregled pohranjenih podataka te unos dobivenih rezultata. Postignute rezultate nije moguće ručno mijenjati.



Slika 27. RFID uređaj postavljen na uređaj za mjerenje sila kočenja [227]



Slika 28. RFID uređaj postavljen na analizator ispušnih plinova [227]



Slika 29. Uređaj KALI1 za mjerenje vrelišta kočnice s mogućnošću RFID načina prijenosa podataka [228]

Slike 27. i 28. prikazuju uređaje koji se priključuju na uređaj s valjcima i uređaj za eko test, a Slika 29. prikazuje uređaj KALI1, kojim se obavlja mjerenje vrelišta kočnice te koji ima mogućnost prijenosa rezultata pomoću RFID tehnologije.

Bitno je napomenuti da primjena digitalnog rješenja ne isključuje u potpunosti korištenje papirnatih dokumenata. U konkretnom slučaju i dalje je potrebno ispisivati kontrolni list za

provođenje tehničkog pregleda jer pojedine dijelove tehničkog pregleda nije moguće u potpunosti digitalizirati.

No, primjena RFID tehnologije u svakom je slučaju omogućila transparentno prikupljanje podataka te su iz njezine primjene proizašle brojne prednosti navedene u nastavku:

- Smanjena mogućnost manipulacije rezultatima
- Smanjena mogućnost pogrešaka čitanja i prepisivanja rezultata
- Smanjena potrošnja uredskog materijala (ispisnih listića).

U nastavku je u poglavlju 8 utvrđen utjecaj implementacije digitalnih rješenja navedenih u ovom poglavlju analizom i usporedbom varijabli koje predstavljaju KPI za praćenje rada nadzornika.

8 PROCES NAKON PRIMJENE LEHID MODELA

Kako bi se utvrdio utjecaj primjene pojedinih segmenata predloženog *LEHID* modela na sustav tehničkog pregleda, u nastavku su se usporedili rezultati ključnih varijabli za oblikovanje PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika za tri promatrane godine. U svrhu usporedbe analizirali su se podaci koji su primijenjeni za oblikovanje PLS-SEM modela za 2017. godinu u svojem sirovom, nekodiranom obliku, također za svih 516 nadzornika, te podaci za iste nadzornike iz 2018. i 2019. godine. Kako je PLS-SEM model oblikovan pomoću podataka iz 2017. godine, u nastavku se PLS-SEM metoda primijenila i na podacima iz 2018. i 2019. godine kako bi se utvrdilo utječe li primjena *LEHID* modela na promatrane varijable i prethodno oblikovani model učinkovitosti rada nadzornika. U prilogu su tablično prikazane izabrane manifestne varijable te njihove osnovne statističke značajke za sve tri promatrane godine – 2017., 2018. i 2019.

8.1 Usporedba varijabli PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika za tri promatrane godine

U svrhu usporedbe rezultata, fokus je bio na parametrima na koje je moguće djelovati implementacijom nove tehnologije i primjenom sastavljenog modela. Zbog toga za usporedbu nisu uzeti parametri koji se tiču predispozicija za rad jer su vezani uz samog nadzornika te se primjenom modela ne može utjecati na njih. Zbog toga su u Tablici 27. niže navedeni parametri koji se odnose na način i pristup radu te na samu radnu učinkovitost u smislu kvalitete i kvantitete rada te koji predstavljaju KPI za praćenje učinkovitosti rada nadzornika.

Tablica 27. Usporedni prikaz vrijednosti promatranih varijabli za tri promatrane godine

Parametar	2017.	2018.	2019.
<i>Broj upozorenja na rad u godinu dana</i>	5	7 ↑	7 ↑
<i>Broj destimulacija u godinu dana</i>	0	2 ↓	7 ↑
<i>Broj rješenja za oduzimanje licencijske u godinu dana</i>	0	2 ↑	10 ↑
<i>Broj stimulacija u godinu dana</i>	11	3 ↓	0 ↓
<i>Broj pohvala u godinu dana</i>	3	1 ↓	7 ↑
<i>Broj prigovora u godinu dana</i>	15	18 ↑	34 ↑

<i>Broj pogrešaka u radu u godinu dana</i>	401	260 ↓	328 ↓
<i>Prosječan broj OA radnji u godinu dana</i>	3505,02	3621,65 ↑	3636,95 ↑
<i>Prosječno trajanje tehničkog pregleda u godinu dana</i>	42,79	45,80 ↑	51,11 ↑
<i>Prosječan broj tehničkih pregleda koja su trajala do 20 minuta u godinu dana</i>	195	139 ↓	85 ↓
<i>Prosječna godina starosti pregledanih vozila u godinu dana</i>	12,93	13,42 ↑	13,43 ↑
<i>Postotak neispravnosti pregledanih vozila u godinu dana</i>	23,33	22,37 ↓	23,74 ↑
<i>Broj otklona grešaka do 5 minuta nakon obavljenog tehničkog pregleda u godinu dana</i>	36722	26015 ↓	18419 ↓
<i>Broj otklona grešaka do 30 minuta nakon obavljenog tehničkog pregleda u godinu dana</i>	9167	9095 ↓	7559 ↓
<i>Broj otklona grešaka do 60 minuta nakon obavljenog tehničkog pregleda u godinu dana</i>	8861	8209 ↓	8313 ↓

Analizom podataka iz gornje Tablice 27. moguće je utvrditi razlike između podataka pojedinih parametara u tri promatrane godine, koje su se razlikovale u tome što se u 2017. godini tehnički pregled obavljao na konvencionalan način, bez primjene nove tehnologije i izmjene u radnom procesu. Godine 2018. počelo se s implementacijom prethodno navedenog, dok je u cijeloj 2019. godini sustav djelovao primjenjujući sve navedene promjene.

Promatrajući razlike u vrijednostima tijekom određenog perioda, moguće je donijeti sljedeće zaključke:

- Broj upozorenja na rad povećao se za 40 %, a broj destimulacija s 0 u 2017. godini na 7 u 2019. godini. Ekvivalentno, broj izdanih rješenja za oduzimanje licencije povećao se s 0 u 2017. godini na 10 u 2019. godini. Također, broj prigovora na rad povećao se za 126,67 %. Navedeno je posljedica veće transparentnosti.

- Promatranjem parametra koji ukazuje na način rada pomoću pogrešaka koje je utvrdio stručni nadzor, u 2019. godini utvrđeno je 18,20 % manje pogrešaka u radu u odnosu na 2017. godinu. No, 2018. godine bilo ih je 35,16 % manje.
- S druge strane, broj pohvala povećao se za 133,33 %. No, broj stimulacija smanjio se s 11 u 2017. godini na 0 u 2019. godini.
- Vezano uz parametre koji ukazuju na kvalitetu i učinkovitost rada, broj prosječno ukupno obrađenih predmeta svedenih na OA jedinice po nadzorniku povećao se za 3,76 %. Veća opterećenost rezultat je i većeg broja vozila koja su pristupala tehničkom pregledu ili drugim poslovima koji se obavljaju u stanicama.
- Iako je bilo očekivano da će primjena moderne tehnologije u većoj mjeri ubrzati postupak, prosječno trajanje tehničkog pregleda, koje uzima u obzir i vrijeme čekanja na pregled nakon prijave, povećalo se za 19,44 % u 2019. godini. Navedeno može biti posljedica uhodavanja zaposlenika u rad s novim metodama i radnim procesima te posljedica početnih „dječjih bolesti“ prilikom implementacije takvih sustava. Također, prosječan broj pregleda koji su trajali kraće od 20 minuta smanjio se za 56,41 %, što govori u prilog većem ukupnom prosječnom trajanju, što je poželjno jer ukazuje na to da se posao obavlja detaljno po pravilima struke i relevantnoj zakonskoj regulativi.
- Prosječna godina starosti pregledanih vozila povećala se u 2019. godini za 3,87 %, a to je zbog sve starijeg voznog parka iz godine u godinu. Ekvivalentno se povećao i postotak neispravnosti za 0,41 %. Međutim, u 2018. godini došlo je do pada od 0,96 % zbog promjene radnog procesa i novog načina klasifikacije utvrđenih neispravnosti. Međutim, povećanje u 2019. godini u odnosu na 2018. godinu posljedica je primjene moderne tehnologije i transparentnijeg načina evidentiranja rezultata pojedinih dijelova pregleda. Također, prosječan broj vozila po nadzorniku kod kojih je neispravnost uklonjena u roku od 5 minuta smanjio se za 49,84 %, u roku od 30 minuta za 17,65 % i u roku od 60 minuta za 6,17 %. Navedeno je ukazalo na manju manipulaciju i bolju radnu etiku.

8.2 Primjena PLS-SEM metode na podacima iz 2018. i 2019. godine

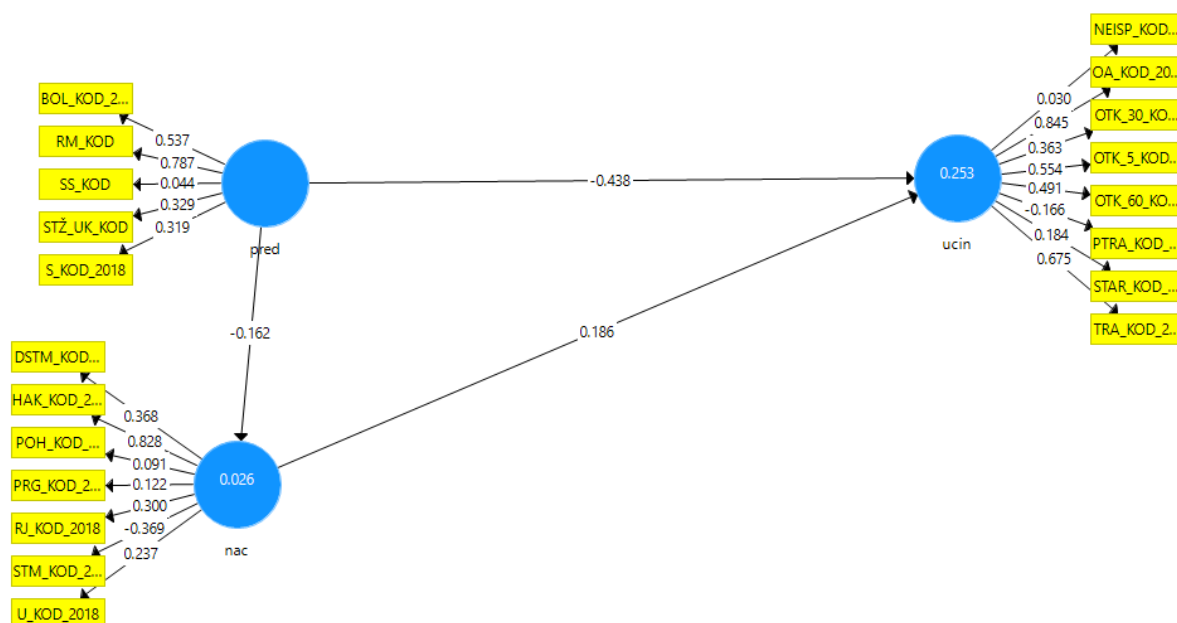
Nakon što je utvrđeno da dolazi do promjene u promatranim parametrima tijekom promatrane tri godine, što je posljedica primjene pojedinih segmenata predloženog modela, u nastavku su statističkom metodom PLS-SEM oblikovani modeli za 2018. i 2019. godinu kako bi se utvrdilo u kolikoj mjeri primjena *LEHID* modela utječe na rezultate PLS-SEM modela i broj manifestnih varijabli. U svrhu primjene PLS-SEM metode također se primijenio softver smartPLS, koji je omogućio oblikovanje modela na temelju učitanih podataka te tablični prikaz rezultata modela. Podaci za 2018. i 2019. godinu (nekodirane i kodirane vrijednosti) također su tablično prikazani u prilogu.

8.2.1 Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina)

Postavljena je jednaka istraživačka hipoteza koja glasi: ***Predispozicije za rad svakog nadzornika utječu na njegov način rada te u konačnici i na njegovu učinkovitost. Također, način rada nadzornika utječe na njegovu učinkovitost.***

Također, inicijalni model oblikovao se na jednak način kao i u poglavlju 7.5.4.2. Dakle, uzete su u obzir iste latentne varijable, veze između njih te manifestne varijable koje su povezane na latentne varijable, te se zbog navedenog u ovom poglavlju neće detaljno prikazivati.

Prethodno su kodirane vrijednosti svih promatranih varijabli, primjenom izraza (7) prikazanog u poglavlju 7.5.6.1. Kako sve vrijednosti u tablici imaju varijancu veću od nule, moglo se zaključiti da prilikom pokretanja inicijalnog modela (Slika 30.) neće doći do problema singularne matrice kao što je bio slučaj s podacima iz 2017. godine.



Slika 30. Inicijalni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina)

8.2.2 Analiza rezultata inicijalnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina)

Tablica 28. prikazuje rezultate vanjskih opterećenja latentnih varijabli, dobivene pokretanjem algoritma na inicijalnome modelu. Vrijednosti vanjskih faktorskih opterećenja nalaze se u intervalu od -0,369 do 0,845. Trinaest manifestnih varijabli ostvaruju vanjska faktorska opterećenja manja od 0,40 (označeno crvenom bojom) te su eliminirane iz daljnje analize uzimajući u obzir referentne vrijednosti konvergentne valjanosti objašnjene u poglavlju 7.5.5.1. Iako manifestna varijabla OTK_60_KOD_2018 ostvaruje vrijednost od 0,491, ona se eliminira jer se njezinim brisanjem povećava kompozitna pouzdanost modela, a smanjuje vrijednost diskriminantne valjanosti koja ukazuje na konceptualnu različitost latentnih varijabli.

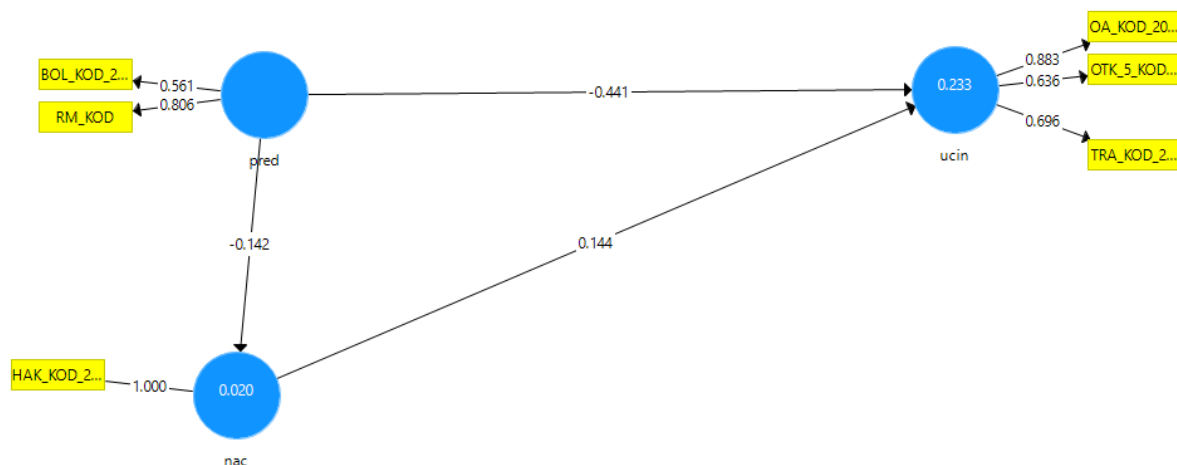
Tablica 28. Matrica vanjskih opterećenja za inicijalni PLS-SEM model (2018. godina)

Manifestna varijabla	Vanjska faktorska opterećenja latentnih varijabli		
	nac	pred	ucin
BOL_KOD_2018		0,537	
DSTM_KOD_2018	0,368		
HAK_KOD_2018	0,828		
NEISP_KOD_2018			0,030

OA_KOD_2018			0,845
OTK_30_KOD_2018			0,363
OTK_5_KOD_2018			0,554
OTK_60_KOD_2018			0,491
POH_KOD_2018	0,091		
PRG_KOD_2018	0,122		
PTRA_KOD_2018			-0,166
RJ_KOD_2018	0,300		
RM_KOD		0,787	
SS_KOD		0,044	
STAR_KOD_2018			0,184
STM_KOD_2018	-0,369		
STŽ_UK_KOD		0,329	
S_KOD_2018		0,319	
TRA_KOD_2018			0,675
U_KOD_2018	0,237		

8.2.3 Analiza rezultata konačnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)

Eliminiranjem prethodno navedenih manifestnih varijabli oblikovan je konačni model prikazan na slici 31.



