

**VOLUME 5 NUMBER (1) 2019**



**ISSN (Online) 2466-2860**

**In Serbian:  
Inženjerski menadžment**

# **ENGINEERING MANAGEMENT**

**The International Student Journal for Theory and Practice of  
Management Science**

**Editor-in-Chief:  
Sanela Arsić**

**Published by:  
Technical Faculty in Bor**

**[www.menadzment.tfbor.bg.ac.rs/english/student-journal/](http://www.menadzment.tfbor.bg.ac.rs/english/student-journal/)**

## EDITORIAL BOARD

### Editor – in - Chief

***Sanela Arsić***, assistant professor  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

### Co-editor

***Momir Popović***, PhD student  
University of Belgrade,  
Technical Faculty in Bor, Serbia

***Dušan Bogdanović***, master student  
University of Novi Sad,  
Faculty of Technical Sciences, Serbia

### Technical editor

***Milena Jevtić***, assistant professor  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

### Editorial board

***Ivica Nikolić***, teaching assistant  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Anđelka Stojanović***, PhD student  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Ivana Veličkovska***, PhD student  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Jelena Jovkić***, PhD student  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Dragana Dimitrievska***, master student  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Radmila Janković***, PhD student  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Mikhail Myltsev***, master student  
RANEPA, Russia

***Przemuslav Kubat***, master student  
Czestochowa University of Technology,  
Faculty of Management, Poland

***Bronislava Čapkovićková***  
University of SS Trnava,  
Faculty of mass media communication,  
Slovak Republic

***Aleksandra Vecsey***, master student  
Obuda University Budapest, Hungary

***Van Thingh Doung***, master student  
Obuda University Budapest,  
Keleti faculty of business and  
management, Hungary

***Milena Jevtić***, assistant professor  
University of Belgrade  
Technical faculty in Bor, Serbia

***Miroslava Jevtić***, bachelor student  
University of Belgrade  
Faculty of Economics, Serbia

*Department of Engineering Management of Technical faculty in Bor, University of Belgrade started to publish a journal “Engineering management – The International Student Journal for Theory and Practice of Management Science“, during 2015. The journal has international character and publishes student articles in the field of theory and practice of management.*

*The main goal of the journal is to develop research and writing skills for writing article in which students at all levels of study can present the results of their research.*

## **ZASTUPLJENOST MOBILNOG UČENJA NA UNIVERZITETU ISTOČNE FINSKE**

**Momir Popović**

*Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment  
Bor, Srbija*

---

### **Izvod**

Brzim razvojem tehnologije, ali i procesom globalizacije, došlo je do promena u oblasti obrazovanja. Konkretno u načinu učenja i sticanja znanja. U procesu sticanja znanja, danas su uključeni elektronski uređaji, a to su najčešće računari i mobilni telefoni. Međutim, mobilno učenje danas više nije stvar izbora već potrebe da znanje bude što dostupnije. Koristeći modernu tehnologiju, studenti mogu lako pristupiti i koristiti resurse za učenje u bilo koje vreme i na bilo kom mestu. Cilj ovog rada je da predstavi rezultate istraživanja u primeni novih tehnologija u sistemu visokog obrazovanja u Finskoj. U radu je prikazano istraživanje sprovedeno na grupi studenata kako bi se ispitalo u kom stepenu su studenti upoznati i koliko koriste mobilno učenje na Univerzitetu Istočne Finske.

***Ključne reči:*** *Mobilno učenje, Tehnologija, Obrazovanje, Anketiranje*

---

### **1. UVOD**

Mobilno učenje predstavlja deo elektronskog učenja i u skorijoj budućnosti bi moglo postati potpuno nov i različit obrazovni format, koji bi morao da postavi sopstvene standarde i očekivanja. Postoje značajni dokazi koji ukazuju na to da mobilno učenje raste i razvija se, a tome u prilog ide i učestalost posvećenih konferencija, seminara i radionica ovoj temi, kao i veliki broj naučnih istraživanja.

Termin mobilno učenje obuhvata korišćenje prenosivih računara koji se mogu koristiti u učionici, prilikom individualnog rada od kuće ili na terenskoj nastavi, kao i prilikom grupnog rada (Chen, 2002; Perry, 2003; Pinkwart et al, 2003). Koncept mobilnog učenja je interesantan iz razloga što ne postoji potreba da korisnik ovog koncepta bude prisutan na univerzitetu ili drugu visokoškolsku ustanovu, već je dovoljno da ima mobilni uređaj i pristup Internetu.

U radu je prikazano istraživanje sprovedeno na grupi studenata koje je obuhvatilo njihovo mišljenje o elektronskom i mobilnom učenju. Cilj istraživanja bio je da se ustanovi stepen upoznatosti studenata sa mobilnim učenjem, kao i u kojoj meri koriste mobilno učenje.

### **2. TEORIJSKE OSNOVE**

Mobilno učenje ili m-učenje je nova faza u razvoju elektronskog učenja i učenja na daljinu. To se odnosi na bilo koje učenje koje se odvija putem bežičnih mobilnih uređaja kao što su pametni telefoni, laptop uređaji i tablet računari, odnosno uređaji putem kojih se mogu pristupiti materijalu koji se nalazi u elektronskoj formi kako bi omogućili učenje u bilo kom trenutku i bilo gde (Naismith et al., 2006; Wang et al., 2009).

Od kraja devedesetih, povećana je upotreba mobilnih telefona među svim starosnim grupama (Ling & Vaage, 2000). Pojavio se povećani interes za korišćenje mobilne tehnologije u obrazovanju, a veliki broj pilot projekata pokušali su da saznaju kako se ove tehnologije mogu integrisati u postavke učenja (Chen et al., 2002; Roschelle & Pea, 2002; Lundby, 2002).

Mobilna tehnologija je dovela do toga da većina ljudi nosi svoje pojedinačne male računare koji sadrže izuzetnu računarsku moć, ali je i razvoj Internet tehnologije doprineo da su materijal za učenje i pristup naučno-istraživačkom radu nikad dostupniji studentima i nastavnicima (Sung et al, 2016). Istraživanja sugerisu da povećani pristup tehnologiji i razvoju Interneta ima pozitivne efekte na učenje i postignuća učenika (Kulik, 2003).

Mobilni uređaji su postali pristupačniji, efikasniji i jednostavniji za korišćenje (Nassuora, 2012), što dovodi do efikasnosti u korišćenju i mogućnosti da se proširi oblast korišćenja. S obzirom da su mobilni uređaji dostupni su velikom broju korisnika, a potrebne aplikacije za uređaje je moguće instalirati kako na novim, tako i na starijim uređajima, dovelo je do ekspanzije njihove upotrebe. Postavlja se pitanje „Zašto ne koristiti mobilne uređaje i za sticanje znanja?“. Prema nekim sprovedenim istraživanjima (Bašić & Viduka, 2014), deca uzrasta od 10 godina imaju mobilni telefon koji im je na raspolaganju 24 časa, dok je kod dece uzrasta od 6 i 7 godina mobilni telefon dostupan samo u određenim situacijama (odlazak na trening, izlet i sl.).

Mobilni uređaji mogu proširiti prednosti sistema elektronskog učenja ukoliko se iskoriste na pravi način (Motiwalla, 2007), što ukazuje na to da je u potpunosti moguće koristiti mobilne uređaje za sticanje znanja. Veoma veliku ulogu danas imaju akademske institucije koje daju studentima mogućnost pristupa materijalima i informaciono komunikacionom sistemu (Nassuora, 2012).

Kao prednost novih sistema navodi se i mogućnost dobijanja povratne informacije u elektronskoj formi (Crawford, 2007), a jedan od takvih sistema učenja jeste i platforma Mudl (*engl.* Moodle). Nastavnici mogu prikupiti materijal studenata na ovoj platformi, podeliti mišljenja i komentare, ali i dati ocenu za predati rad. Pored ovog sistema postoji i mnogo drugih elektronskih sistema koji mogu pomoći studentima u procesu sticanja znanja.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Prilikom istraživanja korišćen je metod za prikupljanje podataka. Tehnika za prikupljanje podataka koja je najbolje odgovarala ispunjenju cilja jeste upitnik. Međutim, pored tehnike upitnika koja je korišćena u ovom istraživanju, postoje i drugi vidovi tehnike anketiranja, a to su strukturirani i dubinski intervjui, posmatranje, analiza sadržaja i slično (De Vaus et al., 2014).

Prvi deo istraživanja sproveden je kako bi se saznali demografski podaci ispitanika, dok se u drugom delu ankete nalazila pitanja koja su vezana za stepen i učestalost korišćenja mobilnog učenja.

Anketiranje je sprovedeno na grupi slučajno odabranih studenata. U anketiranju su učestvovali studenti sa više različitih fakulteta i odseka na Univerzitetu Istočne Finske. Ukupan broj anketiranih studenata je 90. Ispitanici ženskog pola čine većinu učesnika i to čak 58,89%, dok ispitanici muškog pola čine 41,1%. Svi podaci se mogu videti u tabeli 1.

**Tabela 1.** Pol ispitanika

Pol ispitanika	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Ženski	53	58.89	58.89
Muški	37	41.1	100.0

Najveći procenat ispitanika dolazi sa Fakulteta za šumarstvo i to čak njih 30. Dok je najmanje ispitanika sa Fakulteta za geografiju i Fakulteta za humanistiku po njih dvoje. Detaljan prikaz ispitanika u zavisnosti od fakulteta i odseka može se videti u tabeli 2.

**Tabela 2.** Broj ispitanika na osnovu fakulteta ili odseka

Fakultet/Odsek	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Biznis	11	12.2	12.2
Računarstvo	2	2.2	14.4
Obrazovanje	10	11.1	25.5
Šumarstvo	30	33.3	58.8
Biologija	3	3.3	62.1
Geografija	2	2.2	64.3
Istorija	4	4.4	68.7
Humanistika	2	2.2	70.9
Pravo	3	3.3	74.2
Filozofija	13	14.4	88.9
Društvene nauke	10	11.1	100

Najveći broj ispitanika koji su učestvovali u istraživanju sa 47.8% je starosti od 22 do 25 godina, dok se kompletna struktura ispitanika po starosti može videti u tabeli 3.

**Tabela 3.** Starosna struktura ispitanika

Godine	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
18-21	34	37.8	37.8
22-25	43	47.8	85.6
26-30	11	12.2	97.8
Više od 30	2	2.2	100.0

Nakon demografskih pitanja bilo je potrebno saznati koliko su studenti upoznati sa konceptima elektronskog i mobilnog učenja. Prvo pitanje iz ove oblasti odnosilo se na stepen upoznatosti ispitanika sa konceptom elektronskog učenja. U tabeli 4. prikazano je u kojoj meri su studenti upoznati, pa tako su odgovor „dobro“ i „veoma dobro“ dalo čak 80% ispitanika.

**Tabela 4.** Znanje o elektronskom učenju

Znanje o elektronskom učenju	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Slabo	18	20.0	20
Dobro	57	63.3	83.3
Veoma dobro	15	16.7	100

Na pitanje o iskustvu sa upotrebom mobilnog telefona, većina ispitanika, i to čak njih 96,66%, je odgovorila da iskustvo sa mobilnim telefonom ima duže od četiri godine. Svi podaci su prikazani u tabeli 5.

**Tabela 5.** Upotreba mobilnog telefona

Upotreba mobilnog telefona	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Manje od 2 god.	0	0	0
2-4 god.	3	3.34	3.34
Više od 4 god.	87	96.66	96.66

Nakon što je postavljeno pitanje da li koriste mobilni telefon i u kom vremenskom periodu, bilo je potrebno saznati i koliko su upoznati sa konceptom mobilnog učenja. Podaci su prikazani u tabeli 6, a više od 70% ispitanika je umereno, dobro ili odlično upoznato sa konceptom mobilnog učenja.

**Tabela 6.** Znanje o konceptu mobilno učenje

Znanje o mobilnom učenju	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Slabo	26	28.9	28.9
Umereno	36	40	68.9
Dobro	21	23.3	92.2
Veoma dobro	7	7.8	100

Najvažnije pitanje zbog kojeg je i sprovedeno istraživanje bilo da li koriste koncept mobilnog učenja i koliko često. U tabeli 7. prikazani su odgovori na pitanje da li koriste mobilno učenje, gde je sa neverovatnih 71.1%, odnosno 64 ispitanika odgovorilo da koristi mobilno učenje. Njih 64 je odgovorilo i o učestalosti korišćenja što je prikazano u tabeli 8. Najčešći odgovor ispitanika bio je da koriste od jedan do pet puta dnevno.

**Tabela 7.** Korišćenje mobilnog učenja

Korišćenje mobilnog učenja	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Da	64	71.1	71.1
Ne	26	28.9	100

**Tabela 8.** Učestalost korišćenja mobilnog učenja

Učestalost korišćenja mobilnog učenja	Frekvencija	Procenat (%)	Kumulativni procenat (%)
Ne koristim	26	28.9	28.9
1-5 puta dnevno	55	61.1	90
6-7 puta dnevno	7	7.8	97.8
Više od 10 puta dnevno	2	2.2	100

#### 4. ZAKLJUČAK

Ova studija je dovela do zaključka da postoji veliki broj ispitanika koji tvrde da je upoznato sa pomenutim konceptom i da ga koristi redovno, od 1 do 5 puta na dan do više od 10 puta dnevno. Međutim, skoro 30% ispitanika još uvek nije upoznato sa konceptom mobilnog učenja i oni ga ne koriste. Na osnovu sprovedene ankete i prikazanih podataka može se zaključiti da postoji veliki broj korisnika koji su upoznati sa konceptom i koriste mobilno učenje na Univerzitetu Istočne Finske. Takođe, u nastavku bi bilo poželjno istražiti koji to faktori i u kojoj meri utiču da postoji oko 70% zastupljenosti mobilnog učenja na Univerzitetu, kao i koji to faktori mogu da pospeše da i ostali studenti budu makar upoznati sa konceptom mobilnog učenja, a onda možda kasnije i počnu da koriste isti.

## **PRESENCE OF MOBILE LEARNING AT THE UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND**

**Momir Popović**

*University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Engineering Management Department  
Bor, Serbia*

---

### **Abstract**

With the advent of both the rapid development of the technology and the process of globalization, there has been a change in education. Specifically, in the way of learning and acquiring knowledge. Mobile learning today is no longer a matter of choice, but the need to make the knowledge as accessible as possible. Using modern technology, students can easily access and use learning resources at any time and in any place. The aim of this paper is to present the results of research in the application of new technologies in the higher education system in Finland. The paper presents a survey conducted on a student group to find out the presence of mobile learning at the University of East Finland.

**Keywords:** *Mobile Learning, Technology, Education, Survey*

---

### **LITERATURA / REFERENCES**

- Bašić, A., Viduka, D. (2014). Štetni efekti korišćenja mobilnog telefona kod dece. BizInfo (Blace) Journal of Economics, Management and Informatics, 5(2), 1-14.
- Chen, F., Myers, B., Yaron, D. (2002). Using handheld devices for tests in classes. Human-Computer Interaction Institute, School of Computer Science, Carnegie Mellon, University, PA. CMU-HCI-00-101.
- Crawford, V.M. (2007). Creating a powerful learning environment with networked mobile learning devices. Educational Technology Magazine, The Magazine for Managers of Change in Education, 47(3), 47-50.
- Kulik, J.A. (2003). Effects of using instructional technology in elementary and secondary schools: What controlled evaluation studies say. Arlington, VA: sri International.
- Ling, R., Vaage, O.F. (2000). Internett og mobiltelefon – ikke lenger bare for de få. Samfunnspeilet, 6. Statistisk sentralbyrå.
- Lundby, K. (2002). Knowmobile: knowledge access in distributed training: mobile opportunities for medical students. InterMedia, 5, University of Oslo.
- Motiwalla, L.F. (2007). Mobile learning: A framework and evaluation. Computer & Education, 49(3), 581-596.
- Naismith, L., Corlett, D. (2006). Reflections on success: A retrospective of the mLearn conference series 2002-2005. In Proceedings of mLearn 2006 – the 5th World Conference on m-learning.



- Nassuora, A.B. (2012). Students acceptance of mobile learning for higher education in Saudi Arabia. *American Academic & Scholarly Research Journal*, 4(2).
- Perry, D. (2003). *Handheld Computers (PDAs) in Schools*. Coventry: BECTa
- Pinkwart, N., Hoppe, H.U., Milrad, M., Perez, J. (2003). Educational scenarios for cooperative use of Personal Digital Assistants. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3), 383-391.
- Roschelle, J., Pea, R. (2002). A walk on the WILD side: how wireless handhelds may change CSCL. In G Stahl (ed) *Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning*. Hillsdale, NJ: L Erlbaum & Associates.
- Sung, Y.T., Chang, K.E., Liu, T.C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275.
- Traxler, J. (2005). Defining mobile learning. In *IADIS International Conference Mobile Learning*, 261-266.
- Wang, Y., Wu, M., Wang, H. (2009). Investigating the determinants and age and gender differences in the acceptance of mobile learning. *British Journal of Educational Technology*, 40(1), 92-118.

## PRIMENA QFD METODE U RAZVOJU DLS PLATFORME

Jelena Kovačević, Aleksandra Milovanović

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment  
Bor, Srbija

---

### Izvod

U ovom radu definisan je problem razvoja usluge u skladu sa zahtevima korisnika. U tu svrhu, korišćena je QFD metoda kao alat za razvoj usluge DLS platforme u skladu sa zahtevima budućih korisnika. S obzirom da zahtevi korisnika igraju značajnu ulogu u procesu razvoja novih usluga, QFD metoda predstavlja koristan alat u procesu razvoja proizvoda/usluga. Implementacija QFD metode je značajna u ranim fazama projektovanja jer obezbeđuje sistematski pristup zadovoljavanju zahteva korisnika. Adekvatna primena QFD metode pomaže kompanijama da slušaju glas korisnika. Samim tim, kompanije uspevaju da efikasnije projektuju nove usluge, kao i da poboljšaju postojeće. Cilj ove studije je da se poveća kvalitet usluge koju pruža DLS platforma kao i zadovoljstvo korisnika integrisanjem njihovih zahteva i usluge DLS platforme.

**Ključne reči:** Implementacija funkcije kvaliteta (QFD), Sistem učenja na daljinu (DLS), Kontrola kvaliteta usluga, Zahtevi korisnika, Zadovoljenje korisnika

---

### 1. UVOD

Doba takozvane revolucije 4.0 donelo je pregršt promena primenom digitalizacije ako ne u svim onda gotovo u većini aspekata poslovanja. Time se drastično preoblikovalo tržište i društvo, kao i odnos između kompanija sa jedne strane i korisnika sa druge strane. Kompanije se susreću sa novim izazovima u pogledu odabira segmenta tržišta - ciljne grupe kao i zahteva samih korisnika. Izbor i evaluacija tržišnog segmenta igraju važnu ulogu u povećanju konkurentnosti kompanije (Dat et al., 2015). Kako bi se konkurentna prednost održala u upotrebu je stavljena QFD metoda (engl. Quality Function Deployment), kojom se mogu identifikovati svi zahtevi budućih tržišta (Ju & Sohn, 2015). Kao takva, QFD metoda je našla primenu u ocenjivanju različitih tržišnih segmenata, kako proizvodnih tako i uslužnih, prilikom kog se u obzir uzimaju mnogi potencijalni kriterijumi kao i donosioci odluka (Dat et al., 2015). Tokom protekle tri decenije sektor usluga, posebno deo gde se primenjuju nove informacione tehnologije, postao je dominantan element ekonomije, gde je kvalitet usluga preduslov za uspeh i opstanak u današnjem konkurentnom okruženju (Chen & Chou, 2011). S obzirom da QFD metoda nije korisna samo u tradicionalnom kvalitetu proizvoda i usluga, već i u tehnološkom aspektu, ona se može primeniti i za procenu tehnologije, kao i na buduće strategije upravljanja (Ju & Sohn, 2015).

Samo proširenje uslužnog sektora i uvođenje novih tehnologija dovelo je do stvaranja novih vidova poslovanja, pre svega formiranjem različitih platformi. Kombinacija platformi, kao alata uslužnog sektora, i potreba korisnika za ličnim usavršavanjem i edukacijom, formirala je novi edukativni pristup koji podrazumeva mobilno učenje. Za razliku od ostalih razvijenih zemalja, u našoj zemlji mobilno učenje putem platformi do skora nije bilo u tolikoj meri razvijeno, međutim njegov rast u poslednjih par godina je više

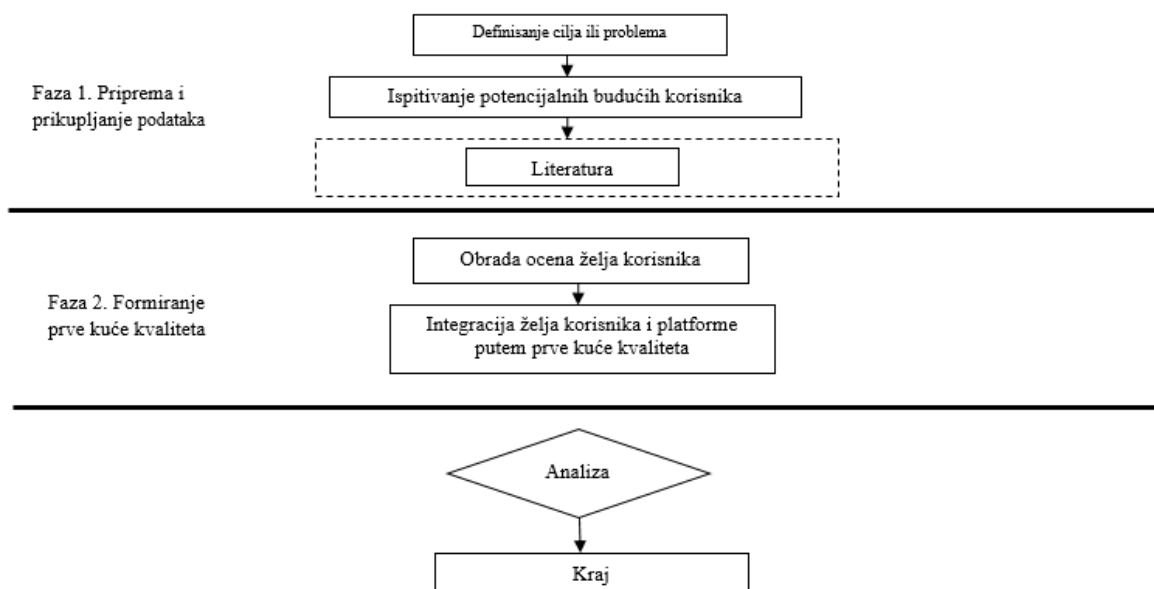
nego primetan. Kao odgovor na pomenutu situaciju, formiran je novi vid poslovanja putem DLS (engl. Distance Learning System) platforme, koji je spojio razvoj novih tehnologija i znanja. Digitalne platforme se mogu definisati kao platforme zasnovane na softveru kreirane pomoću proširivog koda softvera zasnovanog sistema koji obezbeđuje osnovnu funkcionalnost koja se deli od strane modula sa kojima interoperiše i interfejsa preko kojih interoperiraju (Pierluigi & Giustina, 2018).

Možemo slobodno reći da je QFD prihvaćeni alat koji se koristi za dizajniranje proizvoda i usluga koje pokreću potrošači (Moghimia et al., 2017; Wua et al., 2018). Akao objašnjava QFD kao “Metod koji uspostavlja kvalitet dizajna kroz prevođenje zahteva kupaca u attribute dizajna i važnim garancijama kvaliteta da se koristi tokom celog proizvodnog procesa”. Ovaj metod prenosi očekivane želje u kvalitativne karakteristike i stvara sistematski razvoj koristeći odnose između potreba klijenata i tehničke karakteristike (Moghimia et al., 2017). Kao takav, metod je primenjen za efikasnu integraciju želja i očekivanja budućih korisnika sa DLS platformom u cilju formiranja što bolje usluge. Kako bi se što bolje sagledale želje korisnika, primenjen je jedan od proizvoda QFD-a, “kuća kvaliteta”, koja omogućava brzu vizuelnu sliku poređenja „šta klijenti žele“ nasuprot „kako dobavljači mogu da im daju” (Chou, 2004).

