



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Тијана Г. Петровић

**УТИЦАЈ УСАГЛАШЕНОСТИ МОДЕЛА  
КВАЛИТЕТА И ПОСЛОВНОГ МОДЕЛА  
НА ПЕРФОРМАНСЕ МАЛИХ И СРЕДЊИХ  
ПРЕДУЗЕЋА**

Докторска дисертација

Крагујевац, 2023.



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC  
FACULTY OF ENGINEERING

Tijana G. Petrović

**THE IMPACT OF ALIGNMENT BETWEEN  
QUALITY MODEL AND BUSINESS MODEL  
ON THE PERFORMANCE OF SMALL AND  
MEDIUM ENTERPRISES**

Doctoral Dissertation

Kragujevac, 2023

<b>Аутор</b>
Име и презиме: Тијана Петровић
Датум и место рођења: 18. 07. 1991., Крагујевац
Садашње запослење: Виши стручни сарадник, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
<b>Докторска дисертација</b>
Наслов: Утицај усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе малих и средњих предузећа
Број страница: 133
Број слика: 48
Број библиографских података: 237
Установа и место где је рад израђен: Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Научна област (УДК): 519.866+005.6:334.012.63/64
Ментор: др Данијела Тадић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
<b>Оцена и одбрана</b>
Датум пријаве теме: 11. 09. 2017.
Број одлуке и датум прихватања теме докторске дисертације: IV-04-100/12, 14. 02. 2018.
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу</li> <li>2. др Славко Арсовски, редовни професор у пензији, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу</li> <li>3. др Данијела Тадић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу</li> <li>4. др Јован Филиповић, редовни професор, Факултет организационих наука Универзитет у Београду</li> <li>5. др Милан Ерић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу</li> </ol>
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. др Снежана Нестић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу</li> <li>2. др Мирјана Ж. Мисита, редовни професор, Машински факултет, Универзитет у Београду</li> <li>3. др Предраг М. Мимовић, редовни професор, Економски факултет, Универзитет у Крагујевцу</li> <li>4. др Александар Алексић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу</li> <li>5. др Александар Ђорђевић, доцент, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу</li> </ol>
Датум одбране дисертације:

## РЕЗИМЕ

Унапређење пословања предузећа и остваривање одрживе конкурентске предности на тржишту представља задатак сваког менаџмента. Модели квалитета и пословни модели представљају основ за идентификацију слабости, пружајући препоруке за боље пословање. У академском контексту, модели квалитета и пословни модели представљају различите правце истраживања која се баве унапређењем пословања предузећа. Усаглашеност ових модела може резултирати значајним користима и побољшањем пословних перформанси. Овакав приступ омогућава стварање синергије између квалитета производа и пословних стратегија, чиме се постиже ефикасност, конкурентска предност и одрживост предузећа на тржишту.

У оквиру ове докторске дисертације развијено је три модела. Први модел за оцену квалитета и рангирање предузећа је заснован на EFQM (*енг. European Foundation for Quality Management*) моделу пословне изврности проширеном са више-атрибутивним методама одлучивања (*енг. Multi-Attribute Decision Making-MADAM*) које су проширене са теоријом фази скупова (*енг. Fuzzy Sets Theory-FST*). Критеријуми квалитета који су преузети из EFQM модела су отежани применом фази аналитичког хијерархијског процеса (*енг. Fuzzy Analytic Hierarchy Process-FAHP*) и фази методе најбољи-најлошији (*енг. Fuzzy Best Worst-FBWM*) респективно при чему је анализирана осетљивост решења. На основу добијених тежина критеријума рангирање предузећа је спроведено применом фази методе вишециљне оптимизације засноване на анализи односа (*енг. Fuzzy Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis-FMOORA*). Други развијени модел, модел за класификацију компоненти пословних модела (КПМ) који је предложен у оквиру ове докторске дисертације обухвата систематизацију и класификацију КПМ-а у групе КПМ-а применом методе оптимизације, гранања и ограничавања (*енг. Branch and Bound – B&B*). У оквиру трећег модела је извршено испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на кључне индикаторе перформанси квалитета малих и средњих предузећа (МСП) применом корелационе и регресионе анализе. Модел је заснован на резултатима добијеним из претходна два модела и индикаторима перформанси квалитета кључним за производна предузећа из сектора МСП. Одређивање оптималног нивоа побољшања нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ је заснован на примени вештачких неуронских мрежа (*енг. Artificial Neural Networks- ANN*).

Предложени модели су тестирани и верификовани на подацима добијеним од предузећа која послују на територији Републике Србије и по својим карактеристикама припадају сектору МСП.

**Кључне речи:** модел квалитета, пословни модел, теорија фази скупова, MADM, МСП, методе оптимизације, корелација и регресија

## **ABSTRACT**

Improving business and achieving sustainable competitive advantages in the market represents the task of every management. Quality models and business models provide the basis for identifying weaknesses and offering recommendations for better business practices. In an academic context, quality models and business models represent different directions of research that deal with improving the business of enterprises. The alignment of these models can result in significant benefits and improvements in business performance. This approach allows the creation of synergy between product quality and business strategies, thereby achieving efficiency, competitive advantage, and the sustainability of enterprises in the market.

Within this doctoral dissertation, three models have been developed. The first model for evaluating the quality and ranking of companies is based on the EFQM (European Foundation for Quality Management) model for business excellence expanded with multi-attribute decision-making (MADAM) methods, extended with the theory of fuzzy sets (FST). Quality criteria taken from the EFQM model are weighted using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and Fuzzy Best-Worst (FBWM) methods, respectively, with an analysis of solution sensitivity. Based on the obtained criteria weights, the ranking of companies is conducted using Fuzzy Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (FMOORA). The second developed model, the model for classifying components of business models (BMCs) proposed within this doctoral dissertation, includes the systematization and classification of BMCs into groups using optimization method, branch and bound (Branch and Bound – B&B). Within the third model, an examination of the impact of the alignment of the quality model and the business model on key performance indicators of quality for small and medium-sized enterprises (SMEs) is conducted using correlation and regression analysis. The model is based on the results obtained from the previous two models and performance indicators of quality relevant to production companies in the SME sector. Determining the optimal level of quality improvement and the level of BMCs recognition is based on the application of artificial neural networks (ANN).

The proposed models have been tested and verified on data obtained from enterprises operating on the territory of the Republic of Serbia and belonging to the SME sector.

**Key words:** quality model, business model, fuzzy sets theory, MADM, SME, optimization methods, correlation and regression

## САДРЖАЈ

Списак слика.....	I
Списак табела .....	III
Списак скраћеница .....	IV
1. УВОД .....	- 1 -
1.1 Предмет и циљ истраживања .....	- 2 -
1.2 Основне хипотезе .....	- 3 -
1.3 Методе истраживања.....	- 4 -
1.4 Оквирни садржај рада .....	- 4 -
2. ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА О МОДЕЛИМА КВАЛИТЕТА.....	- 6 -
2.1 Класификација модела квалитета .....	- 6 -
2.2 Основни модели квалитета .....	- 7 -
2.3 Модели квалитета услуга.....	- 8 -
2.4 Модели квалитета производа .....	- 11 -
2.5 Модели квалитета засновани на стандардима .....	- 13 -
2.6 Остали модели квалитета.....	- 16 -
2.7 Модели пословне изврности.....	- 19 -
2.7.1 EFQM модел пословне изврности.....	- 22 -
2.7.2 Модел EFQM 2020 .....	- 24 -
3. ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА О ПОСЛОВНИМ МОДЕЛИМА.....	- 27 -
3.1 Дефинисање и развој пословних модела.....	- 27 -
3.2 Оквири пословних модела .....	- 30 -
3.3 Компоненте пословних модела .....	- 34 -
4. ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ МЕТОДА ОДЛУЧИВАЊА .....	- 42 -
4.1 Основне дефиниције о FST.....	- 42 -
4.2 Моделирање неизвесности .....	- 46 -
4.3 Метода FАНР .....	- 47 -
4.3.1 Конвенционална АНР .....	- 47 -
4.3.2 Обрада неизвесности у FАНР помоћу методе проширене анализе .....	- 49 -
4.3.3 Обрада неизвесности у FАНР коришћењем геометријске средине .....	- 50 -
4.3.4 Метод логаритамског фази програмирања преференција.....	- 51 -
4.3.5 Компаративна анализа FАНР .....	- 53 -
4.4 Метода FBWM .....	- 58 -

4.4.1	Конвенционална метода BWM .....	58 -
4.4.2	Компаративна анализа FBWM .....	60 -
4.5	Метода FMOORA .....	64 -
4.5.1	Компаративна анализа FMOORA .....	65 -
4.6	Проблеми оптимизације.....	67 -
4.6.1	Класификација проблема оптимизације .....	68 -
4.6.2	Класе комплексности .....	70 -
4.6.3	Алгоритми за решавање $\mathcal{NP}$ проблема комбинаторне оптимизације ..	72 -
4.6.4	Целобројно линеарно програмирање .....	74 -
4.6.5	Алгоритам B&B.....	74 -
4.7	Линеарни регресиони модел.....	75 -
4.7.1	Поступак тестирања постојања вишеструког регресионог модела.....	77 -
4.7.2	Адекватност вишеструког линеарног регресионог модела.....	77 -
4.7.3	Коефицијент корелације .....	77 -
4.8	Метода ANN.....	78 -
5.	ПРЕДЛОЖЕНИ МОДЕЛИ.....	80 -
5.1	Модел за оцену квалитета.....	81 -
5.1.1	Дефинисање скупа улазних података за модел квалитета .....	82 -
5.1.2	Моделирање постојећих неизвесности у моделу квалитета .....	82 -
5.1.3	Предложена FBWM метода за одређивање тежине вектора.....	83 -
5.1.4	Одређивање тежине вектора критеријума квалитета применом FАНР .	85 -
5.1.5	Предложена FMOORA метода за рангирање предузећа .....	86 -
5.2	Модел за класификацију КПМ.....	87 -
5.2.1	Дефинисање улазних података за модел класификације КПМ .....	88 -
5.2.2	Дефинисање лингвистичких исказа .....	89 -
5.2.3	Предложени алгоритам.....	90 -
5.3	Модел за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП.....	91 -
5.3.1	Предложена процедура.....	91 -
6.	ВЕРИФИКАЦИЈА РАЗВИЈЕНИХ МОДЕЛА .....	93 -
6.1	Верификација модела квалитета .....	93 -
6.1.1	Анализа осетљивости вектора тежина критеријума квалитета одређених применом FBWM и FАНР.....	99 -
6.2	Верификација модела за класификацију КПМ.....	100 -

6.3	Верификација модела за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП.....	- 104 -
7.	ЗАКЉУЧАК.....	- 112 -
	ЛИТЕРАТУРА.....	- 115 -
	ПРИЛОГ .....	- 128 -



## Списак слика

Ознака	Назив слике
<i>Слика 2.1</i>	Основни модел квалитета
<i>Слика 2.2</i>	Модел перспектива квалитета
<i>Слика 2.3</i>	Техничко-функционални модел квалитета
<i>Слика 2.4</i>	SERVQUAL модел квалитета услуга
<i>Слика 2.5</i>	Генерички оквир модела квалитета производа
<i>Слика 2.6</i>	Модел квалитета софтверског производа
<i>Слика 2.7</i>	Димензије квалитета производа
<i>Слика 2.8</i>	Модел квалитета производа
<i>Слика 2.9</i>	Развој модела квалитета производа по стандардима
<i>Слика 2.10</i>	Модел квалитета према стандарду ISO 9001
<i>Слика 2.11</i>	PDCA циклус
<i>Слика 2.12</i>	Јуранов модел трилогије
<i>Слика 2.13</i>	Развојни пут пословне изврности
<i>Слика 2.14</i>	EFQM модел 2020
<i>Слика 3.1</i>	Хијерархијска структура управљања пословањем
<i>Слика 3.2</i>	Посредовање пословних модела
<i>Слика 3.3</i>	Оквири пословних модела са припадајућим компонентама (период од 2005 до 2010. године)
<i>Слика 3.4</i>	Оквир пословног модела RCOV
<i>Слика 3.5</i>	Платно пословног модела
<i>Слика 3.6</i>	Оквири пословних модела са припадајућим компонентама (период од 2013 до 2016. године)
<i>Слика 3.7</i>	Анализа пословних модела у литератури
<i>Слика 4.1</i>	Облик функције расподеле
<i>Слика 4.2</i>	Гранулација фази бројева
<i>Слика 4.3</i>	Домени фази бројева
<i>Слика 4.4</i>	Различити начини процена доносиоца одлука
<i>Слика 4.5</i>	Оператори агрегационе процедуре
<i>Слика 4.6</i>	Методе обраде неизвесности у FAHP
<i>Слика 4.7</i>	Гранулација
<i>Слика 4.8</i>	Домени фази бројева
<i>Слика 4.9</i>	Различити начини процена доносиоца одлука
<i>Слика 4.10</i>	Гранулација фази бројева
<i>Слика 4.11</i>	Домени фази бројева
<i>Слика 4.12</i>	Различити начини процена доносиоца одлука
<i>Слика 4.13</i>	Различите форме FMOORA
<i>Слика 4.14</i>	Класификација оптимизационих проблема према типу променљивих
<i>Слика 4.15</i>	Класификација оптимизационих проблема у зависности од ограничења
<i>Слика 4.16</i>	Класификација оптимизационих проблема у зависности од броја функција
<i>Слика 4.17</i>	Класе оптимизационих проблема
<i>Слика 4.18</i>	Класификација алгоритама за решавање оптимизационих проблема
<i>Слика 4.19</i>	Класификација оптимизационих алгоритама
<i>Слика 4.20</i>	Графички приказ мреже

<i>Слика 5.1</i>	Развијени модели у оквиру докторске дисертације
<i>Слика 5.2</i>	Фази двостепени модел за оцену квалитета
<i>Слика 5.3</i>	Модел за алокацију компоненти пословних модела у групе пословних модела
<i>Слика 6.1</i>	Оријентисаност пословних модела предузећа која послују на територији републике Србије
<i>Слика 6.2</i>	Вредности индикатора перформанси жалбе купаца
<i>Слика 6.3</i>	Вредности индикатора перформанси трошкови лошег квалитета
<i>Слика 6.4</i>	Вредности индикатора перформанси време затварања неусаглашености