Slika 31. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2018. godina)

Konačni PLS-SEM model učinkovitosti nadzornika sastoji se od sljedećih manifestnih varijabli vezanih na promatrane latentne varijable – *pred*, *nac* i *ucin*. Na latentnu varijablu *pred* vežu se manifestne varijable BOL_KOD_2018 te RM_KOD, a na latentnu varijablu *ucin* vežu se OA_KOD_2018, OTK_5_KOD_2018 te TRA_KOD_2018. Latentna varijabla *nac* veže se samo za jednu manifestnu varijablu – HAK_KOD_2018, zbog čega manifestna i latentna varijabla imaju istu vrijednost (vanjsko opterećenje je jedan) te povezanost nema smjer, odnosno nije reflektivna ni formativna. Vrijednosti vanjskih opterećenja povezanih na latentne varijable navedene su u Tablici 29.

Tablica 29. Matrica vanjskih opterećenja za konačni PLS-SEM model (2018. godina)

	<i>Vanjska faktorska opterećenja latentnih varijabli</i>		
<i>Manifestna varijabla</i>	nac	pred	ucin
BOL_KOD_2018		0,561	
HAK_KOD_2018	1,000		
OA_KOD_2018			0,883
OTK_5_KOD_2018			0,636
RM_KOD		0,806	
TRA_KOD_2018			0,696

8.2.3.1 Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela (2018. godina)

U svrhu procjene pouzdanosti unutarnje konzistentnosti, rezultati su prikazani u Tablici 30. Analizom ostvarenih rezultata vrijednosti kompozitne pouzdanosti, može se zaključiti da se vrijednosti nalaze u intervalu od 0,643 do 1,000. U skladu s navedenim, manifestne varijable dobro predstavljaju latentne varijable, odnosno pouzdanost je dobra.

Tablica 30. Kompozitna pouzdanost (ρ) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

<i>Latentna varijabla</i>	Kompozitna pouzdanost (ρ)
nac	1,000
pred	0,643
ucin	0,787

U Tablici 31. prikazani su rezultati analize konvergentne valjanosti modela. Kako bi se ispravno procijenila konvergentna valjanost, prvo se analiziraju vrijednosti vanjskih faktorskih opterećenja. Međutim, navedena analiza provedena je prilikom analize inicijalnog modela, kada su neodgovarajuće vrijednosti vanjskih opterećenja eliminirane iz modela. Razmatranjem vrijednosti konvergentne valjanosti koje su iskazane AVE parametrom, evidentno je da latentne varijable u gotovo svim slučajevima objašnjavaju više od pola varijance povezanih manifestnih varijabli jer se vrijednosti nalaze u intervalu od 0,482 do 1,000. Jedino je kod latentne varijable *pred* AVE vrijednost neznatno manja od 0,50. No, kako je kompozitna pouzdanost promatrane latentne varijable veća od 0,60, vrijednost se prihvaća kao takva te se može utvrditi konvergentna valjanost modela.

Tablica 31. Konvergentna valjanost (AVE) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

<i>Latentna varijabla</i>	AVE
nac	1,000
pred	0,482
ucin	0,556

Tablica 32. prikazuje rezultate diskriminantne valjanosti HTMT omjera korelacije modela. Vrijednosti HTMT omjera korelacije manje su od referentne vrijednosti 0,85, odnosno nalaze se u intervalu od 0,268 do 0,612. Prema tome, rezultati sugeriraju da su latentne varijable konceptualno različite i da je ostvarena diskriminantna valjanost latentnih varijabli.

Tablica 32. Diskriminantna valjanost (HTMT) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

HTMT rezultati	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			
pred	0,502		
ucin	0,268	0,612	

Na temelju procjene i analize dobivenih rezultata moguće je nastaviti s procjenom rezultata strukturalnog modela.

8.2.3.2 Procjena rezultata strukturalnog modela (2018. godina)

U svrhu procjene strukturalnog modela koja slijedi nakon procjene mjernog modela, prvo se procjenjuje kolinearnost između latentnih varijabli čiji su rezultati prikazani u Tablici 33.

Tablica 33. Procjena kolinearnosti (VIF) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

VIF rezultati	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			1,021
pred	1,000		1,021
ucin			

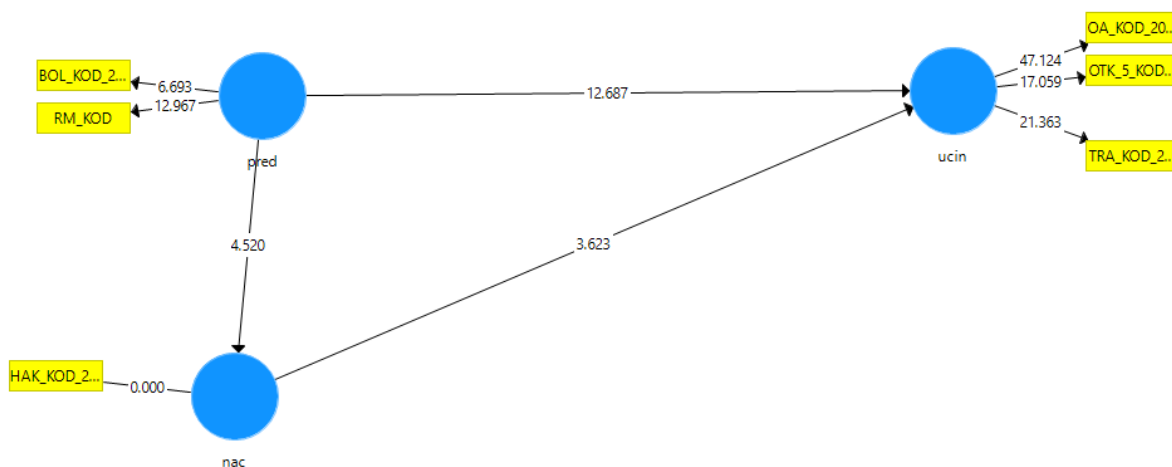
Na temelju ostvarenih VIF rezultata koji se nalaze u intervalu od 1,000 do 1,021, utvrđena kolinearnost je manja od referentne vrijednosti koja iznosi 5. Dakle, rezultati ukazuju na to da nema problema kolinearnosti između promatranih latentnih varijabli.

Zatim se analiziraju vrijednosti koeficijenata putanje prikazane u Tablici 34. Najsnažniji utjecaj utvrđuje se između latentnih varijabli *pred* i *ucin* (-0,441). Približno jednak, slabiji utjecaj uočava se između latentnih varijabli *nac* i *ucin* (0,144) te latentnih varijabli *pred* i *nac* (-0,142).

Tablica 34. Koeficijenti putanje konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

Koeficijenti putanje	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			0,144
pred	-0,142		-0,441
ucin			

U svrhu utvrđivanja značajnosti odnosa među latentnim varijablama, primijenjena je *bootstrap* metoda (Slika 32.). Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 35.



Slika 32. *Bootstrap* metoda primijenjena na konačnom modelu (2018. godina)

Tablica 35 Rezultati *bootstrap* metode za konačni PLS-SEM model (2018. godina)

	Aritmetička sredina originalnog uzorka	Aritmetička sredina (<i>bootstrap</i>)	Standardna devijacija	t-vrijednost	p-vrijednost
nac - >ucin	0,144	0,145	0,040	3,623	0,000
pred - >nac	-0,142	-0,145	0,031	4,520	0,000
pred - >ucin	-0,441	-0,441	0,035	12,687	0,000

Analizom rezultata utvrđuje se da su svi odnosi između sve tri latentne varijable značajni na razini vjerodostojnosti od 95 %, odnosno p vrijednost u sva tri slučaja iznosi manje od 0,05.

Tablica 36. Koeficijenti determinacije (R^2) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

Latentna varijabla	R^2	R^2 prilagođeni
nac	0,020	0,018
ucin	0,233	0,230

U Tablici 36. prikazani su rezultati koeficijenata determinacije zajedno s prilagođenim koeficijentom u svrhu utvrđivanja prediktivne snage modela. U oba slučaja (0,018 i 0,230) rezultati ukazuju na to da model ima dovoljnu prediktivnu snagu. Međutim, iako objašnjenost postoji, relativno je mala s obzirom na vrijednosti R^2 , poglavito u slučaju latentne varijable *nac*.

Rezultati veličine utjecaja modela prikazani su u Tablici 37. Kako su sve vrijednosti veće od 0,02, utjecaj je prisutan. Uočava se veći utjecaj latentne varijable *pred* na latentnu varijablu *ucin* (0,248) i slabi utjecaji latentne varijable *nac* na latentnu varijablu *ucin* (0,027) te latentnu varijable *pred* na latentnu varijablu *nac* (0,021).

Tablica 37. Veličina utjecaja (f^2) konačnog PLS-SEM modela (2018. godina)

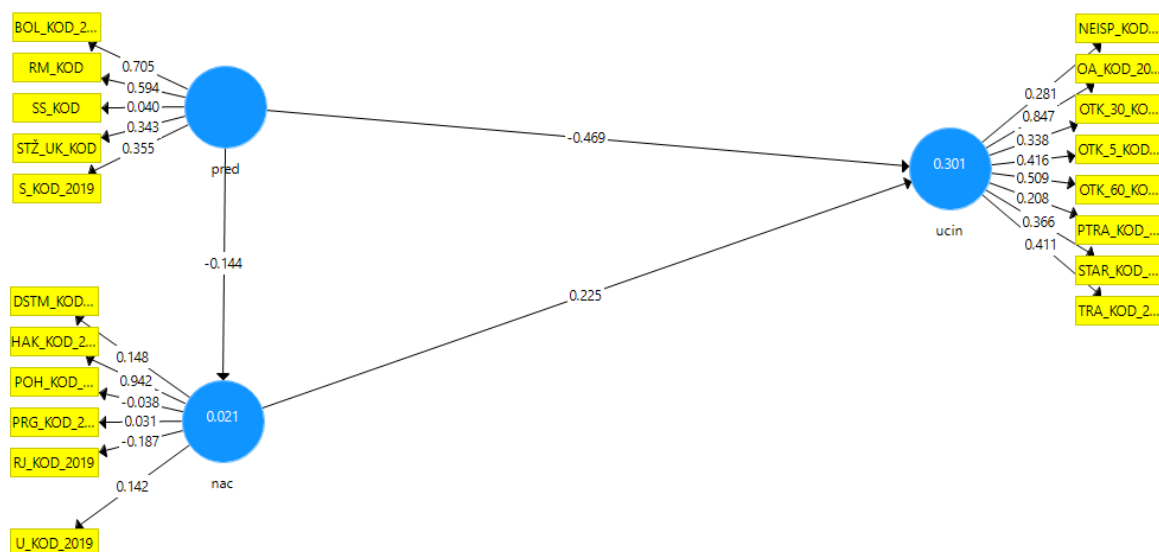
Veličina utjecaja (f^2)	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			0,027
pred	0,021		0,248
ucin			

Na temelju prikazanih rezultata, strukturalni model prikazuje statistički značajne korelacije ključne za potvrđivanje hipoteze, te se hipoteza potvrđuje i prihvaća se oblikovani model. Iako su ostvareni bolji rezultati u pogledu značajnosti odnosa između latentnih varijabli, model na podacima iz 2018. godine sadrži manji broj manifestnih varijabli.

8.2.4 Inicijalni i korigirani PLS-SEM modeli učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)

Postavljena je jednaka istraživačka hipoteza kao i za prethodna dva modela koja glasi: ***Predispozicije za rad svakog nadzornika utječu na njegov način rada te u konačnici i na njegovu učinkovitost. Također, način rada nadzornika utječe na njegovu učinkovitost.***

Inicijalni model oblikovao se na jednak način kao i kod prethodna dva modela (za 2017. i 2018. godinu). Dakle, uzete su u obzir iste latentne varijable, veze između njih te manifestne varijable koje su povezane na latentne varijable, te se zbog navedenog u ovom poglavlju neće detaljno prikazivati. Prethodno su također kodirane vrijednosti svih promatranih varijabli. Kako je analizom podataka utvrđeno da je manifestnoj varijabli STM_KOD_2019 varijanca jednaka nuli, navedena manifestna varijabla eliminira se iz daljnje analize zbog problema singularne matrice te se ni ne pokreće PLS-SEM algoritam na inicijalnome modelu.



Slika 33. Korigirani PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)

Slika 33. prikazuje korigirani model dobiven eliminacijom prethodno navedene manifestne varijable. U nastavku su navedeni rezultati modela dobiveni pokretanjem algoritma.

8.2.5 Analiza rezultata korigiranog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)

Tablica 38. prikazuje rezultate vanjskih opterećenja latentnih varijabli dobivene pokretanjem algoritma na korigiranom modelu. Vrijednosti vanjskih faktorskih opterećenja nalaze se u intervalu od -0,187 do 0,942. Trinaest manifestnih varijabli ostvaruje vanjska faktorska opterećenja manja od 0,40 (označeno crvenom bojom) te su eliminirane iz daljnje analize uzimajući u obzir referentne vrijednosti konvergentne valjanosti.

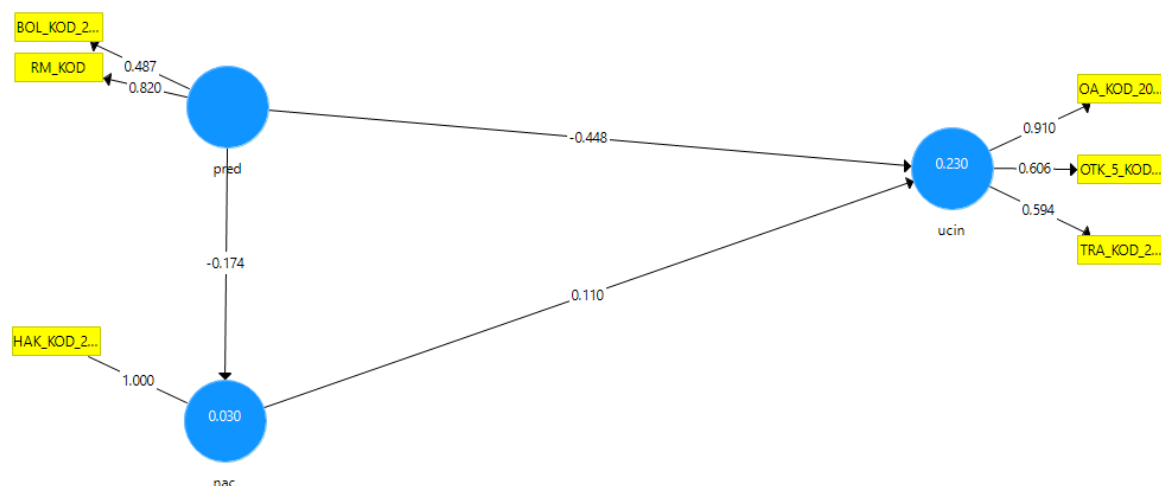
Tablica 38. Matrica vanjskih opterećenja za korigirani PLS-SEM model (2019. godina)

	<i>Vanjska faktorska opterećenja latentnih varijabli</i>		
<i>Manifestna varijabla</i>	nac	pred	ucin
BOL_KOD_2019		0,705	
DSTM_KOD_2019	0,148		
HAK_KOD_2019	0,942		
NEISP_KOD_2019			0,281
OA_KOD_2019			0,847
OTK_30_KOD_2019			0,338

OTK_5_KOD_2019			0,416
OTK_60_KOD_2019			0,388
POH_KOD_2019	-0,038		
PRG_KOD_2019	0,031		
PTRA_KOD_2019			0,208
RJ_KOD_2019	-0,187		
RM_KOD		0,594	
SS_KOD		0,040	
STAR_KOD_2019			0,366
STŽ_UK_KOD		0,343	
S_KOD_2019		0,355	
TRA_KOD_2019			0,411
U_KOD_2019	0,142		

8.2.6 Analiza rezultata konačnog PLS-SEM modela učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)

Eliminiranjem prethodno navedenih manifestnih varijabli oblikovan je konačni model prikazan na slici 34. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti nadzornika sastoji se od sljedećih manifestnih varijabli vezanih na promatrane latentne varijable – *pred*, *nac* i *ucin*. Na latentnu varijablu *pred* vežu se manifestne varijable BOL_KOD_2019 te RM_KOD, a na latentnu varijablu *ucin* vežu se OA_KOD_2019, OTK_5_KOD_2019 te TRA_KOD_2019. Latentna varijabla *nac* veže se samo za jednu manifestnu varijablu – HAK_KOD_2019, zbog čega manifestna i latentna varijabla imaju istu vrijednost (vanjsko opterećenje je jedan) te povezanost nema smjer, odnosno nije reflektivna ni formativna.