## **2. TEORIJSKO-METODOLOŠKE POSTAVKE RADA**

### **2.1. Tok istraživanja i metodološka zasnovanost**

U ovom istraživanju primenjena je prva kuća kvaliteta kao segment QFD metode, kako bi se što bolje sagledale želje budućih korisnika i integrisale sa radom DLS platforme. Samo istraživanje razvijeno je u nekoliko osnovnih koraka, koji sistematično opisuju tok primene predočene metode. Šematski prikaz istraživačkog toka data je na Slici 1.



**Slika 1.** Faze primene prve kuće kvaliteta

Primena prve kuće kvaliteta kao dela QFD metode bazirana je na prethodno proučavanim radovima slične tematike. Naime prva kuća kvaliteta kao deo QFD metode je sistematsko, korisnički vođeno osiguranje kvaliteta, a samim tim i metod poboljšanja koji se fokusira na zadovoljenje zahteva korisnika (Na et al., 2012).

Pregled istraživanja autora koji su se bavili sličnom metodologijom primenjenom u ovom istraživanju i na čijim osnovama je i baziran ovaj rad dat je u Tabeli 1.

**Tabela 1.** Studije na kojima je bazirana i primenjena QFD metoda

<b>Primenjena metodologija</b>	<b>Autor i godina</b>	<b>Oblast istraživanja</b>
QFD	Wang , Lee & Amy Trappey, (2017)	Dizajn usluga
QFD	Xin, Lei & Meng, (2017)	Studija slučaja katering usluge železničke stanice
QFD	Chowdhury & Quaddus, (2016)	Održivi dizajn usluga
QFD	Zaim, Sevcli , Camgöz-Akdag˘, Demirel, Yayla, & Delen, (2014)	Razvoj proizvoda
QFD	Chen & Chou, (2011)	Poboljšanje kvaliteta usluga biblioteka
MEC-QFD	Moghimi , Jusan , Izadpanah & Mahdinejad, (2017)	Poboljšanje ugostiteljskih usluga
QFD	Wu, Qomariyah , Sa & Liao, (2018)	Poboljšanje kvaliteta bolničkih usluga
QFD	Chou, (2004)	Ocena kvaliteta usluga u školama
QFD	Na, Xiaofei, Yang & Ming, (2012)	Poboljšanje uslužnog programa

## **2.2. Teorijske postavke rada**

### **2.2.1. QFD metod**

QFD metoda je uvedena je u Japanu sredinom 60-ih godina prošlog veka (Djekic et al., 2017). Profesor Akao je 1996. godine uveo QFD metod kao koncept i pristup dizajnu u cilju razvoja novih proizvoda, kao način za poboljšanje dizajna proizvoda u skladu sa potrebama i zahtevom potrošača (Wood et al., 2016). Cilj njegovog uvođenja bio je razvoj kvalitetnog alata koji bi obezbedio kvalitet proizvoda u svim fazama procesa razvoja novog proizvoda (Djekic et al., 2017). Glavni cilj je zapravo da se u početnim fazama dizajna izbegnu kasne modifikacije proizvoda i ograničena upotreba proizvoda (Renaud et al, 2019). QFD predstavlja metodu za dizajniranje i razvoj proizvoda uz pomoć koje se ugrađuju zahtevi korisnika u proces dizajniranja (Sularto et al., 2014). Dakle, QFD metoda prevodi zahteve kupaca u projektne ciljeve i ključne tačke za osiguranje kvaliteta proizvoda u toku proizvodnje (Djekic et al., 2017). QFD se može definisati kao strukturirana metodologija za dizajn i razvoj proizvoda, sa svrhom da se utvrde želje i potrebe potrošača, i za sistematsku ocenu sposobnosti usluge ili proizvoda da zadovolji želje i potrebe potrošača (Sularto et al., 2014). QFD metoda predstavlja skup tabela i matrica za implementaciju razvoja proizvoda koji se definišu nakon određivanja uzročno-posledičnih odnosa (Cardoso et al., 2015). Ova metoda je povezana sa dizajnom proizvoda, razvojem, proizvodnjom i detaljnom procenom proizvoda (Sularto et al., 2014). Može se koristiti za rešavanje problema investicija, upravljanja znanjem, pružanja usluga i održivosti (Lee & Bai, 2016). Metoda QFD pomaže projektantima u strukturiranju znanja, uzimajući u obzir funkcije, kriterijume upotrebe i karakteristike proizvoda i osobine koje treba razviti (Renaud et al, 2019). Potrošači i njihovo iskustvo i zadovoljstvo se nalaze u centru poslovnih strategija kompanija. Samim tim, što se više uzimaju u obzir navedene

stavke, veće će biti i zadovoljstvo potrošača, a time i bolja pozicija kompanije na tržištu. Svima je poznato da se lepa reč brzo širi, a loša još brže. Kako bi se sprečila loša reputacija mora se na vreme krenuti sa planiranjem proizvoda, zadovoljenjem potreba potrošača i obezbeđenjem kvaliteta. Ukoliko se sve odvija po planu, može se čak iskoristiti i prednost takozvane usmene promocije, u kojoj zadovoljni potrošači preporučuju proizvod ili uslugu drugim potrošačima. Kao što je već rečeno, da bi se poslovalo na pozitivnoj nuli ili sa dobitkom, potrebno je da se prikupe i usvoje podaci o potrebama i željama kupaca. Kako bi se prikupili podaci, neophodni za QFD metodu, najčešće se koriste ankete, intervjui ili neposredne diskusije sa stručnjacima (Lee & Bai, 2016). Informacije o potrebama kupaca se mogu upotrebiti za izmenu postojećih proizvoda ili izradu novih proizvoda (Palominosa et al., 2019). Zahtevi klijenata se zatim prevode u karakteristike kvaliteta, u svim fazama razvoja, putem matrica tj. kuća kvaliteta (Djekic et al., 2017). Kuća u obliku matrice ili kuća kvaliteta se koristi za opisivanje želja potrošača i tehničke sposobnosti kompanije da dizajnira i proizvede proizvode ili pruži usluge po želji kupca (Sularto et al., 2014). Elementi kuće kvaliteta su „šta“ (zahtevi ili potrebe kupaca, koji zapravo predstavljaju traženi kvalitet), „kako“ (tehnoške/tehničke/inženjerske karakteristike kvaliteta) i „koliko“ (ciljne vrednosti) (Djekic et al., 2017). Postupak izrade prve kuće kvaliteta je sledeći (Palominosa et al., 2019):

1. Definišu se potrebe, zahtevi i očekivanja potrošača za koje se daju ocene relativne važnosti. Samim definisanjem ovih stavki se dolazi do odgovora na pitanje „šta?“.
2. Kompanija treba ustanoviti svoj položaj, u odnosu na konkurenciju, u svesti potrošača.
3. Potrebno je odrediti karakteristike proizvoda ili usluge, sa tehničke strane, kojima se mogu zadovoljiti definisane potrebe, zahtevi i želje potrošača. Ove karakteristike se unose iznad glavnog dela kuće kvaliteta i daju odgovor na pitanje „kako?“.
4. Sada se utvrđuje odnos između tehničkih karakteristika i potreba, zahteva i želja potrošača, tj. uticaj koji tehničke karakteristike imaju na njihovo zadovoljenje.
5. U narednom koraku se popunjava krov Kuće kvaliteta. U ovom „krovu“ se unose ocene međusobnog uticaja navedenih tehničkih karakteristika.
6. Zatim se u donji deo kuće kvaliteta unose objektivne i relevantne mere za svaku tehničku tj. inženjersku karakteristiku.
7. Vršiti se rangiranje tehničkih karakteristika i na kraju svake kolone se dodaje ukupna težina i deli sa 100 kako bi se dobio procenat.
8. Važno je odrediti i tehničke performanse proizvoda konkurencije.

Međutim, nije dovoljno samo odraditi kuću kvaliteta, već je potrebno sva zapažanja i zaključke sprovesti u delo. Bez aktivnosti sprovođenja bi čitav navedeni proces bio beskoristan i samo „mrtvo slovo na papiru“. Pored kuće kvaliteta postoji još puno tehnika tj. alata koji se mogu koristiti za upravljanje kvalitetom. Neki od njih su (Sularto et al., 2014):

1. Dijagram afiniteta koji predstavlja metod brainstorming-a i koji se koristi za podsticanje kreativnog razmišljanja. Dijagram afiniteta je veoma pogodan za prevazilaženje svih prepreka nastalih zbog prethodnih neuspeha.
2. Dijagram međuzavisnosti koji služi za kvalitetno dokumentovanje kreativnog procesa i objašnjavanje uzročne veze između različitih ideja zabeleženih na Dijagramu afiniteta.
3. Dijagram u obliku drveta koji oslikava zadatke koje je neophodno sprovesti kako bi se rešili problemi.
4. Matrični dijagram koji je koristan alat za prepoznavanje i grafičku ilustraciju odnosa između odgovornosti, funkcija, dužnosti itd. Matrični dijagram se često koristi za širenje kvaliteta sa zahteva korisnika nekog proizvoda na tehničke karakteristike tog proizvoda, a potom i na zahteve u proizvodnji datog proizvoda.

U ovom radu biće predstavljena samo tehnika kuća kvaliteta i to konkretno prva kuća kvaliteta. QFD metoda, čiji je jedan od alata kuća kvaliteta, ima mnogo prednosti. Glavna prednost ovog metoda je ta što je usredsređen na inovaciju proizvoda i potrebe kupaca (Djekic et al., 2017). Ostale glavne prednosti, koje ima kompanija, od korišćenja QFD metoda su (Sularto et al., 2014):

1. Fokusiranje na kupca putem prikupljanja informacija i povratnih informacija od kupaca.  
Ove informacije se zatim transformišu u skup specifičnih zahteva klijenata.
2. Efikasno vreme. Smanjuje se vreme potrebno za razvoj proizvoda jer se pažnja usmerava na specifične i jasno definisane zahteve kupaca.
3. Orijehtacija ka timskom radu. Sve odluke se donose putem konsenzusa, dubinskih diskusija i brainstorming-a.
4. Orijehtacija ka dokumentaciji sa svim podacima vezanim za postojeće procese i upoređivanje ovih podataka sa zahtevima kupaca. Ova dokumentacija se menja kad god se odbace stare i usvoje nove informacije. Informacije, koje se odnose na zahteve kupaca i unutrašnje procese, se moraju neprestano ažurirati.
5. Dostizanje maksimalne efikasnosti. Usavršavanje procesa koje omogućuje prevazilaženje očekivanja korisnika.

Međutim postoje i nedostaci korišćenja QFD-a kao što su: otežano tumačenje želja potrošača, otežano definisanje odnosa između traženog kvaliteta i tehničkih osobina, potreba timskog rada i nedostatak znanja o načinu korišćenja metode (Cardoso et al., 2015). Bez obzira na ove nedostatke, korišćenjem QFD metode se zadovoljavaju sledeća dva bitna cilja (Renaud et al, 2019):

1. Proizvod mora biti standardizovan tj. mora biti usklađen sa kriterijumima ergonomije, sigurnosti i kvaliteta.
2. Proizvod mora biti "Pobednik" tj. bolji od konkurenata za makar jednu vrednost.

QFD metoda se dosta primenjuje u industriji gde njena upotreba može naglasiti bitnu razliku između uspeha i neuspeha u današnjem veoma konkurentnom okruženju (Wood et al., 2016).

### **3. REZULTATI PRIMENE PRVE KUĆE KVALITETA**

Za potrebe ovog rada sprovedeno je istraživanje, gde su podaci prikupljeni putem upitnika. Ispitivani su potencijalni korisnici DLS platforme. Cilj upitnika bio je da prikupi želje korisnika tj. njihova očekivanja koja bi DLS platforma trebala da ispuni. Zahtevi korisnika uneseni su respektivno od 1 do 10, gde su im dodeljene apsolutne i relativne ocene tj. značajnosti. Značajnost je izvršena ocenjivanjem od 1 do 5, pri čemu zahtev ocenjen sa 1. ima manju, a sa 5. veću značajnost. Tim postupkom je formiran niz faktora značajnosti F. Podaci su prikazani u sledećem redosledu:

1. Jednostavna za upotrebu – 3.50 (apsolutna težina), 8.14 (relativna težina);
2. Brz odziv – 5 (apsolutna težina), 11.63 (relativna težina);
3. Preglednost – 4 (apsolutna težina), 9.30 (relativna težina);
4. Moderan dizajn – 3 (apsolutna težina), 6.98 (relativna težina);
5. Mogućnost mobilnog učenja – 4.5 (apsolutna težina), 10.47 (relativna težina);
6. Stabilna, bez prekida – 5 (apsolutna težina), 11.63 (relativna težina);
7. Zadržavanje znanja – 5 (apsolutna težina), 11.63 (relativna težina);
8. Prihvatljive cene usluge – 5 (apsolutna težina), 11.63 (relativna težina);
9. Prilagodljiv materijal – 4 (apsolutna težina), 9.30 (relativna težina);
10. Stručni predavači – 4 (apsolutna težina), 9.30 (relativna težina).

U sledećem koraku potrebno je uneti osobne proizvoda relevantnih za kvalitet, nakon čega je potrebno izvršiti njihovo ocenjivanje. Sledi procena međuzavisnosti svih kombinacija

zahtev korisnika - osobina proizvoda. Međuzavisnost proizvoda prikazana je oznakom  $M_{ij}$ :

$M_{ij} = 1 (\Delta) \rightarrow mala zavisnost,$

$M_{ij} = 3 (O) \rightarrow srednja zavisnost i$

$M_{ij} = 9 (\ominus) \rightarrow velika zavisnost,$

gde je:

i – broj zahteva;

j – broj osobine proizvoda.

U narednom koraku računa se niz K koji sadrži koeficijente značajnosti osobina proizvoda sa stanovišta zadovoljenja zahteva korisnika:

$$K_j = \sum_{i=1}^m F_i M_{ij} \quad (1)$$

gde je:

m – broj zahteva korisnika i niz  $K_{rel}$  koji sadrži relativne koeficijente značajnosti osobina:

$$K_{rel,j} = \frac{K_j}{\sum_{i=1}^n K_j} \quad (2)$$

gde je :

n- broj osobina proizvoda. Rezultati primene prve kuće kvaliteta prikazani su na Slici 2.

U “krovu” prve kuće kvaliteta prikazana je i korelacija osobina proizvoda, gde:

++ → predstavlja jaku pozitivnu korelaciju,

+ → predstavlja pozitivnu korelaciju,

– → predstavlja negativnu korelaciju i

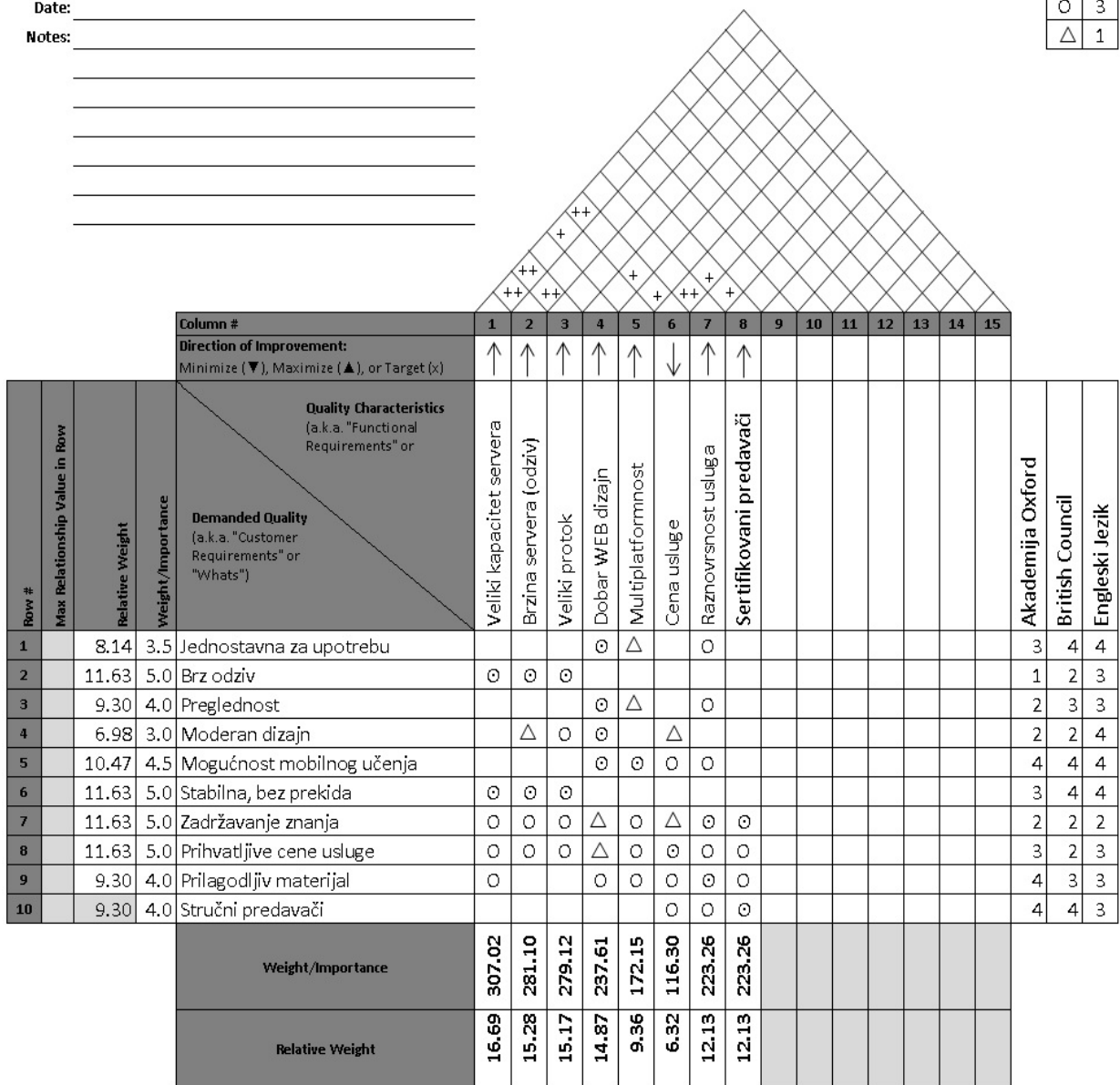
– – → predstavlja jaku negativnu korelaciju.

Ukoliko korelacija ne postoji, onda se ostavlja prazno polje.

U zadnjem koraku uneseni su podaci za neke od direktnih konkurenata, nakon čega je izvršeno ocenjivanje značajnosti osobina platformi, u odnosu na zahteve korisnika, skalom od 1 do 5, pri čemu zahtev ocenjen sa 1 ima manju, a sa 5 veću značajnost. Podaci nam ukazuju na to da je korelacija, između zahteva korisnika i osobina platformi, kod konkurenata znatno manja. Jedan od najbitnijih faktora za diverzifikaciju na tržištu jeste i cena usluga, koja je u našem slučaju znatno pristupačnija.

Title \_\_\_\_\_  
 Author: \_\_\_\_\_  
 Date: \_\_\_\_\_  
 Notes: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

⊖	9
○	3
△	1



Slika 2. Primena prve kuće kvaliteta

#### 4. DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati primene prve kuće kvaliteta, kao QFD metode, ukazuju na to da su u integraciji zahteva korisnika i osobina platforme, određeni sami prioriteta osobina platforme dati sledećim redosledom:

1. Veliki kapacitet servera – 307.02 (apsolutna težina); 16.69 (relativna težina),
2. Brzina servera (odziv) – 281.10 (apsolutna težina); 15.28 (relativna težina),
3. Veliki protok – 279.12 (apsolutna težina); 15.17 (relativna težina),
4. Dobar WEB dizajn – 237.61 (apsolutna težina); 14.87 (relativna težina),
5. Multiplatformnost – 172.15 (apsolutna težina); 9.36 (relativna težina),
6. Cena usluge – 116.30 (apsolutna težina); 6.32 (relativna težina),
7. Raznovrsnost usluga – 223.26 (apsolutna težina); 12.13 (relativna težina),
8. Sertifikovani predavači – 223.26 (apsolutna težina); 12.13 (relativna težina),



U realizaciji projekta potrebno je pre svega ispuniti prva tri uslova koji su prema relativnim težinama od najveće značajnosti za kvalitet platforme.

Prva kuća kvaliteta nam takođe daje uvid i u komparativnu analizu naše i platforma nekih od direktnih konkurenata. Kao što je prikazano na Slici 1, neki od konkurenata su Akademija Oxford, Britanica Council i Engleski jezik. Upoređivanjem apsolutnih težina zahteva korisnika u odnosu na osobine naše platforme, i apsolutnih težina zahteva korisnika u odnosu na osobine konkurentskih platforma, možemo zaključiti da su težine integrisanih zahteva naše platforme od veće značajnosti.

## **5. ZAKLJUČAK**

Međusobnim poređenjem zahteva korisnika i osobina platforme, dobijene su relativne težine osobina  $K_{rel,j}$ . Na osnovu dobijenih relativnih težina,  $K_{rel,j}$ , definisan je redosled osobina ključnih za obezbeđivanje adekvatnog kvaliteta platforme. Na prvom mestu nalaze se sledeće osobine: jak server (više korisnika), brzina servera (odziv) i dobar protok. Definisani redosled identifikovanih osobina ukazuje da su date tehničke osobine od ključnog značaja za obezbeđivanje adekvatnog kvaliteta platforme. Takođe, poredeći performanse konkurenata sa našim performansama, u komparativnoj analizi, možemo zaključiti da je naš proizvod mnogo više prilagođen potrebama i očekivanjima korisnika.

Na osnovu rezultata može se doneti zaključak da je QFD metoda korisna metoda za razvoj uspešnih proizvoda koji su u jakoj korelaciji sa potrebama i očekivanjima kupaca/korisnika. QFD metoda može pomoći kompanijama da poboljšaju kvalitet svojih proizvoda kombinujući ih sa zahtevima kupaca, što može osigurati prednost na tržištu.

## **APPLICATION OF THE QFD METHOD IN THE DEVELOPMENT OF DLS PLATFORM**

**Jelena Kovačević, Aleksandra Milovanović**

*University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Engineering Management Department  
Bor, Serbia*

---

### **Abstract**

In this paper, the problem of development of Distance Learning System (DLS) service is defined in accordance with the user requirements. The Quality Function Deployment (QFD) method was used as a tool for developing the DLS platform service in accordance with the requirements of future users. QFD method is significant in the early design phases of a new product/service development process because it provides a systematic approach to satisfying the user's requirements. Adequate application of the QFD method helps companies to listen to the voice of user's requirements. Adequate application of the QFD method helps companies to listen to the voice of the user and implement it in all subsequently phases of development. Consequently, companies are able to design new services more efficiently, as well as to improve existing ones. The aim of this study is to increase the quality of service provided by the DLS platform as well as customer satisfaction by integrating their requirements into the DLS platform service.

**Keywords:** *Quality Function Deployment, Distance Learning System, Quality Control in Services, User Requirements, Customer Satisfaction*

---

### **LITERATURA / REFERENCES**

- Cardoso, J.F., Filho, N.C., Miguel, P.A.C. (2015). Application of Quality Function Deployment for the development of an organic product, *Food Quality and Preference*, 40, 180-190.
- Chen, Y.T., Chou, T.Y. (2011). Applying GRA and QFD to Improve Library Service Quality, *The Journal of Academic Librarianship*.
- Chou, S. (2004). Evaluating the service quality of undergraduate nursing education in Taiwan – using quality function deployment, *Nurse Education Today*.
- Dat, L.Q., Phuong, T.T., Kao, H.P., Chou, S.Y., Nghia, P.V. (2015). A new integrated fuzzy QFD approach for market segments evaluation and selection, *Applied Mathematical Modelling*.
- Djekić, I., Vunduk, J., Tomašević I., Kozarski, M., Petrović, P., Niksić, M., Pudja, P., Klaus, A. (2017). Application of quality function deployment on shelf-life analysis of *Agaricus bisporus* Portobello, *LWT – Food Science and Technology*, 78, 82-89.
- Ju, Y., Sohn, S.Y. (2015). Patent-based QFD framework development for identification of emerging technologies and related business models: A case of robot technology in Korea, *Technological Forecasting & Social Change*.
- Lam, J.S., Bai, X. (2016). A quality function deployment approach to improve maritime supply chain resilience”, *Transportation Research Part E*, 92, 16-27.