## Списак табела

Ознака	Назив табеле
<i>Табела 2.1</i>	Принципи менаџмента према Deming-у, Juran-у, Ishikaw-и и Crosby-ју
<i>Табела 2.2</i>	Критеријуми транснационалних модела пословне изврсности
<i>Табела 2.3</i>	Број понављања критеријума квалитета
<i>Табела 2.4</i>	Еволуција EFQM модела пословне изврсности
<i>Табела 2.5</i>	Критеријуми EFQM модела из 2020. године
<i>Табела 3.1</i>	Класификоване компоненте пословних модела
<i>Табела 3.2</i>	Компоненте општег и е-модела пословања
<i>Табела 3.3</i>	Компоненте пословних модела према њиховим дефиницијама
<i>Табела 3.4</i>	Компоненте пословних модела према њиховим дефиницијама
<i>Табела 3.5</i>	Компоненте пословних модела према њиховим дефиницијама
<i>Табела 3.6</i>	Систематизација компоненти пословних модела
<i>Табела 4.1</i>	Вредности променљиве R.I. у зависности од димензије матрице парова упоређења
<i>Табела 4.2</i>	Преглед литературе за FANP
<i>Табела 4.3</i>	Индекс конзистентности
<i>Табела 4.4</i>	Преглед литературе за FBWM
<i>Табела 4.5</i>	Преглед литературе за FMOORA
<i>Табела 5.1</i>	Компоненте пословних модела са предложеним индексима
<i>Табела 6.1</i>	Фази матрица одлучивања
<i>Табела 6.2</i>	. Отежана матрица одлучивања и референтне тачке
<i>Табела 6.3</i>	Ранг предузећа заснован на референтној тачки
<i>Табела 6.4</i>	Варијансе и растојања између КПМ на нивоу разматраних група КПМ
<i>Табела 6.5</i>	Класификација КПМ у групе КПМ
<i>Табела 6.6</i>	Процењене вредности индикатора перформанси жалбе купаца на нивоу сваког предузећа за посматрани период
<i>Табела 6.7</i>	Процењене вредности индикатора перформанси трошкови лошег квалитета на нивоу сваког предузећа за посматрани период
<i>Табела 6.8</i>	Процењене вредности индикатора перформанси правовремено затварање неусаглашености на нивоу сваког предузећа за посматрани период
<i>Табела 6.9</i>	Процењене вредности улазних података у моделу интеграције
<i>Табела 6.10</i>	Вишеструка линеарна регресиона зависност
<i>Табела 6.11</i>	Адекватност вишеструке линеарне регресионе зависности
<i>Табела 6.12</i>	Статистика одлучивања
<i>Табела 6.13</i>	Парцијални коефицијенти за индикатор жалбе купаца
<i>Табела 6.14</i>	Парцијални коефицијенти за индикатор трошкови лошег квалитета
<i>Табела 6.15</i>	Парцијални коефицијенти за индикатор време затварања неусаглашености

## Списак скраћеница

Скраћеница	Значење
AHP	енг. Analytic Hierarchy Process
ANN	енг. Artificial Neural Networks
B&B	енг. Branch and Bound
BEA	енг. Business Excellence Award
BKP	енг. Bounded Knapsack Problem
BO	енг. Best to others
BWM	енг. Best-Worst Method
CI	енг. Consistency Index
CR	енг. Consistency Ratio
EFQM	енг. European Foundation for Quality Management
EQA	енг. European Quality Award
E-S-QUAL	енг. Electronic Service Quality
FAHP	енг. Fuzzy Analytic Hierarchy Process
FBWM	енг. Fuzzy Best Worst
FLP	енг. Fuzzy Linear Programming
FMOORA	енг. Fuzzy Multi-Objective Optimization Ratio Analysis Method
FOWA	енг. Fuzzy Ordered Weighted Averaging
FQCE	енг. Fund for Quality Culture and Excellence
GMIR	енг. The Graded Mean Integration Representation
ILP	енг. Integer Linear Programming
ISO	енг. International Organization for Standardization
JUSE	енг. Japan Union Sciences and Engineers
KP	енг. Knapsack Problem
LP	енг. Linear Programming
MADM	енг. Multi-Attribute Decision Making
MBNQA	енг. Malcolm Baldrige National Quality Award
MOORA	енг. Multi-Objective Optimization Ratio Analysis Method
PDCA	енг. Plan Do Check Act
PDSA	енг. Plan Do Study Act
RCOV	енг. Resources and Competences, Organization structure and Value proposition
RI	енг. Random Index
SERVQUAL	енг. Service Quality
TFN	енг. Triangular Fuzzy Numbers
TQM	енг. Total Quality Management

<b>Скраћеница</b>	<b>Значење</b>
TrFN	<i>енг. Trapezoidal Fuzzy Numbers</i>
UKP	<i>енг. Unbounded Knapsack Problem</i>
WO	<i>енг. Worst to others</i>
КПМ	<i>Компоненте пословних модела</i>
МСП	<i>Мала и средња предузећа</i>

# 1. УВОД

Један од најважнијих проблема на свим нивоима менаџмента је унапређење пословања предузећа. У теорији и пракси, решење овог проблема може да се реализује кроз примену низа кључних стратегија које доприносе постизању успешности. Анализа и планирање, као почетни корак, омогућавају идентификацију слабости, прилика за побољшање и постављање циљева за даљи развој. Фокусирање на квалитет производа, услуга и корисничког искуства, иновација у процесима и технологијама, као и стављање купаца у средиште пословања, играју кључне улоге у одржавању конкурентске предности и остваривању лојалности. Инвестирање у запослене и оптимизација пословних процеса омогућавају ефикасност и повећање продуктивности. Диверсификација портфолија производа или услуга, одрживост и друштвена одговорност, као и партнерства са другим предузећима, доприносе ширем утицају на тржишту. Праћење кључних индикатора перформанси омогућава континуирану евалуацију резултата, док су адаптација и флексибилност неопходни у суочавању с променама на тржишту. Имплементација ових стратегија уједно представља динамичан процес којим се остварују жељени пословни циљеви.

Свако предузеће представља реалан систем, који се састоји од мреже сложених пословних процеса, релација које постоје између њих, и релација са спољним окружењем. У циљу унапређења пословања, менаџери и истраживачи често примењују моделе у својим анализама на основу којих доносе одлуке.

У оквиру ове докторске дисертације, унапређење пословања се посматрало са два аспекта: 1) модела квалитета, који се односе на аспекте унапређења производа или услуга, процеса производње и општег корисничког искуства, и, 2) пословних модела, који описују структуре и механизме који омогућавају стварање и испоруку вредности за купце, партнере и друге заинтересоване стране. Примена ових модела помаже у идентификацији слабости и препорукама за боље пословање и стварање одрживе конкурентске предности на тржишту.

Модел квалитета, посебно модели пословне изврности, играју кључну улогу у унапређењу пословања предузећа. Ови модели пружају свеобухватан и систематичан оквир за управљање пословним процесима, усмеравајући предузеће ка постизању врхунских перформанси и дугорочне конкурентске предности. Кроз примену ових модела, организације идентификују кључне области за унапређење, усклађују своје циљеве и стратегије, и оснажују тимски рад и ангажованост запослених. Модели пословне изврности такође подстичу иновације, креативност и прилагодљивост, што предузећима омогућава да се боље прилагоде променама на тржишту. Кроз усвајање и имплементацију ових модела, организације стварају одрживу културу квалитета, што резултира повећањем задовољства клијената, смањењем трошкова, повећањем продуктивности и остваривањем дугорочног успеха у пословању.

Пословни модели имају кључан утицај на унапређење пословања, пружајући основни оквир за обликовање стратегија стварања и испоруке вредности у оквиру пословних активности. Пословни модели имају способност подстицања иновација и диференцијације организација на тржишту, што резултира стварањем нових вредности за купце и конкурентске предности. Кроз стварање стратегије одрживе

профитабилности и јасног фокуса на задовољење потреба купаца, пословни модели служе као кључни механизми за унапређење пословања, обезбеђујући основу за успех, профитабилност и остварење пословних циљева.

Праћење перформанси квалитета има кључан значај у савременом пословном окружењу. Овај процес омогућава предузећима систематично прикупљање, анализу и тумачење података о квалитету производа, услуга и пословних процеса. Кроз континуирано праћење квалитета, организације могу идентификовати потенцијалне недостатке, неусаглашености и области за побољшање. На тај начин, правовремено препознајући изазове, организације могу предузети одговарајуће корективне мере пре него што проблеми постану озбиљни и негативно утичу на задовољство клијената и репутацију. Праћење перформанси квалитета такође помаже у идентификацији најбољих пракси и успешних стратегија, што организацијама омогућава да одрже конкурентске предности на тржишту. Кроз усредсређеност на континуирано побољшање, организације остварују ефикасније пословне процесе, смањујући губитке и непотребне трошкове. Као резултат тога, праћење перформанси квалитета постаје основа за постизање дугорочне пословне изврности, унапређење корисничког искуства и стварање позитивних дугорочних односа са клијентима и осталим заинтересованим странама.

Усклађивање пословног модела са моделом квалитета побољшава културу квалитета у предузећу и кроз повећање ефикасности и ефективности процеса доприноси унапређењу пословања предузећа.

## **1.1 Предмет и циљ истраживања**

Предмет истраживања је проистекао из потребе прожимања два, до сада одвојена правца истраживања и то:

- Развоја модела квалитета који се првобитно заснивао на дефинисању модела усмерених на оцену квалитета производа или услуга. Затим су уследили модели квалитета засновани на међународним стандардима и модели изврности који су били инспирисани принципима водећих стручњака из области квалитета.
- Развоја пословних модела где долази до преплитања фаза дефинисања пословних модела, набрајања КПМ и креирања оквира пословних модела.

Предмет истраживања у овој докторској дисертацији обухвата:

- 1) дефинисање модела за оцену квалитета предузећа који представља комбинацију модела пословне изврности и више-атрибутивних метода одлучивања проширених са теоријом фази скупова,
- 2) систематизацију и класификацију КПМ применом метода хеуристике, и
- 3) оцену утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП.

Основни циљ ове докторске дисертације представља развој модела за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП која егзистирају на територији Републике Србије.

Циљ истраживања у оквиру ове докторске дисертације се може раздвојити на:

- Проширење модела пословне изврности EFQM са теоријом фази скупова
- Одређивање тежине критеријума квалитета применом FАHP и FBWM
- Рангирање предузећа применом FMOORA
- Идентификацију и систематизацију КППМ-а који су дефинисани у релевантној литератури
- Примену оператора фази аритметичке средине чиме је одређена припадност КППМ-а свакој групи КППМ-а
- Примену методе гранања и ограничавања за класификацију КППМ-а свакој групи КППМ-а
- Утврђивање индикатора перформанси квалитета које имају највећи утицај на предузећа из производног сектора
- Примену регресионе и корелационе анализе за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе квалитета МСП
- Примену вештачких неуронских мрежа за одређивање оптималног нивоа унапређења вредности критеријума квалитета и нивоа препознавања КППМ за постизање најбољих вредности индикатора перформанси квалитета
- Тестирање предложених модела на подацима који су добијени из производних МСП која егзистирају у Републици Србији.

Реализација свих наведених парцијалних циљева омогућава реализацију постављеног основног циља ове докторске дисертације.

## 1.2 Основне хипотезе

На основу анализе литературе и увида у постојеће моделе квалитета и пословне моделе могу се поставити следеће хипотезе:

- Хипотеза 1:* Нивои квалитета и пословне изврности укључују различите факторе, методе за оцењивање и стога су њихове вредности различите;
- Хипотеза 2:* Нивои квалитета у пракси и нивои пословне зрелости се значајно разликују;
- Хипотеза 3:* Пословни модели у пракси не укључују у довољној мери оријентисаност пословних процеса ка корисницима, уз респектовање неизвесности и брзих промена;
- Хипотеза 4:* Могуће је интегрисати модел квалитета и пословни модел на основу процеса оријентисаних ка кориснику;
- Хипотеза 5:* Применом статистичких метода, метода заснованих на фази приступу и оптимизацији (ANN), могу се утврдити кључни фактори успеха и кључни индикатори перформанси;
- Хипотеза 6:* Могуће је утврдити оптималну комбинацију фактора у интегрисаном моделу и максималан ниво унапређења за дате почетне услове.



*Хипотеза 7:* Највећи утицај на пословање МСП имају перформансе пословних процеса.

Треба нагласити да је уместо термина фактор у докторској дисертацији коришћен термин критеријум. Термин критеријум се користи у моделу пословне изврности EFQM стога се сматра да је оправдано коришћење термина критеријум.

### **1.3 Методе истраживања**

Истраживање ће се реализовати у складу са савременим достигнућима научно - истраживачког рада, а уз примену следећих метода, техника и алата:

- Компаративна анализа литературе о моделима квалитета и пословних модела,
- Техника анкетања помоћу е-упитника,
- Теорија фази скупова која је коришћена за моделовање неизвесних и непрецизних података који егзистирају у разматраном проблему,
- FАHP и FBWM за одређивање вектора тежина критеријума у моделу квалитета,
- FMOORA за рангирање предузећа респектујући тежине критеријума квалитета као и њихове вредности,
- Методу гранања и ограничавања за класификацију КППМ,
- Статистичке методе (регресиона и корелациона анализа) за одређивање зависности перформанси квалитета од усаглашености модела квалитета и пословног модела,
- Метода ANN за симулацију и предикцију утицаја релевантних фактора у моделу на перформансе малих и средњих предузећа.

### **1.4 Оквирни садржај рада**

Реализација ове докторске дисертације структурирана је у осам поглавља:

**1. Увод** – У оквиру првог поглавља, превасходно су дефинисани предмет и циљ истраживања. Након тога представљене су основне хипотезе и методе истраживања. На крају поглавља дат је оквирни садржај докторске дисертације.

**2. Теоријска разматрања о моделима квалитета** – У оквиру другог поглавља дата је класификација и анализа модела квалитета који се могу наћи у релевантној литератури. Посебна пажња усмерена је на моделе квалитета који се најчешће користе у пракси као што је EFQM модел пословне изврности

**3. Теоријска разматрања о пословним моделима** – У оквиру трећег поглавља су дефинисани и разграничени термини пословног модела и оквира пословног модела. Представљени су оквири пословних модела који имају највећу практичну применљивост. Осим тога објашњен је појам компоненти пословних модела и дат је преглед великог броја радова у којима су анализиране многобројне компоненте пословних модела. У оквиру овог поглавља извршена је систематизација компоненти пословних модела које се могу наћи у разматраној литератури.

**4. Преглед коришћених метода одлучивања** – У четвртом поглављу описан је: (а) поступак моделирања неизвесности и (б) неке методе више-атрибутивне оптимизације које су коришћене у дисертацији, (в) метод гранања и ограничења, (г) методе регресионе и корелационе анализе и (д) метода вештачких неуронских мрежа. Моделирање неизвесних и непрецизних података који су описани лингвистичким променљивама је засновано на примени теорије фази скупова. Коришћени су троугласти фази бројеви (*енг. Triangular Fuzzy Number-TFNs*) који на довољно добар начин квантитативно описују лингвистичке термине. Са друге стране, коришћење ових бројева не захтева сложена математичка израчунавања. Стога, у литератури велики број аутора сугерише коришћење TFNs за квантитативно представљање лингвистичких термина. Тежине критеријума у EFQM моделу су одређене применом FАНР и FBWM које су предложене у овом докторском раду. Извршена је анализа осетљивости решења. Проблем рангирања је решен на егзактан начин применом FMOORA који је предложен у овом раду. Такође, приказана је компаративна анализа предложених FMADM метода које су коришћене у овој докторској дисертацији и истих метода које могу да се нађу у релевантној литератури. Класификација КПМ у групе КПМ је извршена на егзактан начин применом методе гранања и ограничавања. Применом регресионе и корелационе анализе испитан је утицај модела квалитета и пословног модела на вредности најзначајнијих индикатора перформанси квалитета за мала и средња производна предузећа. Применом вештачких неуронских мрежа одређена је оптимална вредност побољшања нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ у циљу побољшања вредности индикатора перформанси квалитета.

**5. Предложени модели** – У оквиру овог поглавља приказани су развијени модели: (а) модел за оцену квалитета и рангирање предузећа, (б) модел за класификацију компоненти и (в) модел за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе квалитета. Оцена квалитета и рангирање предузећа заснована је на предложеном моделу који интегрише модел пословне извршености EFQM и више атрибутивне методе одлучивања које су проширене са теоријом фази скупова. Критеријуми према којима се оцењује квалитет предузећа су преузети из модела пословне извршености EFQM. Тежине критеријума су одређене применом FАНР и FBWM. Извршена је анализа осетљивости добијених решења. Модел класификације КПМ у групе КПМ се састоји из два дела. У првом делу је процена припадности КПМ-а свакој групи КПМ постављен као задатак фази групног одлучивања. У другом делу је применом методе гранања и ограничавања извршена класификација идентификованих КПМ-а у сваку групу КПМ-а. У трећем моделу је помоћу регресионе и корелационе анализе одређен утицај усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе квалитета.