Slika 34. Konačni PLS-SEM model učinkovitosti rada nadzornika (2019. godina)

8.2.6.1 Procjena rezultata reflektivnog mjernog modela (2019. godina)

Tablica 39. prikazuje vrijednosti kompozitne pouzdanosti koje ukazuju na pouzdanost unutarnje konzistentnosti. Analizom ostvarenih rezultata vrijednosti kompozitne pouzdanosti, može se zaključiti da se vrijednosti nalaze u intervalu od 0,611 do 1,000. U skladu s navedenim, manifestne varijable dobro predstavljaju latentne varijable, odnosno pouzdanost je dobra.

Tablica 39. Kompozitna pouzdanost (ρ) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

<i>Latentna varijabla</i>	Kompozitna pouzdanost
nac	1,000
pred	0,611
ucin	0,754

U Tablici 40. prikazani su rezultati analize konvergentne valjanosti modela. Kako bi se ispravno procijenila konvergentna valjanost, prvo se analiziraju vrijednosti vanjskih faktorskih opterećenja. Međutim, neodgovarajuće vrijednosti vanjskih opterećenja u prvim su koracima eliminirane iz modela. Razmatranjem vrijednosti konvergentne valjanosti koje su iskazane AVE parametrom, evidentno je da latentne varijable u gotovo svim slučajevima objašnjavaju više od pola varijance povezanih manifestnih varijabli jer se vrijednosti nalaze u intervalu od 0,455 do 1,000. Jedino je kod latentne varijable *pred* AVE vrijednost neznatno manja od 0,50.

No, kako je kompozitna pouzdanost promatrane latentne varijable veća od 0,60, vrijednost se prihvaća kao takva te se može utvrditi konvergentna valjanost modela.

Tablica 40. Konvergentna valjanost (AVE) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

<i>Latentna varijabla</i>	AVE
nac	1,000
pred	0,455
ucin	0,516

Tablica 41. prikazuje rezultate diskriminantne valjanosti HTMT omjera korelacije modela. Vrijednosti HTMT omjera korelacije manje su od referentne vrijednosti 0,85, odnosno nalaze se u intervalu od 0,238 do 0,612. Prema tome, rezultati sugeriraju da su latentne varijable konceptualno različite i da je ostvarena diskriminantna valjanost latentnih varijabli.

Tablica 41. Diskriminantna valjanost (HTMT) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

HTMT rezultati	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			
pred	0,339		
ucin	0,238	0,612	

Na temelju procjene i analize dobivenih rezultata moguće je nastaviti s procjenom rezultata strukturalnog modela.

8.2.6.2 Procjena rezultata strukturalnog modela (2019. godina)

U svrhu procjene strukturalnog modela koja slijedi nakon procjene mjernog modela, prvo se procjenjuje kolinearnost između latentnih varijabli, čiji su rezultati prikazani u Tablici 42.

Tablica 42. Procjena kolinearnosti (VIF) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

VIF rezultati	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			1,031
pred	1,000		1,031
ucin			

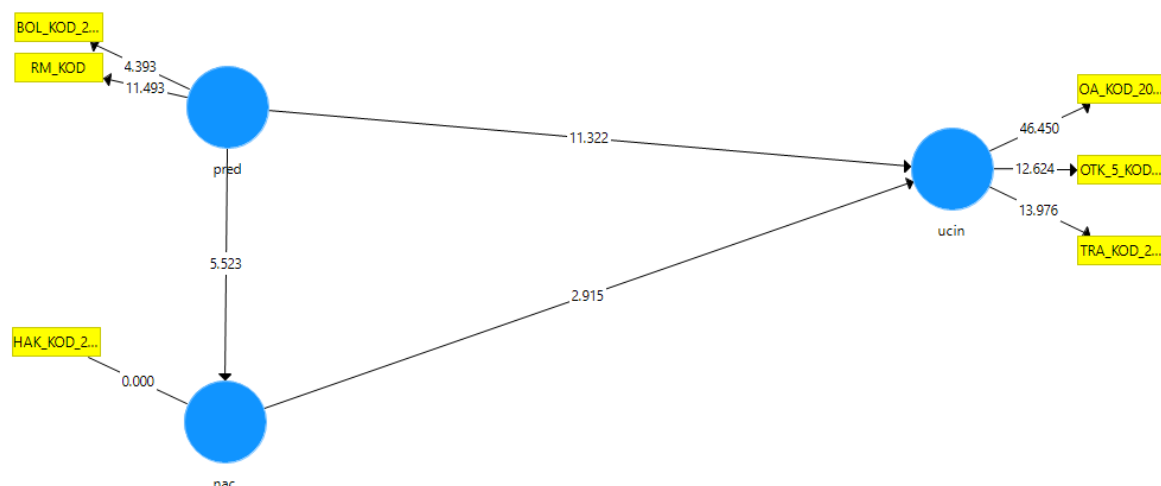
Na temelju ostvarenih VIF rezultata koji se nalaze u intervalu od 1,000 do 1,031, utvrđena kolinearnost manja je od referentne vrijednosti koja iznosi 5. Dakle, rezultati ukazuju na to da nema problema kolinearnosti između promatranih latentnih varijabli.

Zatim se analiziraju vrijednosti koeficijenata putanje prikazane u Tablici 43. Najsnažniji utjecaj utvrđuje se između latentnih varijabli *pred* i *ucin* (-0,448). Slabiji utjecaj uočava se između latentnih varijabli *pred* i *nac* (-0,174) te latentnih varijabli *nac* i *ucin* (0,110).

Tablica 43. Koeficijenti putanje konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

Koeficijenti putanje	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			0,110
pred	-0,174		-0,448
ucin			

Zatim je primijenjena *bootstrap* metoda, koja ukazuje na značajnost odnosa među latentnim varijablama (Slika 35.). Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 44.



Slika 35. *Bootstrap* metoda primijenjena na konačnom PLS-SEM modelu (2019. godina)

Tablica 44. Rezultati *bootstrap* metode za konačni PLS-SEM model (2019. godina)

	Aritmetička sredina originalnog uzorka	Aritmetička sredina (<i>bootstrap</i>)	Standardna devijacija	t-vrijednost	p-vrijednost
nac - >ucin	0,110	0,108	0,038	2,915	0,004
pred - >nac	-0,174	-0,176	0,032	5,523	0,000
pred - >ucin	-0,448	-0,454	0,040	11,322	0,000

Na temelju prikazanih rezultata evidentno je da su svi odnosi između latentnih varijabli značajni na razini vjerodostojnosti od 95 %, odnosno p vrijednost u sva tri slučaja iznosi manje od 0,05.

Tablica 45. Koeficijenti determinacije (R^2) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

Latentna varijabla	R^2	R^2 prilagođeni
nac	0,030	0,029
ucin	0,230	0,227

Tablica 45. prikazuje rezultate koeficijenta determinacije, zajedno s prilagođenim koeficijentom koji prikazuje adekvatnije rezultate prediktivne snage modela. U oba slučaja (0,029 i 0,227) rezultati ukazuju na to da model ima dovoljnu prediktivnu snagu. Međutim, iako objašnjenost postoji, relativno je mala s obzirom na vrijednosti R^2 , poglavito u slučaju latentne varijable *nac*.

Tablica 46. Veličina utjecaja (f^2) konačnog PLS-SEM modela (2019. godina)

Veličina utjecaja (f^2)	<i>Latentna varijabla</i>		
<i>Latentna varijabla</i>	nac	pred	ucin
nac			0,023
pred	0,031		0,253
ucin			

Rezultati veličine utjecaja modela prikazani su u Tablici 46. Kako su sve vrijednosti veće od 0,02, utjecaj je prisutan. Uočava se veći utjecaj latentne varijable *pred* na latentnu varijablu *ucin* (0,253) i slabi utjecaji latentne varijable *nac* na latentnu varijablu *ucin* (0,023) te latentne varijable *pred* na latentnu varijablu *nac* (0,031).

Na temelju prikazanih rezultata strukturalni model prikazuje statistički značajne korelacije ključne za potvrđivanje hipoteze, te se hipoteza potvrđuje i prihvaća se oblikovani model. Ostvareni model jednak je modelu dobivenom analizom podataka za 2018. godinu.

8.3 Analiza i usporedba dobivenih PLS-SEM rezultata

Cilj je provođenja PLS-SEM analize bio utvrditi koji su parametri značajni prilikom praćenja učinkovitosti rada nadzornika. Na temelju provedenih analiza podataka za tri odabrane godine, moguće je usporediti dobivene vrijednosti i iznijeti odgovarajuće zaključke o ponašanju modela u promatranom razdoblju.

Tablica 47. prikazuje broj manifestnih varijabli po latentnim varijablama za svaki od tri modela (2017., 2018. i 2019.). Najbolji model prema ostvarenim rezultatima dobiven je na podacima iz 2018. godine. Međutim, oblikovanjem modela koji se temelji na podacima iz 2017. godine moguće je uzeti u obzir veći broj manifestnih varijabli od modela koji se temelje na podacima iz 2018. i 2019. godine. Evidentno je da je iz inicijalnog modela bilo potrebno eliminirati veći broj manifestnih varijabli sukladno pravilima i ograničenjima prilikom obavljanja procjene modela. No, to ne znači da je iste manifestne varijable potrebno zanemariti kod definiranja ključnih pokazatelja uspješnosti te njihova praćenja tijekom određenog perioda.

U konkretnom slučaju, iako je već u početnim koracima bilo potrebno eliminirati manifestne varijable postotak neispravnosti pregledanih vozila, prosječna godina starosti pregledanih vozila i prosječno trajanje tehničkog pregleda, one su zakonski propisane te se iskustveno prate prilikom procjene kvalitete i učinkovitosti rada nadzornika. No, navedeni parametri često su posljedica karakteristika i stanja vozila koja se pregledavaju u određenoj stanici za tehnički pregled, odnosno posljedica su uvjeta konkretne mikrolokacije i platežne moći stanovnika promatranog područja. Iako vrijednosti mogu ukazati na lošu kvalitetu rada i neučinkovit rad kao posljedicu potencijalne manipulacije i loše radne etike, u većoj mjeri ukazuju na osobine voznog parka te stoga nije ostvarena veća težina manifestnih varijabli prilikom povezivanja na latentnu varijablu.

To je jednako tako vezano uz način rada. U svim slučajevima pokazalo se da su pogreške u radu koje su utvrđene prilikom stručnog nadzora prilično značajna manifestna varijabla latentne varijable način rada, dok, s druge strane, prigovori na rad, pohvale, stimulacije, upozorenja itd. nisu imali veliku važnost. To ne znači da nije bitno pratiti ih i uklopiti u konačni model, nego da ih nema u većem broju te stoga nemaju važnost i statističku značajnost prilikom opisivanja latentne varijable način rada.

PLS-SEM analiza provedena za tri promatrane godine utvrdila je da na konačnu učinkovitost nadzornika utječu njegove predispozicije za rad i način njegova rada. Također, da predispozicije za rad utječu zasebno i na način rada. Kad se spominju predispozicije, u prvom redu naglasak je na radnome mjestu nadzornika, jer što je nadzornik na boljoj poziciji, to će osjećati i imati veću odgovornost da svoj posao radi na ispravan način te da bude maksimalno učinkovit. Vezano uz učinkovitost, jasno je da što nadzornik ostvaruje veću vrijednost OA jedinica, to je više učinkovit, zatim što je broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 5 minuta manji, to je rad kvalitetniji i učinkovitiji, te također, što je manji broj vozila pregledanih u 20 minuta, a to podrazumijeva i vrijeme prijave, to je nadzornik učinkovitiji.

Tablica 47. Broj manifestnih varijabli po latentnim varijablama za tri analizirana modela

Model	Latentna varijabla <i>pred</i>	Latentna varijabla <i>nac</i>	Latentna varijabla <i>ucin</i>
2017. godina	1 manifestna varijabla: • RM_KOD	2 manifestne varijable: • HAK_KOD_2017 • STM_KOD_2017	4 manifestne varijable: • OA_KOD_2017 • OTK_5_KOD_2017 • OTK_60_KOD_2017 • TRA_KOD_2017
2018. godina	2 manifestne varijable: • BOL_KOD_2018 • RM_KOD	1 manifestna varijabla: • HAK_KOD_2018	3 manifestne varijable: • OA_KOD_2018 • OTK_5_KOD_2018 • TRA_KOD_2018
2019. godina	2 manifestne varijable: • BOL_KOD_2019 • RM_KOD	1 manifestna varijabla: • HAK_KOD_2019	3 manifestne varijable: • OA_KOD_2019 • OTK_5_KOD_2019 • TRA_KOD_2019

9 ZAKLJUČAK

Praćenje učinkovitosti rada organizacija, a najviše ljudskog čimbenika, oduvijek je bilo jedna od ključnih aktivnosti za postizanje uspješnog poslovanja. Analizom velikog broja radova (poglavlje 2.1 i poglavlje 5.) evidentno je da se jedne te iste metode u sklopu upravljanja ljudskim potencijalima primjenjuju u organizacijama diljem svijeta, no njihova je ključna karakteristika subjektivnost i loša potkrijepljenost numeričkim podacima. Drugim riječima, procjena rada zaposlenika najčešće se provodi metodom 360 stupnjeva ili njezinim varijantama, gdje procjenu rada zaposlenika opisno obavljaju nadređena osoba i ostali sudionici u radnom procesu. Ovisno o radnoj etici i poslovnom okruženju, navedeno pruža prostora subjektivnoj pristranosti i mogućnosti loše radne etike.

Budući da loš način rada ljudskog čimbenika u velikoj mjeri može narušiti poslovne procese te poslovanje organizacija, što je u prvom redu bila motivacija izrade ovog doktorskog rada, nužno je razviti strategiju identificiranja takvog ponašanja, praćenja rada pomoću prethodno definiranih ključnih pokazatelja uspješnog rada i oblikovanja tehnoloških rješenja koji će utvrđene gubitke svesti na najmanju moguću mjeru.

Kako bi se ostvarilo prethodno navedeno, u ovom istraživanju detaljno je analizirana literatura u području procjene rada, koja je u većoj mjeri vezana uz područje rada upravljanja ljudskim potencijalima i psihologiju. Također, budući da se radi o upravljanju, naglasak je bio na istraživanju područja vitkog upravljanja, ali unutar uslužnih i neproizvodnih organizacija. Osim toga, analizirano je i područje industrije 4.0 te primjene digitalnih tehnologija koje se implementiraju u kontekstu. Iako je navedeno većinom bilo primjenjivano u kontekstu proizvodnje, dana je perspektiva implementacije navedenih koncepata te tehnologija i u drugim poslovnim okruženjima. Naglasak je prije svega dan na utvrđivanju gubitaka, analizi podataka i primjeni adekvatne statističke metode druge generacije – PLS-SEM metode, koja se sve više primjenjuje u znanstvenim istraživanjima, gdje je pojedine parametre potrebno analizirati, a nije ih moguće izravno mjeriti i kvantificirati. Rezultat integracije svih navedenih disciplina jest predloženi *LEHID* interdisciplinarni model, koji svoje uporište ima u vitkom upravljanju, tehnologiji karakterističnoj za industriju 4.0, praćenju parametara te analizi podataka, s naglaskom na ljudski čimbenik. Cilj modela je identifikacija, oblikovanje i praćenja parametara koji su ključni u radnom procesu zaposlenika te reducirati utvrđene gubitke i povećati učinkovitost ljudskog čimbenika.