- Moghimia, V., Jusana, M.B.M., Izadpanahib, P., Mahdinejad, J. (2017). Incorporating user values into housing design through indirect user participation using MEC-QFD model, *Journal of Building Engineering*.
- Na, L., Xiaofei, S., Yang, W., Ming, Z. (2012). Decision Making Model Based on QFD Method for Power Utility Service Improvement, *Systems Engineering Procedia*.
- Palominos, P., Quezada, L.E., Gonzalez, M.A. (2019). Incorporating the voice of the client in establishing the flexibility requirement in a production system, *International Journal of Production Economics*, 211, 34-43.
- Pierluigi, R., Giustina, S. (2018). Digital academic entrepreneurship: The potential of digital technologies on academic entrepreneurship, *Technological Forecasting & Social Change*.
- Renaud, J., Houssin, R., Gardoni, M., Armaghan, N. (2019). Product manual elaboration in product design phases: Behavioral and functional analysis based on user experience, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 71, 75-83.
- Sularto, L., Wardoyo, A., Yunitasari, T. (2014). User Requirements Analysis for Restaurant POS and Accounting Application Using Quality Function Deployment, *The 6th Indonesia International Conference on Innovation, Entrepreneurship and Small Business*, 12-14.
- Wood, C.L., Wang, C., Abdul-Rahman, H., Abdul-Nasir, N.S.J. (2016). Green hospital design: integrating quality function deployment and end-user demands, *Journal of Cleaner Production*, 112, 903-913.
- Wua, W.Y., Qomariyahb, A., Sac, N.T.T., Liao, Y. (2018). The Integration between Service Value and Service Recovery in the Hospitality Industry: An Application of QFD and ANP, *International Journal of Hospitality Management*.

## PRIMENA AHP I PROMETHEE METODE ZA ODREĐIVANJE POUZDANOSTI RADA TRANSPORTNOG PREDUZEĆA

Tamara Janković, Nina Mladenović

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment  
Bor, Srbija

---

### Izvod

Pouzdanost rada sistema predstavlja osnovu za uspešno poslovanje. Kako bi se ispunili poslovni ciljevi, sistemi su morali da zadovolje određene kriterijume po pitanju ispravnog rada, eksploatacije i održavanja. Rad se zasniva na ispitivanju pouzdanosti transportnog sistema i ocenjivanje uspešnosti rada istog. Proces identifikacije problema i mogućnosti njihovog rešavanja u ovom radu prikazan je kroz primer transportnog preduzeća u donošenju odluka vezanih za otkaze koji se mogu javiti u sistemu. Vrste otkaza navedene u zadatku bazirane su na iskustvu koje podrazumeva ponavljanje situacija u navedenom privrednom društvu. Kroz ovaj rad korišćena je FMEA metoda za utvrđivanje alternativa koje predstavljaju vrste i uzroke mogućih otkaza na osnovu kojih će se primenom AHP i PROMETHEE metoda utvrditi najrizičniji otkaz za poslovanje. Najvažniji kriterijumi za ovo transportno preduzeće su cena koštanja otklanjanja kvara, vreme trajanja popravke i učestalost pojave kvara. Cilj rada jeste određivanje najštetnijeg otkaza po svim kriterijumima, kako bi se dobile informacije potrebne za donošenje prave odluke vezane za poboljšanje kvaliteta budućeg poslovanja.

***Ključne reči:*** Pouzdanost sistema, Transportni problem, FMEA, AHP, PROMETHEE

---

### 1. UVOD

U svakom poslovanju najbitnije je pravilno donošenje odluka zbog čega je potrebno poznavati metode koje u tome pomažu kako bi se unapredilo buduće poslovanje. Donošenje odluka podrazumeva izbor između više mogućnosti, načina na koji će se posao obavljati kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi (Pavličić, 2014). U daljem radu biće prikazano donošenje odluka na osnovu otkaza u jednom sistemu transportnog preduzeća. Određivanje otkaza u radu sredstava za rad koja se nalaze u poslovnom sistemu jednog privrednog društva od velikog je značaja kod donošenja odluka u poslovanju. Sagledavanje najčešćih otkaza u sistemu doprinosi boljoj analizi poslovanja, kako bi se na vreme otklonili rizici od eventualnih suvišnih troškova ili neefikasnog poslovanja i unapredio kvalitet usluga. Otkazi u poslovanju vezani su za pouzdanost rada elemenata sistema i predstavljaju događaj koji za posledicu imaju gubitak radne sposobnosti. Do otkaza rada elemenata dolazi posle izvesnog perioda rada sistema, a za njihovo određivanje koriste se razne kvalitativne i kvantitativne metode (Miličić, 2005). U ovom radu je predstavljena FMEA metoda (*engl.* Failure Mode and Effects Analysis) kao jedna od kvalitativnih metoda za određivanje vrste i uzroka otkaza, a za donošenje odluka koristiće se AHP i PROMETHEE metoda. Petrović i saradnici sa Univerziteta u Beogradu pisali su rad na

temu: „Risk assessment model of mining equipment failure based on fuzzy logic”. Oni su u svom istraživanju ispitivali pouzdanost rudarskih mašine i opreme koja je od ključnog značaja za normalno funkcionisanje rudnika. Vršili su detalju analizu sistema u rudarstvu radi utvrđivanja kritičnih elemenata koji su skloni kvarovima (Petrović et al., 2014). Takođe, još jedan od radova koji se bavi proučavanjem transportnog sektora je rad autora: Boujelbene-a i Derbel-a na temu: „The performance analysis of public transport operators in Tunisia using AHP method“. Rad se bavi istraživanjem problema u sektoru javnog prevoza takođe u cilju poboljšanja poslovanja gradskih prevoznika. U tu svrhu za ocenu različitih problema korišćena je metoda višekriterijumskog odlučivanja AHP (Boujelbene & Derbel, 2015). Na osnovu ovih radova koji su poslužili kao uzor za ideju, istraživanje je vršeno u preduzeću „IK-Speditor“ koje se bavi pružanjem transportnih usluga. Cilj rada je određivanje najrizičnijeg otkaza u sistemu transportnog preduzeća kako bi se poboljšao kvalitet rada datog privrednog društva.

## 2. LITERATURNI PREGLED

### 2.1. Analiza načina i efekata otkaza

Analiza načina i efekata otkaza (FMEA) je kvalitativna metoda, široko rasprostranjena i korišćena u inženjerstvu za identifikaciju i eliminisanje potencijalnih i poznatih grešaka i problema u sistemu (Kutlu & Ekmekçioğlu, 2012). Ova metoda predstavlja priznat alat za identifikaciju i definisanje potencijalnih otkaza (kvarova) kako bi se poboljšala pouzdanost sistema (Li & Chen, 2019). FMEA metoda ima za cilj utvrđivanje vrste i uzroka otkazivanja nekog elementa ili sistema u celini ali i posledice koje ti otkazi ostavljaju na sistem ukoliko se otkaz dogodi (Ahn et al., 2017). Ključna uloga ove metode jeste u predviđanju mogućih grešaka (odnosno otkaza) i samim tim stvara mogućnost da se pojava otkaza svede na minimum (Kutlu & Ekmekçioğlu, 2012). Razvijena je pedesetih godina dvadesetog veka za potrebe istraživanja ispravnosti sistema odbrane u SAD-u nakon Drugog svetskog rata (Ahn et al., 2017). Najviše je korišćena za analizu oružanih sistema, pištolja i vojne opreme, a kasnije njena primena se proširila i na ostale sfere poslovanja kao što su: vazduhoplovna i automobilska industrija (Miličić, 2005). Veliki broj stručnjaka koji se bave ispitivanjem pouzdanosti različitih sistema smatraju da je primena FMEA metode kao mere zaštite od neuspeha jedan od najvažnijih zadataka za izradu detaljne analize kvarova (Ahn et al., 2017). Standardna FMEA metoda koja se koristi kao alat u analizi pouzdanosti nekog sistema dizajnirana je na takav način da pruža informacije za upravljane rizikom prilikom donošenja odluke. Važna mera koja se koristi u ovoj metodi za određivanje prioriteta rizika je proizvod pojave (O), ozbiljnosti (C) i detekcije kvara (D) (Ivanović et al., 2010). Primenom navedene mere FMEA je postala snažan alat korišćenja za analizu bezbednosti i pouzdanosti svih vrsta sistema (Kutlu & Ekmekçioğlu, 2012).

#### 2.1.1. Faze FMEA metode

FMEA analiza se sastoji iz nekoliko faza, a to su (Ivanović et al., 2010):

**1. Formiranje FMEA tima.** Tim treba da čine stručnjaci i inženjeri ili pak oni koji dobro poznaju rad posmatranog sistema (u okviru ove faze vrši se imenovanje vođe tima). Sam tim odlučuje koji tip ove metode će koristiti u zavisnosti od mogućnosti i troškova.

**2. Plan rada i priprema za analizu.** Ova faza podrazumeva:

- Definisane zadatka i postavljanje ciljeva. Upoznavanje strukture sistema i načina funkcionisanja.
- Definisane strukture blok dijagram sistema (hijerarhijski, funkcionalni i blok dijagram pouzdanosti).

- Prikupljanje postojećih relevantnih podataka i formiranje inicijalnog dokumenta.

**3. Analiza potencijalnih otkaza.** Ova faza podrazumeva:

- Identifikacija vrste mogućih otkaza.
- Identifikacija uzroka odnosno načina na osnovu kojih dolazi do mogućih otkaza.
- Evidencija posledica otkaza i predviđanje kontrolnih mera.

**4. Procena projekta.**

## 2.2. AHP METOD

Analitički hijerarhijski proces (*engl.* Analytic Hierarchy Process - AHP), koji je razvio Thomas Saaty početkom sedamdesetih godina dvadesetog veka, jedan je od najpoznatijih višekriterijumskih metoda (Debbarma et al., 2017). AHP je koristan pristup za rešavanje složenih problema koji uključuju subjektivnu procenu (Didem & Durmusoglu, 2018). U njima učestvuje veći broj donosilaca odluke, veći broj kriterijuma i radi se o višestrukim vremenskim periodima (Mitevska, 2005).

Ova metoda omogućava upoređivanje parova faktora sa ciljem da se odredi prioritet prisutan među njima kako bi se donela najbolja odluka (Debbarma et al., 2017). Izabrana najbolja alternativa iz niza konkurentnih alternativa ocenjuje se skupom kriterijuma (Fu, 2019). Metod se zasniva na konceptu balansa koji se koristi za određivanje sveukupne značajnosti atributa, aktivnosti ili kriterijuma posmatranog problema (Mitevska, 2005). To se ostvaruje modelovanjem problema uz pomoć hijerarhijske strukture, dodeljivanjem težina u obliku serije matrica poređenja parova, prikazujući pritom povezanost cilja, kriterijuma, subkriterijuma i alternativa (Živković & Nikolić, 2016).

AHP generiše težinu za svaki kriterijum prema proceni donosioca odluke. Što je veći faktor težine, važniji je kriterijum. AHP metod čine četiri faze (Mitevska, 2005):

- strukturiranje problema,
- prikupljanje podataka,
- ocenjivanje relativnih težina i
- određivanje rešenja problema.

1. *Strukturiranje problema* podrazumeva rastavljanje kompleksnog problema odlučivanja na niz hijerarhija (Mitevska, 2005).

2. *Prikupljanje podataka* i njihova evaluacija na svim nivoima celokupne hijerarhije (Živković & Nikolić, 2016). Ocenjivanje alternativa i kriterijuma se vrši dodeljivanjem težina primenom skale devet tačaka (Prvulović & Manasijević, 2006). Donosioc odluke dodeljuje težine svakom paru posebno, kao meru koliko je jedan par atributa značajniji od drugog. Ukoliko raspolaže objektivnim podacima, može ih koristiti pri dodeljivanju težina, u suprotnom, koristi sopstvene procene i informacije (Mitevska, 2005).

3. *Ocenjivanje relativnih težina* je faza u kojoj se matrice poređenja po parovima prevode u probleme određivanja sopstvenih vrednosti u cilju dobijanja normalizovanih sopstvenih vektora težina za sve attribute na svakom nivou hijerarhije (Prvulović & Manasijević, 2006).

4. *Određivanje rešenja problema* kao poslednja faza podrazumeva nalaženje normalizovanog vektora koji se određuje množenjem vektora težina svih nivoa (Prvulović & Manasijević, 2006). AHP kombinuje težinu kriterijuma i rezultate opcija, tako da se za svaku opciju može odrediti globalna ocena na osnovu kojih će se alternative rangirati (Debbarma et al., 2017).

### 2.3. PROMETHEE II

Promethee metoda je jedna od takozvanih „outranking“ metoda višekriterijumske analize za rangiranje određenog broja alternativa (akcija) po svakom zadatom kriterijumu koji su u međusobnim konfliktima (Debbarma et al., 2017). Cilj Promethee metode je da se na osnovu upoređivanja alternativa, u osnovi po svakom kriterijumu odredi preferencija jedne alternative u odnosu na druge (Živković & Nikolić, 2016). Formulisanje preferencija se vrši tako što se porede sve definisane alternative za svaki kriterijum, gde svaki kriterijum ima dodeljenu funkciju preferencije i težinu značajnosti kriterijuma (Mitevska, 2005). Promethee II metod su razvili naučnici Jean-Pierre Brans i Bertrand Mareschal (1992) (Debbarma et al., 2017). Osnovni princip Promethee II metode je što pruža mogućnost potpunog rangiranja alternativa (Doan & Smet, 2018).

#### 2.3.1. Procedura primene Promethee II metode

Metoda Promethee se manifestuje kroz četiri koraka:

**1. Kreiranje polazne tabele odlučivanja** za definisane kriterijume i alternative. Tabela može biti formirana na osnovu kvalitativnih i kvantitativnih podataka.

**2. Dodeljivanje funkcije preferencije**  $P(a,b)$  za svaki kriterijum se vrši kako bi se odlučilo koliko je alternativa „a“ preferentna u odnosu na alternativu „b“. Metod Promethee na raspolaganju ima šest oblika funkcija preferencije (Usual, U – shape, V- shape, Level, Linear, Gaussian)- Svaka od njih ima po dva praga Q i P. „Prag indiferentnosti (Q) predstavlja najveću devijaciju koju donosilac odluke smatra nevažnom, dok prag preferentnosti (P) predstavlja najmanju devijaciju koja se smatra odlučujućom za donosioca odluke, pri čemu P ne sme biti manje od Q.“

**3. Izračunavanje indeksa preferencije**  $IP(a,b)$ , kojim se određuje intenzitet preferencije a u odnosu na b, izračunava se po sledećoj formuli (Boujelbene & Derbel, 2015):

$$IP(a,b) = \sum_{j=1}^n w_j * P_j(a,b); (\sum_{j=1}^n w_j = 1) \quad (1)$$

**4. Izračunavanje „outranking“ tokova** se vrši na osnovu proračuna pozitivnog toka ( $\Phi^+$ ) i negativnog toka ( $\Phi^-$ ) za svaku alternativu po sledećim formulama (Debbarma et al., 2017):

$$\text{- pozitivan tok: } \Phi^+(a) = \frac{1}{(m-1)} \sum IP(a,x) \quad (2)$$

$$\text{- negativan tok: } \Phi^-(a) = \frac{1}{(m-1)} \sum IP(x,a) \quad (3)$$

$$\text{Konačno rangiranje alternative: } \Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (4)$$

## 3. METODOLOGIJA

### 3.1. Predmet istraživanja

U cilju poboljšanja kvaliteta i efikasnosti poslovanja menadžment kompanije „IK Speditor“ želi da utvrdi koji su to kvarovi (otkazi) najčešći i najštetniji za poslovanje. Svoje dugogodišnje poslovanje preduzeće obavlja sa 10 kamiona različitih marki, a u ovom istraživanju za ispitivanje pouzdanosti kao uzorak uzet je kamion MAN-LC-180, koji je proteklih pet godina najviše korišćen u poslovanju. Podaci o njegovom radu prikupljeni su na osnovu dokumentacije odnosno knjige eksploatacije kamiona MAN-LC-180 koje preduzeće poseduje. Dokumentacijom su dobijeni kvantitativni i kvalitativni podaci neophodni za proces analize rada ovog transportnog sredstva. Pomoću FMEA-

metode preduzeće je odredilo uzroke (kvarove) otkaza na kamionu, metodom AHP određene su težine za svaki od posmatranih kriterijuma, a na osnovu prikupljenih podataka PROMETHEE metodom dobijeni su rezultati koji pokazuju najštetniji otkaz za kompaniju po svim kriterijumima.

### **3.2. Primena FMEA metode**

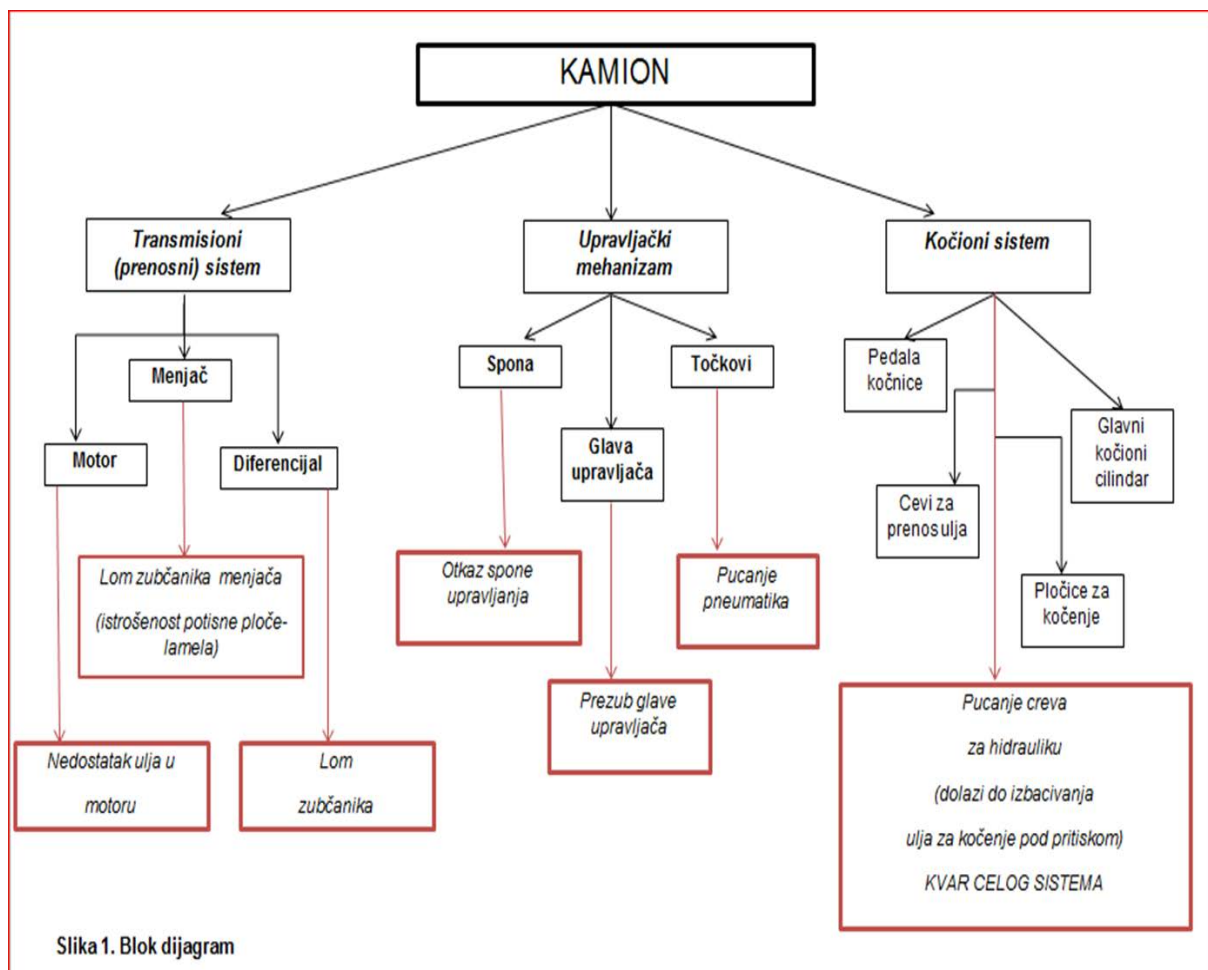
Radi utvrđivanja vrste i uzroka otkaza primenjena je FMEA metoda u poslovanju “IK Speditor“ na kamionu MAN-LC-180, koji je najviše korišćen proteklih godina. S’ obzirom da je odlučeno da se ova metoda koristi isključivo u ove svrhe kako bi se nakon utvrđivanja uzroka zbog kojih dolazi do otkaza sistema moglo primenom drugih metoda utvrditi koji je to najrizičniji odnosno najštetniji otkaz za poslovanje. Za predstavljanje problema korišćena je hijerarhijska struktura koja je prikazana na slici 1.

Kamion se sastoji od tri glavna podsistema:

1. Transmisioni (prenosni) sistem - sastoji se od: motora , menjača i diferencijala.
2. Upravljački mehanizam - koji čine: spona, glava upravljača i točkovi.
3. Kočioni sistem - sastoji se od: pedala kočnice, cevi za prenos ulja, pločice za kočenje i glavni kočioni cilindar.

Na osnovu istraživanja dokumentacije koja beleži čitav radni vek ovog kamiona došlo se do potrebnih podataka o najčešće zabeleženim vrstama i uzrocima otkaza. Vrste otkaza kod kamiona raspoređene su po njegovim podsistemima i to su motor, menjač i diferencijal kod transmissionog podsistema. Kod upravljačkog su to spona, glava upravljača i točkovi i kod kočionog su pedala kočnice, cevi za prenos ulja, pločice za kočenje i glava cilindra. Uzroci otkaza ovih delova koji mogu dovesti i do otkaza čitavog podsistema su: nedostatak ulja u motoru, lom zupčanika menjača (istrošenost potisne ploče), lom zupčanika izaziva i otkaz diferencijala, otkaz spone upravljača, prezub glave upravljača, pucanje pneumatika, pucanje creva za hidrauliku (kada se ovaj otkaz desi dolazi do izbacivanja ulja za kočenje pod pritiskom). Svaki otkaz sa sobom nosi i određene posledice, neke od njih su štetnije i ostavljaju veći trag na čitav sistem, takođe zahtevaju i veće troškove rešavanja problema i duže vreme trajanja. Na osnovu dosadašnjeg iskustva u ovom slučaju najveću posledicu na sistem može ostaviti otkaz motora do kojeg dolazi usled nedostatka ulja. Ukoliko motor ostane bez ulja dolazi do prestanka rada čitavog sistema. Samim tim možemo reći da ovaj otkaz ostavlja velike posledice na pouzdanost sistema. Otkaz menjača i diferencijala dolazi usled loma zupčanika pa je samim tim velika posledica jer dolazi do prestanka rada sistema. Otkaz spone i prezub glave upravljača isključivo ostavlja posledice na upravljački sistem dok pucanje pneumatika može imati posledicu na čitav sistem. Pucanje creva za hidrauliku ostavlja posledicu na kočioni sistem jer ukoliko dođe do ovakvog otkaza, kvar izaziva izbacivanje ulja pod velikim pritiskom i to dovodi do kvara celog podsistema. Mere prevencije se mogu vršiti u vidu redovne kontrole kao što su: servisi, tehnički pregled, preventivna zamena dotrajalih delova, obavezna prateća oprema. Ocena projekta će biti izvršena na samom kraju kroz prikazivanje i diskusiju rezultata. Sve ovo se vrši u cilju poboljšanja efikasnosti i kvaliteta poslovanja.





Slika 1. Blok dijagram

### 3.3. Primena AHP metode

Kao osnova za primenu AHP metode korišćeni su podaci dobijeni FMEA metodom pomoću koje su određeni uzroci otkaza koji će prilikom izbora, u ovoj metodi, predstavljati alternative. Dobijene alternative su upoređivane po kriterijumima važnim za poslovanje privrednog društva. Preduzeće “IK Speditor“ odlučilo je da alternative oceni po sledećim atributima: *Cena popravke otkaza*, *Vreme trajanja otkaza*, i *Frekvencija otkaza*. Za korišćenje AHP metode potrebna je Saaty-eva skala pomoću koje se dodeljuju subjektivne ocene za svaki par alternativa kojom se određuju njihove značajnosti pri čemu su ispoštovani svi aksiomi – recipročnost, homogenost, zavisnost i očekivanja.

Tabela 1. I nivo – težinski koeficijenti kriterijuma

I nivo – kriterijumi			
	Cena popravke otkaza	Vreme trajanja otkaza	Frekvencija otkaza
Cena popravke otkaza	1	4	1
Vreme trajanja otkaza	0.25	1	4
Frekvencija otkaza	1	0.25	1
	2.25	5.25	6

Upoređivanjem parova kriterijuma dolazimo do normalizacije dobijenih vrednosti kako bi se odredio odnos kriterijuma i težinski koeficijenti odnosno značajnost svakog od njih.