**6. Верификација предложених модела** – У шестом поглављу је извршена верификација предложених модела на подацима који су добијени из малих и средњих производних предузећа која послују у Републици Србији.

**7. Закључак** – У седмом поглављу су дата закључна разматрања о предложеним моделима као и теоријски и практични доприноси ове докторске дисертације.

**Литература** – Списак коришћених литературних извора дат је у посебном поглављу. Коришћени литературни извори су сортирани и представљени абecedним редом.

**Прилози** – У Прилогу су дати резултати симулације добијени применом вештачких неуронских мрежа.

# 2. ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА О МОДЕЛИМА КВАЛИТЕТА

Модели квалитета представљају оквире који дефинишу смернице, принципе, процесе и праксе у циљу постизања и одржавања квалитета у различитим индустријама различитим географским подручјима. Модели квалитета су дизајнирани да пруже структурну подршку управљању кроз смернице за успостављање циљева квалитета, процену резултата пословања и идентификацију подручја за побољшање. У оквиру овог поглавља дата су основна разматрања о моделима квалитета и њихова класификација. На основу својих карактеристика најпознатији модели квалитета су сврстани у одговарајуће групе. У циљу бољег прегледа литературе ово поглавље је подељено у седам потпоглавља: 1) подела модела квалитета, 2) основни модели квалитета, 3) модели квалитета услуга, 4) модели квалитета производа, 5) модели квалитета засновани на стандардима, 6) остали модели квалитета и 7) модели пословне изврности.

## 2.1 Класификација модела квалитета

Организација, односно предузеће које послује или планира пословање у данашњим условима који се одликују неизвесношћу на тржишној сцени мора бити усредсређено на квалитет уз промовисање културе која резултује понашањем, ставовима, активностима и процесима који пружају вредност кроз испуњавање потреба и очекивања корисника и других релевантних заинтересованих страна (ISO 9000:2015).

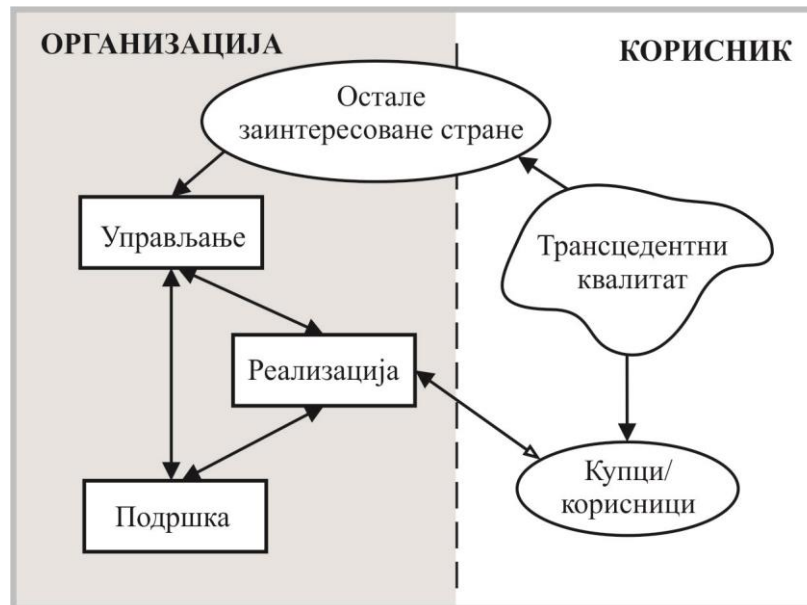
У области квалитета у последњем веку дошло је до значајних промена које су изазване убрзаним развојем друштвене свести и технологија. Истраживања базирана на приступима и пракси модела квалитета су еволуирала од инспекције до контроле квалитета, менаџмента квалитетом и пословне изврности (Fonseca, Amaral и Oliveira, 2021). Развијен је велики број модела квалитета како би се осигурало побољшање квалитета процеса организације. Генерички модели представљају најбројнију групу модела. Потреба за генеричким моделима је изражена у свим областима науке јер израда генеричког модела, захтева идентификацију основних захтева генеричког описа и успостављање одговарајућег оквира који ће пружити потребну флексибилност. Из угла квалитета под генеричким моделима се подразумевају (Murray-Smith, 2012):

- 1) основни модели квалитета,
- 2) модели квалитета услуга,
- 3) модели квалитета производа
- 4) модели квалитета засновани на стандардима,
- 5) остали модели квалитета и
- 6) модели пословне изврности.

У даљем тексту ове докторске дисертације приказани су неки од најпознатијих модела квалитета.

## 2.2 Основни модели квалитета

Основни модели квалитета теже ка графичком описивању управљања квалитетом. Ови модели произилазе из потреба организација да управљају процесима како би задовољили захтеве заинтересованих страна (слика 2.1). Захтеви заинтересованих страна једног предузећа се у основи разликују и под квалитетом подразумевају задовољење различитих потреба, односно захтева.



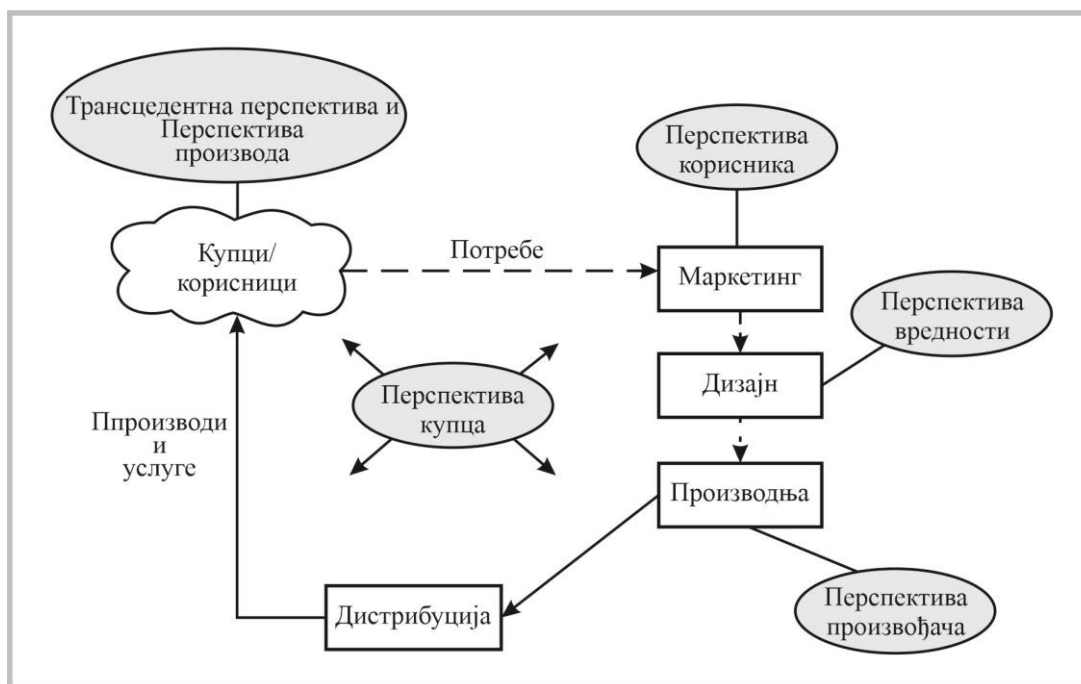
Слика 2.1 Основни модел квалитета (Smith, 1993)

Основни модел квалитета који је окренут ка кључном кориснику мора да укључи:

- 1) трансцедентни квалитет,
- 2) квалитет производа/услуге,
- 3) квалитет базиран на производњи, и
- 4) квалитет базиран на вредности (Smith, 1993).

Кроз основни модел квалитета се прожима концепт квалитета по коме се врши поређење карактеристика очекиваних производа/услуга и карактеристика производа/услуга. Дефинисање квалитета кроз мерење карактеристика производа /услуге може се посматрати као покушај операционализације захтева корисника. Овакав приступ преошћује јаз између захтева купаца и спецификације производа. Битно је нагласити да „атрибути“ као појам у квалитету добијају са *Ishikawa*-ом 1990 године назив „карактеристике квалитета“, са *Garvin*-ом назив „димензије квалитета“ док у области информационо-комуникационих технологија тј. у моделима квалитета софтверских производа и услуга задржавају свој првобитан облик (Smith, 1993).

На основу претходног модела настао је модел перспектива квалитета приказан на слици 2.2. Модел перспектива квалитета се заснива на претпоставци да појединци на различитим пословним функцијама (дизајнер, произвођач, добављач услуга, дистрибутер, купац/корисник) имају различиту перспективу о квалитету (Evans и Lindsay, 2019).



**Слика 2.2** Модел перспектива квалитета (Evans и Lindsay, 2019)

Посматрајући ланац вредности можемо приметити да су различите перспективе укључене на различитим нивоима ланца. Премиса је да овако рапоређене перспективе у моделу доприносе највећем задовољењу очекивања купца, односно корисника. Испрекидане линије на слици представљају ток информација док пуне линије представљају ток производа, односно услуге. У овако приказаном моделу, перспектива купца пружа основу за координацију целог ланца вредности у једној организацији.

### 2.3 Модели квалитета услуга

Квалитет производа и услуга укључује не само њихове предвиђене функције и перформансе, већ и њихову доживљену вредност и корист за корисника (ISO 9000:2015). Како се сектор услуга изузетно брзо развијао током последњих 50 година он данас представља више од 70% друштвеног бруто производа развијених земаља. Квалитет услуга обухвата: (1) основне услуге и (2) пратеће услуге које дају додатну вредност основним услугама. Будући да не постоји општеприхваћена дефиниција квалитета услуга, практиканти и аутори из ове области су развили током година велики број модела за квалитет услуга.

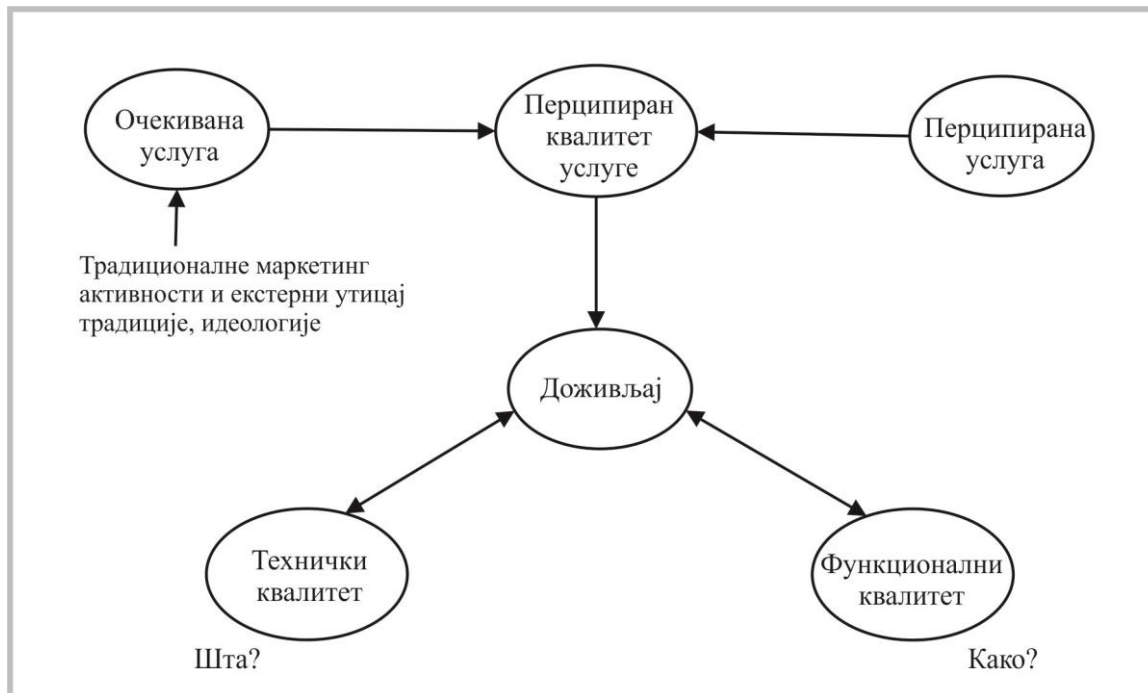
У моделима квалитета услуга доминантну улогу има корисник. Остваривање квалитета услуге може се оценити на основу:

- трошкова квалитета услуга,
- статистичке контроле процеса и
- гаранција услуге, чиме се обезбеђује лојалност и задовољство корисника.

Велики број модела квалитета услуга базира се на оцењивању квалитета услуга упоређујући очекивани квалитет са доживљеним квалитетом те не постоји општеприхваћена концептуална дефиниција квалитета услуга као а ни модела (Seth и остали, 2005).

Анализирајући релевантну литературу Seth и остали (2005) су идентификовали 19 модела квалитета услуга. Анализом референтне литературе аутори Prakash и Mohanty (2013) су идентификовали 34 модела квалитета услуга и дали детаљну упоредну анализу. У даљем тексту ове докторске дисертације биће поменути неки од најпознатијих модела квалитета услуга.

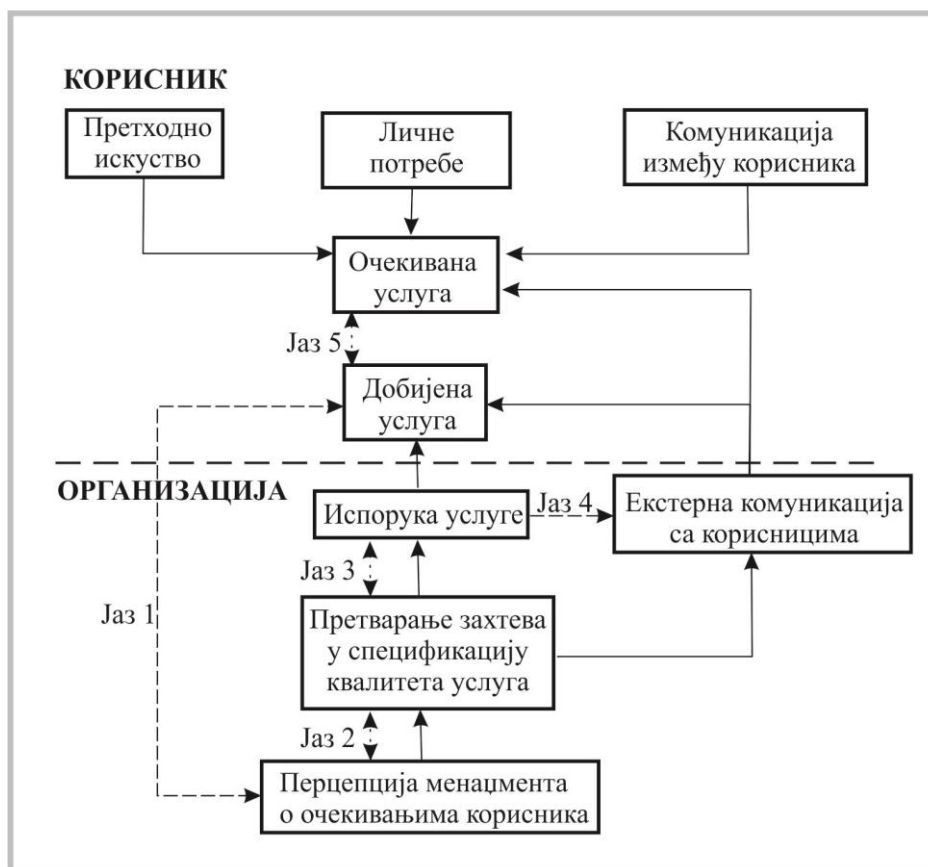
Техничко-функционални модел квалитета, приказан на слици 2.3, је један од првих модела квалитета услуга. Овај модел заснован је на техничким и функционалним карактеристикама и састоји се од три компоненте квалитета услуга, и то: (1) технички квалитет, (2) функционални квалитет; и (3) доживљени квалитет (Grönroos, 1984).