Testiranjem modela na primjeru rada nadzornika u sustavu provođenja tehničkih pregleda prikazana je uspješna primjena predloženih rješenja. Analiza procesa vitkim načinom razmišljanja doprinijela je utvrđivanju problematičnih područja rada, unutar kojih je u konačnici implementirano digitalno rješenje u obliku RFID tehnologije. Kako bi se utvrdila značajnost pojedinih parametara prilikom praćenja i procjene učinkovitosti, primijenjena je metoda PLS-SEM na podacima iz 2017. godine, kada pojedini dijelovi predloženog modela još nisu bili implementirani. Dobiveni rezultati odstupali su od očekivanih zbog eliminacije većeg broja manifestnih varijabli. Međutim, navedeno je posljedica primjene PLS-SEM analize na sekundarnim podacima, koja se predlaže u teoriji, no nije prikazana na većem broju praktičnih primjera. Sukladno navedenom, očekivalo se da će sekundarni podaci biti kompleksniji za analizu od primarnih. No, iako su pojedini parametri morali biti eliminirani, metoda je potvrdila postavljenu hipotezu. Također, metoda je ostvarila odličan temelj za uvođenje i oblikovanje aplikacijskog rješenja za praćenje rada zaposlenika. Osim toga, model je dokazao da je za ostvarivanje učinkovitog rada nadzornika nužno usmjeriti se na njegove predispozicije za rad u smislu kontinuiranog educiranja, te na njegov način rada ukazivanjem na dobru radnu etiku, postojeće zakonske propise, ostvarene rezultate rada i pravila rada.

U svrhu utvrđivanja utjecaja predloženog modela na sustav tehničkog pregleda, provedena je analiza i usporedba prethodno definiranih KPI-eva za tri promatrane godine – 2017., 2018. i 2019. godinu. Utvrđena su mala, ali značajna poboljšanja rezultata varijabli, koja su očekivana s obzirom na relativno kratak period implementacije. Također, PLS-SEM metoda je zatim primijenjena i na podacima iz 2018. i 2019. godine, kako bi se utvrdilo ponašanje modela. Iako modeli iz 2018. i 2019. godine sadrže jednu manifestnu varijablu manje, dolazi do poboljšanja modela. Jednako tako, evidentno je kako su strukture modela iz 2018. i 2019. godine jednake, odnosno modeli se sastoje od istih manifestnih varijabli. Prethodno navedeno ukazuje na postignutu promjenu u sustavu u odnosu na 2017. godinu, što ukazuje na pozitivan utjecaj postepene primjene *LEHID* modela. Iako navedena poboljšanja nisu velikog razmjera zbog kratkog perioda implementacije, očekuje se da će se tijekom duljeg razdoblja rezultati još više poboljšavati.

Detaljan zaključak doktorskog rada bit će prikazan u nastavku, navođenjem ostvarenih ciljeva doktorskog rada, ostvarenog znanstvenog doprinosa, definicijom ograničenja istraživanja i smjernicama za buduća istraživanja.

9.1 Ostvareni ciljevi doktorskog rada

U poglavlju 1.3 navedeni su ciljevi koji su bili postavljeni prilikom definiranja teme doktorskog rada. U nastavku je objašnjeno njihovo ostvarivanje.

- *Prvi je cilj bio primjenom vitkog razmišljanja definirati koncept analize gubitaka s naglaskom na djelovanje čovjeka, odnosno ljudskog čimbenika unutar procesa rada.* Analizom velikog broja znanstvenih radova u području vitkog upravljanja utvrđeno je da sve veći broj provedenih recentnih istraživanja promatra gubitke u kontekstu uslužnih djelatnosti te razmatra kako pojedini gubici vezani uz proizvodnu djelatnost nisu prisutni i u neproizvodnom okruženju. Odnosno, zaključuju da je pojedine od njih potrebno preimenovati. U ovom je radu u sklopu predloženog modela predložen i način definiranja gubitaka u procesima koje odlikuje djelovanje ljudskog čimbenika kao ključnog čimbenika za rezultat procesa. Također, pojedini su gubici prepoznati i navedeni nakon analize procesa tehničkog pregleda od strane nadzornika kao sudionika u procesu.
- *Drugi je cilj bio utvrditi način određivanja parametara koji utječu na rad ljudskog čimbenika u procesima, a koji će poslužiti kao temelj za razvijanje modela.* Utvrđeno je da je optimalan način primjena vitkog razmišljanja u smislu provođenja analize procesa kako bi se utvrdilo kakvi sve podaci opisuju sam proces. Međutim, potrebno je precizno definirati koji od potencijalnih parametara imaju najveći utjecaj na rad ljudskog čimbenika. U tu svrhu primijenila se PLS-SEM metoda, kojom se oblikovao model pomoću kojeg je bilo moguće utvrditi koji sve parametri imaju utjecaj na učinkovitost nadzornika prilikom njegova rada.
- *Treći je cilj bio pomoću definiranih parametara razviti model koji će omogućiti praćenje i poboljšanje učinkovitosti ljudskog čimbenika unutar različitih procesa.* Cilj je ostvaren oblikovanjem LEHID modela. Model je omogućio praćenje i unaprjeđenje učinkovitosti ljudskog čimbenika. U kontekstu tehničkih pregleda, cilj se ostvario upravo pomoću definiranja predloženih KPI-eva pomoću kojih je moguće pratiti učinkovitost ljudskog čimbenika te uvođenjem RFID tehnologije i aplikacijskog rješenja za praćenje predloženih KPI-eva.
- *Četvrti je cilj bio pomoću razvijenog modela optimizirati parametre, prikazati način postizanja poboljšanja koristeći dostupne podatke te prikazati usporedbu vrijednosti*

promatranih parametara kroz tri vremenske točke implementacije novog modela. Optimizacija pojedinih parametara ostvarena je primjenom RFID tehnologije i aplikacijskog rješenja za praćenje predloženih KPI-eva u obliku izvještaja. Kako bi se utvrdilo poboljšanje, usporedili su se podaci od 2017. godine, kad se oblikovani model nije primjenjivao, zatim od 2018., kad se započelo s primjenom navedene tehnologije, te od 2019., kad se u velikoj mjeri primjenjivala. Evidentna su bila poboljšanja vrijednosti promatranih parametara koji su ukazali na veću radnu učinkovitost.

9.2 Potvrda hipoteze doktorskog rada

Temelj doktorskog rada bila je sljedeća prethodno definirana hipoteza:

Razvijenim „Novim modelom praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika u procesima“ unaprijedit će se učinkovitost procesa donošenja odluka, omogućit će se veća transparentnost te će se osigurati donošenje optimalnih odluka u realnom vremenu.

Hipoteza je potvrđena primjenom razvijenog modela *LEHID* na primjeru rada nadzornika u sustavu tehničkih pregleda. Također, ostvarivanje svih ciljeva ovog doktorskog rada u konačnici je potvrdilo hipotezu. Predloženi model uistinu je omogućio veću transparentnost, na način da je pojedine aktivnosti koje je karakterizirala mogućnost pogreške i manipulacije digitalizirao te je omogućio jednostavan pristup podacima i rezultatima rada, što predstavlja temelj i podršku daljnjem postupanju i donošenju adekvatnih odluka.

9.3 Ostvareni znanstveni doprinos doktorskog rada

Oblikovanjem predloženog modela *LEHID* predložen je način rješavanja problematike koja je bila motivacija provedenog istraživanja, a odnosilo se na rješavanje problema manipulativnog rada i loše radne etike. Također, ostvareni su i sljedeći znanstveni doprinosi:

- *Razvijen je koncept određivanja gubitaka u procesima gdje je naglasak na ljudskom čimbeniku.*
- *Razvijeni novi model praćenja učinkovitosti ljudskih čimbenika moguće je primijeniti u različitim područjima djelovanja gdje se nazire potreba za donošenjem kvalitetnih odluka koje su često subjektivne. Na taj je način ostvarena univerzalnost modela.*
- *Razvijeni novi model smanjuje preveliku autonomiju u procesima, čime se ostvaruje veća produktivnost procesa.*

9.4 Dodatna postignuća doktorskog rada

Prethodno navedeni ostvareni znanstveni doprinosi ujedno su bili i očekivani te navedeni u poglavlju 1.5. Međutim, tijekom provođenja istraživanja u svrhu izrade doktorskog rada, došlo je do sljedećih dodatnih postignuća doktorskog rada:

- *Predloženi model praćenja rada ljudskih čimbenika, za razliku od postojećih metoda koje su analizirane u poglavlju 5., pruža kvalitetan kvantitativan temelj za donošenje ispravnih objektivnih odluka u području upravljanja ljudskim potencijalima.*
- *Metoda vitkog upravljanja pokazala se kao odlično rješenje u kombinaciji s primjenom RFID tehnologije te analizom velike količine podataka. Time se potvrdilo zagovaranje brojnih znanstvenika, a vezano uz integraciju vitkog upravljanja i digitalizacije u koncept digitalno-vitkog upravljanja.*
- *PLS-SEM metoda druge generacije pokazala se odličnom metodom za analizu podataka i utvrđivanje povezanosti između parametara koje nije moguće izravno mjeriti. Također, iako brojna literatura kao jednu od prednosti metode navodi analizu sekundarnih podataka, navedeno je istraženo u vrlo malom broju radova. Upravo je ovaj primjer jedan od rijetkih gdje je metoda kao takva primijenjena na sekundarnim podacima iz baze podataka te je potvrđeno da je primjenjiva.*
- *Prikazan je način provođenja analize procesa omogućavanjem šire perspektive o samom procesu – od strane promatrača i sudionika. Navedeno se pokazalo odličnim načinom utvrđivanja gubitaka unutar procesa jer osobe koje obavljaju konkretan posao često ne primjećuju određene poteškoće, a promatrači ne razumiju srž procesa.*
- *Budući da se mali broj istraživanja u području procjene izvedbe usmjerava na zajedničku primjenu vitkog upravljanja i analitičkih metoda, ostvaren je doprinos u tom pogledu.*
- *Predloženi model rezultirao je većom transparentnošću i pojednostavljenjem postupaka u sustavu tehničkih pregleda, što u konačnici ima utjecaj na sigurnost prometa na cestama. Svaka mogućnost smanjenja manipulacije prilikom donošenja odluke o tehničkoj ispravnosti vozila veliki je doprinos jer čak oko 15 % prometnih nesreća bude izravno povezano s neispravnostima na vozilima.*

9.5 Ograničenja postojećeg i smjernice za buduća istraživanja

Glavno ograničenje provedenog istraživanja vezano je uz relativno kratki period implementacije predloženog modela. Zbog navedenog nije došlo do znatnijeg unaprjeđenja promatranih parametara. Iako je u svrhu analize utjecaja bilo moguće uzeti u obzir i podatke iz 2020. godine, u navedenoj je godini, kako u cijelom svijetu tako i u sustavu tehničkih pregleda, došlo do određenih anomalija zbog pandemije bolesti COVID-19. Zbog toga ne bi bilo moguće podatke uspoređivati s prethodnima i zaključci bi bili pogrešno izneseni.

U skladu s interdisciplinarnom karakteristikom teme, buduća istraživanja moguće je razviti u nekoliko smjerova koji su navedeni u nastavku.

Prvi je smjer usmjeravanje na područje procjene izvedbe. U svrhu definiranja objektivnog, transparentnog i automatiziranog sustava predlaganja odluka o izvedbi zaposlenika, moguće je primijeniti neuronske mreže ili ekspertne sustave. Na taj bi se način ostvario temelj pametnog odlučivanja. U tom je području već objavljen rad [229] u kojem je prikazana primjena ekspertnog sustava na procesu procjene izvedbe nadzornika. Ideja bi bila proširiti provedeno istraživanje prethodno navedenim metodama.

Drugi je smjer provođenje *benchmarkinga* u području primjene PLS-SEM metode. U tu svrhu bilo bi potrebno primijeniti metodu u nekom drugom kontekstu, također na sekundarnim podacima. Na taj bi se način jasnije utvrdila iskustva vezana uz dobivene rezultate i odstupanja od graničnih vrijednosti parametara kojima se provodi procjena modela, a koji su većinom definirani na primarnim podacima.

Treći je smjer provođenje istraživanja u kontekstu utvrđivanja barijera koje otežavaju uvođenje novih tehnoloških rješenja i modela te definiranja nužnih preuvjeta koji se odnose na ljudski čimbenik. Navedeno je također jedna od recentnijih tematika koju je potrebno što više istražiti kako bi se ispunili svi preuvjeti uspješne primjene metoda koje mijenjaju tehnološku strukturu procesa unutar organizacija. Analizom literature u tom području iskristalizirao se pojam „društvo 5.0“ (engl. *Society 5.0*).

Četvrti je smjer provođenje sličnog istraživanja na studiji slučaja sustava tehničkog pregleda u drugim državama. Na taj bi se način usporedili rezultati te iznijeli zajednički zaključci o različitim karakteristikama sustava i problemima u radu.

Peti je smjer daljnje unaprjeđenje sustava praćenja rada nadzornika kako bi se sva problematika i potencijalne manipulacije utvrdile u realnom vremenu. Trenutno predloženo aplikacijsko rješenje ne omogućava uvid u podatke u samom trenutku, nego s vremenskim odmakom od jednog dana. Također, ideja je usmjeriti se na prediktivnu analitiku.

Popis literature

- [1] Bevilacqua M, Ciarapica FE, De Sanctis I. Lean practices implementation and their relationships with operational responsiveness and company performance: an Italian study. *International Journal of Production Research*. 2017;55(3):769-94.
- [2] Leahy SM, Holland C, Ward F. The digital frontier: Envisioning future technologies impact on the classroom. *Futures*. 2019;113.
- [3] Koenig M, Ungerer C, Baltes G, Terzidis O. Different patterns in the evolution of digital and non-digital ventures' business models. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019;146:844-52.
- [4] Besser Freitag AE, Santos JdC, Reis AdC. Lean office and digital transformation: a case study in a services company. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2018;15(4):588-94.
- [5] Rezaei AR, Celik T, Baalousha Y. Performance measurement in a quality management system. *Scientia Iranica*. 2011;18(3):742-52.
- [6] Star S, Russ-Eft D, Braverman MT, Levine R. Performance Measurement and Performance Indicators: A Literature Review and a Proposed Model for Practical Adoption. *Human Resource Development Review*. 2016;15(2):151-81.
- [7] Hawksley JL. Developing a major accident prevention policy. *Journal of Hazardous Materials*. 1999;65(1-2):109-21.
- [8] Hendershot D. Measuring process safety performance. *Journal of Chemical Health & Safety*. 2007;14(5):47-8.
- [9] Amir-Heidari P, Maknoon R, Taheri B, Bazyari M. A new framework for HSE performance measurement and monitoring. *Safety Science*. 2017;100:157-67.
- [10] Fantini P, Palasciano C, Taisch M. Back to Intuition: Proposal for a Performance Indicators Framework to Facilitate Eco-factories Management and Benchmarking. In: Seliger G, Yusof NM, editors. *Procedia CIRP: 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Emerging Potentials*. 2015;26:1-6.
- [11] Neely A, Gregory M, Platts K. Performance measurement system design - A literature review and research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*. 2005;25(12):1228-63.
- [12] Gunasekaran A, Irani Z, Choy K-L, Filippi L, Papadopoulos T. Performance measures and metrics in outsourcing decisions: A review for research and applications. *International Journal of Production Economics*. 2015;161:153-66.