**Tabela 2.** Normalizovane vrednosti težina

<b>Normalizacija</b>					
Cena popravke otkaza	Cena popravke otkaza	Vreme trajanja otkaza	Frekvencija otkaza	$\Sigma$	Wi
Vreme trajanja otkaza	0.444	0.762	0.167	1.373	0.458
Frekvencija otkaza	0.111	0.190	0.667	0.968	0.323
	0.444	0.048	0.167	0.659	0.220

U daljim koracima dodeljuju se ocene svakom paru alternativa koje za cilj imaju određivanje normalizovanih vrednosti težina za sve kriterijume na ovom hijerarhijskom nivou. Kod dodeljivanja ocena za svaki par alternativa pravilo za metodu AHP je da po dijagonali sve vrednosti budu jednake jedinici, jer je u pitanju upoređivanje svake alternative same sa sobom. Nakon dodeljenih subjektivnih ocena, naredni korak je proračun suma elemenata kolone, koji je potreban za proračun količnika elemenata kolona sa sumom odgovarajuće kolone (svaki element kolone podeljen je sa sumom vrednosti te kolone iz prethodnog koraka). Sledeći korak za proračun normalizovanog vektora, podrazumeva proračun vrednosti u koloni  $\Sigma$  kao zbir elemenata u svakom redu, koje se dele sa brojem alternativa, čije se vrednosti upisuju u zadnjoj koloni tabele. Poslednja kolona predstavlja normalizovani vektor. Ovaj princip proračuna normalizovanih vektora primenjuje se za sve kriterijume, na istim alternativama. U poslednjoj fazi određivanja problema vrši se proračun sveobuhvatnog vektora na osnovu težina koje su dobijene prilikom normalizacije alternativa po svim kriterijumima, kao i težina dobijene normalizacijom samih kriterijuma. Za izračunavanje vektora ukupnog prioriteta koriste se matematički proračun u kome se dobija suma proizvoda (po redovima) svake vrednosti kolone i težine na kraju iste kolone. Ukupni vektor prikazuje se u poslednjoj koloni završne tabele na osnovu koga se vrši rangiranje alternativa, odnosno izbor najrizičnijeg otkaza.

**Tabela 3.** Vektor ukupnog prioriteta

<b>III nivo – vektor ukupnog prioriteta</b>				
	Cena popravke otkaza	Vreme trajanja otkaza	Frekvencija otkaza	Wi
Nedostatak ulja u motoru	0.423	0.349	0.022	0.311
Lom zupčanika menjača	0.190	0.237	0.030	0.170
Lom zupčanika	0.188	0.160	0.046	0.148
Otkaz spone upravljanja	0.040	0.072	0.261	0.099
Otkaz glave upravljača	0.082	0.117	0.108	0.099
Pucanje pneumatika	0.035	0.027	0.365	0.105
Pucanje creva za hidrauliku	0.042	0.038	0.168	0.069
W	0.458	0.323	0.220	

Pomoću AHP metode privredno društvo "IK Speditor" došlo je do zaključka da je najštetniji otkaz za sistem Nedostatak ulja u motoru. Za proveru da li je ovaj otkaz najštetniji menadžment kompanije doneo je odluku da pomoću Promethee metode proveri dobijene rezultate, koristeći težinske vrednosti svih kriterijuma dobijene pomoću AHP metode kao polazne podatke.

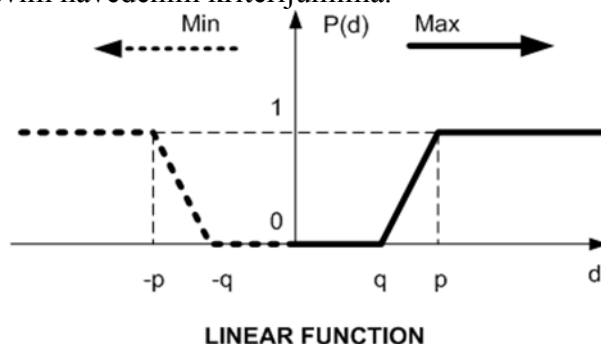
### 3.4. Primena PROMETHE metode

Sređivanjem prikupljenih podataka primenom FMEA metode o vrstama i uzrocima otkaza i dobijenim težinskim vrednostima za svaki definisani kriterijum primenom AHP metode, dobijeni su podaci za formiranje početne tabele odlučivanja za primenu PROMETHE metode prikazana tabelom 1. Takođe na osnovu dobijene dokumentacije iz “IK Speditor“ kvalitativnih podataka prikupljeni su i kvantitativni podaci o učestalosti otkaza, vremenu trajanja i ceni koštanja njihove popravke. Cilj korišćenja PROMETHE metode je za dobijanje kompletne rang liste kvarova po štetnosti za poslovanje i utvrđivanje najštetnijeg za čitav sistem.

**Tabela 4.** Početna tabela odlučivanja

<b>Korak 1</b>			
<b>Kriterijumi</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
<b>Alternative</b>	<i>Cena popravke otkaza</i>	<i>Vreme trajanja otkaza</i>	<i>Frekvencija otkaza</i>
<b>Tip kriterijuma (min/max)</b>	max	max	max
<b>Funkcija preferencije</b>	Linear	Linear	Linear
<b>Prag Q</b>	9.75	7.175	0.3
<b>Prag P</b>	58.5	43.05	1.8
<b>Jedinica</b>	hiljade dinara	sati	broj otkaza
<i>Nedostatak ulja u motoru</i>	200	144	1
<i>Lom zupčanika menjača</i>	75	48	1
<i>Lom zupčanika</i>	70	48	1
<i>Otkaz spone upravljanja</i>	6	3	2
<i>Otkaz glave upravljača</i>	25	24	1
<i>Pucanje pneumatika</i>	5	0.5	7
<i>Pucanje creva za hidrauliku</i>	13	24	2
<b>Težine – tj</b>	<b>0.458</b>	<b>0.323</b>	<b>0.220</b>

Određenja je Linearna funkcija preferencije prikazana na slici 2. Pragovi indiferentnosti Q i preferentnosti P određeni su sa 5 i 30% razlike između najveće i najmanje vrednosti po svakom zadatom kriterijumu. Tip kriterijuma je definisan sa maksimum kako bi se odredio najrizičniji otkaz po svim navedenim kriterijumima.



**Slika 2.** Prikaz funkcije preferencije

Na osnovu definisane funkcije preferencije određena je preferencija za sve alternative po svakom pojedinačno zadatom kriterijumu  $P(a_i, a_s)$ , kako bi se daljim proračunom odredio indeks preferencije (IP) za svaku alternativu (otkaz), prikazan u tabeli 2.

**Tabela 5.** Izračunavanje indeksa preferenci

	Nedostatak ulja u motoru	Lom zupčanika menjača	Lom zupčanika	Otkaz spone upravljanja	Otkaz glave upravljača	Pucanje pneumatika	Pucanje creva za hidrauliku
Nedostatak ulja u motoru	0	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781	0.781
Lom zupčanika menjača	0	0	0	0.781	0.530	0.781	0.609
Lom zupčanika	0	0	0	0.781	0	0.781	0.595
Otkaz spone upravljanja	0.103	0.103	0.103	0	0.103	0	0
Otkaz glave upravljača	0	0	0	0.211	0	0.243	0.021
Pucanje pneumatika	0.220	0.220	0.220	0	0.220	0	0.220
Pucanje creva za hidrauliku	0.103	0.103	0.103	0	0.103	0.147	0

Korišćenjem podataka dobijenih proračunom indeksa preferencije izvršen je proračun „outranking tokova“, pozitivnog i negativnog toka i kompletan NetFlow  $\Phi(a)$  odnosno dobijen je konačan rezultat prikazan u tabeli 3.

**Tabela 6.** Konačna rang lista

	$\Phi+$	$\Phi-$	$\Phi(a)$	Rang
<i>Nedostatak ulja u motoru</i>	0.7810	0.0709	0.7101	1
<i>Lom zupčanika menjača</i>	0.4502	0.2011	0.2491	2
<i>Lom zupčanika</i>	0.4400	0.2011	0.2390	3
<i>Otkaz spone upravljanja</i>	0.0684	0.4831	-0.4147	7
<i>Otkaz glave upravljača</i>	0.0793	0.3698	-0.2905	6
<i>Pucanje pneumatika</i>	0.2200	0.4555	-0.2355	4
<i>Pucanje creva za hidrauliku</i>	0.1137	0.3712	-0.2575	5

Primenom PROMETHE metode na osnovu podataka u tabeli 3 dobijeno je da je najrizičniji otkaz nedostatak ulja u motoru, odmah iza njega slede lom zupčanika menjača i lom zupčanika čime se potvrđuje već pomenuti iskaz u FMEA metodi odnosno ono što važi u praksi za pouzdanost rada transportnih sredstava u konkretnom primeru kamiona.

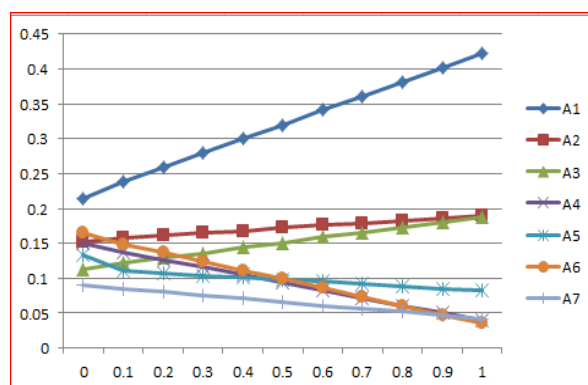
#### 4. DISKUSIJA REZULTATA

Kroz metodologiju rada primenom AHP i PROMETHEE metoda dobijeni su isti rezultati vezani za najrizičniji otkaz. Iz tabele 7 se može videti da je po sva tri navedena kriterijuma najštetniji otkaz nedostatak ulja u motoru. Dobijeni rezultati ukazuju na male razlike u rangiranju poslednja tri otkaza (otkaz glave upravljača, otkaz spone upravljanja i pucanje creva za hidrauliku).

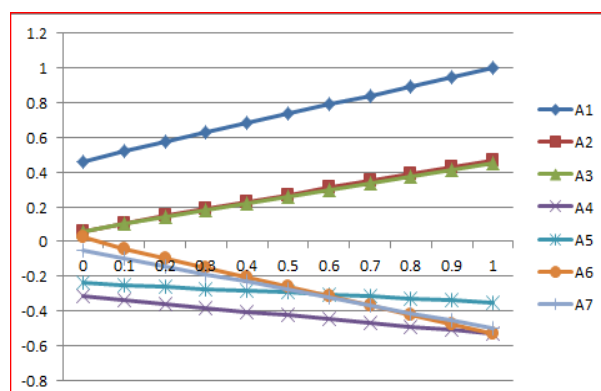
Tabela 7. Rang liste

	AHP	PROMETHEE
Nedostatak ulja u motoru	1	1
Lom zupčanika menjača	2	2
Lom zupčanika	3	3
Pucanje pneumatika	4	4
Otkaz glave upravljača	5	6
Otkaz spone upravljanja	6	7
Pucanje creva za hidrauliku	7	5

U ovom primeru izvršena je analiza osetljivosti promenom težinskih koeficijenata iz rešenja dobijenih AHP i PROMETHEE metoda. Kao najvažniji kriterijum uzeta je Cena popravke kvara čiji se težinski koeficijent menjao u rasponu od 0 do 1 (0 - najmanje važan; 1 - najznačajniji) kako bi se uvidele promene u rangiranju otkaza po rizičnosti. Sa povećanjem vrednosti težinskog koeficijenta kriterijuma Cena težine preostala dva kriterijuma se smanjuju. Vrednost težinskog koeficijenta kriterijuma Vreme trajanja otkaza u svim varijantama je veća od težina kriterijuma Frekvencija.



Slika 3. Grafički prikaz analize osetljivosti u AHP metodi



Slika 4. Grafički prikaz analize osetljivosti u PROMETHEE metodi

Na slici 3 vidi se promena ranga alternativa kada je težinska vrednost kriterijuma Cena jednaka jedinici, odnosno kada bi se alternative ocenjivale samo po ovom kriterijumu, rang alternativa bi bio: 1. Nedostatak ulja u motoru, 2. Lom zupčanika menjača, 3. Lom zupčanika diferencijala, 4. Prezub glave upravljača, 5. Pucanje creva za hidrauliku, 6. Otkaz spone upravljanja, 7. Pucanje pneumatika.

Na slici 4 prikazan je redosled alternativa kada je težinski koeficijent Cene 0,5 i tada je rang alternativa sledeći: 1. Nedostatak ulja u motoru, 2. Lom zupčanika menjača, 3. Lom

zupčanika diferencijala, 4. Pucanje pneumatika, 5. Pucanje creva za hidrauliku, 6. Prezub glave upravljača, 7. Otkaz spone upravljanja.

**Tabela 8.** Entropijske vrednosti

<b>PROMETHEE/ENTROPIJSKE VREDNOSTI</b>			
$w_j$	0.398	0.372	0,230
	Vrednosti	Rang	
A1	0.6959	1	
A2	0.2335	2	
A3	0.2246	3	
A4	-0.4121	7	
A5	-0.2816	6	
A6	-0.2254	4	
A7	-0.2348	5	

Iz tabele 8 prikazano je kako se menja sveobuhvatni vektor prioriteta ukoliko se umesto subjektivnih težina PROMETHEE metodom koriste objektivne procene dobijene proračunom entropijskih vrednosti težina za svaki navedeni kriterijum. Zamenom entropijskih težina umesto početnih u PROMETHEE metodi dobijena je ista rang lista otkaza (alternativa) po značajnosti, to jest u ovom slučaju subjektivne i objektivne težine dovode do istog krajnjeg rezultata.

## 5. ZAKLJUČAK

Preduzeće „IK Speditor“ predstavlja jedno od najuspešnijih preduzeća u pružanju transportnih usluga. Uspeh saradnje sa poslovnim partnerima zavisi od samog kvaliteta poslovanja preduzeća i iz tog razloga menadžment preduzeća je odlučio da proceni rizik otkazivanja svog transportnog sistema. Kako bi došli do zaključka o tome koji kvar transportnog sistema predstavlja najveći rizik za poslovanje, korišćene su FMEA metoda za određivanje uzroka otkaza sistema, a metode AHP i Promethee za utvrđivanje najrizičnijih otkaza. Takođe ovim metodama se odredio i redosled štetnosti otkaza na poslovanje. Kao ključni kriterijumi poslovanja uzeti su cena otklanjanja otkaza, vreme trajanja otkaza i frekvencija. Upoređivanjem najčešćih otkaza ustanovljenih na osnovu prethodnog perioda poslovanja po svim navedenim kriterijumima došlo se do zaključka da je najštetniji otkaz nedostatak ulja u motoru a odmah iza njega lom zupčanika menjača, jer ovi otkazi dovode do prestanka rada čitavog sistema. Nastanak ovih otkaza ima za posledicu najveće troškove poslovanja i najduže vreme otklanjanja kvara, dok je učestalost njihovog javljanja izuzetno mala. Analizom mogućih otkaza na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da je najmanje štetan otkaz za poslovanje otkaz spone upravljanja. Primenom analize osetljivosti utvrđeno je da ukoliko se promeni vrednost težine za kriterijum cena počevši od njene najmanje značajnosti pa do najveće, najštetniji otkaz ostaje isti ali dolazi do promene značajnosti ostalih otkaza za poslovanje. Dobijanjem svih rezultata menadžment preduzeća može da poboljša svoje poslovanje uvođenjem raznih preventivnih mera u vidu redovne kontrole svog transportnog sistema. Redovan tehnički pregled, provera ulja u motoru, evidencija o eksploataciji određenih delova podsistema i stalna opremljenost rezervnim delovima.

## **APPLICATION OF AHP AND PROMETHEE METHODS FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF THE TRANSPORT COMPANY**

**Tamara Janković, Nina Mladenović**

*University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Engineering Management Department  
Bor, Serbia*

---

### **Abstract**

System reliability is the basis for successful operations. In order to fulfill business goals, systems had to meet certain criteria in terms of proper operation, exploitation and maintenance. The work is based on testing the reliability of the transport system and evaluating its performance. The process of identifying problems and the possibility of solving them in this paper is presented through a primary transport company that makes a decision about the failures that can occur in the system. The type of failure specified in the assignment is based on experience that implies a repetition of the situation in the said company. Through this work, the FMEA method was used to identify alternatives which present types and causes of possible failures based on which AHP and PROMETHEE methods will be applied to determine the most risky failures for business. The most important criteria for this transport company are the cost of removing the fault, the duration of the repair and the frequency of the failure. The aim of this paper is to determine the most frequent cancellation by all criteria in order to obtain the information necessary for making decisions for improving the quality of future business.

***Keywords:*** *System Reliability, Transport problem, FMEA, AHP, PROMETHEE*

---

### **LITERATURA / REFERENCES**

- Ahn, J., Noh, Y., Park, S.H., Choi, B.I., Chang, D. (2017). Fuzzy-based failure mode and effect analysis (FMEA) of a hybrid molten carbonate fuel cell (MCFC) and gas turbine system for marine propulsion. *Journal of Power Sources*, 364, 226-233.
- Boujelbene, Y., Derbel, A. (2015). The performance analysis of public transport operators in Tunisia using AHP method. *The International Conference on Advanced Wireless, Information, and Communication Technologies (AWICT 2015)*, 73, 498-508.
- Debbarma, B., Chakraborti, P., Bose, P. K., Deb, M., Banerjee, R. (2017). Exploration of PROMETHEE II and VIKOR methodology in a MCDM approach for ascertaining the optimal performance-emission trade-off vantage in a hydrogen-biohol dual fuel endeavour. *Fuel*, 210, 922-935.
- Didem, Z., Durmusoglu, U. (2018). Assessment of techno-entrepreneurship projects by using Analytical Hierarchy Process (AHP). *Technology in Society*, 54, 41-46.
- Doan, N.A.V., Smet, Y. De. (2018). An alternative weight sensitivity analysis for PROMETHEE II rankings. *Omega*, 80, 166-174.
- Fu Y. (2019). An integrated approach to catering supplier selection using AHP-ARASMC GP methodology. *Journal of Air Transport Management*, 75, 164-169.

Ivanović, G., Stanković, D., Beker, I. (2010). Pouzdanost tehničkih sistema, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Mašinski fakultet Beograd, Vojna akademija Beograd, Beograd.

Kutlu, A.C., Ekmekçioğlu, M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 39, 61-67.

Li, Z., Chen, L. (2019). A novel evidential FMEA method by integrating fuzzy belief structure and grey relational projection method. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 77, 136-147.

Miličić, D. (2005). Pozdanost mašinskih sistema, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 199.

Mitevska, N. (2005). Teorija odlučivanja sa primerima, Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beograd, Bor, 102.

Pavličić, D. (2014). Teorija odlučivanja, Ekonomski fakultet Beograd, Centar za izdavačku delatnost, Beograd.

Petrović, D.V., Tanasijević, M., Milić, V., Lilić, N., Stojadinović, S., Svrkota, I. (2014). Risk assessment model of mining equipment failure based on fuzzy logic. *Expert Systems with Applications*, 41, 8157-8164.

Prvulović, S., Manasijević, D. (2006). Teorija odlučivanja sa primerima, Tehnički fakultet u Boru, Bor, 195.

Živković, Ž., Nikolić, Đ. (2016) Osnove matematičke škole strategijskog menadžmenta, Tehnički fakultet u Boru, Bor, 217.



## PRIMENA LINEARNOG PROGRAMIRANJA ZA REŠAVANJE PROBLEMA MEŠOVITIH MATRIČNIH IGARA \*

Nikola Balašević

Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment  
Bor, Srbija

---

### Izvod

Simpleks metoda linearnog programiranja primenjena je na konkretnom slučaju. Primenom date metode dobijene su optimalne strategije igrača i vrednost igre. Dobijeni rezultati su potvrđeni pomoću LINDO v.6.1. softverskog paketa. Cilj ovog rada je pokazati širok spektar moguće primene Simpleks metode, rešavanjem konkretnog problema iz ekonomije i postepenom primenom metodologije, kao i pronalaženje optimalnih strategija igrača i objašnjenje njene primene.

*Ključne reči:* Simpleks metoda, Linearno programiranje, Matrične igre, Optimalne strategije

---

### 1. UVOD

Matematički modeli i metode došli su u žižu interesovanja nakon Drugog svetskog rata, a naročito sa razvojem linearnog programiranja kojim je omogućeno rešavanje složenih ekonomskih problema. Ovaj razvoj dešava se u pravom trenutku, kada je ratnu privredu trebalo prilagoditi uslovima mira i tako ući u tržišnu utakmicu u kojoj se stalno postavljaju novi kriterijumi u vidu izbora investicija, ciljnog tržišta i optimalne potrošnje. U takvim uslovima, nije bilo pametno služiti se parcijalnim analitičkim postupcima i klasičnim instrumentima, s toga je započeto sistematsko izučavanje novih matematičkih metoda, posebno linearnog programiranja (Vanderbei, 2000). Jedna od metoda linearnog programiranja koja je izabrana kao metodologija u ovom radu jeste Simpleks metoda. Simpleks metodom dolazi se do optimalnih strategija posmatranih učesnika igre, koji se nalaze u međusobnom konfliktu. Osnova metode je zamena ograničenja postavljenog nejednačinom odgovarajućom jednačinom. U prvom delu rada obrađene su osnove teorije igara, posebno aspekti koji se tiču mešovityh matričnyh igara, kao i osnove linearnog programiranja za rešavanje problema iz oblasti matričnyh igara višeg reda. Drugi deo rada zasniva se na samoj primeni Simpleks metode linearnog programiranja u postupku rešavanja konkretnog zadatka iz prakse iz domena mešovityh igara, a sa ciljem da se ukaže na praktičnu primenu pomenute metode u ovoj oblasti.

### 2. TEORIJSKE OSNOVE

#### 2.1. Mešovite matrične igre

Mešovita matrična igra javlja se u slučajevima kada matrica plaćanja nema sedlastu tačku, pa je tada nešto teže odrediti optimalne strategije igrača i vrednost igre. Zapravo, u tom

---

\* Rad saopšten na XV Studentskom simpozijumu o strategijskom menadžmentu

slučaju igrač A nema čistu strategiju kojom bi obezbedio minimalni zagantovani dobitak uz racionalno ponašanje drugog igrača. Shodno tome, igrač B nema strategiju kojom osigurava maksimum koji mora da plati. Tada igrači uvode elemente slučajnosti kod svojih izbora, više ne biraju po jednu strategiju već se odlučuju za različite strategije od kojih svaka ima određenu verovatnoću odigravanja (Jovanović, 2016).

Ukoliko posmatramo igrača A, vidimo da on na raspolaganju ima  $m$  alternativa (strategija, poteza) i svaku od njih bira sa određenom verovatnoćom  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_m$ , pri čemu one kao takve zadovoljavaju sledeće uslove:

$$p_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1 \quad (2)$$

Vektor  $P = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_m)$  naziva se mešovitom strategijom igrača A, pri čemu najmanje dve verovatnoće u vektoru moraju biti različite od nule (Petković, 2016).

Kod igrača B vidimo da on ima na raspolaganju  $n$  alternativa i za svaku se odlučuje sa određenom verovatnoćom. Verovatnoće za izbor njegovih strategija označavaju se sa  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ , a uslove koje te verovatnoće moraju zadovoljiti su sledeći (Jovanović, 2016):

$$q_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1 \quad (4)$$

Vektor  $Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_n)$  naziva se mešovitom strategijom igrača B, pri čemu najmanje dve verovatnoće u vektoru moraju biti različite od nule. Kada oba igrača upotrebljavaju mešovite strategije  $P$  i  $Q$ , onda vrednost igre neće odgovarati samo vrednosti jednog elementa matrice plaćanja. Igrač A će dobiti iznos  $a_{ij}$  od igrača B samo ako odabere  $i$ -tu alternativu, a igrač B  $j$ -tu alternativu. Verovatnoća da igrač A odabere  $i$ -tu alternativu jednaka je  $p_i$ , a verovatnoća da igrač B izabere  $j$ -tu alternativu jednaka je  $q_j$ .