Слика 2.3 Техничко-функционални модел квалитета (Grönroos, 1984)

Техничко-функционални модел квалитета модел тежи ка томе да организацији, односно топ менаџменту приближи кориснички доживљај квалитета будући да се његовим управљањем постиже задовољство корисника. Менаџмент корисничким доживљајем квалитета треба да води ка постизању већег задовољства корисника кроз поклапање очекиване услуге (*енг. expected service*) и пружене, односно доживљене услуге (*енг. perceived service*).

Најпознатији модел квалитета услуга SERVQUAL (*енг. Service Quality*), аутора Parasuraman и остали (1985; 1988), приказан је на слици 2.4. Овај модел квалитета услуга је развијен за потребе мерења перцепције купаца о квалитету услуга. Овај модел се такође назива и „модел јаза“. Јаз између доживљеног (перципираног) квалитета од стране организације и очекиваног квалитета од стране корисника односно купца одређује ниво квалитета услуга. Parasuraman и остали (1985) су дефинисали квалитет услуга као перцепцију карактеристика квалитета услужних предузећа, која се базира на: (1) поређењу перформанси услуге које је конкретна организација испоручила кориснику, (2) генералних очекивања корисника која постоје за све организације у датој делатности.



Слика 2.4 SERVQUAL модел квалитета услуга (Parasuraman и остали, 1985)

SERVQUAL модел услужна предузећа користе како би на основу њега лакше разумела очекивања и перцепције својих потрошача. Основа SERVQUAL модела је добијена је из резултата интервјуа извршног особља и фокус група и сумира природу и одреднице квалитета услуга онако како их перципирају корисници. Према овом моделу детерминанте квалитета услуга су: (1) поузданост, (2) одговорност, (3) сигурност, (4) емпатија и (5) физичке карактеристике.

На основу SERVQUAL модела квалитета услуга аутори Parasuraman и остали (2005) су након 20 година развили нов модел E-S-QUAL (енг. *Electronic Service Quality*). Овај модел представља алат за мерење квалитета услуга који се користи у контексту електронског пословања (е-пословања). Развијен је како би се проценила перцепција корисника о квалитету услуга пружених путем интернета. Овај модел се темељи на SERVQUAL моделу. Модел E-S-QUAL идентификује пет кључних димензија квалитета услуга у е-пословању: (1) Приступачност, (2) Сигурност, (3) Компетентност, (4) Поузданост и (5) Прилагодљивост. Коришћењем ових димензија, модел E-S-QUAL омогућава организацијама да процене перцепцију корисника о квалитету њихових електронских услуга и идентификују подручја у којима је потребно побољшање.

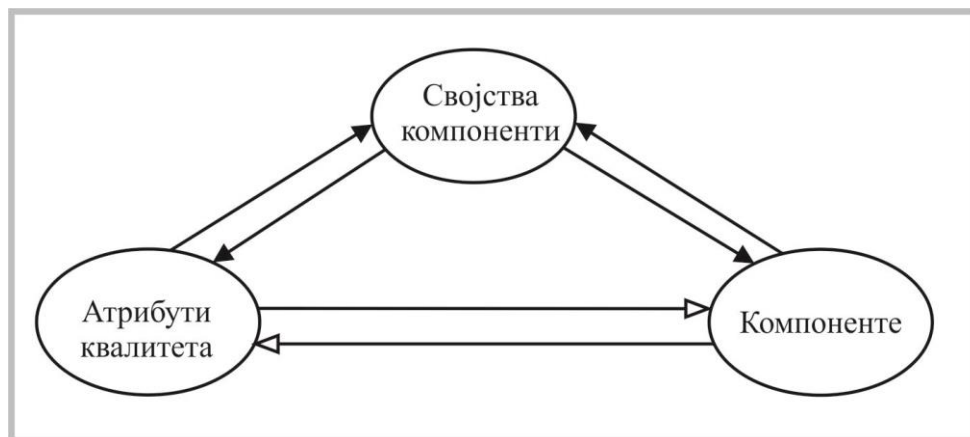
Ladhari (2009) истиче да је главни допринос модела SERVQUAL и E-S-QUAL у начину посматрања јаз (енг. *Gap*). Основа ових модела је укупан збир јазова односно одступања од критеријума задатих овим моделом. Јаз 1: налази се између перцепције менаџмента о очекивањима корисника. Овај јаз се превазилази успостављањем комуникације са корисницима односно мерењем задовољства корисника, решавањем жалби и сл. Јаз 2: се јавља између перцепције менаџмента и спецификација квалитета услуга. Узрок другог јаз је углавном: неадекватна посвећеност квалитету услуге,

недостатак перцепције изводљивости, неадекватна стандардизација пословних задатака и одсуство постављања циљева. Јаз 3: појављује се између спецификације квалитета услуге и испоруке услуге. Назива се још и јаз перформанси услуга. Јаз 4: се јавља између пружене услуге и екстерне комуникације са корисницима. Јаз 5: се добија збиром свих претходних и представља разлику између очекиваних и добијених услуга.

Многи аутори су су на основу димензија квалитета услуга предложених од стране Parasuraman и остали (2005) предложили моделе за специфичне секторе: процесни модел квалитета услуга (Boulding и остали, 1993), интернет банкарство (Raza и остали, 2020), хотелијерство (Nunkoo и остали, 2020), високо образовање (Demir и остали, 2021).

## 2.4 Модели квалитета производа

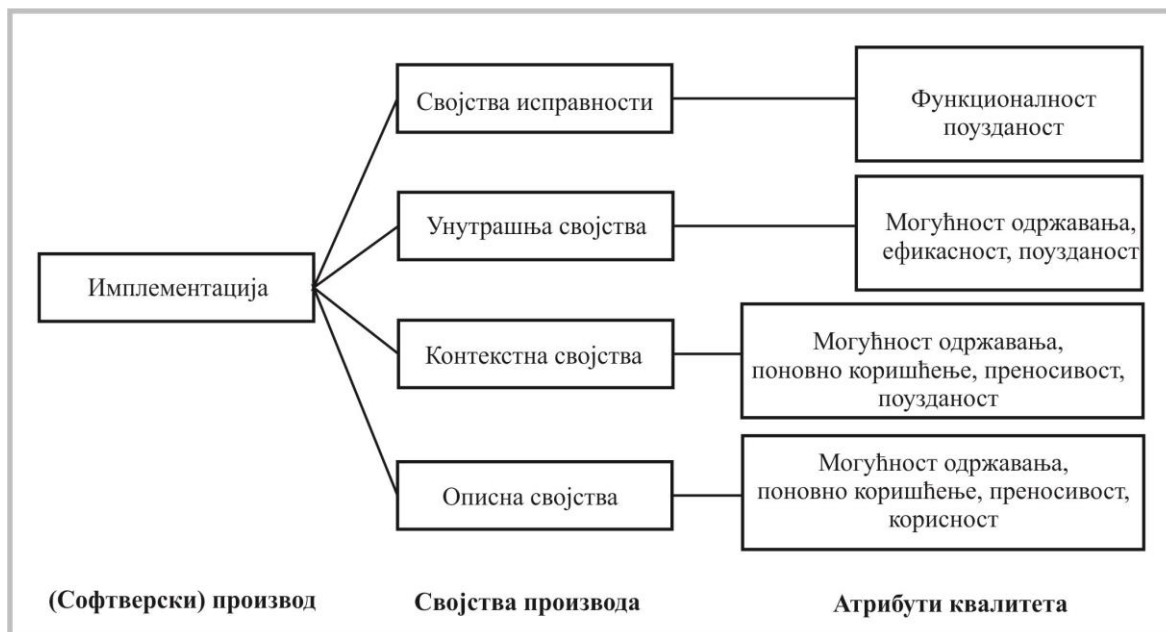
Један од првих модела квалитета производа је *Dromeуе*-ев модел који је развијен на основама генеричког оквира за изградњу модела квалитета. Генерички оквир овог модела квалитета производа је приказан на слици 2.5. Овакав оквир представља алат за уградњу квалитета у производ и посматрају се само јаке везе које су на слици представљене црним стрелицама (Dromeу, 1995). За сваку компоненту је могуће идентификовати својства и на које атрибуте високог квалитета сваки од својстава има утицај.



Слика 2.5 Генерички оквир модела квалитета производа (Dromeу, 1995)

Из Генеричког оквира модела квалитета производа, исте године развијен је модел квалитета софтверског производа који је настао након повезивања својстава производа са атрибутима (слика 2.6). Модел квалитета софтверског производа се разликује од генеричког оквира модела квалитета производа јер пружа могућност мерења најнижих карактеристика производа. Овај модел укључује неколико критеријума за процену квалитета софтвера: (1) Функционалност, (2) Поузданост, (3) Учинковитост, (4) Употребљивост, (5) Одрживост и (6) Преносивост односно доступност. Овај модел пружа оквир за оцену квалитета софтверског производа, а организације могу користити ове критеријуме како би идентификовале недостатке и подручја за побољшање.

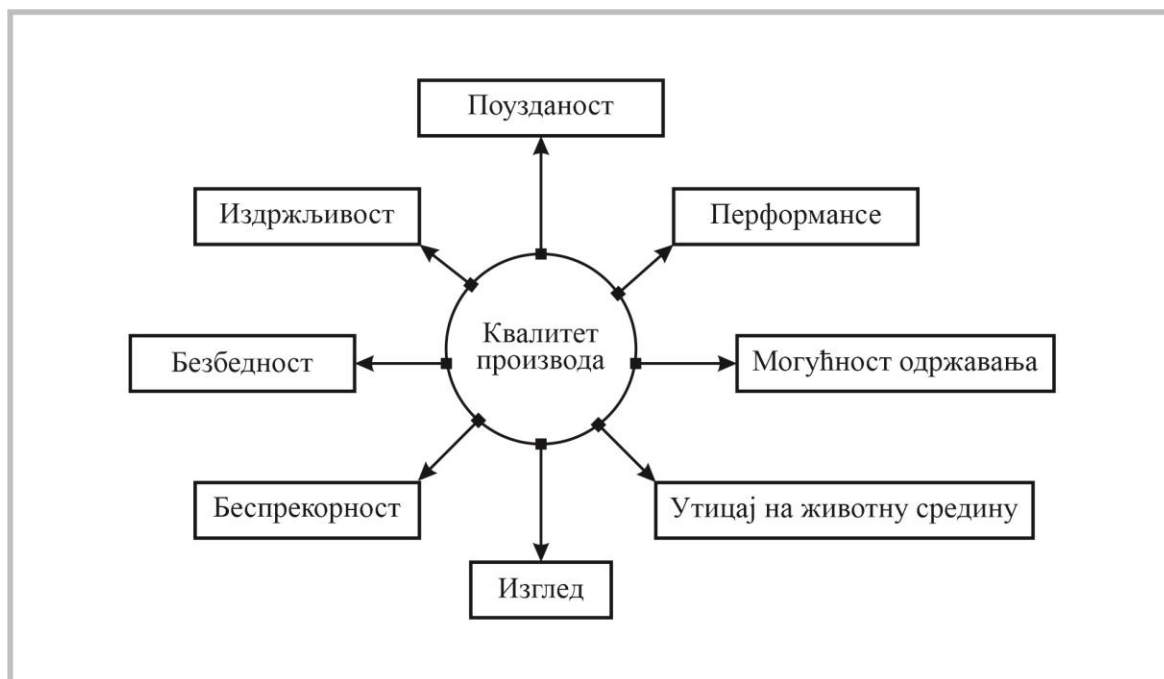




Слика 2.6 Модел квалитета софтверског производа (Dromey, 1995)

На основу генеричког модела квалитета настао је стандардизовани модел квалитета производа ISO/IEC 9126 који је приказан у поглављу 2.5 ове докторске дисертације..

Bergman и Klefsjö, 2010 су развили модел квалитета производа који се састоји из 8 димензија (слика 2.7). Свака од димензија је детаљно објашњена и представља критеријуме за постизање максималног квалитета производа.



Слика 2.7 Димензије квалитета производа (Bergman и Klefsjö, 2010)

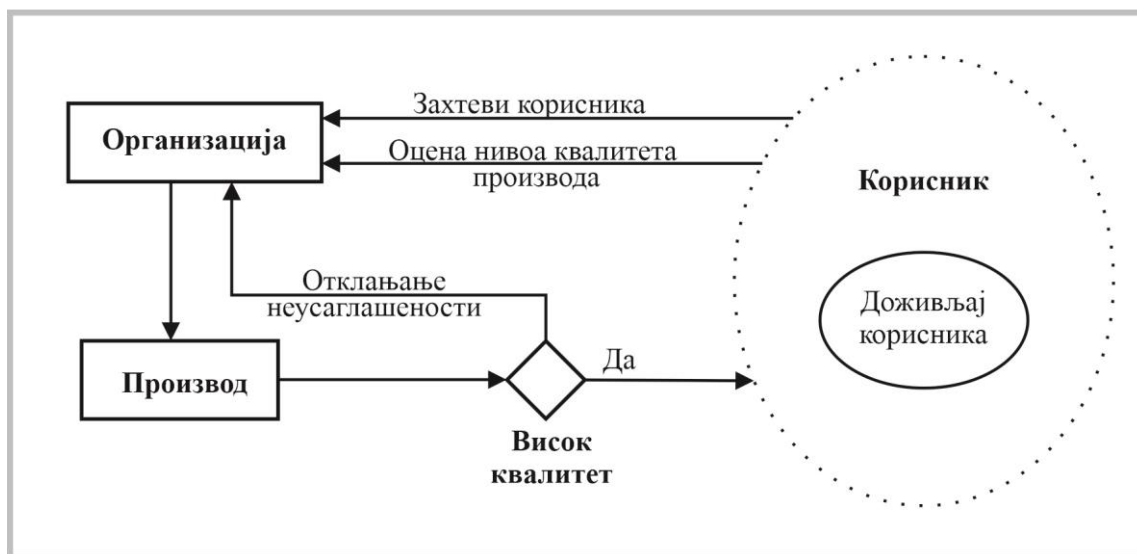
Модел димензија квалитета производа се заснива на учењима гуруа квалитета чији ће доприноси детаљније бити приказани у наставку ове докторске дисертације.

## 2.5 Модели квалитета засновани на стандардима

Посматрајући претходно наведене генеричке моделе квалитета долази се до закључка да ниједан од предложених модела за квалитет није широко прихваћен у пракси. Sott и остали (2021) истичу да се веома мали број генеричких модела квалитета тренутно користи и предлажу дефинисање, усаглашавање и стандардизацију модела квалитета у пракси.

Модели квалитета засновани на стандардима могу се сврстати како у генеричке моделе тако и у референтне моделе будући да су сами стандарди настали на темељима „добре праксе“ као резултат сарадње истраживача и практиканата из области. Стандарди се састоје из одређених захтева чије је испуњење неопходно ради успостављања и одржавања система менаџмента квалитетом. Битно је напоменути да се ови захтеви редовно ревидирају у складу са променама у окружењу, новим сазнањима из области, напретком технологија итд., и настају нове верзије стандарда.