- [13] Kucukaltan B, Irani Z, Aktas E. A decision support model for identification and prioritization of key performance indicators in the logistics industry. *Computers in Human Behavior*. 2016;65:346-58.
- [14] Shanmugam S, Garg L. Model Employee Appraisal System with Artificial Intelligence Capabilities. *Journal of Cases on Information Technology*. 2015;17(3):30-40.
- [15] Abbasnejad T, Behboudi M, Sahelizadegan F, Mahmoodi J. Strategic Performance Measurement of Employees based on Project Efficiency and Effectiveness. *Iranian Journal of Management Studies*. 2017;10(1):207-36.
- [16] Denisi A, Smith CE. Performance Appraisal, Performance Management, and Firm-Level Performance A Review, a Proposed Model, and New Directions for Future Research. *Academy of Management Annals*. 2014;8(1):127-79.
- [17] Safari A. A New Quantitative-Based Performance Management Framework for Service Operations. *Knowledge and Process Management*. 2016;23(4):307-19.
- [18] Huselid MA. The impact of human-resource management-practices on turnover, productivity, and corporate financial performance. *Academy of Management Journal*. 1995;38(3):635-72.
- [19] Krishnaveni R, Monica R. Factors influencing employee performance: the role of human resource management practices and work engagement. *International Journal of Business Performance Management*. 2018;19(4):450-75.
- [20] Diamantidis AD, Chatzoglou P. Factors affecting employee performance: an empirical approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2019;68(1):171-93.
- [21] Ngwenya L, Aigbavboa C. Improvement of Productivity and Employee Performance Through an Efficient Human Resource Management Practices. *Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education*. 2017;498:727-37.
- [22] Brown TC, O'Kane P, Mazumdar B, McCracken M. Performance Management: A Scoping Review of the Literature and an Agenda for Future Research. *Human Resource Development Review*. 2019;18(1):47-82.
- [23] Werner JM. Human Resource Development not equal Human Resource Management: So What Is It? *Human Resource Development Quarterly*. 2014;25(2):127-39.
- [24] Stojadinovic Z, Marinkovic D, Ivkovic B. Human resource performance measurement framework for construction projects and companies. *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*. 2014;21(1):69-78.

- [25] Jacobs R, Kafry D, Zedeck S. Expectations of behaviorally anchored rating-scales. *Personnel Psychology*. 1980;33(3):595-640.
- [26] Lin YC, Kellough JE. Performance Appraisal Problems in the Public Sector: Examining Supervisors' Perceptions. *Public Personnel Management*. 2019;48(2):179-202.
- [27] Groen BAC, Wouters MJF, Wilderom CPM. Employee participation; performance metrics, and job performance: A survey study based on self-determination theory. *Management Accounting Research*. 2017;36:51-66.
- [28] Kampkotter P. Performance appraisals and job satisfaction. *International Journal of Human Resource Management*. 2017;28(5):750-74.
- [29] Grigoroudis E, Zopounidis C. Developing an employee evaluation management system: the case of a healthcare organization. *Operational Research*. 2012;12(1):83-106.
- [30] Ahmed I, Sultana I, Paul SK, Azeem A. Employee performance evaluation: a fuzzy approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2013;62(7):718-34.
- [31] Beheshti HM, Lollar JG. Fuzzy logic and performance evaluation: discussion and application. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2008;57(3):237-46.
- [32] Esen H, Hatipoglu T, Boyaci AI. A Fuzzy Approach for Performance Appraisal: The Evaluation of a Purchasing Specialist. In: Merelo J, Rosa A, Cadenas J, Dourado A, Madani K, Filipe J, editors. *Computational Intelligence. Studies in Computational Intelligence*. Springer; 2016;620:235-50.
- [33] Gurbuz T. Multiple Criteria Human Performance Evaluation Using Choquet Integral. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. 2010;3(3):290-300.
- [34] Gurbuz T, Albayrak YE. An engineering approach to human resources performance evaluation: Hybrid MCDM application with interactions. *Applied Soft Computing*. 2014;21:365-75.
- [35] Bayo-Moriones A, Galdon-Sanchez JE, Martinez-de-Morentin S. Performance Measurement and Incentive Intensity. *Journal of Labor Research*. 2017;38(4):496-546.
- [36] Maryana S, Kurnia E, Ruyani A. Web-based application on employee performance assessment using exponential comparison method. In: Indonesian-Operations-Research-Association (IORA). *International Conference on Operations Research*; Bogor, Indonesia, Aug 27; 2017.

- [37] Lidinska L, Jablonsky J. AHP model for performance evaluation of employees in a Czech management consulting company. *Central European Journal of Operations Research*. 2018;26(1):239-58.
- [38] Carneiro D, Pimenta A, Goncalves S, Neves J, Novais P. Monitoring and improving performance in human-computer interaction. *Concurrency and Computation-Practice & Experience*. 2016;28(4):1291-309.
- [39] Hassanzadeh S, Marmier F, Gourc D, Bougaret S. Integration of human factors in project uncertainty management, a decision support system based on fuzzy logic. *Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. 2012:661-9.
- [40] Yuan W, Deng P, Yang C, Wan J, Zhang D, Chen X, et al. A Smart Work Performance Measurement System for Police Officers. *Ieee Access*. 2015;3:1755-64.
- [41] Taticchi P, Tonelli F, Cagnazzo L. Performance measurement and management: a literature review and a research agenda. *Measuring Business Excellence*. 2010;14(1):4-18.
- [42] Andres-Lopez E, Gonzalez-Requena I, Sanz-Lobera A. Lean Service: Reassessment of Lean Manufacturing for Service Activities. In: Canela JM, Corral IB, editors. *Mesic Manufacturing Engineering Society International Conference 2015*. *Procedia Engineering*. 2015;132:23-30.
- [43] Ahmed S, Abd Manaf NH, Islam R. Effect of Lean Six Sigma on quality performance in Malaysian hospitals. *International Journal of Health Care Quality Assurance*. 2018;31(8):973-87.
- [44] Melovic B, Mitrovic S, Zhuravlev A, Braila N. The role of the concept of LEAN management in modern business. In: *5th International Scientific Conference on Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education (IPICSE) Moscow 2016*; Moskva, Rusija, 16.10.-17.10.2016.;2016.
- [45] Bareji P, Ismail N, Leman Z. Review of lean adoption within small and medium sized enterprises. *Advanced Materials Research*. 2014. p. 414-8.
- [46] Berlec T, Kleindienst M, Rabitsch C, Ramsauer C. Methodology to Facilitate Successful Lean Implementation. *Strojniski Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*. 2017;63(7-8):457-65.
- [47] Banduka N, Veža I, Bilić B. An integrated lean approach to Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA): A case study from automotive industry. *Advances in Production Engineering And Management*. 2016;11(4):355-65.
- [48] Bhamu J, Sangwan KS. A framework for lean manufacturing implementation. *International Journal of Services and Operations Management*. 2016;25(3):313-33.

- [49] Leite HR, Vieira GE. Lean philosophy and its applications in the service industry: A review of the current knowledge. *Producao*. 2015;25(3):529-41.
- [50] Gladysz B, Buczacki A. Wireless technologies for lean manufacturing - a literature review. *Management and Production Engineering Review*. 2018;9(4):20-34.
- [51] Shrafat FD, Ismail M. Structural equation modeling of lean manufacturing practices in a developing country context. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2019;30(1):122-45.
- [52] Dyrina E, Gavrikova N. Experience in applying lean production concepts in the service sector. In: *International Conference on Research Paradigms Transformation in Social Sciences (RPTSS) Tomsk 2015*; Tomsk, Russia, 15.12.-17.12.2015.;2015.
- [53] Monteiro MFJR, Pacheco CCL, Dinis-Carvalho J, Paiva FC. Implementing lean office: A successful case in public sector. *FME Transactions*. 2015;43(4):303-10.
- [54] de Almeida JPL, Galina SVR, Grande MM, Brum DG. Lean thinking: planning and implementation in the public sector. *International Journal of Lean Six Sigma*. 2017;8(4):390-410.
- [55] Costa LBM, Godinho Filho M. Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. *Production Planning and Control*. 2016;27(10):823-36.
- [56] Adebajo D, Laosirihongthong T, Samaranayake P. Prioritizing lean supply chain management initiatives in healthcare service operations: a fuzzy AHP approach. *Production Planning & Control*. 2016;27(12):953-66.
- [57] Centauri F, Mazzocato P, Villa S, Marsilio M. System-wide lean implementation in health care: A multiple case study. *Health Services Management Research*. 2018;31(2):60-73.
- [58] Antosz K, Stadnicka D, Ratnayake RMC. Use of lean management philosophy in health sector: A VSM based case study. In: *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*; 2016:1523-1528.
- [59] Salam MA, Khan SA. Value creation through lean management: A case study of healthcare service operations. *International Journal of Services and Operations Management*. 2016;25(3):275-93.
- [60] Rossiti IS, Serra SMB, Lorenzon IA. Impacts of lean office application in the supply sector of a construction company. In: *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC) Boston 2016*; Boston, USA; 2016.
- [61] Al-Aomar R, Hussain M. An assessment of adopting lean techniques in the construct of hotel supply chain. *Tourism Management*. 2018;69:553-65.

- [62] Berrahal W, Marghoubi R. Lean continuous improvement to information technology service management implementation: Projection of ITIL framework. In: 2016 International Conference on Information Technology for Organizations Development (IT4OD); 2016:1-6.
- [63] Danese P, Manfe V, Romano P. A Systematic Literature Review on Recent Lean Research: State-of-the-art and Future Directions. *International Journal of Management Reviews*. 2018;20(2):579-605.
- [64] Chay TF, Xu YC, Tiwari A, Chay F. Towards lean transformation: The analysis of lean implementation frameworks. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2015;26(7):1031-52.
- [65] Coetzee R, van der Merwe K, van Dyk L. Lean implementation strategies: How are the Toyota Way principles addressed? *South African Journal of Industrial Engineering*. 2016;27(3SpecialIssue):79-91.
- [66] Lodgaard E, Ingvaldsen JA, Gamme I, Aschehoug S. Barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers. In: Westkamper E, Bauernhansl T, editors. *Procedia CIRP: Factories of the Future in the digital environment – Proceedings of the 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems*. 2016;57:595-600.
- [67] Tiwari RK, Tiwari JK. Prioritization of barriers to lean implementation in indian automotive small & medium sized enterprises. *Management and Production Engineering Review*. 2018;9(2):69-79.
- [68] Bortolotti T, Romano P. 'Lean first, then automate': a framework for process improvement in pure service companies. A case study. *Production Planning & Control*. 2012;23(7):513-22.
- [69] Zhou B. Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*. 2016;241(1-2):457-74.
- [70] Agarwal N, Brem A. Strategic business transformation through technology convergence: implications from General Electric's industrial internet initiative. *International Journal of Technology Management*. 2015;67(2-4):196-214.
- [71] Long F, Zeiler P, Bertsche B. Realistic modelling of flexibility and dependence in production systems in Industry 4.0 for analysing their productivity and availability. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part O-Journal of Risk and Reliability*. 2018;232(2):174-84.
- [72] Zheng P, Wang H, Sang Z, Zhong RY, Liu Y, Liu C, et al. Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*. 2018;13(2):137-50.

- [73] Rennung F, Luminosu CT, Draghici A. Service Provision in the Framework of Industry 4.0. In: Prostean G, Seifert R, Pettinger R, editors. *Procedia – Social and Behavioral Sciences: 13th International Symposium in Management: Management During and after the Economic Crisis*. 2016;221:372-7.
- [74] Neuboeck T, Schrefl M. Modelling Knowledge about Data Analysis Processes in Manufacturing. In: Dolgui A, Sasiadek J, Zaremba M, editors. *IFAC-Papersonline: 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing: INCOM 2015*. 2015;48(3):277-82.
- [75] Grangel-Gonzalez I, Baptista P, Halilaj L, Lohmann S, Vidal M-E, Mader C, Auer S. The Industry 4.0 Standards Landscape from a Semantic Integration Perspective. In: *2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* Limassol, 2017; Limassol, Cipar, 12.09.-15.09.2017.
- [76] Samaranayake P, Ramanathan K, Laosirihongthong T. Implementing Industry 4.0-A Technological Readiness Perspective. In: *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* Singapore, 2017; Singapur, 10.12.-13.12.2017. 2017;529-533.
- [77] Morrar R, Arman H, Mousa S. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*. 2017;7(11):12-20.
- [78] Kerpen D, Lohrer M, Saggiomo M, Kemper M, Lemm J, Gloy YS. Effects of Cyber-Physical Production Systems on Human Factors in a Weaving Mill Implementation of Digital Working Environments based on Augmented reality. In: *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. 2016:2094-8.
- [79] Zakharov AN. The problem of reindustrialization of the world economy. *Mgimo Review of International Relations*. 2018(1):213-45.
- [80] Basl J. Pilot study of readiness of Czech companies to implement the principles of Industry 4.0. *Management and Production Engineering Review*. 2017;8(2):3-8.
- [81] Nedomlelova I, Werner J. Readiness of the Usti nad Labem Region for the Implementation of the Industry 4.0 Concept. In: *Proceedings of the 13th International Conference: Liberec Economic Forum 2017*. 2017:87-97.
- [82] Meissner A, Muller M, Hermann A, Metternich J. Digitalization as a catalyst for lean production: A learning factory approach for digital shop floor management. In: Mourtzis D, Chrysosouris G. *Procedia Manufacturing: Advanced Engineering Education & Training for Manufacturing Innovation 8th CIRP Sponsored Conference on Learning Factories (CLF 2018)*. 2018;23:81-6.

- [83] Kamble S, Gunasekaran A, Dhone NC. Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*.
- [84] Bauer H, Brandl F, Lock C, Reinhart G. Integration of Industrie 4.0 in Lean Manufacturing Learning Factories. In: Mourtzis D, Chryssolouris G. *Procedia Manufacturing: Advanced Engineering Education & Training for Manufacturing Innovation 8th CIRP Sponsored Conference on Learning Factories (CLF 2018)*. 2018; 23:147-52.
- [85] Vignesh V, Suresh M, Aramvalathan S, editors. Lean in service industries: A literature review. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Advances in Materials and Manufacturing Applications (IConAMMA- 2016)* Bangalore, 2016; Bangalore, India, 14.07.-16.07.2016.
- [86] Brauner P, Ziefle M. Human Factors in Production Systems Motives, Methods and Beyond. In: Brecher C, editor. *Advances in Production Technology. Lecture Notes in Production Engineering*. 2015. p. 187-99.
- [87] Kinzel H. Industry 4.0 - Where Does This Leave the Human Factor? *Journal of Urban Culture Research*. 2017;15:70-83.
- [88] Veza I, Mladineo M, Gjeldum N. Selection of the basic lean tools for development of croatian model of innovative smart enterprise. *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*. 2016;23(5):1317-24.
- [89] Thomas A. Developing an integrated quality network for lean operations systems. *Business Process Management Journal*. 2018;24(6):1367-80.
- [90] Mihaljević I. Model praćenja učinkovitosti procesa distribucije toplinske energije primjenom načela Lean [doktorski rad]. Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2016.
- [91] Cattaneo L, Rossi M, Negri E, Powell D, Terzi S. Lean Thinking in the Digital Era. In: Rios J, Bernard A, Bouras A, Foufou S, editors. *Product Lifecycle Management and the Industry of the Future. IFIP Advances in Information and Communication Technology*. 2017;517: p. 371-81.
- [92] Kolberg D, Zühlke D. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. In: Dolgui A, Sasiadek J, Zaremba M, editors. *IFAC-Papersonline: 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing: INCOM 2015*. 2015;28(3):1870-5.
- [93] Mikulić I. Vitka logistika i vitko upravljanje opskrbnim lancem [diplomski rad]. Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2016.