Kako igrač A želi da izborom svoje strategije uveća vrednost igre, a igrač B da istu što više smanji, oni iz tog razloga biraju svoje optimalne strategije. Rešenje mešovite igre je par optimalnih strategija  $P^*$  (za igrača A) i  $Q^*$  (za igrača B), koje poseduju osobinu da ako se jedan od učesnika igre pridržava svoje optimalne strategije, onda ni drugom ne odgovara da odstupa od svoje optimalne strategije. To znači da je ispunjen naredni uslov za sve moguće vrednosti vektora  $P$  i  $Q$  (Jovanović, 2016):

$$E(P, Q^*) \leq E(P^*, Q^*) \leq E(P^*, Q) \quad (5)$$

Predstavljena relacija podrazumeva da ako igrač A koristi optimalnu strategiju  $P^*$ , on osigurava da mu srednji dobitak bude najmanje  $E(P^*, Q^*)$ , pod uslovom da igrač B odabere svoju optimalnu strategiju  $Q^*$ . Takođe, igrač B izborom optimalne strategije  $Q^*$  osigurava da njegov srednji gubitak ne bude veći od  $E(P^*, Q^*)$ , u slučaju da igrač A odabere svoju optimalnu strategiju  $P^*$  (Jovanović, 2016).

Dakle, vektori  $P^*$  i  $Q^*$  predstavljaju rešenje matrice igre i tzv. optimalne mešovite strategije, na osnovu kojih se vrednost igre  $v$  može odrediti na sledeći način:

$$E(P, Q^*) \leq E(P^*, Q^*) \leq E(P^*, Q) \quad (5)$$

$$v = E(P^*, Q^*) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} p_i q_j \quad (6)$$

## 2.2. Rešavanje mešovityh matričnih igara primenom Simpleks metode linearnog programiranja

Linearno programiranje predstavlja jedan od najinteresantnijih metoda optimizacije i rešavanja problema, ne samo u domenu teorije igara, već i u mnogim drugim oblastima. Velikom broju svetskih problema formulisan je linearni karakter, što je i doprinelo tome da primena linearnog programiranja ima veliki značaj u njihovom rešavanju. Razvoj algoritma Simpleks metode se, pored ostalih, vezuje i za ime čuvenog matematičara Dantzig (Dantzig) koji je svojim fundamentalnim radom „Maksimiziranje linearne forme podvrgnute ograničenjima u vidu sistema linearnih jednačina (nejednačina)“ postavio osnove savremenog programiranja. Ovaj rad je nastao u okviru grupe „SCOOP“ (engl. Scientific Computation of Optimal Programs), koju je organizovala vojska SAD-a sa zadatkom da se razmotre mogućnosti rešavanja nekih vojno-strateških problema matematičkim putem (Bixby, 2002).

Postupak formiranja matematičkog modela pri primeni linearnog programiranja za rešavanje mešovityh matričnih igara polazi od definisane matrice plaćanja. Optimalna strategija  $P^*$  igrača  $A$  ima osobinu da on njome dobija najminimalnija vrednost igre  $v$ , bez obzira na to koju strategiju odabere igrač  $B$ . Od očekivanih srednjih vrednosti dobitaka igrača  $A$ , za pojedine čiste strategije igrača  $B$ , formira se sledeći sistem nejednačina:

Funkcija cilja čiji maksimum treba odrediti je:

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j = c_1 * x_1 + \dots + c_n * x_n \quad (7)$$

Sistem nejednačina ograničenja je:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ \dots & \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \end{aligned} \quad (8)$$

Ovom sistemu nejednačina dodaju se i uslovi koje moraju zadovoljiti verovatnoće  $p_i$ :

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1 \quad (9)$$

$$p_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Ovaj sistem nejednačina prevodi se u sistem jednačina uvođenjem dopunskih promenljivih:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \dots + a_{1n}x_n + x_{n+1} &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \dots + a_{2n}x_n + x_{n+2} &\leq b_2 \\ \dots & \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 \dots + a_{mn}x_n + x_{n+m} &\leq b_m \end{aligned} \quad (11)$$

Dopunske promenljive ne uvode se samo zarad forme, već imaju i svoj fizički smisao jer predstavljaju razliku između raspoloživih i iskorišćenih kapaciteta, vremenskih resursa (Jovanović, 2005). Funkcija cilja uvođenjem dopunskih promenljivih dobija sledeći oblik:

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j + 0 * (x_{n+1} + x_{n+2} + \dots + x_{n+m}) \quad (12)$$

Na osnovu ovako postavljenog modela formira se nulta simpleks tabela (Tabela 1), koja je predstavljena u nastavku.

**Tabela 1.** Prikaz početne simpleks tabele ST\_0

Bazne promenljive			Slobodne promenljive								
C			$C_1$	$C_2$	...	$C_n$	0	0	0	0	$\Theta=b/a_{ij}$
$C_b$	$X_b$	B	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$	$X_{n+1}$	$X_{n+2}$	...	$X_{n+m}$	
0	$X_{n+1}$	$b_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$	1	0	...	0	
0	$X_{n+2}$	$b_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$	0	1	...	0	
...	...	...	...	...	...	...	0	0	...	1	
0	$X_{n+m}$	$b_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{mn}$	0	0	...	1	
$F_j - c_j$		0	$F_1$ $-c_1$	$F_2$ $-c_2$		$F_n$ $-c_n$	0	0	0	0	

Oznake u početnoj simpleks tabeli su:

- $C$  - vektor koeficijenata uz promenljive  $x_j$  funkcije kriterijuma;
- $C_b$  – vektor koeficijenata u funkciji kriterijuma uz promenljive koje sačinjavaju bazno dopustivo rešenje. Kod max ST-0 vrednost ovih koeficijenata je 0;
- $X_b$  – vektor promenljivih bazno dopustivih rešenja;
- $B$  – vektor vrednosti promenljivih bazno dopustivog rešenja za posmatranu iteraciju;
- $X_j$  – množitelji vektora baze;
- $F_j - c_j$  – kriterijum optimalnosti.

Na osnovu kriterijuma optimalnosti, rešenje je optimalno u slučaju kada je:

$F_j - c_j \geq 0$  za  $\forall j$ , u suprotnom kada rešenje nije optimalno, određuje koji vektor ulazi u bazu, a ulazi onaj za koji važi da je  $\min(F_j - c_j)$  za one vrednosti za koje je  $F_j - c_j < 0$  (Jovanović, 2005).

Na osnovu „teta“ kriterijuma određuje se koji vektor izlazi iz baze:

$$\theta = \min \frac{b_j}{a_{ij}} \quad (13)$$

Transformacija elemenata van vodećeg reda i kolone izvodi se na sledeći način:

$$a_{ij} \rightarrow \widehat{a_{ij}} = a_{ij} - \frac{a_{uj} * a_{ip}}{a_{up}} \quad (14)$$

Transformacija elemenata u vodećoj koloni, izuzimajući vodeći element:

$$a_{ip} \rightarrow \widehat{a_{ip}} = 0 \quad (15)$$

Transformacija elemenata u vodećem redu:

$$a_{uj} \rightarrow \widehat{a_{up}} = \frac{a_{uj}}{a_{up}} \quad (16)$$

Transformacija vodećeg elementa:

$$a_{up} \rightarrow \widehat{a_{up}} = 1 \quad (17)$$

### 3. REŠAVANJE PRAKTIČNOG PRIMERA

#### 3.1. Definisane problema

Kao što je poznato, primene Simpleks metode linearnog programiranja su zaista široke. Za potrebe ovog rada iskorišćen je sledeći primer iz privrede. Automobilski koncern Volkswagen je 2018. godine bio i zvanično najveći proizvođač putničkih automobila na svetu, ostavivši iza sebe Toyota-u i Renault Nissan grupaciju. Volkswagen poseduje ukupno 12 brendova, od toga 8 čine proizvođači putničkih automobila. Volkswagen grupa je u 2018. godini ukupno isporučila 10 101 297 putničkih vozila što znači rast od 0.6% na svetskom tržištu u odnosu na 2017. godinu. Veliku zaslugu za to, pored samog brenda Volkswagen, imaju i brendovi Škoda i Seat koji su svojim novim i pristupačnim modelima iz SUV segmenta doprineli ukupnom prodajnom rezultatu grupe, kao i brzo rastuća tržišta na kojima je grupacija ostvarila solidan tržišni udeo (Volkswagen, 2019). U tabeli 2 prikazan je tržišni udeo (izražen u procentima) na relevantnim tržištima brendova putničkih automobila Volkswagen koncerna.

**Tabela 2.** Procentualni udeo automobilskih brendova na svetskom tržištu

	Zapadna Evropa	Centralna i Istočna Evropa	Turska	Južna Afrika	Severna Amerika	Azija-Pacifik
<b>Volkswagen</b>	11.00%	4.00%	7.00%	1.70%	5.70%	5.40%
<b>Audi</b>	2.00%	1.00%	1.40%	0.60%	0.70%	3.00%
<b>Škoda</b>	7.00%	10.00%	9.00%	3.70%	0.00%	0.90%
<b>Seat</b>	2.00%	5.00%	5.00%	3.90%	0.07%	0.30%
<b>Bentley</b>	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%	0.08%	0.20%
<b>Lamborghini</b>	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.08%	0.20%
<b>Porsche</b>	0.70%	1.00%	0.06%	0.01%	1.00%	0.80%
<b>Bugatti</b>	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%

S obzirom na odlične rezultate koji su ostvareni u prethodnoj fiskalnoj godini i trendove koji predviđaju rast određenih svetskih tržišta ali i određenih brendova u okviru grupacije, odlučeno je da se iznos od 750 000 000 USD raspodeli brendovima u okviru grupacije. Iznos je namenjen ostvarenju strategija povećanja prisustva na tržištu. Kako bi se donela odluka o tome kako rasporediti sredstva, odnosno kojim brendovima povećati prisustvo na kojim tržištima primenjena je Simpleks metoda linearnog programiranja.

#### 3.2. Rešavanje problema primenom Simpleks metode

U prvom koraku na osnovu izloženog problema konstruisana je relevantna matrica plaćanja, pri čemu su vrednosti u matrici izražene u %.

**Tabela 3.** Matrica plaćanja

		Igrač B					
		tržište brend	Zapadna Evropa (b1)	Centralna i Istočna Evropa (b2)	Turska (b3)	Južna Afrika (b4)	Severna Amerika (b5)
Igrač A	Volkswagen (a1)	11	4	7	1.7	5.7	5.4
	Audi (a2)	2	1	1.4	0.6	0.7	3
	Škoda (a3)	7	10	9	3.7	0	0.9
	Seat (a4)	2	5	5	3.9	0.07	0.3
	Bentley (a5)	0.02	0.01	0.01	0	0.08	0.2
	Lamborghini (a6)	0	0.01	0	0	0.08	0.2
	Porsche (a7)	0.7	1	0.06	0.01	1	0.8
	Bugatti (a8)	0.02	0	0	0	0	0.01

Za tako definisanu početnu matricu plaćanja, procesom redukcije, problem matrice igre sveden je sa dimenzija 8x6 na dimenziju 3x3, na način da su međusobnim poređenjem alternativa prema igračima eliminisane sve irelevantne strategije, koje kao takve nikada ne bi bile izabrane kao optimalne. Postupak redukcije izvršen je po igraču A i po igraču B.

U daljem postupku, za redukovanu matricu plaćanja potrebno je odrediti gornju i donju vrednost matrice igre primenom Valdovog kriterijuma, odnosno proveriti da li je u domenu prostih matricnih igara i da li ima sedlastu tačku.

**Tabela 4.** Primena Valdovog kriterijuma

			min	max(min)
	1.7	5.7	5.4	1,7
	3.7	0	0.9	
	3.9	0.07	0.3	
max	3.9	5.7	5.4	
min(max)	3.9			

Kako u ovom slučaju ne postoji sedlasta tačka, može se zaključiti da se rešavanje problema nalazi u domenu mešovitih matricnih igara višeg reda (3x3), pri čemu se vrednost igre kreće u opsegu  $1,7 \leq v \leq 3,9$  %. Za konkretno izračunavanje vrednosti igre i određivanje optimalnih strategija za oba igrača neophodno je primeniti metod linearnog programiranja i postaviti adekvatan matematički model prema jednom od učesnika igre. Iz tehničkih razloga lakše je definisati matematički model prema igraču B, pošto se u postupku primene Simpleks metode uvode samo dopunske promenjive. Primenom jednačine (7) i nejednačine (8) dobija se sledeći finalni matematički model:

$$\text{Funkcija cilja: } \max F(X) = x_1 + x_2 + x_3 = \frac{1}{v}$$

$$\text{Ograničenja: } 1,7x_1 + 5,7x_2 + 5,4x_3 \leq 1$$

$$3,7x_1 + 0x_2 + 0,9x_3 \leq 1$$

$$3,9x_1 + 0,07x_2 + 0,3x_3 \leq 1$$

Nakon što se izvrši prilagođavanje matematičkog modela za primenu Simpleks metode linearnog programiranja kao u jednačinama (11) i (12), dobija se:

$$\begin{aligned} \max F(X) &= x_1 + x_2 + x_3 + 0 \cdot (x_4 + x_5 + x_6) = \frac{1}{v} \\ 1,7x_1 + 5,7x_2 + 5,4x_3 + x_4 &\leq 1 \\ 3,7x_1 + 0x_2 + 0,9x_3 + x_5 &\leq 1 \\ 3,9x_1 + 0,07x_2 + 0,3x_3 + x_6 &\leq 1 \end{aligned}$$

Kroz tri iteracije došlo se i do odgovarajućeg relevantnog rešenja postavljenog problema:

**Tabela 5.** Nakon treće iteracije - simpleks tabela ST\_3

C			1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
cb	xb	B	x1	x2	x3	x4	x5	x6
0.00	x2	0.02	0.00	1.00	0.00	0.16	-1.37	1.23
0.00	x3	0.09	0.00	0.00	1.00	0.02	1.48	-1.41
1.00	x1	0.25	1.00	0.00	0.00	0.00	-0.09	0.34
fj-cj		0.36	0.00	0.00	0.00	0.17	0.02	0.17

Optimalno rešenje primarnog modela je:  $X^* = [0,25; 0,02; 0,09; 0; 0; 0]$ . Maksimalna vrednost funkcije cilja iznosi:  $\max F(x) = 0,36$ . Kako važi da je  $\max F(x) = 1/v$ , onda se lako može dobiti i vrednost matrične igre:

$$v = \frac{1}{\max F(x)} = \frac{1}{0,36} = 2,78$$

S obzirom na ranije uvedenu smenu:  $\frac{q_j}{v} = x_j$ , iz koje se određuje:  $q_j = v \cdot x_j$ , dobijaju se sl. vrednosti vektora  $Q^*$ :

$$q_1 = v \cdot x_1 = 2,78 \cdot 0,25 = 0,70$$

$$q_2 = v \cdot x_2 = 2,78 \cdot 0,02 = 0,06$$

$$q_3 = v \cdot x_3 = 2,78 \cdot 0,09 = 0,25$$

$$\text{pa je: } Q^* = (q_1^*, q_2^*, q_3^*, q_4^*, q_5^*, q_6^*) = (0; 0; 0; 0,70; 0,06; 0,25;).$$

Optimalno rešenje dualnog modela je:  $Y^* = [0,17; 0,02; 0,17; 0; 0; 0]$ .

Pošto je izvršena smena u matematičkom modelu za prvog igrača:  $\frac{p_i}{v} = y_i$ , dobija se da je:

$p_i = v \cdot y_i$ . Tada se vrednosti vektora  $P^*$  dobijaju na sledeći način:

$$p_1 = v \cdot y_1 = 2,78 \cdot 0,17 = 0,47$$

$$p_2 = v \cdot y_2 = 2,78 \cdot 0,02 = 0,06$$

$$p_3 = v \cdot y_3 = 2,78 \cdot 0,17 = 0,47$$

$$\text{pa je: } P^* = (p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*, p_6^*, p_7^*, p_8^*) = (0,47; 0; 0,06; 0,47; 0; 0; 0; 0).$$

### 3.3. Rešavanje definisanog problema primenom programskog paketa LINDO

Kako se postavljeni problem iz domena linearnog programiranja može na vrlo jednostavan način rešiti i primenom programskog paketa LINDO, a u cilju ukazivanja na gotovo identične rezultate koji bi se njime dobili, izvršeno je i softversko rešavanje postavljenog praktičnog primera prema igraču B.

Primenjena LINDO sintaksa sa prethodno determinisanim matematičkim modelom data je u nastavku:

```
!OVO JE FUNKCIJA CILJA
MAX X1+X2+X3
!OVO SU OGRANIČENJA
1.7X1+5.7X2+5.4X3<=1
3.7X1+0X2+0.9X3<=1
3.9X1+0.07X2+0.3X3<=1
END
```

Na osnovu ovako definisanog matematičkog modela, dobijena su sledeća rešenja posredstvom LINDO programskog paketa:

```
LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3
OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 0.3550079
VARIABLE VALUE REDUCED COST
X1 0.249474 0.000000
X2 0.020038 0.000000
X3 0.085496 0.000000
ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES
2) 0.000000 0.173396
3) 0.000000 0.015296
4) 0.000000 0.166316
NO. ITERATIONS = 3
```

Na osnovu ovih rezultata dobijena su sledeća rešenja:

**Za primarni model:**

$$X^* = [0.249474; 0.020038; 0.085496; 0; 0; 0]$$

$$v = \frac{1}{\max F(x)} = \frac{1}{0.3550079} = 2,82$$

$$Q^* = (q_1^*, q_2^*, q_3^*, q_4^*, q_5^*, q_6^*) = (0; 0; 0; 0,70; 0,06; 0,24;).$$

**Za dualni model:**

$$Y^* = [0.173396; 0.015296; 0.166316; 0; 0; 0].$$

$$P^* = (p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*, p_6^*, p_7^*, p_8^*) = (0,49; 0; 0,04; 0,47; 0; 0; 0; 0).$$



### 3.4. Vrednovanje dobijenih rezultata

Rezultati dobijeni posredstvom LINDO programskog paketa predstavljaju tačnije podatke, zaokruženi su na više decimala od podataka dobijenih kroz iteracije, i kao takvi pogodniji su za primenu prilikom raspodele dobiti.

U sledećoj tabeli nalazi se obrazloženje primene dobijenih rezultata:

**Tabela 6.** Raspodela novčanih sredstava

		Južna Afrika (b4)	Severna Amerika (b5)	Azija-Pacifik (b6)	$\Sigma$
	Verovatnoća	q4= 0,70	q5=0,06	q6=0,24	
Volkswagen (a1)	p1=0,49	257.250.000	22.050.000	88.200.000	367.500.000
Škoda (a3)	p3=0,04	21.000.000	1.800.000	7.200.000	30.000.000
Seat (a4)	p4=0,47	246.750.000	21.150.000	84.600.000	352.500.000
$\Sigma$		525.000.000	45.000.000	180.000.000	$\Sigma=750.000.000$ USD

## 4. DISKUSIJA REZULTATA

Na osnovu dobijenih rezultata moguće je dati predlog rešenja problema obrađenog u ovom radu. Mora se uzeti u obzir da predložena raspodela sredstava predstavlja rezultate praktične primene teorijske metode i kao takva u stvarnim tržišnim uslovima odlučivanja može predstavljati odličan alat za pomoć menadžerima pri odlučivanju. Menadžeri su ti koji donose odluke, i u tom procesu moraju uzeti u obzir trendove kao i brojne druge faktore pri donošenju ovakvih odluka. Međutim, kada bi se pri donošenju odluke menadžer služio isključivo rezultatima dobijenim u ovom radu, odluka bi bila sledeća:

U početnoj matrici predstavljen je udeo svih 8 brendova koncerna na 6 relevantnih svetskih tržišta. Shodno tom udelu, a putem odabrane metode, odlučeno je da su najbitniji brendovi Volkswagen, Škoda i Seat, dok su najbitnija tržišta Južna Afrika, Severna Amerika i Azijsko- Pacifičko tržište. Prema brendovima, sredstva se raspoređuju u sledećem odnosu: 49%, 4% i 47% respektivno. Prema tržištima: 70%, 6% i 24% respektivno.

## 5. ZAKLJUČAK

Primenjena Simpleks metoda linearnog programiranja, pokazala je koliki značaj može imati primena ovakve metodologije prilikom rešavanja problema koji spadaju u domen mešovitih matičnih igara. Dijapazon moguće primene je širok i obuhvata brojne aspekte ljudskog delovanja u kojima je potrebno donositi odluke. U privredi je moguće rešiti probleme koji su postavljeni kao: maksimiziranje dobiti; maksimalno korišćenje proizvodnih kapaciteta; maksimalan izvoz; minimalni troškovi proizvodnje; minimalni obim zaliha i dr.

Takođe, može se zaključiti i da se korišćenjem modernih programskih paketa vrlo jednostavno i brzo dolazi do potrebnih podataka, odnosno rešenja. Međutim, zarad uspešne interpretacije dobijenih podataka potrebno je da korisnik poseduje određena znanja iz odgovarajućih oblasti. Ovim radom prikazan je značaj poznavanja teorijskih metoda, njihove pravilne aplikacije i interpretacije rezultata od strane menadžera u postupku donošenja odluka u tržišnim uslovima.

## **APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING FOR SOLVING PROBLEMS OF MIXED MATRIX GAMES**

**Nikola Balašević**

*University of Belgrade, Technical faculty in Bor, Engineering Management Department  
Bor, Serbia*

---

### **Abstract**

Linear programming's Simplex method was applied on a specific case. By applying the given method, optimal strategies of the players and the value of the game have been obtained. The obtained results were verified using the LINDO v.6.1. software package. The aim of this paper is to show the broad range of possible application for the Simplex method, through solving a specific problem from the economy and gradually applying the methodology, and to find the optimal strategies of the players and explain its application.

**Keywords:** *simplex method, linear programming, matrix games, optimal strategies*

---

### **LITERATURA / REFERENCES**

- Vanderbei, R.J. (2000). Linear programming: Foundations and Extensions, Princeton University.
- Jovanović, I. (2016). Operaciona istraživanja II - teorija igara, Autorizovana predavanja, Tehnički fakultet u Boru, Bor.
- Petković, N. (2016). Matematički modeli optimizacije poslovnih procesa, Doktorska disertacija, Fakultet za menadžment, Zaječar, p. 79.
- Bixby, R.E. (2002). Solving real-world linear programs: a decade and more of progress, INFORMS.
- Jovanović, A. (2005). Metode operacionih istraživanja, Tehnički fakultet u Boru, Bor.
- Volkswagen, (2019). dostupno na (<https://www.volkswagenag.com>) pristupljeno na dan 10.04.2019.

## KOMPARATIVNA ANALIZA KVALITETE VAZDUHA TOKOM GREJNE SEZONE I ANALIZA UTICAJA IZVORA ENERGIJE KORIŠĆENE U DOMAĆINSTVIMA NA TERITORIJI ZAJEČARA \*

**Danica Nedeljković, Dragana Dimitrievska**

*Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment  
Bor, Srbija*

---

### Izvod

Ovaj rad analizira problem zagađenja vazduha u gradu Zaječaru. Veliki deo atmosferskih zagađivača, pored industrije i izduvnih gasova automobila, na ovoj teritoriji čine i domaćinstva. Izvori energije koje domaćinstva koristi za grejanje i pripremu hrane ispitani su na uzorku od 100 ispitanika. Rezultati pokazuju da većina ispitanika koristi drvo ili ugalj za grejanje, što dovodi do ispuštanja velike količine štetnih gasova u atmosferu. Prema podacima zabeleženim na stanici za praćenje kvaliteta vazduha, „Elektrotimok“ Zavoda za javno zdravstvo „Timok“ Zaječar, za 2018. godinu zabeležene su povišene vrednosti sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida u vazduhu, a zatim je izvršena poređenje ovih parametre u sezoni grejanja i van grejne sezone. Primećene su razlike u izmerenim vrednostima, što je pokazalo da postoji veza između grejanja i kvaliteta vazduha. U radu su predložena alternativna rešenja za grejanje koja su ekonomična i manje štetna za životnu sredinu.

***Ključne reči:*** Zagađenje vazduha, Energetski proizvodi, grad Zaječar

---

### 1. UVOD

Zagađenje vazduha je jedan od najrizičnijih faktora za ljudsko zdravlje, ali takođe predstavlja rizik za bezbednost hrane, ekonomiju i životnu sredinu. Većina štetnih materija koje emituju ljudske aktivnosti proizilazi iz proizvodnje i upotrebe energije na bazi fosilnih goriva. Većina tih emisija sadrži sumpor-dioksid i azot-dioksid. Glavni izvor sumpor-dioksida potiče iz uglja, a glavni izvor emisije azot-dioksida su proizvodnja električne energije i izduvni gasovi iz vozila (Afif et al., 2008).