Како се захтеви корисника стало мењају, због повећане конкуренције и напретка технологија, организације су принуђене да стално побољшавају своје производе и процесе; из ове потребе су настали бројни модели квалитета производа. На слици 2.8 је приказан уопштени модел квалитета производа настао на темељима стандарда ISO 9000 (ISO 9000:2000).



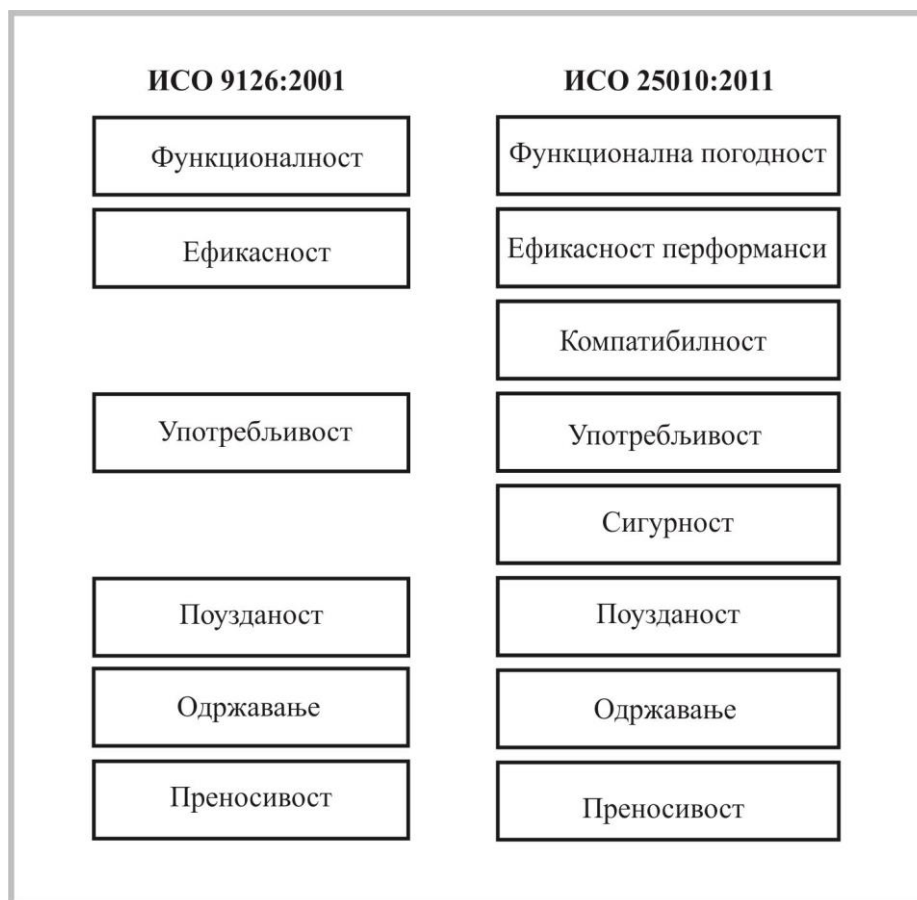
Слика 2.8 Модел квалитета производа (ISO 9000:2000)

Модели квалитета производа се заснивају на испуњености карактеристика квалитета по: (1) квантитету и (2) врстама карактеристика. По испуњености карактеристике квалитета „квантитет“, виши ниво квалитета производа остварује се ако карактеристика производа има већу вредност односно у неким случајевима мању вредност. Ове карактеристике су најјасније видљиве код примера аутомобила: већа вредност карактеристике попут веће брзине аутомобила и мања вредност попут мање потрошње горива.

Како је област испитивања квалитета производа за разлику од квалитета услуга прилично хетерогена тако наилазимо на велики број стандарда који су развили моделе квалитета производа. Највећи број модела квалитета производа се односи на софтверске производе.

Почетком 1990-их година, у софтверском инжењерству се покушало са консолидацијом многих аспеката квалитета у један модел који би деловао као стандард на светском нивоу за мерење квалитета софтвера и резултат је био ISO 9126, хијерархијски модел са шест главних атрибута (карактеристика) који доприносе квалитету. Овај стандард се у следећој верзији из 2011. године појавио као ISO 25010 и за разлику од своје претходне верзије из 1991. године се заснива на осам главних атрибута (карактеристика) квалитета софтверског производа (слика 2.9).

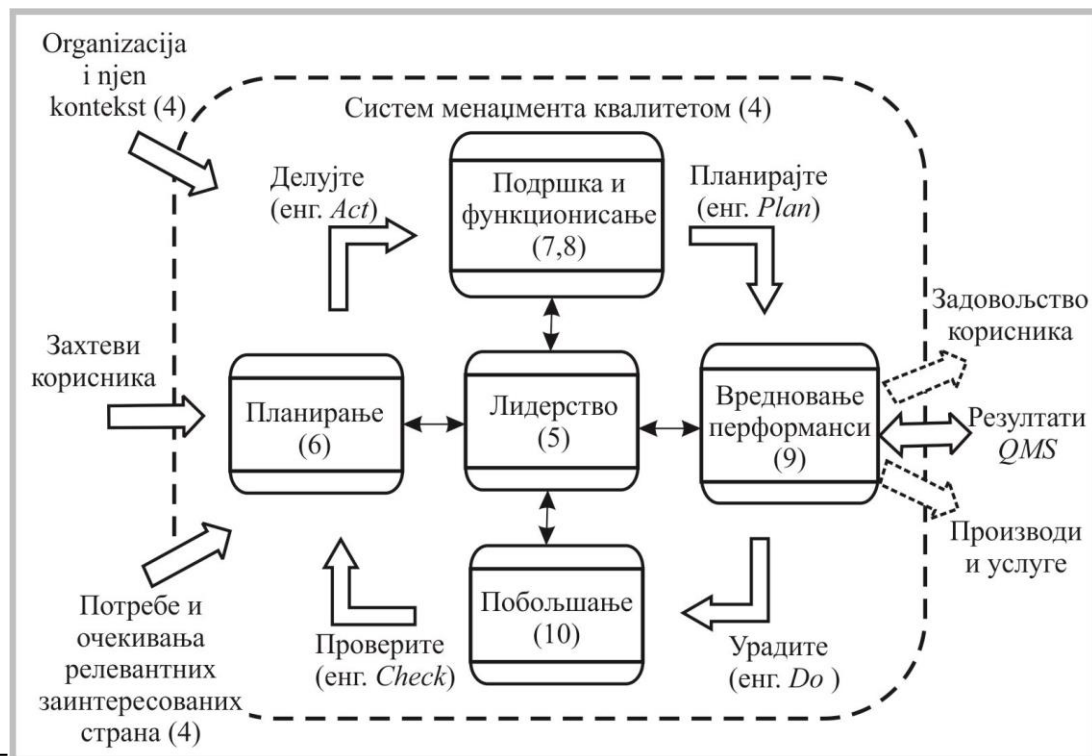
У новијој верзији из 2011. године су додате још две карактеристике: компатибилност и сигурност док су остале претрпеле неке промене. Карактеристика функционалности постаје карактеристика функционалне погодности док ефикасност постаје ефикасност перформанси.



**Слика 2.9** Развој модела квалитета производа по стандардима *ISO 9126:2001* и *ISO 25010:2011*

Међународна организација за стандардизацију, ISO (*енг. International Organization for standardization*) развила је серију стандарда под ознаком 9000. ISO 9000 серија стандарда се састоји од три модела: 1) ISO 9000, 2) ISO 9001 и 3) ISO 9004 (ISO 9000:2015).

Према ISO 9001 садржи захтеве за систем менаџмента квалитетом. Испуњавање захтева овог стандарда даје могућност организацији да покаже своју способност да конзистентно обезбеђује производе и услуге који испуњавају захтеве корисника уз поштовање применљивих закона и прописа (ISO 9001:2015). Модел развијен према овом стандарду приказан је на слици 2.10.



**Слика 2.10** Модел квалитета према стандарду ISO 9001 (ISO 9001:2015)

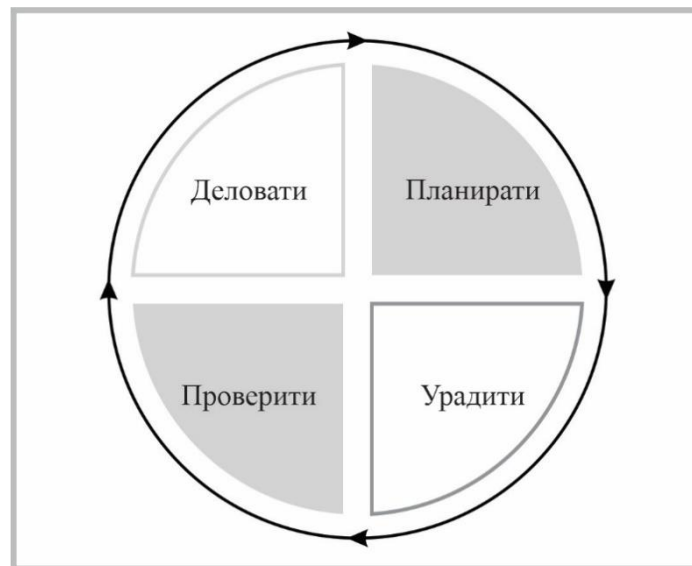
Процесни приступ који представља саставни део овог стандарда у многама олакшава разумевање функционисања организације јер приказује организацију кроз серију повезаних улаза и излаза. Планирање процеса и њихово усмеравање ка захтевима свих заинтересованих страна се прожима кроз све захтеве овог стандарда до те мере да се сами захтеви посматрају као процеси и кроз *PDCA* (енг. *Plan Do Check Act*) циклус чине модел квалитета (тачке 4-10).

У оквиру тачке 10 налазе се захтеви који се односе на откривање, пријављивање, доношење одлука и дефинисање превентивних и корективних мера за решавање неусаглашености. Како би постигли овај циљ, Djordjević и остали (2023) су развили и имплементирали иновативно софтверско решење са неколико предности доступних производном сектору МСП. Развијена апликација за мобилне уређаје омогућава свим запосленима да учествују у пријављивању и управљању неусаглашеностима пратећи кораке и смернице из захтева ISO 9001:2015. Развијено решење омогућава свим учесницима у организацији производње и самој производњи: 1) дигитализацију и побољшање постојећих система за пријаву неусаглашености, 2) побољшање препознавања неусаглашености и 3) повећану свест запослених о управљању неусаглашеностима. Студија случаја је спроведена у три МСП из аутомобилске индустрије. На основу података добијених из студије случаја у оквиру овог истраживања примећује се значајно унапређење пословања кроз повећано откривање неусаглашености. Након примене софтверског решења укључење запослених у сам процес откривања је увећано за 200% док је време затварања неусаглашености смањено за 50% .

## 2.6 Остали модели квалитета

Под осталим моделима квалитета подразумевају се модели из специфичних области квалитета (на пример здравство, образовање, војска, итд.), асоцијација квалитета и гуруа квалитета (*Deming, Juran, Feigenbaum, Crosby, Ishikawa, Taguchi*, итд.). У даљем тексту приказане су филозофије гуруа квалитета и принципи менаџмента на којима се темељи филозофија тоталног управљања квалитетом (*енг. Total Quality Management-TQM*) која претходи моделима изврсноности који су предмет истраживања ове докторске дисертације.

Према Deming (1981), организација мора поседовати одговарајућу агилност у пословању, која подразумева константна унапређења. Приступ квалитету који је развио Deming подстиче системски приступ у решавању проблема и промовише већ широко познат дијаграм, планирај, уради, провери и делуј - PDCA. PDCA дијаграм (слика 2.11) је настао на темељима Deming-овог учитеља Shewart-a као PDSA дијаграм (*енг. Plan-Do-Study-Act*) Anderson и остали, (1994).



Слика 2.11 PDCA циклус Deming (1981)

Модел квалитета који је развио Deming наглашава континуирану праксу побољшања и укључивање свих запосленика у постизање квалитета. Овај модел је постао темељ филозофије квалитета и успешног управљања квалитетом у многим организацијама широм света. На основу запаженог рада у области квалитета и заслуга, Јапанско удружење научника и инжењера (*енг. Japan Union Sciences and Engineers- JUSE*) је због доприноса постављању и примени новог концепта квалитета у јапанској индустрији установило 1951. године јапанску националну награду за квалитет (касније *изврсност*) под називом „Демингова награда“ (Anderson и остали, 1994).

Према Juran (2003) квалитет је однос између фреквентности недостатака и могућности за појаву недостатака. Овај однос се може приказати као:

$$\text{Квалитет} = \frac{\text{Фреквентност недостатака}}{\text{Могућност за појаву недостатака}}$$

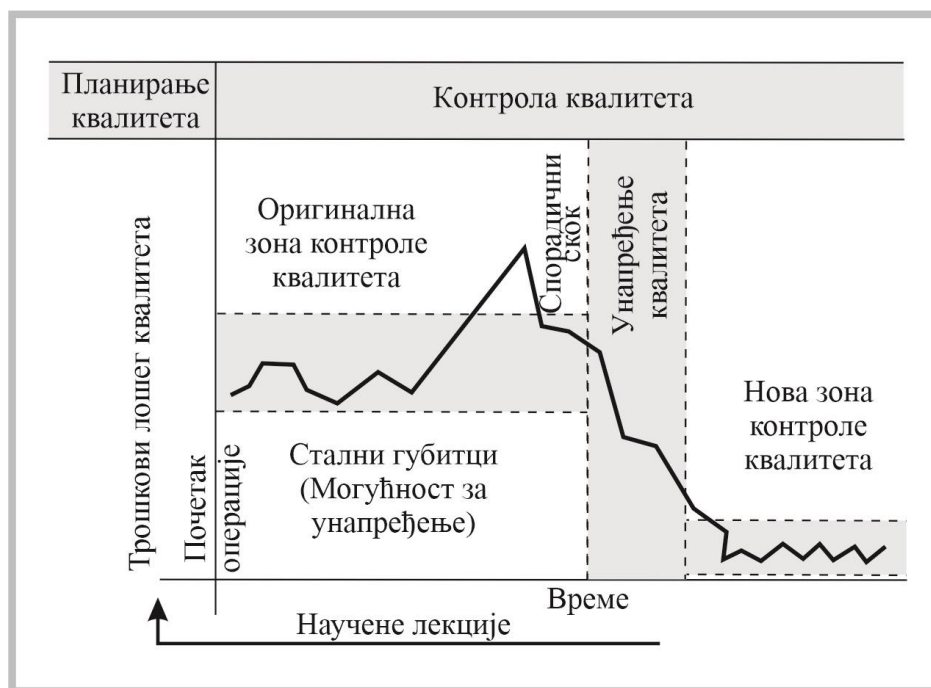
Под осталим моделима квалитета сврстан је и модел трилогије квалитета који се састоји из три процеса квалитета по којима је и модел трилогије добио назив:

- планирање квалитета
- контрола квалитета
- унапређење квалитета

Наведени процеси су међусобно повезани и овај однос је графички приказан на слици 2.12. Модел трилогије се састоји из димензије времена приказане на хоризонталној оси и димензије трошкова лошег квалитета на вертикалној оси. Модел трилогије може се посматрати на два начина:

1. као дијаграм недостатака производа где вертикална оса показује јединице мере попут лошег квалитета, броја грешака, процента неисправности производа и све што је у овом случају ближе нули је изврсно а оно што расте је лоше јер доводи до повећања незадовољства купаца;

2. као дијаграм карактеристика производа где вертикална оса показује средње време између кварова, проценат испорука на време и све што је у овом случају ближе нули је лоше (Juran, и De Feo 2010).