- [94] Lacerda AP, Xambre AR, Alvelos HM. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*. 2016;54(6):1708-20.
- [95] Toyotin proizvodni sustav. <https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system> (zadnji pristup: 07.09.2020.)
- [96] Poljak D. Integralni model za povećanje učinkovitosti javne vodoopskrbe [doktorski rad]. Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2020.
- [97] Tošanović N. Unapređenje proizvodnih procesa primjenom principa povlačenja [doktorski rad]. Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2018.
- [98] Holmemo MDQ, Ingvaldsen JA, Benders J. Debate: Changing to Lean public services. *Public Money & Management*. 2017;37(1):5-6.
- [99] Domingues I, Machado JC. Lean Thinking in Non-profit Organizations. *Green and Lean Management*. 2017:71-107.
- [100] Basu P, Dan PK. Structural Equation Modelling based Empirical Analysis of Operational and Technological Factors for Lean Implementation. *Industrial Engineering and Management Systems*. 2018;17(4):783-95.
- [101] Sajan MP, Shalij PR, Ramesh A, Augustine PB. Lean manufacturing practices in Indian manufacturing SMEs and their effect on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2017;28(6):772-93.
- [102] Kadarova J, Demecko M. New approaches in Lean Management. In: Iacob AI, editor. *Procedia Economics and Finance: 3rd Global Conference on Business, Economics, Management and Tourism*. 2016;39:11-6.
- [103] Boyle TA, Scherrer-Rathje M, Stuart I. Learning to be lean: The influence of external information sources in lean improvements. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2011;22(5):587-603.
- [104] Hofer C, Eroglu C, Hofer AR. The effect of lean production on financial performance: The mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*. 2012;138(2):242-53.
- [105] Dian J. The Management Innovations of Business Based on Lean Management Analysis. In: Jing W, Ning X, Huiyu Z, editors. *ACSR-Advances in Computer Science Research: Proceedings of the 8th International Conference on Management and Computer Science (ICMCS 2018)*. 2018;77:56-60.

- [106] Olah J, Szolnok A, Nagy G, Lengyel P, Popp J. The Impact of Lean Thinking on Workforce Motivation: A Success Factor at LEGO Manufacturing Ltd. *Journal of Competitiveness*. 2017;9(2):93-109.
- [107] Scherrer-Rathje M, Boyle TA, Deflorin P. Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*. 2009;52(1):79-88.
- [108] Jose Martinez-Jurado P, Moyano-Fuentes J, Jerez-Gomez P. Human resource management in Lean Production adoption and implementation processes: Success factors in the aeronautics industry. *Brq-Business Research Quarterly*. 2014;17(1):47-68.
- [109] Schröders T, Cruz-Machado V. Sustainable lean implementation: An assessment tool. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2015. p. 1249-64.
- [110] Arantes Salles JA, Carretero Diaz LE, Estevez PG. Lean production and business efficiency: An artificial neural network analysis in auto parts companies. In: *First International Technology Management Conference*. 2011; 855-863. doi. 10.1109/ITMC.2011.5996066.
- [111] Yang CC, Yeh TM, Yang KJ. The implementation of technical practices and human factors of the toyota production system in different industries. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 2012;22(6):541-55.
- [112] Womack JP, Jones DT, Roos D. *The Machine that Changed the World: the Story of Lean Production Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry* New: Rawson Associates; 1990.
- [113] James-Moore S, Gibbons A. Is lean manufacture universally relevant? An investigative methodology. *International Journal of Operations & Production Management*. 1997;17(9):899-911.doi.10.1108/01443579710171244
- [114] Prasad S, Khanduja D, Sharma SK. A study on implementation of lean manufacturing in Indian foundry industry by analysing lean waste issues. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*. 2018;232(2):371-8.
- [115] McDermott CM, Venditti FJ. Implementing lean in knowledge work: Implications from a study of the hospital discharge planning process. *Operations Management Research*. 2015;8(3-4):118-30.
- [116] Browning TR, Heath RD. Reconceptualizing the effects of lean on production costs with evidence from the F-22 program. *Journal of Operations Management*. 2009;27(1):23-44.
- [117] Vidal-Carreras Pilar I, Garcia-Sabater Julio J, Marin-Garcia Juan A, Garcia-Sabater Jose P. Value stream mapping on healthcare. In: *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)*. 2015; pp.272-276.

- [118] Stadnicka D, Ratnayake RMC. Enhancing performance in service organisations: a case study based on value stream analysis in the telecommunications industry. *International Journal of Production Research*. 2017;55(23):6984-99.
- [119] Millard RL. Value Stream Analysis and Mapping for Product Development [master's thesis]. Massachusetts Institute of Technology; 2001.
- [120] Garza-Reyes JA, Kumar V, Chaikittisilp S, Tan KH. The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*. 2018;200:170-80.
- [121] Top 25 Lean Manufacturing Tools. <https://www.leanproduction.com/top-25-lean-tools.html>. (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [122] Marr B. Key Performance Indicators: The 75 Measures Every Manager Needs to Know: Pearson Financial Times Pub; 2012.
- [123] Hegedić M. Model upravljanja proizvodnjom integriranjem vitkoga i zelenoga menadžmenta [doktorski rad]. Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2017.
- [124] Kondo Y. Hoshin kanri - a participative way of quality management in Japan. *The TQM Magazine*. 1998;10(6):425-431.
- [125] Hoshin Kanri. <https://www.leanproduction.com/hoshin-kanri.html>. (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [126] Karim A, Arif-Uz-Zaman K. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*. 2013;19(1):169-96.
- [127] Balocco R, Cavallo A, Ghezzi A, Berbegal-Mirabent J. Lean business models change process in digital entrepreneurship. *Business Process Management Journal*. 2019;25(7):1520-42.
- [128] Al-Tahat MD, Jalham IS. A structural equation model and a statistical investigation of lean-based quality and productivity improvement. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 2015;26(3):571-83.
- [129] Hamidi M, Mahendran P, Denecke K. Towards a Digital Lean Hospital: Concept for a Digital Patient Board and Its Integration with a Hospital Information System. *Studies in health technology and informatics*. 2019;264:606-10.
- [130] Tortorella G, Miorando R, Mac Cawley AF. The moderating effect of Industry 4.0 on the relationship between lean supply chain management and performance improvement. *Supply Chain Management-an International Journal*. 2019;24(2):301-14.

- [131] Bowen D, Youngdahl WE. "Lean" service: in defense of a production-line approach. *International Journal of Service Industry Management*. 1998;9(3):207-225.
- [132] Hadid W, Mansouri SA, Gallear D. Is lean service promising? A socio-technical perspective. *International Journal of Operations & Production Management*. 2016;36(6):618-42.
- [133] Rachman A, Chandima Ratnayake RM. Implementation of lean knowledge work in oil and gas industry - A case study from a Risk-Based Inspection project. In: 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. 2016; pp.675-680.
- [134] Villarreal B, Garza-Reyes JA, Kumar V. A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. *Industrial Management & Data Systems*. 2016;116(5):903-25.
- [135] Sternberg H, Stefansson G, Westernberg E, af Gennas RB, Allenstrom E, Nauska ML. Applying a lean approach to identify waste in motor carrier operations. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2012;62(1):47-65.
- [136] Sutherland J, Bennett B. Essay on The Seven Deadly Wastes of Logistics: Applying Toyota Production System Principles to Create Logistics Value. <https://www.studymode.com/essays/The-Seven-Deadly-Wastes-Of-Logistics-1155958.html> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [137] Kollberg B, Dahlgaard J, Brehmer P. Measuring Lean Initiatives in Health Care Services: Issues and Findings. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2007;56(1): 7-24. doi. 10.1108/17410400710717064.
- [138] Bicheno J, Holweg M. *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*. Buckingham: Production and Inventory Control, Systems and Industrial Engineering (PICSIE) Books; 2009.
- [139] Neubert M. The Impact of Digitalization on the Speed of Internationalization of Lean Global Startups. *Technology Innovation Management Review*. 2018;8(5):44-54.
- [140] Gilchrist A. *Industry 4.0*. Berkeley: Springer; 2016.
- [141] A critical look on Industry 4.0. <https://www.allaboutlean.com/industry-4-0/>. (zadnji pristup:29.06.2021.)
- [142] Varela L, Araujo A, Avila P, Castro H, Putnik G. Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability. *Sustainability*. 2019;11(5).
- [143] Liu Y, Xu X. Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering-Transactions of the Asme*. 2017;139(3).

- [144] Hermann M, Pentek T, Otto B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) Koloa, 2016. Koloa, 05.01.-08.01.2016.
- [145] Wollschlaeger M, Sauter T, Jasperneite J. The Future of Industrial Communication. Ieee Industrial Electronics Magazine. 2017;11(1):17-27.
- [146] Hozdic E. Smart factory for industry 4.0: a review. International Journal of Modern Manufacturing Technologies. 2015;7(1):28-35.
- [147] Nagy J, Olah J, Erdei E, Mate D, Popp J. The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain-The Case of Hungary. Sustainability. 2018;10(10).
- [148] Aydos TF, Ferreira JCE. RFID-based system for Lean Manufacturing in the context of Internet of Things. In: 2016 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. 2016;PP.1140-1145.
- [149] Kranenburg Rv. The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-seeing Network of RFID. Amsterdam: Institute of Network Cultures; 2008.
- [150] Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration. 2017;6:1-10.
- [151] Ashton K. That Internet of Things Thing. RFID journal. 2009. Available from: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [152] Roblek V, Meško M, Krapež A. A Complex View of Industry 4.0. SAGE Open. 2016;6(2). doi. 101177/2158244016653987.
- [153] Shrouf F, Ordieres J, Miragliotta G. Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm. In: 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. 2014;pp.697-701.
- [154] XU LD, He W, Li S. Internet of Things in Industries: A Survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2014;10(4):2233-2243.
- [155] Dworschak B, Zatser H. Competences for cyber-physical systems in manufacturing - first findings and scenarios. In: Constantinescu C, Bauer W, Sauer O, Maropoulos P, editors. Procedia CIRP: 8th International Conference on Digital Enterprise Technology - Det 2014 Disruptive Innovation in Manufacturing Engineering Towards the 4th Industrial Revolution. 2014;25:345-50.
- [156] Kaufman LM. Data Security in the World of Cloud Computing. IEEE Security & Privacy. 2009;7(4):61-64.

- [157] Wang L, Ranjan R, Chen J, Benatallah B. Cloud Computing: Methodology, Systems and Applications. CRC Press; 2011.
- [158] Buyya R, Yeo CS, Venugopal S, Broberg J, Brandic I. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems-the International Journal of Escience*. 2009;25(6):599-616.
- [159] Wagner T, Herrmann C, Thiede S. Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Manufacturing Systems 4.0*. 2017;63:125-31.
- [160] Andreu-Perez J, Poon CCY, Merrifield RD, Wong STC, Yang GZ. Big data for health. *IEEE journal of biomedical and health informatics*. 2015;19(4).
- [161] Ramadan M, Alnahhal M, Noche B. RFID-Enabled Real-Time Dynamic Operations and Material Flow Control in Lean Manufacturing. *Dynamics in Logistics*. 2014; 281-90.
- [162] Everything you need to know about RFID technology - Labtag Blog. <https://blog.labtag.com/everything-you-need-to-know-about-rfid-technology/> (zadnji pristup: 26.11.2020.)
- [163] Sawng YW, Park Y, Jo SH, Park SL. Technology adoption and company performance: Correlation analysis with the evidence of Korean export companies' case. *Journal of Korea Trade*. 2018;22(2):143-61.
- [164] Rother E, Baboli A. Lean Manager in the Factory of the Future: Case study in automotive industry. In: 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA). 2019:218-24.
- [165] Sanders A, Elangeswaran C, Wulfsberg J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 2016;9(3):811-33.
- [166] Freitag AEB, Santos JD, Reis AD. Lean office and digital transformation: a case study in a services company. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2018;15(4):588-94.
- [167] Stenholm D, Bergsjö D, Catic A. Digitalization challenges for lean visual planning in distributed product development teams. In: Marjanovic D, Storga M, Bojcetic N, Skec S, editors. *Ds 84: Proceedings of the Design 2016 14th International Design Conference*. 2016;p. 1595-604.
- [168] Maguire K. Lean and IT-working together? An exploratory study of the potential conflicts between lean thinking and the use of information technology in organisations today. In: Chiarini A, Fiund P, Rich N, editors. *Understanding the Lean Enterprise: Strategies, Methodologies, and Principles for a More Responsive Organization*. Springer; 2015., p. 31-60.

- [169] Tortorella GL, Fettermann D. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*. 2018;56(8):2975-87.
- [170] Vukušić D. Novi pogled na ulogu ljudskih čimbenika u uzroku akcidenta. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*. 2021;4(1):193-212.
- [171] Village J, Searcy C, Salustri F, Neumann WP. Design for human factors (DfHF): a grounded theory for integrating human factors into production design processes. *Ergonomics*. 2015;58(9):1529-46.
- [172] Galar D, Stenstrom C, Parida A, Kumar R, Berges L. Human Factor in Maintenance Performance Measurement. In: 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). 2011;pp.1569-1576.
- [173] Habtoor N. Influence of human factors on organisational performance Quality improvement practices as a mediator variable. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2016;65(4):460-84.
- [174] Hossain MA. Perspectives of human factors in designing elderly monitoring system. *Computers in Human Behavior*. 2014;33:63-8.
- [175] Hrvatski jezični portal. https://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=f19iWhR9. (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [176] Struna. <http://struna.ihjj.hr/naziv/ucinkovitost/21994/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [177] Struna. <http://struna.ihjj.hr/naziv/ucinkovitost/21994/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [178] Hrvatska enciklopedija. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62931>. (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [179] Jolić N. Kvaliteta i normizacija [bilješke s predavanja]. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti. https://www.fpz.unizg.hr/njolic/dip/pdf/Kvaliteta_i_normizacija_Predavanja.pdf (zadnji pristup: 23.07.2021.)
- [180] Set up an Appraisal System and Performance Management System. <https://rapidbi.com/set-up-an-appraisal-system-and-performance-management-appraisal-system/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [181] Gui XD, Xiao J, Zhang JL, Bao YK. Designing the Expert Systems for Senior Managers' Performance Evaluation. In: 2014 7th International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (CSO). 2014;pp.607-610.
- [182] Suriyakumari V, Kathiravan AV. An Ubiquitous Domain Driven Data Mining Approach For Performance Monitoring in Virtual Organizations Using 360 Degree Data Mining &

Opinion Mining. In: 2013 International Conference on Pattern Recognition, Informatics and Medical Engineering (Prime). 2013;pp.307-311.

[183] Frederiksen A, Lange F, Kriechel B. Subjective performance evaluations and employee careers. *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2017;134:408-29.

[184] Cunha MPE, Vieira DV, Rego A, Clegg S. Why does performance management not perform? *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2018;67(4):673-92.

[185] Effective Performance Management: Doing What Comes Naturally. <https://www.opm.gov/policy-data-oversight/performance-management/reference-materials/more-topics/effective-performance-management-doing-what-comes-naturally/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[186] Liu L, Yang H. Research on the Enterprise Performance Management Information System Development and Robustness Optimization based on Data Regression Analysis and Mathematical Optimization Theory. *International Journal of Security and Its Applications*. 2016;10(4):377-89.

[187] Dugelova M, Strenitzerova M. The Using of Data Envelopment Analysis in Human Resource Controlling. In: Bektas C. *Procedia Economics and Finance: 4th World Conference on Business, Economics and Management (WCBEM-2015)*. 2015;26:468-75.

[188] 21 Employee Performance Metrics. <https://www.aihr.com/blog/employee-performance-metrics/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[189] Tomczak DL, Lanzo LA, Aguinis H. Evidence-based recommendations for employee performance monitoring. *Business Horizons*. 2018;61(2):251-9.

[190] Poljak T, Picek R. Managing employees work efficiency within erp system in croatian companies. In: 19th International Scientific Conference on Economic and Social Development Melbourne 2017; Melbourne, Australia, 09.02.-10.02.2017.

[191] Maghsoodi AI, Abouhamzeh G, Khalilzadeh M, Zavadskas EK. Ranking and selecting the best performance appraisal method using the MULTIMOORA approach integrated Shannon's entropy. *Frontiers of Business Research in China*. 2018;12(1).

[192] Sepehrirad R, Azar A, Sadeghi A. Developing a hybrid mathematical model for 360-degree performance appraisal: A case study. In: *World Conference on Business, Economics and Management (BEM-2012)*. 2012;62:844-8.