U glavne izvore aerogagađenja u Srbiji spadaju pogoni termo-energetskog sektora, kao što su: termo-elektre, rafinerije nafte, kućna ložišta koja troše tečna i čvrsta goriva, saobraćaj, građevinska delatnost kao i nesantitarne deponije čvrstog otpada (Zavod za javno zdravlje “Timok”, 2018)

Loš kvalitet vazduha se beleži u dužim vremenskim intervalima sa pogoršanjem situacije u toku zimskog perioda. Stalno rastući broj dana sa temperaturnim inverzijama u proleće i jesen pogoduje povećanom zagađenju vazduha.

---

\* Rad saopšten na XV Studentskom simpozijumu o strategijskom menadžmentu

Jedan od gradova u Srbiji sa najvećim problemom u pogledu kvaliteta vazduha u zimskom periodu jeste Zaječar. Razlog tome su, pored industrije i izduvnih gasova automobila i kućna ložišta, koja u toku grejne sezone povećavaju koncentraciju čađi, sumpor-dioksida i azot-dioksida.

U ovom radu obrađen je problem aerozagađenja u Zaječaru uzrokovan prevelikim brojem kućnih ložišta koja koriste čvrste ogrevne materijale.

Kroz anketu, koja je obuhvatila stanovnike pet gradskih naselja u Zaječaru, zaključeno je koji su glavni energenti za ogrev kao i stav koji stanovnici imaju o zaštiti životne sredine i njihovom uticaju na istu.

## **2. AEROZAGAĐENJE**

Vazdušni omotač, koji obavija Zemlju i zajedno sa njom učestvuje u njenim kretanjima, naziva se atmosfera. Ona štiti Zemlju od prevelikog zagrevanja, u toku dana i prevelikog hlađenja u toku noći. Da nema atmosfere, dnevno kolebanje temperature na Zemlji, iznosilo bi oko 2000°C, ne bi bilo vode, a samim tim ni života.

Zagađenje vazduha se može definisati kao prisustvo jednog ili više zagađivača u atmosferi na otvorenom u takvim količinama i trajanju koje mogu biti štetne za ljudski, biljni ili životinjski život ili na imovinu (materijale) ili negativno uticati na obavljanje svakodnevnih aktivnosti. Treba naglasiti da je pažnja u ovoj definiciji na otvorenom, ili ambijentalnom vazduhu, za razliku od vazduha u zatvorenom ili radnom okruženju. Atmosfera je normalno sastavljena od 79% azota, 20% kiseonika i 1% mešavine ugljen dioksida, vodene pare, i tragova nekoliko drugih gasova kao što su neon, helijum, metan, kripton, vodonik i ksenon (Canter, 1986).

Zagađenje vazduha je jedan od najvažnijih ekoloških problema u zemljama u razvoju (Haritash & Kaushik, 2007). Transport, industrija, elektrane, poljoprivreda, domaćinstva i upravljanje otpadom doprinose zagađenju vazduha u Evropi. Sumpor dioksid (SO<sub>2</sub>) je jedan od najčešćih zagađujućih materija koji doprinosi taloženju kiseline, promeni klime i degradaciji vidljivosti. Ima negativan uticaj na ekosisteme, kao i na ljudsko zdravlje.

### **2.1. Industrija kao zagađivač**

Zagađenje vazduha je ozbiljan problem u industrijskim oblastima. Pod uticajem teških metala zdravlje ljudi i životinja dovodi se u opasnost na duži vremenski period (Yoo et al., 2006). Nedostatak tehnologija za smanjenje zagađenja vazduha i zastarela proizvodna tehnologija, su jedan od najvećih zagađivača vazduha u Srbiji (Rose, 1972).

Industrijsko zagađenje je zagađenje koje se može direktno povezati sa lošim kvalitetom vazduha, za razliku od drugih izvora zagađenja. Ovaj oblik zagađenja je jedan od vodećih uzroka zagađenja širom sveta. Problem je uglavnom upotreba goriva kao što je ugalj i slabo razumevanje uzroka i posledica zagađenja. Industrijsko zagađenje takođe utiče na kvalitet vazduha, oštećuje životnu sredinu na više načina, ima negativan uticaj na ljudske živote i zdravlje. Zagađivači ubijaju životinje i biljke, škode ekosistemima, degradiraju kvalitet vazduha, oštećuju infrastrukturu i smanjuju kvalitet života.

### **2.2. Transportna sredstva kao zagađivači**

Tokom poslednje decenije, automobilsko zagađenje se povećalo. Emisije izduvnih gasova automobila, čestice, nesagoreni ugljovodonici, ugljen monoksid, oksidi azota, pojedina kancerogena organska jedinjenja kao što su benzen i poliaromatski ugljovodonici nepovoljno utiču na zdravlje među izloženom populacijom. Još jedan razlog povećanja zagađenja je rapidno povećanje broja vozila.

Vozila su najveći pojedinačni izvor ugljen-monoksida u vazduhu. Kada ugljovodonična goriva sagorevaju, uz dovoljno prisustvo vazduha nastaje ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) i voda kao derivat, ali ako dođe do nedostatka kiseonika, umesto ugljen dioksida dobija se ugljen-monoksid (CO). Izduvni gasovi iz automobila izazivaju stvaranje smoga, magle i drugih toksičnih gasovitih mešavina kao i suspendovanih čestica. Taloženje ovih, posebno čvrstih čestica, utiče na zagađenje zemljišta, biljaka i vodenih tokova, nezaustavljivo ulazeći u sve biogeohemijske cikluse. Nepovoljno utiču na respiratorni sistem čoveka i životinja. Jedna od glavnih kompleksnih posledica ispuštanja štetnih gasova iz automobila je stvaranje staklene bašte.

### **2.3. Domaćinstva kao zagađivači**

72% globalnih emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte proizilazi iz domaćinstava. Ponašanje domaćinstava je ključna komponenta u klimatskim politikama, posebno u bogatijim zemljama (Rose, 1972).

U poslednje vreme grejanje prostora je izazvalo zabrinutost, ne samo zato što izvor toplote u velikoj meri zavisi od uglja koji je najvažniji fosilni resurs koji se suočava sa opasnošću od iscrpljenosti, već i zato što je čvrsto smatran glavnim krivcem zagađenja vazduha. Zbog toga sve veći broj istraživanja je pronalazi relaciju između načina zagrevanja prostora i kvaliteta vazduha (Dubois & Sovacool, 2018).

U vazduhu iznad naselja javljaju se i sekundarni zagađivači koji nastaju kao posledica reakcija primarnih zagađivača. Najbolji primer je zagađenost vazduha tokom zimske sezone gde dolaze do izražaja zagađujuće materije i gasovi koji doppevaju iz energetskih izvora kao što su toplane (gradske ili industrijske), i sama individualna ložišta. Prisustvo smoga i njegovog efekta su pojave koje to manifestuju.

Zagađenje vazduha od čađi u urbanim sredinama, često je posledica emisije čađi iz individualnih kotlarnica.

Prema podacima Američkog saveta za energetski efikasnu privredu, ukoliko bi se prosečna temperatura grejanja u domaćinstvima smanjila za 30 °C, uštedela bi se energija kojoj odgovara 500 000 barela nafte svakog dana. Prema istom izvoru, zagrevanje domaćinstva predstavlja najveći udeo u potrošnji energije, čak 40%. Pojedini sistemi za zagrevanje su i neefikasni, što za posledicu ima povećano izbacivanje štetnih materija u atmosferu. Tako 12% od ukupne emisije sumpor-dioksida i azot-dioksida, koji su uzročnici kiselih kiša, potiče od zagrevanja domaćinstva (Štrbac, 2007).

## **3. ZAGREVANJE PROSTORA**

### **3.1. Načini zagrevanja prostora**

Centralno grejanje - sistem daljinskog grejanja, gde se proizvodnja toplotne energije odvija u centralnoj jedinici sistema (gradskoj toplani) i dalje sprovodi do grejnih tela (radijatora). Kotlovi se razlikuju u zavisnosti od vrste ogreva koji koriste i mogu biti električni, gasni, na čvrsta ili tečna goriva.

Prednosti centralnog grejanja:

- usklađenost temperature u svim prostorijama,
- obezbeđeno održavanje sistema,
- bez dodatnih troškova.

Nedostaci centralnog grejanja:

- plaćanje računa za grejanje tokom cele godine, ne samo u zimskim mesecima,
- nemogućnost uključivanja i isključivanja grejanja po želji,
- zavisnost od toplane.

Etažno grejanje - funkcioniše na istom principu kao i centralno samo se centralnom jedinicom smatra kotao u samoj stambenoj jedinici

Prednosti etažnog grejanja:

- potpuna kontrola nad tim kada će grejanje biti uključeno,
- ne postoji obaveza plaćanja računa tokom cele godine,
- ne postoji zavisnost od gradske toplane,

Nedostaci etažnog grejanja:

- održavanje sistema,
- cene energenata,
- potreban prostor za kotao i ogrev.

Termoakumulacione peći (TA) – su jedan od najboljih vidova grejanja na struju. TA peći funkcionišu po principu akumuliranja toplote i njenog postepenog odavanja preko spoljnih površina, odnosno izduvavanjem toplote pomoću ventilatora. Kod izbora TA peći najvažnije je voditi računa o veličini, kapacitetu i termostatu kojim se temperatura podešava.

Prednosti TA peći:

- jednostavne su za montiranje i ne zauzimaju mnogo prostora,
- lako podešavanje temperature,
- manji troškovi zbog noćnog punjenja po jeftinijoj tarifi struje.

Nedostaci TA peći:

- značajan porast troškova ukoliko postoji potreba za dnevnom dopunom,
- ne može podjednako zagrejati sve prostorije, naročito u većem domu,
- trebalo bi uvek razmišljati o regulisanju temperature.

Klima uređaji - pored rashlađivanja prostora mogu biti i konkurentna grejna tela.

Prednosti klima uređaja:

- relativno mala potrošnja električne energije i trošak u odnosu na druga grejna tela,
- mogućnost programiranja za automatsko isključenje i daljinsko kontrolisanje,
- ne zauzima mnogo prostora.

Mane klima uređaja:

- grejanje može oslabiti ili biti onemogućeno na niskim temperaturama (u zavisnosti od modela),
- jedan uređaj ne može zagrejati sve prostorije ukoliko raspored nije pogodan,
- troškovi ugradnje i održavanja.

Podno grejanje - sve češći oblik zagrevanja; koji ne zahteva dopunska grejna tela

Prednosti podnog grejanja:

- izjednačena temperatura u celom domu,
- lepši izgled prostora bez grejnih tela,
- smanjena emisija štetnih gasova .

Nedostaci podnog grejanja:

- početna investicija pri ugradnji,
- potreba za radovima u stanu i podizanjem poda,
- potreba za toplotnom i hidroizolacijom.

Ostalo (grejalice, uljani radijatori, kaloriferi) - kada su sve standardne mogućnosti grejanja iscrpljene pribegava se drugim metodama, te metode najčešće uključuju korišćenje električne energije.

Prednosti električnih grejalica:

- mali početni trošak,
- ušteda prostora

Mane električnih grejalica:

- visok utrošak električne energije,
- pokrivaju mali prostor,
- temperatura se brzo spušta nakon isključivanja uređaja.

### 3.2. OGREVNI ENERGENTI

*Ogrevno drvo* je najzastupljeniji energent na našim prostorima. To je ujedno i jedan od obnovljivih izvora energije koji ne doprinosi povećanju emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu. Toplotna moć drveta zavisi od vrste drveta i sadržaja vlage.

*Drveni pelet* se sastoji od pulverizovanog drveta sa primesom kore ili bez nje. Pelet spada u obnovljive izvore energije koji ne doprinosi povećanju emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu. Toplotna moć peleta zavisi od koje vrste drveta je proizveden, kao i od sadržaja vlage.

*Zemni gas* je fosilno gorivo koje nastaje prirodnim raspadanjem organskog materijala, eksploatiše se iz podzemnih nalazišta uz pomoć bušotina ili metodom dobijanja gasa iz kamena. Ima malu emisiju CO<sub>2</sub> po količini oslobođene toplote.

*Ugalj* je fosilno gorivo nastalo od izumrlih ostataka biljaka i životinja. Ugljevi se dele u tri grupe: lignit, mrki i kameni ugalj. Eksploatiše se u zavisnosti od nalazišta i to u vidu površinskih kopova i rudarskih jama. Toplotna masa varira od 2 kWh/kg (lignit) do 9.7 kWh/kg (kameni ugalj), u zavisnosti od vrte uglja (Du & Sun, 2018).

*Električna energija* proizvedena električna energija u Srbiji nastaje 74% iz uglja (termoelektrana) i 26% iz hidroelektrana, te stoga potrošnja električne energije za grejanje doprinosi emisiji štetnih gasova, pre svega CO<sub>2</sub> u atmosferu.

## 4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Sastavni deo istraživačke metodologije jeste uzorkovanje. Uzorkovanje predstavlja proces odabira reprezentativnog uzorka, odnosno dela populacije. Preduslovi reprezentativnosti uzorka su:

1. Način izbora statističkih jedinica u uzorku mora biti nezavisan od vrednosti posmatranog obeležja.
2. Verovatnoća statističkih jedinica da uđu u uzorak mora biti unapred poznata.

U ovom istraživanju ciljna grupa jesu stanovnici grada Zaječara, pri čemu je u odabiru predstavnika populacije nasumično odabrano po 20 domaćinstava iz 5 naselja: Avnoj, Kotlujevac, Podliv, Vlačić i Kraljevica. Postoje kvantitativne i kvalitativne metode istraživanja.

### 4.1. Kvantitativne metode

Kvantitativna grupa metoda istraživanja se bazira na naukama kao što su matematika i statistika. Izvori podataka mogu biti obezbeđeni nekom od metoda prikupljanja podataka ili korišćenjem već postojećih statističkih podataka (iz prethodnih istraživanja). Brojne tehnike se koriste za primenu ovih metoda (intervjui, anketiranje). One se razlikuju po stepenu obuhvatnosti, broju ispitanika, kao i po pouzdanosti, brzini prikupljanja podataka, troškovima same metodologije i dr. Kvantitativne metode istraživanja se dele na (Du & Sun, 2018):

- Istorijski metod,
- Metod ispitivanja,
- Metod eksperimenta

*Istorijski metod* - metod direktnih podataka se odnosi na statističke podatke i metode kao što su: prosečne vrednosti, varijacije, indeksi, kretanje trendova, korelacija i regresija. U njoj se primenjuju regresiona i korelaciona analiza u zavisnosti da li se istraživanje

fokusira na dve ili više pojava ili se analizom dokazuje promenljivost jedne pojave u zavisnosti od promene druge. Prva pojava u ovom slučaju predstavlja zavisnu promenljivu, a druga nezavisnu promenljivu.

*Metod ispitivanja* - bazira se na istraživanju slučajnog uzorka ili putem direktnog kontakta ili preko telefona, pošte, e-mail-a. Tipovi istraživanja ove metode mogu biti:

- Prost slučajni uzorak podrazumeva da jedinice posmatranja imaju podjednaku verovatnoću da uđu u uzorak, dok je izbor jedinica populacije slučajan i može se uraditi uz pomoć kompjuterski generisanog procesa ili tablice slučajnih brojeva (Tomić & Marković, 1996).
- Uzorak sa nejednakom verovatnoćom - do sada je bilo reči o prostom slučajnom uzorku kod koga svaka jedinica ima jednaku verovatnoću da bude izabrana u uzorak. Takav izbor uzorka uglavnom ima teorijski značaj i retko se samostalno koristi u praksi, jer se jedinice uzorka često razlikuju po veličini, pa bi primenom prostog slučajnog uzorka ocene imale velike disperzije. To bi dovelo do smanjivanja njihove preciznosti. Zbog toga se češće primenjuje izbor sa verovatnoćom proporcionalnom veličini jedinca uzorka. Tako će, na primer kada se radi anketa koja obuhvata više gradova, gradovi sa većim brojem stanovnika imati veću verovatnoću da budu izabrani u uzorak (Tomić & Marković, 1996).
- Stratifikovani uzorak - u mnogim situacijama, kada je kod uzorka potrebno povećanje preciznosti ocene, vrši se stratifikacija. Stratifikacija (raslojavanje) podrazumeva podelu populacije na delove – stratume, disjunktne podskupove, čija unija obuhvata celu populaciju, sa zahtevom postizanja što veće homogenosti unutar stratuma (Tomić & Marković, 1996).

*Metod eksperimenata* - temelji se na hipotetičkoj pretpostavci pojave koja se istražuje. Pri istraživanju se formiraju dve grupe, od kojih se jedna izlaže dejstvu željenog faktora, a druga se prepušta slučajnosti. Nakon toga se putem verovatnoće dešavanja između ova dva faktora stiče uvid u mogućnosti konačnog ishoda, odnosno dobija se hipoteza.

## 4.2. Kvalitativne metode

Kvalitativna istraživanja imaju za cilj dubinsko razumevanje određenog ponašanja kao i otkrivanje razloga za takvo ponašanje. Uglavnom se sprovode dubinska intervjuisanja malih grupa ljudi, a rezultati su više opisne nego prediktivne prirode. Kvalitativne metode podrazumevaju intervjue sa pojedincima, fokus grupne diskusije (uglavnom 2-10 učesnika), vođenje dnevnika ili opservacije. Sesije mogu biti sprovedene lično (što je najčešći slučaj), telefonski, video konferencijom i putem Interneta (Lohr, 2011).

Obično su kvalitativne metode uvod u kvantitativne studije, a često se nakon kvantitativnih studija ponovo rade kvalitativne metode da bi se dobile najpreciznije informacije. Na ovaj način se meri vrednost određenih stavova potrošača koji su dobijeni intervjuisanjem, a zatim se može kvantifikovati pomoću neke od mernih skala.

Metoda anketiranja je postupak kojim se na temelju anketnog upitnika istražuju i prikupljaju podaci, informacije, stavovi i mišljenja o predmetu istraživanja.

Anketa je poseban oblik neeksperimentalnog istraživanja koje kao osnovni izvor podataka koristi lični iskaz o mišljenjima, uverenjima, stavovima i ponašanju, pribavljen odgovarajućim nizom standardizovanih pitanja.

Anketa, u širem smislu, označava istraživački postupak kojim se direktno, iz prve ruke, prikupljaju podaci i informacije o ekonomskim, sociološkim, demografskim, psihološkim i drugim osobinama skupine ljudi ili društvene zajednice.

## 4.3. Rezultati istraživanja o potrošnji različitih vidova energije



Anketnim upitnikom ispitivali smo građane Zaječara o osnovnim energentima koje koriste za ogrev, izolaciji prostora u kome žive, kao i prosečnim mesečnim troškovima za ogrev u cilju istraživanja potrošnje različitih vidova energije i zagađenja vazduha koje oni izazivaju, a koje je vidljivo u periodu grejne sezone na ulicama grada. Ispitali smo takođe i stavove građana o uštedi energije u svom domu, isključivanju grejnih sistema kada se ne koriste, prelasku na alternativne načine grejanja, kao i ličnom doprinosu u očuvanju životne sredine.

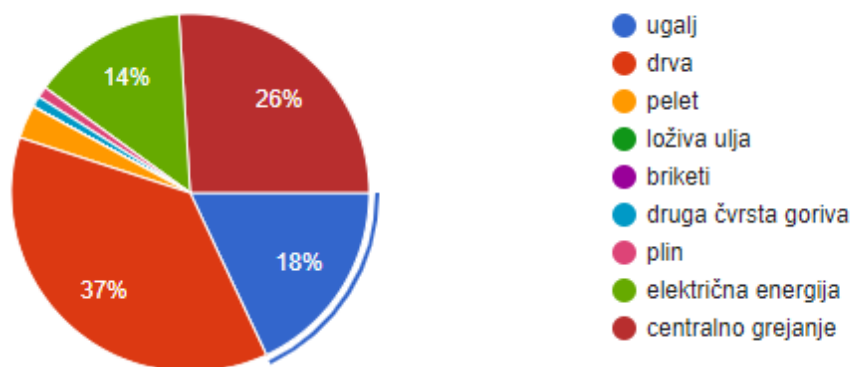
Upitnik je sastavljen iz 3 celine, u prvom se ispituju osnovni demografski podaci, drugi segment odnosi se na pitanja vezana za način zagrevanja domaćinstava, dok treći deo pokazuje stavove ispitanika o potrošnji energije i očuvanju životne sredine. Obuhvaćena su pitanja otvorenog i zatvorenog tipa, kao i pitanja koja mere stav ispitanika prema nekoj određenoj tvrdnji.

Veličina analiziranog uzorka je 100 ispitanika, od čega je 47% pripadnika ženskog i 53% pripadnika muškog pola. U kućama živi 60% ispitanog ispitanika, dok 40% živi u stanu.

Rezultati istraživanja pokazali su sledeće rezultate. Najveći broj ispitanika (79%) živi u domaćinstvu sa članovima koji pripadaju starosnoj grupi od 30 do 60 godina.

Ispitivanjem grejne površine, došlo se do zaključka da najveći procenat ispitanika zagreva površinu od 60m<sup>2</sup>, 8% živi u domaćinstvu gde grejna površina iznosi 120 i 150m<sup>2</sup>.

Osnovni energent koji se koristi za ogrev ispitane populacije jeste drvo (37%), zatim centralno grejanje (26%) i ugalj (18%). Sama činjenica da se navedeni energenti najčešće koriste za ogrev, predviđa razliku u kvalitetu vazduha u grejnoj i van grejne sezone. Raspodelu prema energentima možemo videti na slici 1.



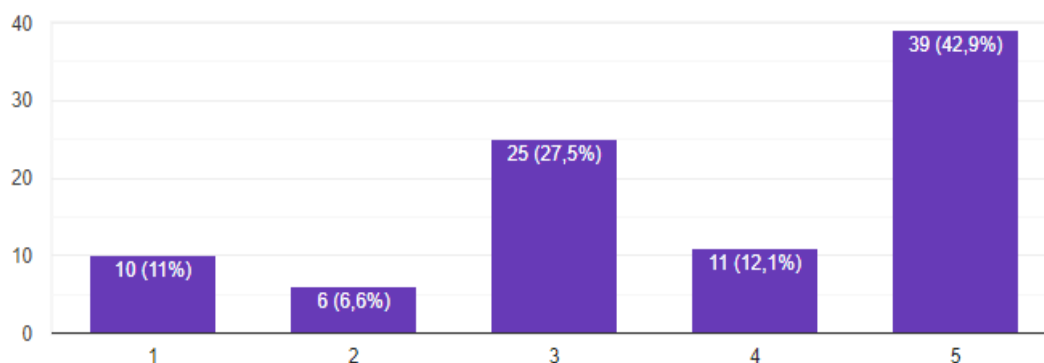
**Slika 1.** Osnovni ogrevni energenti

Više od 50% ispitanika nema izolaciju u svom domu, dok su prozorska okna dvostruka drvena, a vrata takođe drvena. Ovaj podatak nam pokazuje da postoji gubitak toplotne energije, te se povećavaju i troškovi u toku grejne sezone.

Poslednji segment ispitivanja meri prihvaćenost i intenzitet stava ispitanika prema uštedi energije i zaštiti životne sredine. Za kvantifikaciju ovih parametara korišćena je Likertova petostepena skala, gde su izražene vrednosti imale sledeće značenje: 1-uopšte se ne slažem, 2-uglavnom se ne slažem, 3-neutralan sam, 4-uglavnom se slažem, 5-u potpunosti se slažem.

Prvo pitanje iz ovog seta pitanja vezuje se za svest o uštedi energije u domu i 71% ispitanika u potpunosti se slaže sa stavom da je nužno razmišljati o uštedi energije, 15% je neutralno, dok se 14% ispitanika ne slaže.

Kroz analizu ostalih pitanja došlo se do zaključka da je novac presudan faktor pri izboru energije za ogrev, kao i da 43% ispitanika razmišlja o prelasku na alternativni način grejanja koji bi manje štetio okolini, što se može zaključiti sa slike 2.



Slika 2. Spremnost na prelazak na alternativni način grejanja

Poslednja dva pitanja direktno su usmerena na svest ispitanika o njihovom uticaju na očuvanje životne sredine, gde su odgovori sledeći. 71.4% ispitanika se slaže sa tvrdnjom da su ljudi direktno odgovorni za povećanje emisije štetnih gasova u atmosferi, a 78% ispitanika se u potpunosti slaže sa tvrdnjom da je lični doprinos pojedinca veoma važan u očuvanju životne sredine.