Слика 2.12 Јуранов модел трилогије (Juran, и De Feo 2010)

Анализирајући радове и истраживања осталих гуруа квалитета Crosby (2005) је утврдио да само ако се квалитет дефинише на основу захтева корисника, он постаје управљив. По овој филозофији, квалитет се мери преко трошкова квалитета, односно економије квалитета. На тај начин се систем квалитета усмерава ка производњи производа или услуга са нула грешака. За разлику од *Juran-a* и *Deming-a*, *Crosby* већи значај даје самом менаџменту у смислу организовања процеса него статистичким техникама, за примену корпоративне културе и ставова запослених (Kumar и остали, 2016). У табели 2.1 дат је упоредни приказ принципа менаџмента према поменутиим гуруима квалитета.

**Табела 2.1** Принципи менаџмента према Deming-у, Juran-у, Ishikawa-и и Crosby-ју

Deming	Juran	Ishikawa	Crosby
Створити постојаност сврхе ка побољшању производа/услуге	Лидерство квалитета од стране вишег нивоа менаџмента на доле	Квалитет почиње са образовањем	Посвећеност менаџмента
Усвојити нову филозофију	Обука комплетног менаџмента о принципима квалитета	Укључивање свих запослених	Тим за унапређење квалитета
Прекинути зависност од масовне инспекције/уградити квалитет у производ	Тежња за унапређењем квалитета	Фокус на превенцију уместо корекције	Мерење
Прекинути праксу одабира добављача само на основу цене	Извештавање о прогресу остваривања циљева	Системски приступ	Цена квалитета
Непрестано унапређивати систем производње	Укључивање запослених у област квалитета	Контрола квалитета у самом извору	Свест о квалитету
Институтска обука на послу	Преиспитивање система признања и награда уз укључивање квалитета	Циркуларни приступ	Корективне мере
Институционално лидерство			Нула дефеката ( <i>енг. Zero defect</i> )
Побољшање ефикасности запослених кроз елиминисање страха			Образовање запослених
Уклањање баријера између одељења/тимски рад			Дан са нула дефеката
Елиминисање фраза и слогана/тежња ка прозводњи без шкарта			Постављање циљева;
Уклањање норми/квота			Уклањање узрока грешке
Заменили квантитет квалитетом у односу са радницима			Препознавање
Увођење снажних програма образовања и самоусавршавања			Савети за квалитет
Укључити све запослене у рад на остварењу трансформација			Поновити све

*Извор: (Anderson и остали, 1994; Juran, 2003; Crosby, 1984; Watson, 2004 )*

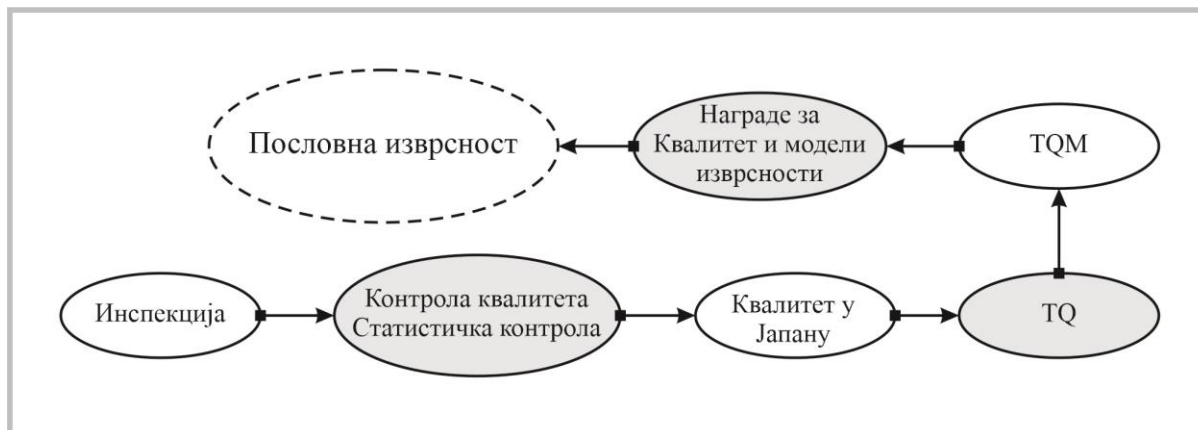
Филозофија TQM-а је настала на темељима учења гуруа квалитета. Поред поменутих гуруа битно је поменути и учења *Ishikawa-е. Kaoru Ishikawa* је био проминентни јапански експерт за управљање квалитетом и једна од кључних фигура у развоју TQM-а. Истиче се да је његов допринос у области управљања квалитетом, посебно у подручјима контроле квалитета и унапређења квалитета кроз алате квалитета: дијаграм узрок-последица и кругови квалитета (Watson, 2004).



## 2.7 Модели пословне изврности

Пре самог дефинисања појма пословне изврности неопходно је осврнути се на појам квалитета. Заинтересованост за квалитет код људи постоји практично одувек. Прва појава овог појма везује се за тренутак када је човек почео да се интересује за сопствене и туђе грешке и да преиспитује последице.

Процес управљања квалитетом је настао оног тренутка када је произведен први производ. Управљање квалитетом развијало се током времена по фазама приказаним на слици 2.13.



Слика 2.13 Развојни пут пословне изврности (Ionică и остали, 2010)

Пословна изврност се често описује и идентификује као изванредна пракса како у постизању резултата тако и у управљању организацијом на основу скупа основних концепата односно вредности (Марковић и остали, 2020; Sulistyо и остали, 2021). Ове праксе су еволуирале у моделе који настоје да припомогну организацијама у достизању светске класе пословања.

Појам пословне изврности и модели који су проистекли из ње, се у великој мери заснива на концепту TQM-а (слика 2.13). Међутим појавом пословне изврности сматрало се да је TQM концепт изгубио на свом значају. Од награде за квалитет (Демингова награда) која се добијала на основу успешно имплементираниог TQM-а, до формирања EFQM-а и прве награде, Европске награде за квалитет (енг. *European Quality Award- EQA*) која је убрзо преименована у EFQM награду за изврност (енг. *EFQM Excellence Award*) сматрало се да је губитак речи „квалитет“ из назива довело TQM до заборава (Dale и остали, 2000).

Поједини аутори су у време експанзије појма пословне изврности наглашавали одређене предности пословне изврности над TQM-ом. O'Brien и O'Hanlon (2000) су навели да имплементација стандарда за квалитет и алата из спектра TQM концепта доводе до значајних резултата али до тешког повезивања ових иницијатива са пословним оквирима. Разлог тешког повезивања лежи у разлици између ова два концепта. Наиме TQM концепт је потпуно оријентисан на тржиште и фокус је на купцу док пословна изврност има веће тежиште и оријентисана је на све заинтересоване стране (власници, запослени, кључни партнери, друштвена заједница).

Сам концепт изврности превазилази поменути немогућност трансфера одговорности за квалитет са менаџмента на остале секторе унутар организације.



Adebanjo (2001) је сматрао да је концепт изврности превазишао сам концепт квалитета због свог проширеног значења и поједностављености. Као главна предност изврности над TQM-ом наводи се прилагодљивост јавном сектору и непрофитним организацијама.

Модели пословне изврности су развијени и настављају да се развијају кроз опсежно проучавање праксе и вредности одабраних организација које су најуспешније у свету. Пословна изврност се може посматрати не само као ново разумевање система квалитета, већ и као комплекснији појам који узима у обзир шири спектар питања попут одрживости (Марковић и остали, 2020).

Беневити усвајања модела пословне изврности су вишеструки. Dahlgaard и остали (2013) наводе резултате обухваћене студијама над 720 предузећа која су остварила значајан (77%) раст продаје 5 година након добијене награде за изврност. Поред поменутих бенефита ови модели представљају веома користан алат за унапређење пословања и унапређења перформанси али умногоне зависе од фактора попут:

- степена мотивације и посвећености,
- степена зрелости процеса,
- величине организације (броја запослених и степена разуђености),
- индустријског сектора,
- организационе структуре и
- одговарајућег отежавања критеријума.

Поред поменутих фактора неопходно је:

- континуално одржавање пословне изврности током времена и
- усклађивање са пословним моделом организације (Carvalho и остали, 2019).

Модел пословне изврности се састоје из специфичних критеријума који су проистекли из различитих привреда, односно различитих земаља. Критеријуми модела пословне изврности варирају у зависности од културних, технолошких, организационих и друштвено економских фактора једне земље. Пракса и теорија нуде низ холистичких модела пословне изврности који се заснивају на три стуба који чине суштину управљања тоталним квалитетом (људи, процеси и резултати).

Модел изврности могу бити:

- транснационални,
- национални, и
- регионални.

Најзаступљенији су Европски модел (EFQM), модел Сједињених Америчких држава MBNQA (енг. *Malcolm Baldrige National Quality Award*) и Демингова награда (енг. *Deming's prize*) заступљена у Јапану који се сврставају у групу транснационалних модела.

Wan и Purba (2021) сугеришу да постоји велики број заједничких критеријума између транснационалних модела пословне изврности. Модел MBNQA, EFQM (из 2013. године) и Демингова награда имају заједничке критеријуме: лидерство, менаџмент људима, процеси и пословни резултати (табела 2.2).

**Табела 2.2** Критеријуми транснационалних модела пословне изврности

Критеријуми	MBNQA	EFQM	Демингова награда
Лидерство	X	X	X
Политика и стратегија	X	X	
Менаџмент људима	X	X	X
Ресурси		X	
Процеси	X	X	X
Задовољство купаца	X	X	
Задовољство људи		X	
Утицај на друштво		X	
Пословни резултати	X	X	X
Информације и анализа	X		X
Стандардизација			X
Осигурање квалитета			X
Одржавање			X
Побољшање			X
Будући планови			X

*Извор:* Wan и Purba (2021)

Поред наведених модела, постоје и национални и регионални, који у великој мери прате већ поменуте моделе, односно садрже сличне или исте критеријуме (Jankalová, 2012; Talwar, 2011a). Имплементацијом сопственог начина пословања и изменом одређених критеријума постали су важан основ за процену стања пословне изврности на националном односно регионалном нивоу те се процењује да у пракси постоји 94 модела пословне изврности.

Преплитање и понављање критеријума у националним и регионалним моделима пословне изврности потврђено је у раду Jankalová и Jankal (2020) где је обухваћено неколико десетина модела пословне изврности. Коришћењем дијаграма афинитета издвојено је 20 модела пословне изврности који су одабрани због диференцијације у својим критеријумима. Услов за одабир одређеног критеријума је подразумевао појаву истог у најмање 9 модела. Оваквим приступом издвојено је 12 критеријума квалитета. (табела 2.3). Битно је напоменути да је у истраживање био укључен модел EFQM-а из 2013 године који се битно разликује од модела из 2020. године који је предмет ове дисертације.

**Табела 2.3** Број понављања критеријума квалитета

Критеријуми квалитета	Фреквентност у узорку
Фокус на потрошаче и тржиште	20
Визионарско лидерство	20
Одрживи развој	19
Добробит и укљученост (инклузија)	19
Креативност и иновације	19
Одрживи резултати	15
Информације и знање	13
Агилност и флексибилност	13
Политика и стратегија	13
Системско размишљање	10
Менаџмент процесима	9
Организација која учи	9

*Извор:* Jankalová и Jankal (2020)

Према Talwar (2011b), 79 земаља је засновало свој модел на једном од транснационалих модела док су Малколм Балдриџ и EFQM модел пословне изврности признати као најјутицајнији (Talwar 2011a; Bandyopadhyay и Leonard 2016; Carvalho и остали, 2019).

### 2.7.1 EFQM модел пословне изврности

Уз кретање развојне путање модела квалитета у Кини и Америци, Европа је увидела свој заостатак и значај формирања сопственог модела квалитета. Након формирања Европске фондације за менаџмент квалитетом (*енг. European Foundation for Quality Management -EFQM*) 1988. године започети су радови на хармонизацији добре праксе, културе и начина пословања 14 европских компанија чланица фондације. Имплементацијом ових вредности и добре праксе у сопствени модел квалитета, настао је EFQM модел пословне изврности који је касније коришћен као оквир за Европску награду за квалитет (*енг. European Quality Award - EQA*), која је преименована у EFQM награду за изврност.

EFQM модел пословне изврности представља нацрт за организације широм Европе а и оне ван ње за развој културе побољшања и иновација. Побољшања имплементирана у нови оквир квалитета помогла су у његовој транзицији од једноставног алата за процену перформанси до флексибилног модела квалитета који нуди методологију за помоћ у променама, трансформацијама и поремећајима са којима се појединци и организације свакодневно суочавају (The EFQM Model, 2021). Пионирски EFQM модел је први пут објављен 1990. године као нацрт оквира заснован на осам критеријума (Conti, 2007). Након овог нацрта, званични модел је публикован 1992. (Samuelsson и Nilsson, 2002), а затим су уследиле његове ревизије из 1999. и 2003. (Ruiz и Fernández, 2005). Закључно са 2001. годином, EFQM модел пословне изврности служио је за успешно увођење TQM-а и за такмичење за Европску награду за квалитет (EQA – European Quality Award). Други модел се одликовао фундаменталним променама на самим бодовима како би се постигла уравнотежена шема пондерисања. Овај модел је објављен 2010. и ревидиран 2013. (Escrig и de Menezes, 2015; Suárez и остали, 2017). Обзиром на чињеницу да је било врло тешко ући у ужи избор за Европску награду за квалитет, EFQM фондација је развила три нивоа изврности (која су касније измењена) како би се организацијама пружила већа могућност за учествовање:

- 1) посвећени изврности (*енг. Committed to Excellence*) за организације на самом почетку пута према изврности,
- 2) препознати по изврности (*енг. Recognized for Excellence*) за организације са више искуства у самооцењивању према моделу EFQM и
- 3) награда за пословну изврност БЕА (*енг. Business Excellence Award или EFQM Excellence Award*) као највеће признање које се додељује организацијама.

Најновији модел је објављен 2019. године и добио је назив EFQM 2020. Главни фокус новог модела EFQM 2020 према Fonseca (2022) је умерен са изврности на изванредне резултате. Ова нова верзија модела интегрише званичне циљеве одрживог развоја Уједињених нација и добија шири обим употребе. Модел EFQM 2020 се састоји од седам критеријума груписаних у три димензије за разлику од претходне верзије која се састојала од девет критеријума груписаних у две димензије. Еволуција модела током година је приказана у табели 2.4.

Табела 2.4 Еволуција EFQM модела пословне изврности

EFQM 1990		EFQM 1992		EFQM 1999/ 2003		EFQM 2010/2013		EFQM 2020	
Критеријум	Бр. бодова	Критеријум	Бр. бодова	Критеријум	Бр. бодова	Критеријум	Бр. бодова	Критеријум	Бр. бодова
Лидерство	150	Лидерство	100	Лидерство	100	Лидерство	100	Сврха, визија и стратегија	100
Политика и стратегија	100	Политика и стратегија	80	Политика и стратегија	80	Стратегија	100	Организациона култура и лидерство	100
Менаџмент процесима	150	Процеси	140	Људи	90	Људи	100	Укључивање стејкхолдера	100
Менаџмент ресурсима	100	Менаџмент људима	90	Партнерство и ресурси	90	Партнерство и ресурси	100	Креирање одрживе вредности	200
Задовољство запослених	100	Ресурси	90	Процеси	140	Процеси, производи и услуге	100	Управљање перформансама и трансформацијама	100
Задовољство потрошача	200	Задовољство људи	90	Резултати према људима	90	Резултати према људима	100	Перцепције стејкхолдера	200
Друштвено признање	125	Задовољство потрошача	200	Резултати према потрошачима	200	Резултати према потрошачима	150	Стратегијске и оперативне перформансе	200
Пословни резултати	125	Утицај на друштво	60	Резултати према друштву	60	Резултати према друштву	100		
		Пословни резултати	150	Резултати кључних перформанси	150	Кључни резултати/Пословни резултати	150		
	1050		1000		1000		1000		1000

Емпиријски докази о валидности, поузданости и предиктивној моћи EFQM модела примењеном на предузећа различитих величина и сектора активности могу се наћи у литератури (Calvo-Mora, и остали, 2014; Gutiérrez, и остали, 2010).