[193] Liang ZM, Howard PF, Leggat SG. 360 degrees management competency assessment: is our understanding adequate? *Asia Pacific Journal of Human Resources*. 2017;55(2):213-33.

- [194] 360 Degree Feedback. <https://www.thebalancecareers.com/360-degree-feedback-information-1917537> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [195] George J. 720 degree performance appraisals: an effective tool to efficiency of modern employees. In: 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT). 2016:4816-23.
- [196] Dalvi CS, Aishwarya MP. 720 Degree Performance Appraisal Systems. International Journal of Trend in Scientific Research and Development. Special Issue. Fostering Innovation, Integration and Inclusion Through Interdisciplinary Practices in Management. 2019;4-8.
- [197] Sangwa NR, Sangwan KS. Development of an integrated performance measurement framework for lean organizations. Journal of Manufacturing Technology Management. 2018;29(1):41-84.
- [198] Review staff performance. <https://business.vic.gov.au/business-information/staff-and-hr/staff-management/review-staff-performance>. (zadnji pristup: 29.06.2021.).
- [199] Calabro A, Lonetti F, Marchetti E. Monitoring of Business Process Execution Based on Performance Indicators. In: Proceedings of 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications Seaa 2015. 2015:255-8.
- [200] de Jong SJ, van Blokland WWAB. Measuring lean implementation for maintenance service companies. International Journal of Lean Six Sigma. 2016;7(1):35-61.
- [201] Mourtzis D, Papathanasiou P, Fotia S. Lean Rules Identification and Classification for Manufacturing Industry. In: Wang L, Kjellberg T, editors. In: Procedia CIRP: 26th CIRP Design Conference. 2016;50:198-203.
- [202] Asare E, Conger S. Strategic Performance Measurement Systems and Employee Performance. In: 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). 2016;pp.1-4.
- [203] Lindia SA, Morfe S, LLC. Employee performance monitoring system [patent]. United States: Goldman Sachs and Co LLC; 2001.
- [204] Performance Evaluation Systems. <https://open.lib.umn.edu/humanresourcemanagement/chapter/11-1-performance-evaluation-systems/>. (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [205] AssessTEAM. 2021. <https://www.assessteam.com/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [206] Cornerstone. <https://www.cornerstoneondemand.com/performance/> (zadnji pristup: 29.06.2021.)
- [207] StaffCop Enterprise. https://www.staffcop.com/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=767166

935&utm_term=%2Bemployee%20%2Bmonitoring&utm_content=crt_201913572854 (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[208] KnowIT Software. [https://www.digitalendpoint.com/en/promo/employee-monitoring-software.htm?gclid=Cj0KCQjw9LPYBRDSARIsAHL7J5mi-Rwx6d1TnaBj](https://www.digitalendpoint.com/en/promo/employee-monitoring-software.htm?gclid=Cj0KCQjw9LPYBRDSARIsAHL7J5mi-Rwx6d1TnaBjbspmvnFDTkxw5jJl70gVcp_ww02yL_VkwoM4GwaAs2vEALw_wcB)

bspmvnFDTkxw5jJl70gVcp_ww02yL_VkwoM4GwaAs2vEALw_wcB (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[209] 6 Software Tools for Monitoring Employee Productivity. https://www.huffpost.com/entry/post_11966_b_10099296. (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[210] Application Performance Management vs Monitoring. <https://www.lakesidesoftware.com/blog/application-performance-management-vs-monitoring-top-3-differences>. (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[211] Huston T, Galletta D, Huston J. The effects of computer monitoring on employee performance and stress: results of two experimental studies. In: Proceedings of the Twenty-sixth Hawaii International Conference on System Sciences. 1993;4:568-574.

[212] Wells D, Moorman R, Werner J. The impact of the perceived purpose of electronic performance monitoring on an array of attitudinal variables. *Human Resource Development Quarterly*. 2007;18(1):121-138.

[213] Hair JF, Hult GTM, Ringle CM, Sarstedt M. A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). Kennesaw: SAGE Publications; 2017.

[214] Civelek ME. Essentials of Structural Equation Modeling. Lincoln: Zea Books; 2018.

[215] Škreblin T. Model procjene kvalitete rada stanica za tehnički pregled vozila [doktorski rad]. Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2018.

[216] Zakon o sigurnosti prometa na cestama. <https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama>. (zadnji pristup: 29.06.2021.)

[217] Dubreta N, Mikulic I. Subjectivity and technology in work of technicians in periodical technical inspection stations. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*. 2019;17(3):640-58.

[218] Hair JF, Ringle CM, Sarstedt M. PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*. 2011;19(2):139-152.

[219] Hair JF, Ringle CM, Sarstedt M, Mena JA. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2012;40:414–433 (2012).

[220] Nunnally JC, Bernstein IH. *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill; 1994.

- [221] Researchgate.
https://www.researchgate.net/post/I_am_running_analysis_on_SMARTPLS_for_factor_analysis_what_is_the_acceptable_value_for_variable_indicator_for_PLS_loading (zadnji pristup: 23.07.2021.)
- [222] Henseler J, Ringle CM, Sarstedt M. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2015;43:115–135.
- [223] smartPLS. <https://www.smartpls.com/> (zadnji pristup: 10.09.2021.)
- [224] Wong KK. Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Techniques Using SmartPLS. *Marketing Bulletin*. 2013;24(1).
- [225] Fornell C, Larcker DF. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*. 1981;18(1):39-50.
- [226] Web aplikacija CVH izvještaji – pristup moguć isključivo putem mreže CVH
- [227] Mikulić I. Eksperimentalni postav za automatski unos podataka primjenom RFID kartica [eksperimentalni postav]. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2018.
- [228] CVH. Bilten nova oprema 2018.
- [229] Mikulic I, Lisjak D, Stefanic N. A Rule-Based System for Human Performance Evaluation: A Case Study. *Applied Sciences-Basel*. 2021;11(7).

PRILOZI

Prilog 1 Opis aktivnosti utvrđenih prilikom VSA analize

Prilog 2 Prikaz dijela nekodiranih podataka za oblikovanje modela (2017. godina)

Prilog 3 Prikaz dijela kodiranih podataka za oblikovanje modela (2017. godina)

Prilog 4 Prikaz dijela nekodiranih podataka za oblikovanje modela (2018. godina)

Prilog 5 Prikaz dijela kodiranih podataka za oblikovanje modela (2018. godina)

Prilog 6 Prikaz dijela nekodiranih podataka za oblikovanje modela (2019. godina)

Prilog 7 Prikaz dijela kodiranih podataka za oblikovanje modela (2019. godina)

Prilog 8 Struktura podataka primijenjenih za oblikovanje PLS-SEM modela

Prilog 9 Tablični prikaz manifestnih varijabli i njihovih osnovnih statističkih značajki (2017. godina)

Prilog 10 Tablični prikaz manifestnih varijabli i njihovih osnovnih statističkih značajki (2018. godina)

Prilog 11 Tablični prikaz manifestnih varijabli i njihovih osnovnih statističkih značajki (2018. godina)

Prilog 1 Opis aktivnosti utvrđenih prilikom VSA analize

Oznaka aktivnosti	Opis aktivnosti
A1	Preuzimanje kontrolnog lista i dokumenata
A2	Dolazak do vozila
A3	Provjera i vanjski pregled vozila
A4	Ulazak u vozilo i dovoz na kanal/dizalicu
A5	Izlazak iz vozila i spuštanje u kanal / podizanje vozila na dizalicu
A6	Pregledavanje svih dijelova podvozja
A7	Pregled uz pomoć razvlačilice
A8	Pregled kočnih elemenata
A9	Pregled ispušnog sustava
A10	Izlazak iz kanala / spuštanje vozila na dizalici te dovoz vozila na uređaj za mjerenje traga kotača, prigušenje amortizera i valjke za mjerenje kočne sile
A11	Mjerenje traga kotača i upis dobivenih vrijednosti na kontrolni list
A12	Mjerenje prigušenja amortizera i upis dobivenih vrijednosti na kontrolni list
A13	Pozicioniranje vozila na valjke te mjerenje sila kočenja i upis vrijednosti na kontrolni list
A14	Dovoz vozila na mjerno mjesto za obavljanje eko testa
A15	Izlazak iz vozila, spajanje opreme i unos potrebnih vrijednosti za obavljanje eko testa
A16	Ulazak u vozilo i obavljanje eko testa
A17	Izlazak iz vozila, uklanjanje opreme za eko test te uzimanje listića s rezultatima
A18	Spajanje opreme za mjerenje kočne tekućine te upis dobivenih vrijednosti
A19	Uklanjanje opreme za mjerenje kočne tekućine

A20	Namještanje regloskopa i provjera svjetala
A21	Ulazak u vozilo i pregled svjetlosne opreme
A22	Odvoz vozila s tehnološke linije i parkiranje vozila
A23	Izlazak iz vozila i dolazak do radne stanice
A24	Unos rezultata u sustav i donošenje odluke o rezultatu tehničkog pregleda
A25	Ispis zapisnika o tehničkom pregledu te predaja svih dokumenata i ključeva stranci koja je dovezla vozilo

Prilog 2 Prikaz dijela nekodiranih podataka za oblikovanje modela (2017. godina)

ŠIFRIRANO	SS_KOD	RM_KOD	S_KOD_2017	STŽ_UK_KOD	U_KOD_2017	STM_KOD_2017	DSTM_KOD_2017	RJ_KOD_2017	PRG_KOD_2017	POH_KOD_2017
NTI1	2	3	42	19	0	0	0	0	0	0
NTI2	1	1	63	43	0	0	0	0	0	0
NTI3	1	1	41	23	0	0	0	0	0	0
NTI4	1	2	46	28	0	0	0	0	0	0
NTI5	2	1	39	18	0	0	0	0	0	0
NTI6	1	2	49	22	0	0	0	0	0	0
NTI7	2	3	60	40	1	0	1	0	0	0
NTI8	1	1	28	5	0	0	0	0	0	0
NTI9	1	2	54	35	0	0	0	0	0	0
NTI10	1	1	42	17	0	0	0	0	0	0
NTI11	1	1	30	9	0	0	0	0	0	0
NTI12	1	1	49	25	0	0	0	0	0	0
NTI13	3	1	33	14	0	0	0	0	0	0
NTI14	1	3	60	42	0	0	0	0	0	0
NTI15	1	1	34	13	0	0	0	0	0	0
NTI16	1	1	30	13	0	0	0	0	0	0
NTI17	2	2	30	7	0	0	0	0	0	0
NTI18	1	1	45	25	0	0	0	0	0	0
NTI19	1	1	40	18	0	0	0	0	0	0
NTI20	1	3	36	18	0	0	0	0	0	0
NTI21	1	1	48	26	0	0	0	0	0	0
NTI22	1	1	52	34	0	0	0	0	0	0
NTI23	1	1	62	39	0	0	0	0	0	0
NTI24	1	1	37	15	0	0	0	0	0	0
NTI25	2	3	24	8	0	0	0	0	0	0
NTI26	1	1	41	17	0	0	0	0	0	0
NTI27	1	2	39	22	0	0	0	0	0	0

Prilog 3 Prikaz dijela kodiranih podataka za oblikovanje modela (2017. godina)

ŠIFRIRANO	SS_KOD	RM_KOD	S_KOD_2017	STŽ_UK_KOD	U_KOD_2017	STM_KOD_2017	DSTM_KOD_2017	RJ_KOD_2017	PRG_KOD_2017	POH_KOD_2017
NTI1	0	1	-0,077	-0,156	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI2	-1	-1	1	0,911	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI3	-1	-1	-0,128	0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI4	-1	0	0,128	0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI5	0	-1	-0,231	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI6	-1	0	0,282	-0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI7	0	1	0,846	0,778	1	-1	1	-1	-1	-1
NTI8	-1	-1	-0,795	-0,778	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI9	-1	0	0,538	0,556	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI10	-1	-1	-0,077	-0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI11	-1	-1	-0,692	-0,6	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI12	-1	-1	0,282	0,111	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI13	1	-1	-0,538	-0,378	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI14	-1	1	0,846	0,867	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI15	-1	-1	-0,487	-0,422	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI16	-1	-1	-0,692	-0,422	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI17	0	0	-0,692	-0,689	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI18	-1	-1	0,077	0,111	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI19	-1	-1	-0,179	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI20	-1	1	-0,385	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI21	-1	-1	0,231	0,156	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI22	-1	-1	0,436	0,511	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI23	-1	-1	0,949	0,733	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI24	-1	-1	-0,333	-0,333	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI25	0	1	-1	-0,644	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI26	-1	-1	-0,128	-0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI27	-1	0	-0,231	-0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Prilog 4 Prikaz dijela nekodiranih podataka za oblikovanje modela (2018. godina)

ŠIFRIRANO	SS_KOD	RM_KOD	S_KOD_2018	STŽ_UK_KOD	U_KOD_2018	STM_KOD_2018	DSTM_KOD_2018	RJ_KOD_2018	PRG_KOD_2018	POH_KOD_2018
NTI1	2	3	43	19	0	0	0	0	0	0
NTI2	1	1	64	43	0	0	0	0	0	0
NTI3	1	1	42	23	0	0	0	0	0	0
NTI4	1	2	47	28	0	0	0	0	0	0
NTI5	2	1	40	18	0	0	0	0	0	0
NTI6	1	2	50	22	0	0	0	0	0	0
NTI7	2	3	61	40	0	0	0	0	0	0
NTI8	1	1	29	5	0	0	0	0	0	0
NTI9	1	2	55	35	0	0	0	0	0	0
NTI10	1	1	43	17	0	0	0	0	0	0
NTI11	1	1	31	9	0	0	0	0	0	0
NTI12	1	1	50	25	0	0	0	0	0	0
NTI13	3	1	34	14	0	0	0	0	0	0
NTI14	1	3	61	42	0	0	0	0	0	0
NTI15	1	1	35	13	0	0	0	0	0	0
NTI16	1	1	31	13	0	0	0	0	0	0
NTI17	2	2	31	7	0	0	0	0	0	0
NTI18	1	1	46	25	0	0	0	0	2	0
NTI19	1	1	41	18	0	0	0	0	0	0
NTI20	1	3	37	18	0	0	0	0	0	0
NTI21	1	1	49	26	0	0	0	0	0	0
NTI22	1	1	53	34	0	0	0	0	0	0
NTI23	1	1	63	39	0	0	0	0	0	0
NTI24	1	1	38	15	0	0	0	0	0	0
NTI25	2	3	25	8	0	0	0	0	0	0
NTI26	1	1	42	17	0	0	0	0	0	0
NTI27	1	2	40	22	0	0	0	0	0	0

Prilog 5 Prikaz dijela kodiranih podataka za oblikovanje modela (2018. godina)

ŠIFRIRANO	SS_KOD	RM_KOD	S_KOD_2018	STŽ_UK_KOD	U_KOD_2018	STM_KOD_2018	DSTM_KOD_2018	RJ_KOD_2018	PRG_KOD_2018	POH_KOD_2018
NTI1	0	1	-0,077	-0,156	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI2	-1	-1	1	0,911	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI3	-1	-1	-0,128	0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI4	-1	0	0,128	0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI5	0	-1	-0,231	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI6	-1	0	0,282	-0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI7	0	1	0,846	0,778	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI8	-1	-1	-0,795	-0,778	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI9	-1	0	0,538	0,556	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI10	-1	-1	-0,077	-0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI11	-1	-1	-0,692	-0,6	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI12	-1	-1	0,282	0,111	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI13	1	-1	-0,538	-0,378	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI14	-1	1	0,846	0,867	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI15	-1	-1	-0,487	-0,422	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI16	-1	-1	-0,692	-0,422	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI17	0	0	-0,692	-0,689	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI18	-1	-1	0,077	0,111	-1	-1	-1	-1	1	-1
NTI19	-1	-1	-0,179	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI20	-1	1	-0,385	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI21	-1	-1	0,231	0,156	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI22	-1	-1	0,436	0,511	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI23	-1	-1	0,949	0,733	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI24	-1	-1	-0,333	-0,333	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI25	0	1	-1	-0,644	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI26	-1	-1	-0,128	-0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI27	-1	0	-0,231	-0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Prilog 6 Prikaz dijela nekodiranih podataka za oblikovanje modela (2019. godina)