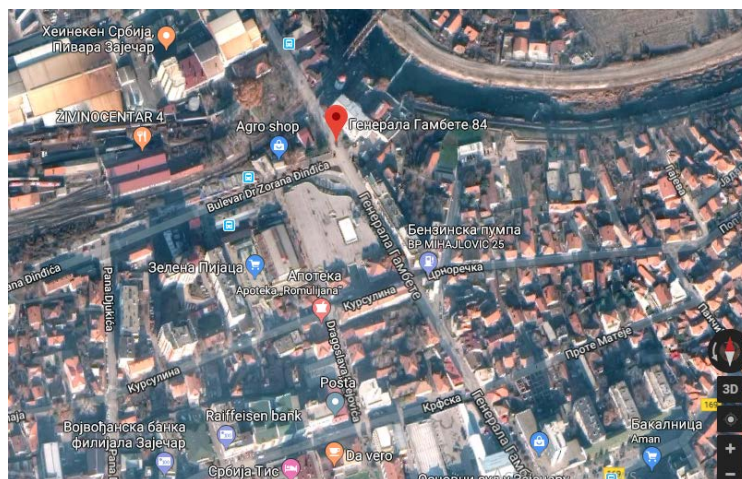
Cilj ispitivanja zagađenosti vazduha u Zaječaru je da se:

- odrede koncentracije opštih štetnih materija u vazduhu, kako bi se dobio uvid o stepenu zagađenosti vazduha;
- dobijeni rezultati se porede sa graničnim vrednostima (GV), koje određuje Zakon o zaštiti životne sredine i prateći propisi;
- paralelno izvršiti analizu čvrstih goriva koja se sagorevaju u kućnim ložištima i tako dobiti sliku o stanovnicima Zaječara o tome šta oni biraju za ogrev.

Industrijsko zagađenje poslednjih godina nije karakteristično za grad Zaječar, pa bi pažnju trebalo skrenuti na najkarakterističnije lokalne izvore zagađenja, a to su kućna ložišta. U procesu sagorevanja dolazi do oslobađanja dimnih gasova koji negativno utiču na životnu sredinu. Kako bi umanjili taj negativan uticaj neophodno je periodično vršiti ispitivanja na ložišnim uređajima merenjem emisije dimnih gasova. Takav sistem merenja emisije dimnih gasova nije razvijen na teritorijalnom području grada Zaječara te je nemoguće precizno utvrditi koji procenat zagađenja uzrokuju ložišta. Ono što se može utvrditi jeste razlika između izmerenih parametara zagađivača vazduha u toku i izvan grejne sezone. U ovom radu analizirani su podaci o izmerenim dnevnim vrednostima koncentracije sumpor dioksida, azot dioksida i čađi na mernom mestu „Elektrotimok“ u periodu od 01. januara do 31. decembra 2018. godine preuzeti od strane Zavoda za javno zdravlje.

Zavod za javno zdravlje „Timok“ na osnovu ugovora zaključenog sa Ministarstvom za zaštitu životne sredine svakodnevno vrši merenja i određuje koncentraciju sumpor dioksida, čađi i azot dioksida u vazduhu. Na mernom mestu „Elektrotimok“ u Zaječaru, u ulici Generala Gambete 84 redovno se prati stepen aerozagađenja, vrednosti navedenih parametara koji pokazuju kvalitet vazduha.

Merno mesto „Elektrotimok“ nalazi se u centru grada, koordinate su 0221703E i 435421 N, dok nadmorska visina grada iznosi 137 m. Makrolokacija mernog mesta prikazana je na slici 3.



**Slika 3.** Lokacija mernog mesta Elektrotimok Zaječar  
(Izvor: <https://www.google.com/maps>)

Uređaji za uzorkovanje vazduha smešteni su u zgradi ED Zaječar, a usisne cevi se nalaze na visini od oko 2m od tla.

Prema *Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha* (“Službeni glasnik RS” br. 11/10 i 75/10) maksimalne dozvoljene koncentracije za zaštitu zdravlja ljudi u slučaju namenskih merenja su predstavljene u tabeli 1.

**Tabela 1.** Granične vrednosti za opšte i specifične zagađujuće materije

Parametar	Vreme usrednjavanja	Granična vrednost
Sumpor-dioksid (SO <sub>2</sub> )	Dan	125µg/m <sup>3</sup>
	Kalendarska godina	50µg/m <sup>3</sup>
Čađ	Dan	50µg/m <sup>3</sup>
	Kalendarska godina	50µg/m <sup>3</sup>
Azot-dioksid (NO <sub>2</sub> )	Dan	85µg/m <sup>3</sup>
	Kalendarska godina	40µg/m <sup>3</sup>

Izvor: “Službeni glasnik RS” br. 11/10 i 75/10

#### 4.3.1. Sumpor-dioksid

Uzorkovanje vazduha za ispitivanje sadržaja SO<sub>2</sub> vrši se pomoću pumpi malog protoka (AT-801X) tako što se vazduh 24 časa propušta kroz ispiralicu, u kojoj je rastvor natrijum-tetrahlormerkurata (TCM). Aparat beleži zapreminu provučenog vazduha, nakon čega se u laboratoriji spektrofotometrijski na 560 nm određuje koncentracija SO<sub>2</sub>. Granična vrednost (GV) za sumpor dioksid je 125µg/m<sup>3</sup> za 24-časovni uzorak.

Na ovom mernom mestu ukupan broj merenja sumpor dioksida bio je 349. Srednja godišnja koncentracija iznosila je 15.64 µg/m<sup>3</sup>, što je manje od godišnje granične i godišnje tolerantne vrednosti (50 µg/m<sup>3</sup>). Najveća srednja mesečna vrednost izmerena je u januaru i iznosila je 35.53 µg/m<sup>3</sup>. Nisu zabeležene vrednosti iznad dnevne granične i dnevne tolerantne vrednosti. Maksimalna izmerena koncentracija SO<sub>2</sub> u atmosferi iznosila je 103.14 µg/m<sup>3</sup> (22./23.01.2018.) što se može videti u tabeli 2. Srednja vrednost u grejnoj sezoni iznosila je 18.55 µg/m<sup>3</sup>, dok je srednja vrednost van grejne sezone iznosila 11.64

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , što nam pokazuje da je tokom grejne sezone izmerena koncentracija sumpor dioksida u vazduhu veća nego u mesecima van grejne sezone.

**Tabela 2.** Podaci o merenjima  $\text{SO}_2$  za 2018. godinu

Broj merenja	349
Srednja godišnja koncentracija $\text{SO}_2$	15.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Najveća srednja mesečna vrednost	35.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Broj dana preko GV	0
Maksimalna dnevna koncentracija	103.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost u grejnoj sezoni	18.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost van grejne sezone	11.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### 4.3.2. Čađ

Zagađenje vazduha od čađi u urbanim sredinama, često je posledica emisije čađi iz individualnih kotlarnica. Pojedini sistemi za zagrevanje su i neefikasni, što za posledicu ima povećanu emisiju štetnih gasova u atmosferu. Tako 12% od ukupne emisije  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$ , koji su uzročnici kiselih kiša, potiče od zagrevanja domaćinstva (Zavod za javno zdravlje "Timok", 2018).

Uzorkovanje vazduha za ispitivanje sadržaja čađi vrši se takođe pomoću pumpi malog protoka, tako što se vazduh 24 časa propušta kroz filter, zatim beleži zapremina provučenog vazduha, a nakon toga se na reflektometru očitava stepen zatamnjenja na osnovu kojeg se određuje koncentracija čađi. Ukupan broj merenja čađi na mernom mestu "Elektrotimok" bio je 335. Srednja godišnja koncentracija iznosila je 25.08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , što je manje od maksimalne dnevne vrednosti (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dok je najveća srednja mesečna vrednost izmerena u decembru i iznosila je 43.09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . U toku perioda merenja, bilo je 22 dana kada je koncentracija čađi bila veća od dnevne maksimalno dozvoljene vrednosti. Najveća koncentracija zabeležena je 20. decembra 2018. i iznosila je 129.75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Srednja vrednost u grejnoj sezoni iznosila je 28.82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a srednja vrednost van grejne sezone iznosila je 19.68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na osnovu razlike u merenjima koncentracije čađi u vazduhu u grejnoj i van grejne sezone može se zaključiti da ovaj parametar ima veće oscilacije u odnosu na druga dva parametra u okviru perioda u toku grejne sezone i van grejne sezone, iz razloga što su sumpor-dioksid i azot-dioksid zagađivači koji se pretežno emituju iz industrijskih pogona i motora automobile, što se može videti u tabeli 3.

**Tabela 3.** Podaci o merenjima koncentracije čađi u vazduhu za 2018. godinu

Broj merenja	335
Srednja godišnja koncentracija	25.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Najveća srednja mesečna vrednost	43.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (u januaru)
Broj dana preko GV	22
Maksimalna dnevna koncentracija	129.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost u grejnoj sezoni	28.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost van grejne sezone	19.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### 4.3.3. Azot-dioksid

Uzorkovanje vazduha za ispitivanje sadržaja  $\text{NO}_2$  vrši se takođe pomoću pumpi malog protoka, tako što se vazduh 24 časa propušta kroz ispiralicu, sa apsorpcionim rastvorom triatnolaminom (TEA). Aparat beleži zapreminu provučenog vazduha, a zatim se spektrofotometrijski određuje koncentracija  $\text{NO}_2$ .

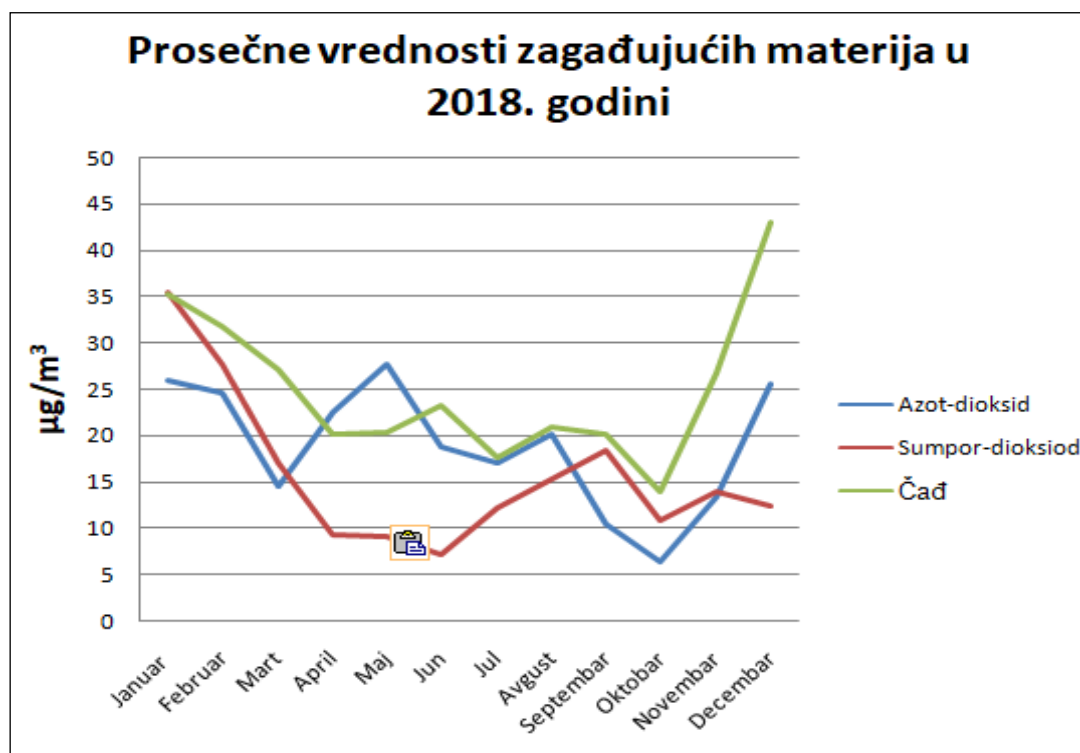
Ukupan broj merenja azot dioksida na ovom mernom mestu bio je 364. Srednja vrednost svih izmerenih koncentracija iznosila je 19.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , što je manje od godišnje granične

vrednosti od  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Najveća srednja mesečna vrednost izmerena je u maju i iznosila je  $27.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . U toku perioda merenja bilo je 5 dana kada je koncentracija čađi u vazduhu bila iznad granične vrednosti, koja iznosi  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Najveća koncentracija zabeležena je 3. januara 2018. i iznosila je  $98,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Srednja vrednost u toku grejne sezone iznosi  $20.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dok je srednja vrednost van grejne sezone  $15.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Što se može videti u tabeli broj 4.

**Tabela 4.** Podaci o merenjima koncentracije  $\text{NO}_2$  u vazduhu za 2018. godinu

Broj merenja	364
Srednja godišnja koncentracija	$19.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Najveća srednja mesečna vrednost	$27.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Broj dana preko GV	5
Maksimalna dnevna koncentracija	$98.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost u grejnoj sezoni	$20.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Srednja vrednost van grejne sezone	$15.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Na slici 4 može se videti mesečno kretanje zagađujućih materija u vazduhu tokom 2018. godine.



**Slika 4.** Prosečne vrednosti zagađujućih materija u 2018. godini

Na grafiku vidi se nagli porast vrednosti na samom početku grejne sezone (u oktobru) sva tri parametra. Vrednosti u toku grejne sezone su povećane u odnosu na vrednosti van grejne sezone. Takođe se vidi da kako grejna sezona odmiče tako i sva tri parametra izmerenih emisija zagađivača vazduha srazmerno rastu.

Na osnovu prethodna dva istraživanja (anketa i izmerene vrednosti zagađivača vazduha) iz kojih je zaključeno da je kvalitet vazduha na nižem nivou u toku grejne sezone u odnosu na period van grejne sezone zbog korišćenja pretežno čvrstog goriva kao ogrevnog energenta i spremnosti stanovnika Zaječara na prelazak na drugi, manje štetan način grejanja kao i njihovu brigu za očuvanje životne sredine u daljem tekstu dati su predlozi alternativnih načina grejanja, koji pored svoje efikasnosti nemaju gotovo nikakvu emisiju štetnih gasova, već su potpuno ekološki i proizvode toplotnu energiju iz obnovljivih izvora.

#### 4.4 Načini grejanja iz obnovljivih izvora

*Toplotna pumpa* - odnosno agregat za proizvodnju toplotne energije (slika 5), funkcioniše apsorbovanjem i prenosom energije iz jedne sredine u drugu prilikom čega se jedan deo električne energije troši. Toplotne pumpe koriste besplatnu energiju iz prirode (75-80%) i dopunjuju je električnom energijom. U zavisnosti od tehnologije toplotne pumpe koriste različite izvore energije: zemljište, podzemne vode, vazduh (Obnovljivi izvori energije, 2018). Ne zahtevaju održavanje tokom grejne sezone, nije potreban dimnjak, nije potrebno kupovati, transportovati i skladištiti energente unapred, mikroprocesorsko i daljinsko upravljanje sistemom.



**Slika 5.** Toplotna pumpa  
(Izvor: <https://doming.rs/catalog>)

*Solarni vakumski kolektori* - trenutno najzastupljeniji vid korišćenja obnovljivih izvora energije (slika 6). Solarni kolektori koriste se za zagrevanje vode i prostora; ovim vidom zagrevanja troškovi za toplotnom energijom smanjuju se i do 80% (Obnovljivi izvori energije, 2018). Pogodni su za upotrebu tokom cele godine, novije generacije omogućavaju korišćenje i na veoma niskim temperaturama.



**Slika 6.** Solarni vakumski kolektori  
(Izvor: <http://www.solarni-kolektori.net/solarni-vakuumski-kolektori/>)

*Solarni fotonaponski kolektori (solarni PV moduli)* - solarna fotonska energija pomoću solarnih fotonaponskih kolektora (slika 7) i prateće opreme konvertuje sunčevu svetlost u električnu energiju koje se dalje koristi za napajanje aparata i uređaja u domaćinstvima (Obnovljivi izvori energije, 2018). U kombinaciji sa vetrogeneratorima povećava svoji energetska efikasnost.



**Slika 7.** Solarni fotonaponski kolektor (PV modul)

*(Izvor: <http://www.solarni.rs/primena.htm>)*

## **5. ZAKLJUČAK**

Treba naći način i motivisati pojedince da budu proaktivni u pogledu zaštite životne sredine. Potreban je uravnoteženiji pristup između potrošnje i proizvodnje u pogledu količine emisija i strategija ublažavanja, razumevanja onoga što može motivisati usvajanje životnih stilova i tehnologija sa niskom emisijom sumpor-dioksida, čađi i azot-dioksida. Postoji snažna potreba da se shvate barijere i motivacije za promene potrošnje na individualnom nivou, posebno kada je povezana sa urgentnošću globalnih dešavanja.

Kontrola ličnih izvora zagađenja, regulacija grejnih tela, promena načina života (prodavanje automobila i vožnja javnim prevozom), prelazak na manje zagađivače ili promena oblika zagađenja neki su od načina očuvanja biodiverziteta, što dovodi do poboljšanja kvaliteta života čoveka i dugoročno gledano, sigurniji i zdraviji život za generacije koje dolaze. Zagađivanje predstavlja promenu životne sredine na „gore“ čime se menja njen prirodni sastav. Zagađivanje životne sredine je i planetarni problem s obzirom da se procesi zagađenja prenose vazдушnim strujanjem na velike udaljenosti. Kako su prirodni ekosistemi međusobno povezani uočava se uzročno-posledično zagađenje elemenata životne sredine (Đorđević, 2008).

## **COMPARATIVE AIR QUALITY ANALYSIS DURING AND OUT OF THE HEATING SEASON AND IMPACT ANALYSIS OF ENERGY SOURCES USED IN THE HOUSEHOLDS IN THE TERRITORY OF ZAJECAR**

**Danica Nedeljković, Dragana Dimitrievska**

*University of Belgrade, Technical faculty in Bor, Engineering Management Department  
Bor, Serbia*

---

### **Abstract**

This paper analyzes the problem of air pollution in the city of Zaječar. The households make a big part of atmospheric pollutants, beside the industry and exhausted gases of cars on this territory. The sources of energy which these households use for heating and food preparation were examined on the sample of 100 respondents. The results show that most of the population uses wood or coal for heating, which leads to the release of large amounts of harmful gases into the atmosphere. According to the data recorded on the air quality monitoring station "Elektrotimok" of the public health institute "Timok" Zaječar for 2018, raised values of sulfur dioxide, soot and nitrogen dioxide in the air were recorded, and then was performed a comparison of these parameters in the heating and out-of-heating season. There have been noticed differences in measured values, which showed that there is a relation between heating and air quality. In the paper are suggested alternative solutions for heating, which are economical and less harmful to the environment.

**Keywords:** *Air pollution, Energy products, City of Zaječar*

---

### **LITERATURA / REFERENCIES**

Canter, L.W. (1986). Ground water pollution control, National Center for Ground Water Research, University of Oklahoma.

Chélala, C., Borbon, A., Abboud, M., Adjizian-Gérard, J., Farah, W., Jambert, C., Rita Zaarour, R., Badaro, N., Perros, P.E., Rizk, T. (2008). SO<sub>2</sub> in Beirut: air quality implication and effects of local emissions and long-range transport. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1, 167-178.

Đorđević, M. (2008). Zagađivanje zemljišta, vazduha i vode, Univerzitet u Beogradu, Filološki fakultet, str. 466.

Du, T., Sun. Y. (2019). Correlation of Building Heating And Air Qualities in Typical Cities of China, *Energy Procedia*, 158, 6532-6537.



Dubois, G., Sovacool, B. and et al. (2018). It starts at home? Climate policies targeting household consumption and behavioral decisions are key to low-carbon futures. University of Sussex, Energy Research & Social Science, 52, 144-158.

Haritash, A.K., Kaushik, C.P. (2007). Assessment of Seasonal Enrichment of Heavy Metals in respirable Suspended Particulate Matter of a Sub-Urban Indian City, Environ Monit Assess, 128(1-3), 411-20.

Kojić, M. (2015). Primene planova teorije uzoraka u ekonomiji, master rad, Prirodno-matematički fakultet Departman za matematiku, Niš

Lohr, S.L. (2010). Sampling: Design and Analysis, Brooks/Cole, Cengage Learning

Obnovljivi izvori energije, (2018). Dostupno na: <https://unissgrejanje.com/obnovljive-energije/obnovljivi-izvori-energije.php>

Riznić, D., Vojnović, B. (2008). Menadžerska sredstva i alati u funkciji regionalnog razvoja Srbije, Tehnički fakultet Bor, str. 96-105.

Rose, R.D. (1972). Air Pollution and Industry. New York: Van Nosstrand Reinhold Comp

Štrbac, N. (2007). Tehnologija i poznavanje robe, Tehnički fakultet Bor, str. 78-81.

Tomić, P., Marković, S. (1996). Turizam i zaštita životne sredine-Skripta za studente. Novi Sad, Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, str. 17.

Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. Sci. Total Environ. 368, 456-464.

Zavod za javno zdravlje "Timok", (2018). Izveštaj o kvalitetu vazduha u Zaječaru za 2018. godinu

## **ANALIZA LOJALNOSTI I ZADOVOLJSTVA ZAPOSLENIH U MEDISAN INTERNATIONAL\***

**Marija Orlović, Biljana Đurić, Katarina Radulović**

*Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment  
Bor, Srbija*

---

### **Izvod**

Potvrđeno je da su zadovoljstvo i lojalnost zaposlenih presudni za opstanak i uspeh organizacije. Zadovoljstvo je rezultat procesa interne evaluacije pojedinca, a ako je nivo očekivanja zaposlenih ispunjen ili premašen, onda zadovoljstvo raste. Na ovaj način, lojalnost zaposlenih razvija se u uopšteni emocionalni odnos prema organizaciji. Zadovoljstvo i lojalnost zaposlenih su ključni pokretači produktivnosti, performansi i profita. Ovaj rad analiziraće zadovoljstvo i lojalnost zaposlenih u kompaniji Medisan International. Neke od stavki koje će se ispitivati su zadovoljstvo zaposlenih poslom, nivo podrške menadžmenta, kao i nivo poverenja u organizaciju. U prvom delu rada objašnjeni su pojam odanosti i zadovoljstvo zaposlenih, faktore koji podstiču lojalnost i koji su najbolji načini da zaposleni budu zadovoljni, dok su u drugom delu rada predstavljeni rezultati i analiza istraživanja.

***Ključne reči:*** *Lojalnost, Zadovoljstvo, Zaposleni*

---

### **1. UVOD**

Zaposleni predstavljaju posebnu interesnu grupu, koja preduzeće posmatra kao mesto gde mogu pokazati poslovne sposobnosti i veštine, ispoljiti ambicije. Posebna pažnja se posvećuje aktivnom i adekvatnom upravljanju njihovim potencijalima. Posebno se insistira na zadovoljstvu poslom, kao značajnom pokazatelju motivacije zaposlenih, čime se postiže i veća posvećenost zaposlenih svome poslu, iz čega proističe zdravo radno okruženje, efikasno i efektivno obavljanje posla, zadovoljstvo radnika i lojalnost koja predstavlja zbir navedenih faktora uspešne organizacije. Odanost zaposlenih nije samo vrlina, to je ključ za profitabilan rast. Lojalnost na radnom mestu se smatra gorivom koje pokreće finansijski uspeh svake kompanije. Zaposleni predstavljaju osnovni resurs koji je neophodan za obavljanje nekog posla. Oni predstavljaju značajnu investiciju u smislu troškova zapošljavanja i obuke, kao i plata i naknada. Preduzeća snose značajan trošak ako moraju zameniti zaposlenog. Schaufelli i Bakker (2004) su utvrdili da su angažovani radnici zapravo radnici koji su više vezani za organizaciju i njihova namera da odu je manja. Drugim rečima, oni su lojalniji organizaciji. To se može reći za zaposlene koji imaju jak angažman, jer oni obično imaju pozitivno iskustvo i imaju pozitivnu sliku o njihovoj organizaciji (Messmer, 2000).