У радовима Boulter, и остали (2013) и Corredor и Goñi (2010) евидентирано је да предузећа која су освојила нека од признања Европске фондације за квалитет, постижу боље резултате од оних које немају награде или признања за извршеност. Бенефити након стицања признања се огледају у повећаној међународној видљивости, стицању повратних информација које помажу у разумевању недостатака и могућих решења, оснажујући напредак и значајно побољшање учинка организације као и повећана мотивација запослених за потпуно разумевање EFQM филозофије.

Међу најзначајнијим бенефитима након имплементације EFQM модела наводи се: 1) побољшање имиџа, 2) веће задовољство клијената, 3) повећана посвећеност и задовољство запослених, 4) већа добит остварена повећањем извоза, 5) боља предиспозиција за иновације, 6) јачање ефикасности пројеката управљања знањем и 7) оптимизација коришћења информационих система (Suárez и остали, 2017).

### 2.7.2 Модел EFQM 2020

Модел EFQM 2020 је настао на темељима свих претходних модела извршености и учења гуруа квалитета. Овај модел се састоји из 3 димензије, 7 критеријума и 29 пот-критеријума (слика 2.14 и табела 2.4).



Слика 2.14 EFQM модел 2020 (EFQM model, 2021)

**Табела 2.4** Критеријуми EFQM модела из 2020. године

Правца	1. Сврха, визија и стратегија	1.1 Дефинисање сврхе и визије	
		1.2 Идентификација и разумевање потреба заинтересованих страна	
		1.3 Разумевање екосистема, сопствених способности и главних изазова	
		1.4 Развијање стратегије	
		1.5 Дизајнирање и имплементација система управљања и управљања учинком	
2. Организациона култура и лидерство		2.1 Управљање културом и неговање организационих вредности	
		2.2 Стварање услова за реализацију промена	
		2.3 Омогућавање креативности и иновација	
		2.4 Уједињеност заинтересованих страна испред сврхе, визије и стратегије	
Извршење	3. Укључивање стејхолдера	3.1 Изградња одрживог односа са купцима	
		3.2 Привлачење, ангажовање, развијање и задржавање људских ресурса	
		3.3 Осигурање и одржавање сталне подршке управљачких заинтересованих страна	
		3.4 Допринос развоју, благостању и просперитету локалне заједнице	
		3.5 Изградња односа и обезбеђење подршке партнера и добављача за стварање одрживе вредности	
	4. Управљање перформансама и трансформацијама		4.1 Дизајнирање вредности, начин дизајнирања
			4.2 Комуникација и испорука вредности
			4.3 Испорука вредности
			4.4 Дефинисање и примена свеукупног искуства
	5. Креирање одрживе вредности		5.1 Управљање перформансама и ризиком
			5.2 Трансформисање организације за будућност
			5.3 Подстицање иновација и коришћење технологија
			5.4 Искоришћење података, информација и знања
			5.5 Управљање имовином и ресурсима
	Резултати	6. Перцепције заинтересованих страна	6.1 Резултати перцепције купаца
6.2 Резултати перцепције људи			
6.3 Резултати перцепције пословних и управљачких актера			
6.4 Резултати перцепције друштва			
6.5 Резултати перцепције партнера и добављача			
7. Стратегијске и оперативне перформансе		7.1 Стратегијске и оперативне перформансе	

Модел EFQM из 2020. године се састоји из три димензије:

- 1) Правца (Димензија Правца представља одговор на питање Зашто? Зашто постоји предузеће, која је сврха постојања предузећа и каква је стратегија предузећа).
- 2) Извршење (Димензија извршења даје одговор на питање Како? Како предузеће планира да изврши стратегију и сврху).
- 3) Резултати (Димензија резултата даје одговор на питање Шта? Шта је до сада урађено и шта је циљ пословања предузећа).

Одговорима на поменута питања из све три димензије модела долази се до мисије и визије посматраног предузећа.

---

---

Како EFQM модел поред алата за самопроцену и унапређење квалитета организације представља и основ за добијање признања, односно награде за квалитет, развијен је и систем бодовања. Свака димензија модела носи одређени број бодова као и сваки критеријум унутар ње (EFQM Model, 2021).

Према новом моделу постоје четири признања, односно нивоа зрелости организације и то:

- Потврђени према EFQM (*енг. Validated by EFQM*)
- Квалификовани према EFQM (*енг. Qualified by EFQM*)
- Препознати од стране EFQM (*енг. Recognised by EFQM*)
- Глобална награда EFQM (*енг. EFQM Global Award*)

Употреба овог модела квалитета се не ограничава на самопроцену и средство за постизање компетентне вредности кроз међународна признања. На основу евиденције фондације за квалитет (EFQM Model, 2021) организације користе EFQM модел у више различитих циљева и сврха. Неки од њих су:

- разумевање организационе зрелости,
- постизање признања кроз екстерно оцењивање,
- управљање променама,
- изградња организационих способности за побољшање,
- изградња новог пословања,
- откривање и реаговање на утицај поремећаја на тржишту,
- бенчмаркинг перформанси,
- управљање корпоративним акцијама,
- управљање ризицима – изградња капацитета за опоравак,
- квалификовање способности и прилагодљивости добављача.

Анализом референтне литературе указано је на значај међународно признатог EFQM модела који се користи у многим земљама широм Европе и света. Његова репутација и признање омогућују организацијама да демонстрирају своју преданост квалитету, изврности и континуираном побољшању.

Погодност EFQM модела за истраживање у овој дисертацији огледа се у његовој практичној примени на територији Републике Србије кроз:

- 1) Аплицирање за EFQM награду за квалитет
- 2) Аплицирање за националну награду Фондације за културу квалитета и изврности (*FQCE - Fund for Quality Culture and Excellence*) будући да се заснива на моделу EFQM-а у потпуности и
- 3) Преузимање модела и његових саставних критеријума за самооцењивање и бенчмаркинг

---

---

# 3. ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА О ПОСЛОВНИМ МОДЕЛИМА

У оквиру овог поглавља дат је детаљан преглед литературе о пословним моделима, њиховом значају у остваривању пословних циљева и структури. У циљу бољег прегледа литературе теоријска разматрања о пословним моделима су подељена у три потпоглавља: (1) Дефинисање и развој пословних модела, (2) Оквири пословних модела и (3) Компоненте пословних модела.

## 3.1 Дефинисање и развој пословних модела

Пословни успеси предузећа у условима савременог пословања су директно зависни од менаџмента и начина вођења и организовања предузећа. Расположиве ресурсе и ако представљају значајну предност на тржишту, без адекватне стратегије пословања и поузданог модела пословања, није могуће искористити на прави начин. Кључни фактор успешности пословања предузећа, јесте пословни модел предузећа. Без обзира о којој грани привреде или индустрије се говори, на прави начин успостављен пословни модел може омогућити значајну тржишну предност предузећу у односу на конкуренцију. Одувек су предузећа имала свој пословни модел и може се сматрати да пословних модела има онолико колико има и предузећа, јер се они барем по неким карактеристикама разликују. Међутим, није увек случај да предузеће препознаје свој пословни модел, те се може рећи да велики број предузећа, иако послују према одређеном пословном моделу, заправо нису свесна тога (Linder и Cantrell, 2000). Велика разлика између предузећа која препознају, мењају и унапређују свој пословни модел и оних која то не чине је у томе што су предузећа прве групе свесна разлога због којих остварују пословне успехе, али су такође свесна и због чега се јављају повремени неуспеси и непредвиђене ситуације.

Према Chroner, Johansson и Malmstrom (2015) развој пословних модела се одвијао кроз три фазе.

- 1) Прва, развојна фаза, обухватала је дефинисање пословних модела.
- 2) Друга фаза обухватала је набрајање компоненти пословних модела.
- 3) У трећој фази представљен је пословни модел као интегрисани оквир.

Између наведених фаза у пракси и литератури не постоји јасна временска граница. Анализом литературних извора може се закључити да се све три фазе преклапају и међусобно допуњују.

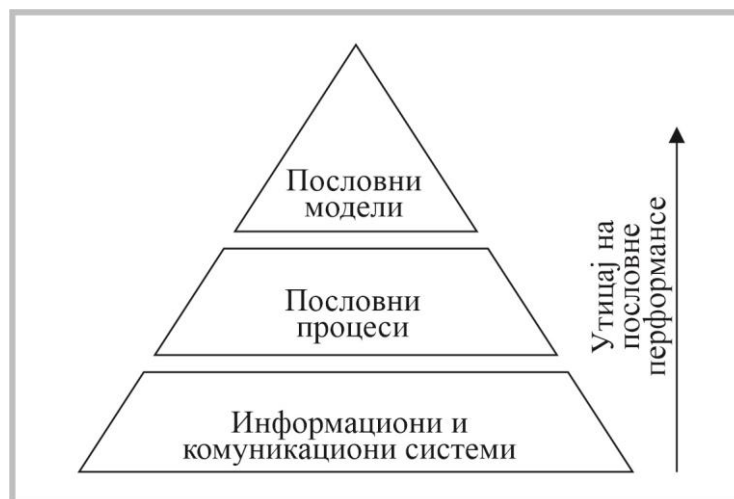
Последњих деценија, дефинисање пословних модела постао је веома актуелан проблем у домену индустријског инжењерства након премисе да пословање предузећа може да се представи пословним моделом. Без обзира о којој грани привреде или индустрије се говори, на прави начин успостављен пословни модел може омогућити значајну тржишну предност предузећу у односу на конкуренцију. Стога је врло важно добро осмислити, односно дефинисати пословни модел по ком предузеће послује, било да се ради о новом предузећу или оном које већ егзистира на тржишту.



---

Термин пословни модел, се први пут помиње 1950-их година у раду Bellman и остали (1957). Након тога, термин пословни модел се редовно користио у контексту моделирања пословања односно моделирања процеса. Konczal (1975) је међу првима указао на могућу даљу употребу моделирања пословања у смислу примене пословних модела као алата за управљање и доношење одлука. Пословни модели бележе експоненцијални раст са успоном интернета 1990-их година. Може се рећи да је појава интернета довела до револуције у самом начину пословања предузећа. Предузећа у том тренутку добијају сјајан алат за постизање конкурентске предности. Убрзо након тога, пословни модел се више не посматра само као оперативни план за стварање одговарајућег информационог система, већ се развија у интегрисани модел пословања предузећа, како би допринео успеху управљања у процесу доношења одлука (Wirtz и остали, 2016).

Пословни модел даје смисао различитим пословним процесима описујући зашто су одређени процеси дизајнирани онако како јесу. С друге стране, пословни процеси имају динамичан однос са основним информационим и комуникационим системом. Постављени пословни модел може функционисати само ако је усаглашен са пословним процесима и конституисаним информационим системом. Посматрајући хијерархијску структуру пословања приказану на слици 3.1 можемо закључити да утицај на пословне перформансе експоненцијално расте са променама на вишим нивоима (Petrović и остали, 2001).



**Слика 3.1** Хијерархијска структура управљања пословањем (Petrović и остали, 2001)

За пословне моделе можемо рећи да су хетероген појам будући да су предузећа одувек имала свој пословни модел те можемо потврдити да пословних модела има колико и предузећа, јер се њихов начин пословања барем по неким карактеристикама разликује (Wirtz и Daiser 2018). Оваква тврдња је поткрепљена чињеницом да не препознају сва предузећа свој пословни модел. Тако се може рећи да велики број предузећа, иако послују према одређеном пословном моделу, заправо нису свесна тога.

Велика разлика између предузећа која препознају, мењају и унапређују свој модел пословања и оних која то не чине је у томе што су предузећа прве групе свесна разлога због којих остварују пословне успехе, али су такође свесна и због чега се јављају повремени неуспеси и непредвиђене ситуације што може довести до побољшања пословног модела а самим тим и пословања датог предузећа (Nielsen и Lund, 2014).

---

---

При сваком оснивању предузећа, експлицитно или имплицитно се усваја одређени пословни модел који описује дизајн, односно архитектуру, механизме креирања, испоруку и хватање вредности. Вредност о којој говоримо представља вредност производа односно услуге у очима купца. Суштина пословног модела је у дефинисању начина на који предузеће пружа вредност купцима, подстиче купце да плате ту вредност и генерише профит.

Један од пионира у овој области је свакако Timmers (1998) који дефинише пословни модел као архитектуру токова производа, услуга и информација, укључујући опис различитих пословних субјеката и њихових улога као и опис потенцијалне користи за различите пословне субјекте и извор прихода.

Magretta (2002) дефинише пословне моделе као логичке оквире који описују начин на који предузеће пружа вредност својим корисницима и начин на који остварује профитабилност.

Према Chesbrough и Rosenbloom (2002), дефинишу пословни модел као конструкцију која интегрише перспективе дизајна пословања у оквир који користи технолошке карактеристике и потенцијале као улазне елементе и претвара их кроз кориснике и тржиште у економске излазе. Аутори у поменутом раду узимају перспективу процесног приступа и представљају пословни модел као процес који посредује између техничких улаза и економских излаза као што је приказано на слици 3.2.



**Слика 3.2** Посредовање пословних модела Chesbrough и Rosenbloom (2002)

До сада најсвеобухватније дефиниције пословних модела дате су од стране Wirtz и осталих (2016) и Geissdoerfer, Vladimirova и Evans (2018). Према првој групи аутора пословни модел представља поједностављено и агрегирано стање релевантних активности предузећа. Према другој групи аутора пословни модел представља опис организације и начина на који та организација функционише у постизању својих циљева.

Пословни модели као појам задњих година долазе до тачке коју многи аутори оцењују као стагнирајућу због недостатка квалитативних студија и додатних објашњења компонената пословних оквира (Budler, Župič и Trkman 2021; Bhatti и остали 2021; Lüdeke-Freund и остали 2018; Geissdoerfer, Vladimirova и Evans 2018; Parida, Sjödin и Reim 2019).

---

---

### 3.2 Оквири пословних модела

Битно је разликовати појам пословних модела од појма оквира пословних модела. Појам пословног модела представља апстрактан, јединствен начин пословања неког предузећа док појам оквира пословног модела заправо представља модел пословања предузећа који је представљен кроз компоненте.

Током треће развојне фазе (Chroneer, Johansson и Malmstrom 2015) усаглашен је концепт компоненти са њиховим међусобним интеракцијама и оквир пословног модела је добио графички облик. У овој дисертацији акценат је на оквирима пословних модела и на њиховим компонентама.

Оквир пословног модела (*енг. business model framework*) може се дефинисати као скуп међусобно повезаних и зависних компонената које показују на који начин је успостављен пословни модел. Основни циљ дефинисања оквира пословног модела је сагледавање његових елемената, како би се на најбољи могући начин створила и испоручила вредност купцу (Wirtz и остали, 2016). Намена оквира пословних модела лежи у дефинисању приступа за одређивање токова тржишних вредности.