ŠIFRIRANO	SS_KOD	RM_KOD	S_KOD_2019	STŽ_UK_KOD	U_KOD_2019	STM_KOD_2019	DSTM_KOD_2019	RJ_KOD_2019	PRG_KOD_2019	POH_KOD_2019
NTI1	2	3	44	19	0	0	0	0	0	0
NTI2	1	1	65	43	0	0	0	0	0	0
NTI3	1	1	43	23	0	0	0	0	0	0
NTI4	1	2	48	28	0	0	0	0	0	0
NTI5	2	1	41	18	0	0	0	0	0	0
NTI6	1	2	51	22	0	0	0	0	0	0
NTI7	2	3	62	40	0	0	0	0	0	0
NTI8	1	1	30	5	0	0	0	0	0	0
NTI9	1	2	56	35	0	0	0	0	0	0
NTI10	1	1	44	17	0	0	0	0	0	0
NTI11	1	1	32	9	0	0	0	0	0	0
NTI12	1	1	51	25	0	0	0	0	0	0
NTI13	3	1	35	14	0	0	0	0	0	0
NTI14	1	3	62	42	0	0	0	0	0	0
NTI15	1	1	36	13	0	0	0	0	0	0
NTI16	1	1	32	13	0	0	0	0	0	0
NTI17	2	2	32	7	0	0	0	0	0	0
NTI18	1	1	47	25	0	0	0	0	0	0
NTI19	1	1	42	18	0	0	0	0	0	0
NTI20	1	3	38	18	0	0	0	0	0	0
NTI21	1	1	50	26	0	0	0	0	0	1
NTI22	1	1	54	34	0	0	0	0	0	0
NTI23	1	1	64	39	0	0	0	0	0	0
NTI24	1	1	39	15	0	0	0	0	0	0
NTI25	2	3	26	8	0	0	0	0	0	1
NTI26	1	1	43	17	0	0	0	0	0	0
NTI27	1	2	41	22	0	0	0	0	0	0

Prilog 7 Prikaz dijela kodiranih podataka za oblikovanje modela (2019. godina)

ŠIFRIRANO	SS_KOD	RM_KOD	S_KOD_2019	STŽ_UK_KOD	U_KOD_2019	STM_KOD_2019	DSTM_KOD_2019	RJ_KOD_2019	PRG_KOD_2019	POH_KOD_2019
NTI1	0	1	-0,077	-0,156	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI2	-1	-1	1	0,911	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI3	-1	-1	-0,128	0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI4	-1	0	0,128	0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI5	0	-1	-0,231	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI6	-1	0	0,282	-0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI7	0	1	0,846	0,778	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI8	-1	-1	-0,795	-0,778	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI9	-1	0	0,538	0,556	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI10	-1	-1	-0,077	-0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI11	-1	-1	-0,692	-0,6	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI12	-1	-1	0,282	0,111	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI13	1	-1	-0,538	-0,378	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI14	-1	1	0,846	0,867	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI15	-1	-1	-0,487	-0,422	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI16	-1	-1	-0,692	-0,422	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI17	0	0	-0,692	-0,689	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI18	-1	-1	0,077	0,111	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI19	-1	-1	-0,179	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI20	-1	1	-0,385	-0,2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI21	-1	-1	0,231	0,156	-1	-1	-1	-1	-1	1
NTI22	-1	-1	0,436	0,511	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI23	-1	-1	0,949	0,733	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI24	-1	-1	-0,333	-0,333	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI25	0	1	-1	-0,644	-1	-1	-1	-1	-1	1
NTI26	-1	-1	-0,128	-0,244	-1	-1	-1	-1	-1	-1
NTI27	-1	0	-0,231	-0,022	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Prilog 8 Struktura podataka primijenjenih za oblikovanje PLS-SEM modela

Podaci	Latentna varijabla	Manifestne varijable
Podaci o kvalifikacijama i predispozicijama nadzornika	<i>pred</i>	BOL_KOD RM_KOD SS_KOD STŽ_UK_KOD S_KOD
Podaci o načinu rada nadzornika i njegovu pristupu radu	<i>nac</i>	DSTM_KOD HAK_KOD POH_KOD PRG_KOD RJ_KOD STM_KOD U_KOD
Podaci o učinkovitom radu nadzornika	<i>ucin</i>	NEISP_KOD OA_KOD OTK_5_KOD OTK_30_KOD OTK_60_KOD PTR_A_KOD STAR_KOD TRA_KOD

Prilog 9 Tablični prikaz manifestnih varijabli i njihovih osnovnih statističkih značajki (2017. godina)

Opis	Manifestna varijabla	Broj uzoraka	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Ukupan broj dana bolovanja u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	BOL_KOD_2017	516	0	148	6	16
Radno mjesto na kojem radi nadzornik u 2017. godini	RM_KOD	516	-	-	-	-
Stručna sprema koja kvalificira nadzornika u 2017. godini	SS_KOD	516	-	-	-	-
Ukupan broj godina staža po nadzorniku (iskustvo) u 2017. godini	STŽ_UK_KOD_2017	516	3	45	22,05	10,08
Godine života nadzornika u 2017. godini	S_KOD_2017	516	24	63	42,66	9,53
Broj destimulacija u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	DSTM_KOD_2017	516	0	0	0	0
Broj pogrešaka po nadzorniku utvrđenih stručnim nadzorom u 2017. godini	HAK_KOD_2017	516	0	9	0,78	1,21
Broj pohvala na rad u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	POH_KOD_2017	516	0	1	0,006	0,08
Broj prigovora na rad u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	PRG_KOD_2017	516	0	2	0,03	0,18
Broj izdanih rješenja o oduzimanju licencije u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	RJ_KOD_2017	516	0	0	0	0
Broj stimulacija u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	STM_KOD_2017	516	0	1	0,021	0,14
Broj upozorenja na rad u godini dana po nadzorniku u 2017. godi	U_KOD_2017	516	0	1	0,01	0,098

Postotak neispravnosti u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	NEISP_KOD_2017	516	0	52,17	23,33	4,99
Ukupan broj OA jedinica u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	OA_KOD_2017	516	14,76	9745,06	3505,02	1145,13
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 5 minuta po nadzorniku u 2017. godini	OTK_5_KOD_2017	516	0	521	71,17	66,15
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 30 minuta po nadzorniku u 2017. godini	OTK_30_KOD_2017	516	0	156	17,77	25,95
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 60 minuta po nadzorniku u 2017. godini	OTK_60_KOD_2017	516	0	125	17,17	15,62
Prosječno trajanje tehničkog pregleda u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	PTRA_KOD_2017	516	0	95,56	42,79	12,56
Prosječna starost pregledanih vozila u godini dana po nadzorniku u 2017. godini	STAR_KOD_2017	516	0	19,83	12,93	2,34
Broj vozila kojima je tehnički pregled trajao do 20 minuta po nadzorniku u 2017. godini	TRA_KOD_2017	516	0	923	195	194

Prilog 10 Tablični prikaz manifestnih varijabli i njihovih osnovnih statističkih značajki (2018. godina)

Opis	Manifestna varijabla	Broj uzoraka	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Ukupan broj dana bolovanja u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	BOL_KOD_2018	516	0	298	10	29
Radno mjesto na kojem radi nadzornik u 2018. godini	RM_KOD	516	-	-	-	-
Stručna sprema koja kvalificira nadzornika u 2018. godini	SS_KOD	516	-	-	-	-
Ukupan broj godina staža po nadzorniku (iskustvo) u 2018. godini	STŽ_UK_KOD_2018	516	4	46	23,05	10,08
Godine života nadzornika u 2018. godini	S_KOD_2018	516	25	64	43,66	9,53
Broj destimulacija u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	DSTM_KOD_2018	516	0	1	0,004	0,06
Broj pogrešaka po nadzorniku utvrđenih stručnim nadzorom u 2018. godini	HAK_KOD_2018	516	0	10	0,5	1,11
Broj pohvala na rad u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	POH_KOD_2018	516	0	1	0,002	0,044
Broj prigovora na rad u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	PRG_KOD_2018	516	0	2	0,03	0,19
Broj izdanih rješenja o oduzimanju licencije u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	RJ_KOD_2018	516	0	1	0,004	0,06
Broj stimulacija u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	STM_KOD_2018	516	0	1	0,006	0,08
Broj upozorenja na rad u godini dana po nadzorniku u 2018. godi	U_KOD_2018	516	0	1	0,01	0,12

Postotak neispravnosti u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	NEISP_KOD_2018	516	0	39,2	22,37	4,71
Ukupan broj OA jedinica u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	OA_KOD_2018	516	36,26	9470,78	3621,65	1197,92
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 5 minuta po nadzorniku u 2018. godini	OTK_5_KOD_2018	516	0	366	50,42	56,51
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 30 minuta po nadzorniku u 2018. godini	OTK_30_KOD_2018	516	0	235	17,63	28,44
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 60 minuta po nadzorniku u 2018. godini	OTK_60_KOD_2018	516	0	101	15,91	14,34
Prosječno trajanje tehničkog pregleda u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	PTRA_KOD_2018	516	0	99,12	45,8	12,96
Prosječna starost pregledanih vozila u godini dana po nadzorniku u 2018. godini	STAR_KOD_2018	516	0	19,21	13,42	2,13
Broj vozila kojima je tehnički pregled trajao do 20 minuta po nadzorniku u 2018. godini	TRA_KOD_2018	516	0	887	139	148

Prilog 11 Tablični prikaz manifestnih varijabli i njihovih osnovnih statističkih značajki (2019. godina)

Opis	Manifestna varijabla	Broj uzoraka	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Ukupan broj dana bolovanja u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	BOL_KOD_2019	516	0	292	10	28
Radno mjesto na kojem radi nadzornik u 2019. godini	RM_KOD	516	-	-	-	-
Stručna sprema koja kvalificira nadzornika u 2019. godini	SS_KOD	516	-	-	-	-
Ukupan broj godina staža po nadzorniku (iskustvo) u 2019. godini	STŽ_UK_KOD_2019	516	5	47	24,05	10,08
Godine života nadzornika u 2019. godini	S_KOD_2019	516	26	65	44,66	9,53
Broj destimulacija u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	DSTM_KOD_2019	516	0	2	0,01	0,13
Broj pogrešaka po nadzorniku utvrđenih stručnim nadzorom u 2019. godini	HAK_KOD_2019	516	0	7	0,64	1,09
Broj pohvala na rad u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	POH_KOD_2019	516	0	1	0,01	0,12
Broj prigovora na rad u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	PRG_KOD_2019	516	0	2	0,07	0,29
Broj izdanih rješenja o oduzimanju licencije u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	RJ_KOD_2019	516	0	1	0,02	0,14
Broj stimulacija u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	STM_KOD_2019	516	0	0	0	0
Broj upozorenja na rad u godini dana po nadzorniku u 2019. godi	U_KOD_2019	516	0	1	0,01	0,12

Postotak neispravnosti u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	NEISP_KOD_2019	516	0	50	23,74	5,42
Ukupan broj OA jedinica u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	OA_KOD_2019	516	4,05	9794,77	3636,95	1183,88
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 5 minuta po nadzorniku u 2019. godini	OTK_5_KOD_2019	516	0	363	35,7	47,83
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 30 minuta po nadzorniku u 2019. godini	OTK_30_KOD_2019	516	0	262	14,65	26,45
Broj vozila kojima je neispravnost uklonjena u 60 minuta po nadzorniku u 2019. godini	OTK_60_KOD_2019	516	0	82	16,11	13,45
Prosječno trajanje tehničkog pregleda u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	PTRA_KOD_2019	516	0	109,97	51,11	15,79
Prosječna starost pregledanih vozila u godini dana po nadzorniku u 2019. godini	STAR_KOD_2019	516	0	29	13,43	2,32
Broj vozila kojima je tehnički pregled trajao do 20 minuta po nadzorniku u 2019. godini	TRA_KOD_2019	516	0	676	85	102

Životopis autorice

Iva Mikulić rođena je 13. travnja 1991. godine u Zagrebu. Osnovnu školu Augusta Šenoa u Zagrebu završila je 2006. godine te je 2005. godine završila i Osnovnu glazbenu školu Rudolfa Matza. Godine 2006. upisuje prirodoslovno-matematičku V. gimnaziju u Zagrebu. Godine 2010. završava gimnaziju te upisuje Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu, smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment. Studij završava 2016. godine, čime stječe titulu magistre inženjerke strojarstva.

Tijekom studija stipendirala ju je tvrtka Centar za vozila Hrvatske te se nakon završetka studija tu zapošljava. Na samom početku rada prolazi obuku u stanici za tehnički pregled i polaže ispite za stjecanje licencija za referenta za poslove registracije vozila te nadzornika tehničke ispravnosti vozila. Paralelno upisuje i poslijediplomski doktorski studij na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment. Od 2017. godine do danas radi na radnome mjestu stručnog suradnika za koordinaciju i kontrolu rada stanica za tehnički pregled Centra za vozila Hrvatske, čiji djelokrug rada podrazumijeva kontrolu kvalitete, stručnosti i zakonitosti rada, zatim kadrovsku i materijalnu koordinaciju rada te kontrolu održavanja objekata, uređaja i opreme unutar stanica za tehnički pregled vozila. Tijekom dokorskog studija objavljuje znanstvene članke u međunarodnim časopisima i zbornicima međunarodnih konferencija. U kolovozu 2018. godine sudjeluje na doktorskoj školi u Kölnu, gdje izučava SEM metodu. Iste godine u listopadu dobiva stipendiju od tvrtke FESTO za doktorsku školu u Zadru u organizaciji DAAAM institucije te sudjeluje na njoj.

Popis javno objavljenih znanstvenih radova

1. Mikulić, I., Pejić, G. Škreblin, T.: Improvement of The Roller Brake Tester Calibration Process //2nd International Scientific conference LEAN Spring Summit 2017 / Culmena d.o.o., Šibenik, Hrvatska, 1-2 June 2017, str. 35-45 (konferencijski članak)
2. Mikulić, I.: Development of a model for monitoring efficiency of human resources in periodical technical inspection stations // 3rd Annual PhD Workshop / Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Faculty of Metallurgy, Zagreb, Hrvatska, June 30, 2017, str. 32 (sažetak na doktorskoj radionici)
3. Mikulić, I. Lisjak, D., Štefanić, N.: The Impact of Expert System Implementation on Improving the Decision-Making Process //3rd International Scientific conference LEAN Spring Summit 2018 / Culmena d.o.o., Opatija, Hrvatska, 24-25 May 2018, str. 38-50 (konferencijski članak)
4. Štefanić, A.; Mikulić, I.: Prerequisites for Implementing Industry 4.0 in Croatian Industry //3rd International Scientific conference LEAN Spring Summit 2018 / Culmena d.o.o., Opatija, Hrvatska, 24-25 May 2018, str. 94-100 (konferencijski članak)
5. Mikulić, I.: The Novel Model for Monitoring the Human Factor Efficiency in Processes // 4th Annual PhD Workshop / Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Faculty of Metallurgy, Zagreb, Hrvatska, July 2, 2018, str. 35 (sažetak na doktorskoj radionici)
6. Mikulić, I., Štefanić, A.: The Adoption of Modern Technology Specific to Industry 4.0 by Human Factor//29th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation / DAAAM International, Zadar, Hrvatska, 24-27 October 2018, (konferencijski članak)
7. Dubreta, N., Mikulić, I.: Subjectivity and technology in work of technicians in periodical technical inspection stations // Interdisciplinary Description of Complex Systems:INDECS Journal /Zagreb, June 2019 (članak u časopisu)

8. Mikulić, I., Bošković, I., Zovak, G.: Effects of Driving Style and Vehicle Maintenance on Vehicle Roadworthiness // Promet - Traffic&Transportation / Zagreb, October 2020 (članak u časopisu)
9. Mikulić, I., Lisjak, D., Štefanić, N.: A Rule-Based System for Human Performance Evaluation: A Case Study // Applied Sciences / Basel, March 2021 (članak u časopisu)