---

\* Rad saopšten na XV Studentskom simpozijumu o strategijskom menadžmentu

## 2. NAČINI ZA POKRETANJE LOJALNOSTI ZAPOSLENIH

Imajući u vidu da je većina zaposlenih pod neposrednom kontrolom rukovodstva, onda kada menadžment razume šta pokreće lojalnost zaposlenih, tada se mogu preduzeti odgovarajući koraci za jačanje lojalnosti i zadržavanje zaposlenih. Izgradnja lojalnosti i zadržavanje zaposlenih nije veoma skupa stvar. Novac nije jedan od razloga zbog kojih zaposleni odustaju. Trošenjem vremena i pažnje na pitanja važna za zaposlene, lojalnost organizaciji se može poboljšati. Postoje različiti načini za pokretanje lojalnosti zaposlenih, kao što su (Reichheld, 2001):

- Uspostavite dijalog sa zaposlenima – otvorenom komunikacijom;
- Konkurentna plata;
- Razumeti širi kontekst života zaposlenih;
- Pristupite zaposlenima sa osećajem otkrića;
- Dobri radni uslovi;
- Dati zaposlenima konstruktivnu povratnu informaciju (i formalno i neformalno);
- Slušajte zaposlene – čak i ako ne možete uvek raditi ono što žele;
- Budite iskreni prema zaposlenima;
- Emancipatna akcija / osnaživanje / sloboda za uspeh;
- Karijerni plan za zaposlene – razgovarajte o mogućnostima profesionalnog razvoja sa zaposlenima;
- Uključite sve zaposlene u razumevanje misije i ciljeva organizacije;
- Obezbedite okruženje za učenje;
- Stvaranje partnerstva.

## 3. PRINCIPI LOJALNOSTI

Kada je reč o samoj lojalnosti, ona se zasniva na određenim principima, a to su (Nooteboom, 2003):

- 1) Kada se politika sprovodi, zaposleni treba da imaju centralnu ulogu. Ako organizacija pokaže da čini sve što je moguće za zaposlene, to će stvoriti osećaj među zaposlenima o uzajamnoj obavezi. Zaposlenima takođe treba dati osećaj da se prema njima postupa pravično: jednaka plata za jednak rad.
- 2) Zaposleni treba da veruju da poslodavac želi najbolje za njih i da ne deluje samo iz sopstvenih interesa.
- 3) Ako organizacija malo posvećuje pažnju privatnom životu zaposlenih, može doći do sukoba. Zaposleni koji učestvuju u drugim aktivnostima van svog posla, za koje se osećaju da su posvećeni (hobiji, sport, studije), imaju više problema da pronađu pravu ravnotežu između svog radnog života i privatnog života. Sukob između ova dva ima uticaj na lojalnost zaposlenih. I obrnuto, ako organizacija pokazuje razumevanje za zaposlenog i može pomoći zaposlenom da pronađe pravu ravnotežu, njegova lojalnost će se samo povećati.

## 4. POKRETAČI ZADOVOLJSTVA ZAPOSLENIH

Kao što je već rečeno, zadovoljstvo zaposlenih i njihova lojalnost su od velike važnosti za uspeh organizacije. Kako bi organizacija bila iznad svoje konkurencije, a pre svega imala harmonične odnose među svojim zaposlenima, potrebno je posebnu pažnju usmeriti na sledeće pokretače zadovoljstva i lojalnosti, a to su (Nunnally, 1978):

- 1) **Podrška** - Bitno je da osoblje dobije podršku, u suprotnom ne može da radi svoj posao na odgovarajući način. Podrška nije ograničena samo na aspekte koji se

odnose na posao, već i na druge stvari kao što su moral i priznanje. Postoji mnogo različitih načina na koje poslodavci mogu da podrže svoje zaposlene.

- 2) **Poverenje** - Timski rad se razvija kada postoji uzajamno poverenje i poštovanje između članova tima: pomaže da se usredsredi i optimizuje trud koji se zahteva od ljudi, umanjuje rizik tako što se izbegava preterana zavisnost od jedne osobe i pruža dodatno obezbeđenje da ciljevi kvaliteta mogu da se ostvare.
- 3) **Timski rad** - Članovi tima su čvrsto vezani jedan za drugog i opredeljeni da podrže uspeh svakog člana ponaosob. Uspeh svakog pojedinca, uspeh je tima kao celine. Pojedina istraživanja pokazuju da ukupan rezultat timskog rada prevazilazi ukupan rezultat rada istog broja pojedinaca, koji nisu timski organizovani čak i do 30% (Vasić, 2004).

Ostvarenjem ovih osnovnih pokretača, svaka organizacija može biti sigurna da će njeni zaposleni biti zadovoljni poslom koji obavljaju i samom organizacijom, što takođe znači da će njihova lojalnost i želja da budu deo te organizacije biti na zavidnijem nivou, u odnosu na zaposlene koji nemaju podršku, poverenje i timski rad u sklopu neke druge organizacije.

## 5. STUDIJA SLUČAJA

Zadovoljstvo i lojalnost zaposlenih je potvrđeno da su od ključnog značaja za opstanak i uspeh organizacije orijentisane ka pružanju usluga. Lojalnost zaposlenih se ogleda u tome da su zaposleni posvećeni uspehu organizacije sa čvrstim uverenjem da je rad sa tom organizacijom najbolja opcija. Osnajivanje zaposlenih, kompenzacija zaposlenih, timski rad i rukovodstvo su značajni pozitivni prediktori zadovoljstva zaposlenih, a lojalnost zaposlenih može se poboljšati kroz njihovo zadovoljstvo.

Cilj istraživanja koje je predstavljeno u ovom radu je da analizira zadovoljstvo zaposlenih, kako poslom kojim se bave, tako i samom organizacijom u kojoj posluju, da ispita probleme sa kojima se suočavaju međusobno, da otkrije odnos koji vlada između nadređenih i podređenih, i na osnovu njihovih odgovora predloži ideje za unapređenje zadovoljstva zaposlenih i povećanje njihove lojalnosti.

Studija je sprovedena tokom februara meseca 2019. godine, na uzorku od 90 radnika koji su zaposleni u preduzeću Medisan International. Prikupljanje podataka je izvršeno pomoću upitnika. Upitnik je distribuiran elektronskim putem, i na taj način je obezbeđena potpuna anonimnost ispitanika. Upitnik se sastoji iz dva dela. Prvi deo ispituje socio-demografske karakteristike ispitanika i sastoji se iz 4 pitanja, a drugi deo se sastoji od 6 grupa pitanja koja se odnose na lojalnost zaposlenih i njihovo zadovoljstvo određenim aspektima poslovanja.

Merenje adekvatnosti uzorkovanja – MSA analiza (*engl. Measure of Sampling Adequacy*) izvršeno je pomoću Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testa. Vrednost ovog indikatora za razmatrani uzorak za svih šest grupa pitanja iznosi preko 0.60, što se može videti u Tabeli 3. Minimalna prihvatljiva vrednost KMO indikatora je 0.60 pa se samim tim može izvući zaključak da je uzorak koji je korišćen za istraživanje u ovom radu adekvatan i pogodan za primenu faktorske analize (Kaiser, 1974; Cerny i Kaiser, 1977). Grupa pitanja koja je imala najveći iznos ovog indikatora (0.851) jeste grupa pitanja „Zadovoljstvo zaposlenih“, dok grupa pitanja sa najnižom vrednošću ovog indikatora jeste grupa pitanja „Poverenje u rukovodstvo“ sa vrednošću indikatora 0.672.

Pored toga, Bartlett-ov test sferičnosti pokazuje da postoje značajne korelacije među grupama pitanja u okviru upitnika (Hair, 2006). Podaci iz Tabele 3 pokazuju da sve grupe pitanja imaju malu vrednost  $p$ , odnosno vrednost  $p$  za svih šest grupa pitanja je jednaka nuli. Izvodi se zaključak da je korišćenje faktorske analize opravdano, s obzirom da je nivo značajnosti  $p < 0.05$ .

**Tabela 1.** Rezultati KMO i Bartlett's testa

Grupa pitanja	KMO	Bartlett's Test		
		$\chi^2$	df	p
1. PODRŠKA RUKOVODSTVA	0.780	135.386	10	.000
2. TIMSKI RAD	0.804	275.335	10	.000
3. POVERENJE U KOLEGE	0.749	211.072	3	.000
4. POVERENJE U RUKOVODSTVO	0.672	83.411	3	.000
5. ZADOVOLJSTVO ZAPOSLENIH	0.851	290.633	15	.000
6. LOJALNOST ZAPOSLENIH	0.689	165.703	6	.000

Validacija teorijskog modela za ispitivanje uticaja različitih faktora na zadovoljstvo i lojalnost zaposlenih kompanije Medisan International, koji je prikazan na Slici 1, izvršena je pomoću softverskih paketa SPSS v.25.0 i LISREL v.8.80 primenom statističke faktorske analize. Faktorskom analizom je potvrđena jednodimenzionalnost svih šest grupa latentnih varijabli u posmatranom modelu, na osnovu PCA analize (*engl. Principal Component Analysis*) (Kingir & Mesci, 2010). Rezultati faktorske analize prikazani su u Tabeli 4, odakle se mogu videti dobijene vrednosti za procenat varijanse, koji je objašnjen faktorom jednodimenzionalnosti za svaku grupu pitanja, kao i dobijene vrednosti loading faktora. Minimalna prihvatljiva vrednost loading faktora je 0.3, a dobijene vrednosti loading faktora potvrđuju da postoji visok stepen interne konzistentnosti između grupa pitanja u postavljenom modelu (Velicer & Jackson, 1990; Sheppard, 1996).

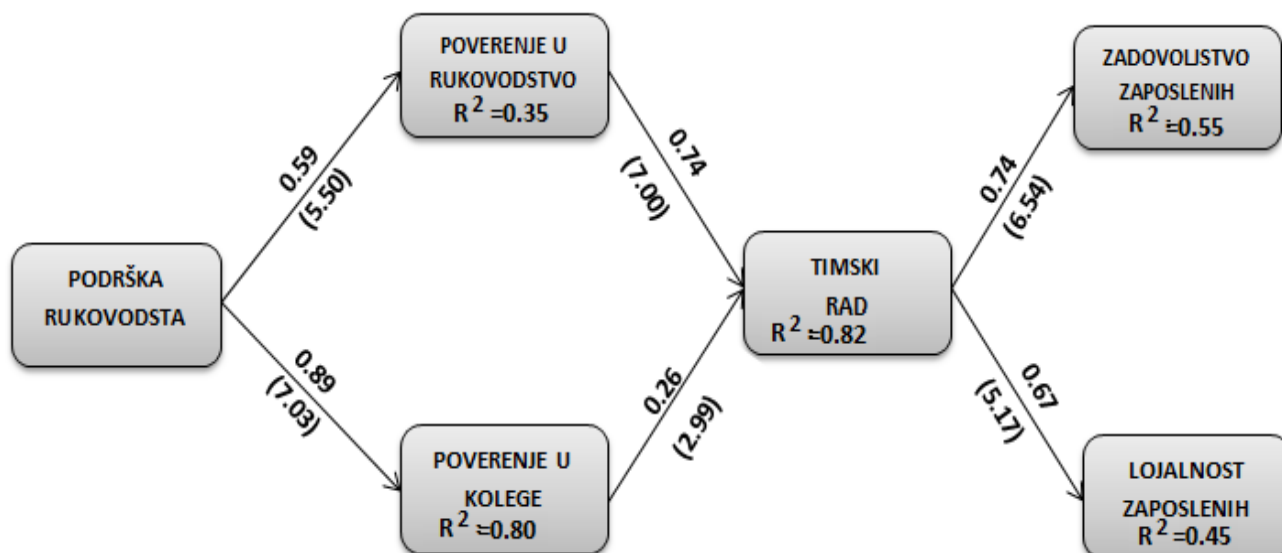
Kako bi se osigurala pouzdanost i validnost ispitivanog modela, izvršena je i CFA analiza (*engl. Confirmatory Factor Analysis*). Provera interne konzistentnosti instrumenata za prikupljanje podataka izvršena je pomoću Cronbach's alpha testa (Cronbach, 1951). Na ovaj način, dobijaju se vrednosti Cronbach's alpha koeficijenta ( $\alpha$ ), koje označavaju prosečne vrednosti korelacija među stavkama, onda kada se ocenjivanje vrši na osnovu zadatih skala (u ovom slučaju je to bila petostepena Likert-ova skala). Ukoliko su vrednosti  $\alpha$  koeficijenta veće od 0.70, postoji visok stepen interne konzistentnosti među pitanjima i dobre mogućnosti za modelovanje na osnovu prikupljenih podataka iz ispitivanog uzorka (Nunnally, 1978), dok se vrednosti oko 0.60 smatraju prihvatljivim (Hair et al., 1995; Boyer & Pagell, 2000). U Tabeli 4 su takođe prikazane dobijene vrednosti Cronbach's alpha koeficijenta za svih šest grupa pitanja, i kao što može videti, one su iznad vrednosti 0.60. Može se zaključiti da je dokazana validnost i pouzdanost upitnika o zadovoljstvu i lojalnosti zaposlenih kompanije Medisan International, i da se mogu očekivati i pouzdani rezultati modelovanja na osnovu prikupljenih podataka.

Dobijene *t*-vrednosti, koje su takođe prikazane u Tabeli 4, su u skoro svim slučajevima veoma visoke, čime se potvrđuje validnost ispitivanog modela. Prema tome, svih 17 varijabli, koje su definisane unutar 6 latentnih grupa varijabli, mogu biti iskorišćene za definisanje teorijskog modela, koji je prikazan na Slici 1 (Ho, 2006).

**Tabela 2.** Rezultati faktorske analize (EFA) i konfirmatorne faktorske analize (CFA) mernog modela

Grupa pitanja	Posmatrana varijabla	EFA		CFA			
		PCA		Pouzdanost	Validnost		
		% varijanse objašnjen faktorom jednodimenzionalnosti	Factor loading	Cronbach's alpha	Factor loading	t-statistika	
1.	PODRŠKA RUKOVODSTVA	Q1_1 Q1_2 Q1_3 Q1_4	56.742	0.720 0.802 0.796 0.683	0.797	0.73 0.85 0.46 0.56	5.82 5.39 5.75 6.02
2.	TIMSKI RAD	Q2_1 Q2_2 Q2_3 Q2_4 Q2_5	69.848	0.843 0.826 0.726 0.875 0.898	0.890	0.88 0.87 0.58 0.83 1.04	6.06 6.03 6.34 5.46 4.87
3.	POVERENJE U KOLEGE	Q3_1 Q3_2 Q3_3	87.443	0.952 0.934 0.919	0.928	1.10 1.05 0.99	3.10 4.91 12.72
4.	POVERENJE U RUKOVODSTVO	Q4_1 Q4_2 Q4_3	70.725	0.847 0.888 0.785	0.788	0.83 0.83 0.51	5.16 4.10 5.88
5.	ZADOVOLJSTVO ZAPOSLENIH	Q5_1 Q5_2 Q5_3 Q5_4 Q5_5 Q5_6	63.548	0.911 0.794 0.865 0.740 0.790 0.658	0.877	0.81 0.93 0.76 0.74 0.72 0.60	3.82 5.73 5.55 6.11 6.07 6.34
6.	LOJALNOST ZAPOSLENIH	Q6_1 Q6_2 Q6_3 Q6_4	67.309	0.801 0.834 0.833 0.814	0.824	0.56 0.68 0.79 0.86	4.91 4.62 5.43 5.52

Dalje testiranje validnosti teorijskog modela (Slika 1) izvršeno je pomoću softverskog paketa LISREL v.8.8. Na ovaj način izvršena je dublja statistička analiza pomoću modelovanja strukturalnih jednačina (Savić et al., 2017). Koeficijenti strukturalnih putanja između definisanih grupa varijabli u ispitivanom modelu izračunati su primenom softverskog paketa LISREL v.8.8. Koeficijenti putanja označavaju isto što i koeficijenti regresije, jer ukazuju na jačinu veze i uticaja između nezavisnih i zavisnih varijabli. Takođe, proračunati su i koeficijenti determinacije ( $R^2$ ) za zavisne grupe varijabli, koji pokazuju procenat varijanse u zavisnoj varijabli, koji je objašnjen nezavisnom varijablom (Zivkovic et al., 2011). Dobijene vrednosti koeficijenata putanje i koeficijenata determinacije u strukturalnom modelu prikazane su na Slici 1.



**Slika 1.** Strukturni model za ispitivanje zadovoljstva i lojalnosti zaposlenih u kompaniji “Medisan International”

Na Slici 1 prikazane su informacije o vrednostima koeficijena putanja,  $t$ -vrednosti i vrednosti koeficijena determinacije ( $R^2$ ) radi jasnijeg razumevanja modela. U cilju donošenja konačne odluke o prihvatanju definisanog teorijskog modela, bilo je neophodno utvrditi  $t$ -vrednosti za svaku od 6 definisanih hipoteza. Dobijene  $t$ -vrednosti prikazane su u zagradama na Slici 1. Kod svih hipoteza  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ ,  $H_5$  i  $H_6$   $t$ -vrednosti su veće od 2, što potvrđuje jaku pozitivnu korelaciju između nezavisne varijable i zavisnih varijabli

Sa Slike 1 se može videti da su sve definisane hipoteze u modelu potvrđene i da imaju pozitivne vrednosti koeficijena putanje. Prikazani rezultati ukazuju na to da nezavisna varijabla „Podrška rukovodstva“ pozitivno utiče na zavisnu varijablu „Poverenje u rukovodstvo“ ( $b = 0.59$ ,  $t = 5.50$ ), i na zavisnu varijablu „Poverenje u kolege“ ( $b = 0.89$ ,  $t = 7.03$ ), čime su potvrđene hipoteze  $H_1$  i  $H_2$ . Hipoteze  $H_3$  i  $H_4$  su takođe potvrđene i pokazuju da zavisna varijabla „Poverenje u rukovodstvo“ ima pozitivan uticaj na zavisnu varijablu „Timski rad“ ( $b = 0,74$ ,  $t = 7.00$ ), kao i da „Poverenje u kolege“ pozitivno utiče na „Timski rad“ ( $b = 0.26$ ,  $t = 2.99$ ), respektivno. Na kraju, potvrđena je i hipoteza  $H_5$  – „Timski rad“ pozitivno utiče na „Zadovoljstvo zaposlenih“ ( $b = 0.74$ ,  $t = 6.54$ ), kao i hipoteza  $H_6$  – „Timski rad“ ima pozitivan uticaj na „Lojalnost zaposlenih“ ( $b = 0.67$ ,  $t = 5.17$ ).

Dobijene vrednosti koeficijena determinacije ( $R^2$ ) pokazuju da je 35% varijanse u zavisnoj varijabli „Poverenje u rukovodstvo“ i 80% varijanse u zavisnoj varijabli „Poverenje u kolege“ objašnjeno uticajem nezavisne varijable „Podrška rukovodstva“. Pored toga, 82% varijanse u varijabli „Timski rad“ objašnjava se uticajem zavisnih varijabli „Poverenje u rukovodstvo“ i „Poverenje u kolege“. Na kraju, 55% varijanse u varijabli „Zadovoljstvo zaposlenih“ i 45% varijanse u varijabli „Lojalnost zaposlenih“ objašnjeno je uticajem prediktora „Timski rad“.

## 6. ZAKLJUČAK

Upravljanje ljudskim resursima nije samo pitanje organizacione prirode, niti su ekonomski faktori ključ svega. Kako bi u današnje vreme organizacija bila ispred svoje konkurencije, neophodno je da se posveti svojim zaposlenima i od njih načini zadovoljne i lojalne

radnike. Osnovu kvalitetne radne sredine čine zaposleni koji su zadovoljni svojim poslom, spremni na saradnju i napredovanje. Zadovoljni i lojalni zaposleni radnici predstavljaju osnovu uspešnog poslovanja jedne organizacije. Rezultati koji su dobijeni u ovom radu su razumni i logični, jer bez adekvatne podrške rukovodstva ne može postojati ni poverenje, a bez poverenja timski rad ne bi funkcionisao. Isključenjem jednog od faktora, ni zadovoljstvo ni lojalnost zaposlenih se ne mogu očekivati u tolikoj meri, kao sa postojanjem svih navedenih faktora. Kod zaposlenog koji je razvio naklonost prema organizaciji postoji veća verovatnoća da će pokazati lojalno ponašanje i raditi na ukupnim ciljevima organizacije, kao što su: poboljšana produktivnost, veća efikasnost i kvalitetna orijentacija prema klijentima. Zaposleni treba da imaju osećaj da organizacija želi najbolje za njih, a kao rezultat toga oni će nastaviti da daju sve od sebe i neće tražiti drugi posao.



## **ANALYSIS OF LOYALTY AND SATISFACTION OF EMPLOYEES IN MEDISAN INTERNATIONAL**

*Marija Orlović, Biljana Đurić, Katarina Radulović*

*University of Belgrade, Technical faculty in Bor, Engineering Management Department  
Bor, Serbia*

---

### **Abstract**

The satisfaction and loyalty of employees is confirmed to be crucial for the survival and success of the organization. Satisfaction is the result of the internal evaluation process of the individual, and if the level of employee expectations is fulfilled or exceeded, then satisfaction is growing. In this way, employee loyalty develops into a generalized emotional attitude toward the organization. Employee satisfaction and loyalty are key drivers of productivity, performance and profit. This work will analyze the satisfaction and loyalty of the employees of Medisan International. Some of the items that will be examined are employee satisfaction with the job, the level of management support, the level of trust that is in the organization. In the first part of the paper, I will explain the notion of loyalty and employee satisfied, factors that stimulate loyalty and which are the best ways to make your employees satisfied, while the second part of the paper will present and analyze the results of the research.

***Keywords:** Loyalty, Satisfaction, Employees*

---

### **LITERATURA / REFERENCES**

- Boyer, K.K., Pagell, M. (2000). Measurement issues in empirical research: improving measures of operations strategy and advanced manufacturing technology, *Journal of Operations Management*, 18(3), 361-374.
- Cerny, B.A., Kaiser, H.F. (1977). A Study Of A Measure Of Sampling Adequacy For Factor-Analytic Correlation Matrices, *Multivariate Behavioral Research*, 12(1), 43-47.
- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests, *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C. (1995). *Multivariate data analysis with reading*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Hair, J.F., Black, W.C., Anderson, R.E., Tatham, R.L. (2006). *Multivariate data analysis*, 6th edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Kaiser, H.F. (1974). An index of factorial simplicity, *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Kingir, S., Mesci, M. (2010). Factors that affect hotel employees motivation the case of Bodrum, *Serbian Journal of Management*, 5(1), 59-76.
- Messmer, M. (2000). Orientations programs can be key to employee retention.“ In *Strategic Finance Journal*, 81(8), 12-15.

Nooteboom, B. (2003). *Trust: Forms, Foundations, Functions, Failures and Figures*, Edward Elgar.

Nunnally, J.C. (1978). *Psychometric theory* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: McGraw-Hill

Reichheld, F. (1996). *Learning From the Customer Defection*, Harvard Business School Press.

Sheppard, (1996) Exploring the transformational nature of instructional leadership. *The Alberta Journal of Educational Research*, 52(4), 325-344

Velicer, W.F., Jackson, D.N. (1990). Component Analysis versus Common Factor Analysis: Some Further Observations, *Multivariate Behavioral Research*, 25, 97-114.

Zivković, Z., Arsic, M., Nikolic, Dj. (2011). TQM practice in service oriented organization - antecedents of employee satisfaction and loyalty, 6<sup>th</sup> international working conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches".

## CONTENTS

<i>Momir Popović</i> PRESENCE OF MOBILE LEARNING AT THE UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND.....	1
<i>Jelena Kovačević, Aleksandra Milovanović</i> APPLICATION OF THE QFD METHOD IN THE DEVELOPMENT OF DLS PLATFORM.....	7
<i>Tamara Janković, Nina Mladenović</i> APPLICATION OF AHP AND PROMETHEE METHODS FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF THE TRANSPORT COMPANY.....	17
<i>Nikola Balašević</i> APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING FOR SOLVING PROBLEMS OF MIXED MATRIX GAMES.....	30
<i>Danica Nedeljković, Dragana Dimitrievska</i> COMPARATIVE AIR QUALITY ANALISYS DURING AND OUT OF THE HEATING SEASON AND IMPACT ANALYSIS OF ENERGY SOURCES USED IN THE HOUSEHOLDS IN THE TERRITORY OF ZAJECAR.....	40
<i>Marija Orlović, Biljana Đurić, Katarina Radulović</i> ANALYSIS OF LOYALTY AND SATISFACTION OF EMPLOYEES IN MEDISAN INTERNATIONAL.....	55