Према Ferrі и осталима, (2012), примена оквира пословних модела се огледа у:

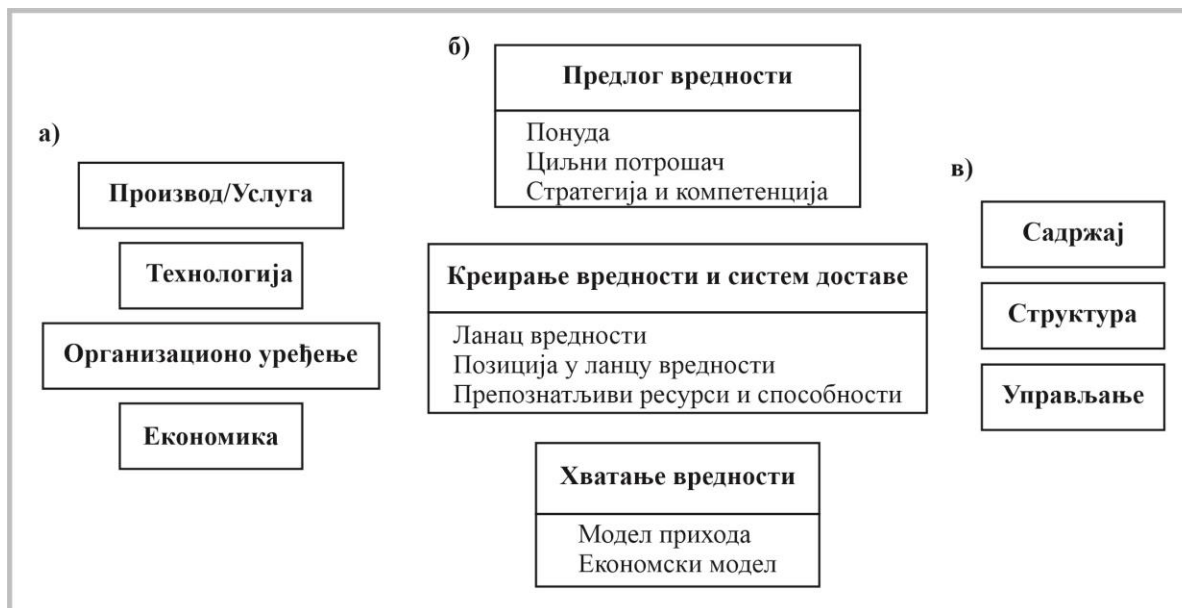
- приказивању модела пословања предузећа
- појашњењу начина проналажења и одабира потрошача,
- класификацији понуде за различите сегменте купаца,
- одређивању обима пословања,
- начину обезбеђивања и управљања ресурсима,
- правцу изласка на тржиште, и
- начину стварања вредности за купце и генерисању профита.

Упркос чињеници да постоји велики број академских радова на тему пословних модела међу ауторима још увек не постоји консензус о томе шта конституише пословни модел, тј. које све компоненте припадају пословном моделу па тако у литератури наилазимо на различите оквири пословних модела који садрже различите елементе а све у циљу стварања „доброг“ пословног модела. Респектујући ову чињеницу у наставку ове докторске дисертације су анализирани и поређани хронолошки академски извори који предлажу оквири пословних модела.

MacInnes (2005) проучавајући зрелост пословних е-модела од 1997-2005. године долази до оквира који се састоји од 4 компоненте: (1) Производ/услуга, (2) Технологија, (3) Организационо уређење и (4) Економика (слика 3.3-а).

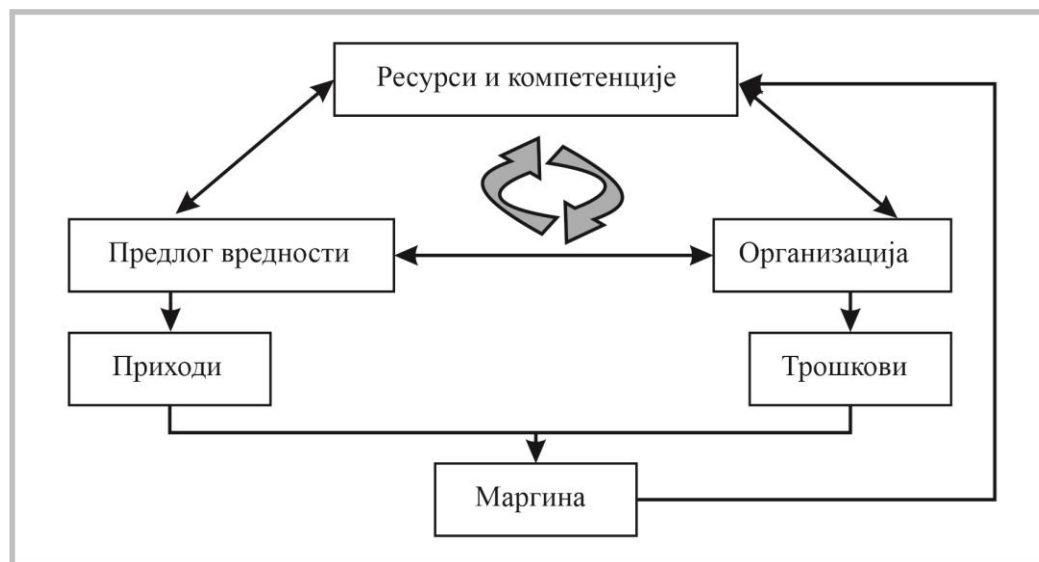
Richardson (2008) је организовао свој оквир пословног модела према концепту вредности и извршио верификацију на ланцу супермаркета *Walmart*. Предложени модел се састоји од три групе пословних компоненти и то: (1) предлог вредности, (2) креирање вредности и систем доставе и (3) Хватање вредности, са припадајућим компонентама (слика 3.3-б).

Zott и Amit (2010) посматрајући пословне моделе као међузависне активности истичу 3 компоненте које пословни модел треба да обухвати: (1) садржај, (2) структуру и (3) управљање (слика 3.3-в).



Слика 3.3 Оквири пословних модела са припадајућим компонентама (период од 2005 до 2010. године)

Demil и Lecocq (2010) развијајући пословни модел RCOV (енг. *Resources and Competences, Organization structure and Value proposition – Ресурси и компетенције, Организациона структура и предлог вредности*) поред самих компоненти наведених у наслову: додају још две компоненте економских карактеристика: (4) Структура прихода и (5) Структура трошкова (слика 3.4).



Слика 3.4 Оквир пословног модела RCOV (Demil и Lecocq, 2010)

Demil и Lecocq (2010) сугеришу да је неопходно дефинисање самих компоненти овог пословног модела: Под ресурсима се сматра идентификација и процена материјалних и нематеријалних средстава и способности унутар организације. Ресурси укључују финансијске ресурсе, физичку имовину, интелектуалну својину, људски капитал и друге ресурсе који доприносе конкурентској предности организације. Способности се односе на способност организације да ефикасно и ефективно користи своје ресурсе ради постизања стратешких циљева. Компонента способности истражује основне

компетенције организације, вештине, знање, процесе и организационе структуре које јој омогућавају стварање вредности. Могућности обухватају екстерне факторе и услове тржишта који могу бити искоришћени од стране организације. Ова компонента укључује анализу индустријске динамике, трендова на тржишту, потреба купаца, конкурентске средине и потенцијалних области раста како би се идентификовале атрактивне могућности за стварање вредности. Вредност је коначан резултат ефикасног усклађивања ресурса, способности и могућности. Ова компонента се фокусира на разумевање како јединствена комбинација ресурса и способности организације може бити искоришћена за унапређење тржишних могућности и стварање вредности за купце и заинтересоване стране. Оквир *RCOV* наглашава важност усклађивања интерних ресурса и способности са спољним могућностима ради стварања вредности и конкурентске предности. Овај оквир помаже организацијама да процене своје снаге, идентификују могућности за раст и доносе информисане стратешке одлуке.

Платно пословног модела је назив можда једног од најпознатијих оквира пословних модела (слика 3.5). Развио га је у својој дисертацији Osterwalder (2004) и касније комерцијализовао кроз приручник „Генерација пословних модела“ (Osterwalder и остали, 2011). Платно пословног модела се састоји од 9 компоненти: (1) Сегмент купца, (2) Предлог вредности, (3) Канали, (4) Односи са купцима, (5) Токови прихода, (6) Кључне активности, (7) Кључни ресурси, (8) Кључни партнери, (9) Структура трошкова.

Наведених девет елемената Платна пословних модела могу се представити графички (слика 3.5). Овакво платно представља визуелно добар начин за приказивање пословног модела предузећа, јер искључује потребу за обимном документацијом и поједностављује приказ пословног модела предузећа. Овакав приступ омогућава да се лако уоче потенцијални проблеми, али и да се сагледају предности и недостаци постојећег пословног модела. Поред наведених карактеристика битно је напоменути да употреба платна пословног модела не треба да буде заснована искључиво на набрајању компоненти, већ и на дефинисању односа између њих.



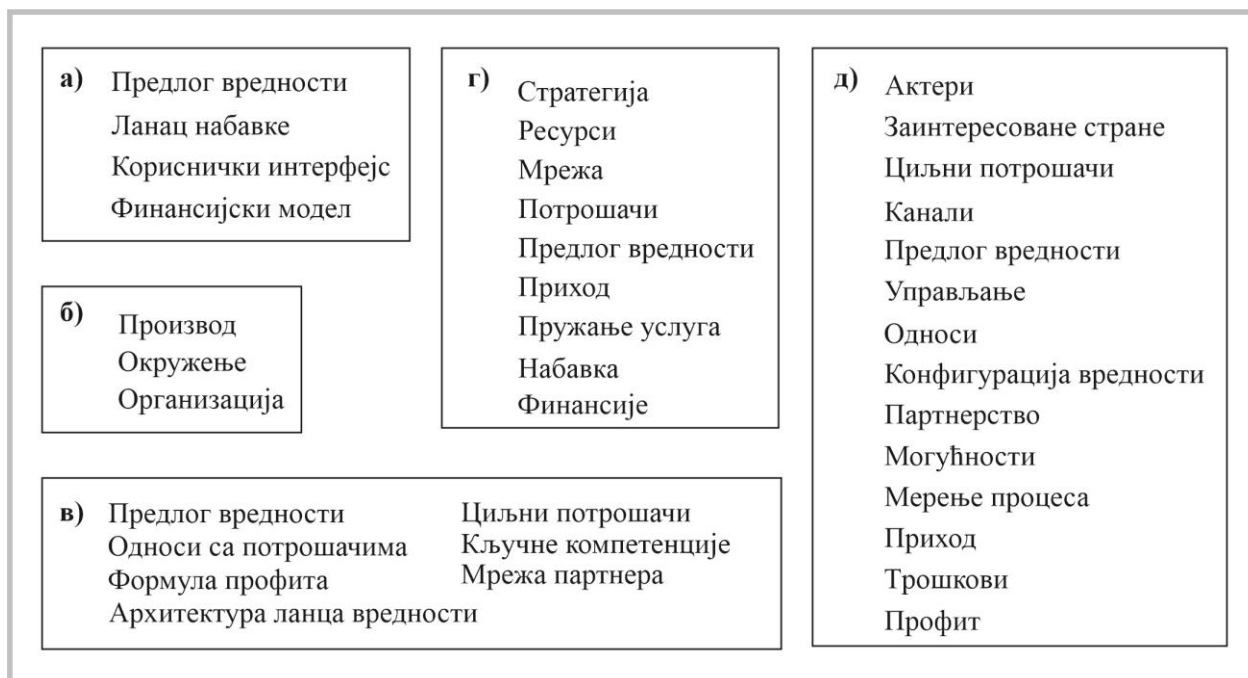
Слика 3.5 Платно пословног модела (Osterwalder и остали, 2011)

Платно пословног модела је постало један од најпознатијих алата у свету данашњице за бенчмаркинг, иновације и покретање бизниса. Кроз литературу значајан број радова користи платно пословног модела као полазну основу за даља истраживања са аспеката: организације власништва предузећа (Mazzarol и остали, 2018), услужних предузећа (Ojasalo и Ojasalo, 2015), одрживости (Joyce и Paquin, 2016; Rantala и остали, 2018), нових пословних подухвата (Cosenz и Noto 2018), циркуларне економије (Lopez и остали, 2019), и индустрије 4.0 (Müller, 2019).

Boons и Lüdeke-Freund (2013) у свом истраживању су извршили систематизацију компоненти издвајајући и комбинујући компоненте пословних модела. На основу истраживања издвајају четири компоненте и конституишу сопствени оквир пословног модела (слика 3.6(а)). Предложене компоненте су преузете из платна пословног модела и пословног модела представљеног у раду Doganova и остали, 2009.

Nylén и Holmström (2015) развијају оквир за анализу тренутног стања и унапређење дигиталних производа са компонентама приказаним на слици 3.6(б) У овом раду компоненте предложеног оквира се посматрају као димензије и из сваке проистичу питања упућена корисницима у циљу анализе тренутног стања предузећа и задовољства корисника. Taran, Voer и Lindgren (2015) користе компоненте приказане на слици 3.6(в) као основу за креирање оквира пословног модела.

Wirtz и остали (2016) анализирајући 681 академски рад су нагласили хетерогеност садржаја пословних модела у литератури односно хетерогеност компоненти које конституишу наведене пословне моделе. Аутори су систематизовали све компоненте из литературе и увели нову компоненту (набавка) у предложени оквир који се састоји од 9 компоненти приказаних на слици 3.6(г). Upward и Jones (2016) закључују да 14 компонената приказаних на слици 3.6(д) чини успешан одрживи пословни модел.



**Слика 3.6** Оквири пословних модела са припадајућим компонентама (период од 2013 до 2016. године)

---

---

### 3.3 Компоненте пословних модела

Појам пословних модела према Ritter и Lettl (2018) може се проматрати кроз пет различитих перспектива:

- 1) активности пословних модела,
- 2) логике пословних модела,
- 3) архетипови пословних модела,
- 4) сврставање (поравњање) пословних модела и
- 5) компоненте пословних модела.

Перспективу компоненти пословног модела узимају аутори који предлажу структурирање пословних модела на основу његових битних компоненти како би се обухватили важни делови пословања и створили оперативни оквири. Према Теесе (2018) компоненте пословног модела су у некој мери врста организационе имовине.

Shafer, Smith и Linder (2005) предлажу систематизацију компоненти и њихово груписање на основу семантичке анализе. У свом раду, поменути аутори анализирајући литературу из домена пословних модела, примећују неусаглашености међу осталим ауторима из области при дефинисању концепта пословних модела. Shafer, Smith и Linder (2005) дају претпоставку да је одсуство сагласности око дефинисања термина пословног модела и припадајућих компоненти изазвано интересовањем за концепт из различитих дисциплина. У овом раду анализом постојеће литературе, идентификоване су и класификоване компоненте пословних модела. Применом Дијаграма афинитета компоненте пословних модела су класификоване у четири групе: (1) стратешки избори, (2) мрежа вредности, (3) стварање вредности, и (4) хватање вредности. Идентификоване компоненте су приказане у табели 3.1. Циљ класификације компоненти представља поједностављење обимне литературе на тему пословних модела и њен упрошћен приказ топ менаџменту.

**Табела 3.1** Класификоване компоненте пословних модела

<i>Стратешки избори</i>	<i>Мрежа вредности</i>	<i>Стварање вредности</i>	<i>Хватање вредности</i>
1.Потрошачи	1.Добављачи	1.Ресурси	1.Трошкови
2.Предлог вредности	2.Информације за купце	2.Процеси	2.Финансијски аспект
3.Компетенције	3.Односи са купцима		3.Профит
4.Приход	4.Ток информација		
5.Конкуренција	5.Ток производа		
6.Понуда			
7.Стратегија			
8.Брендирање			
9.Диференцијација			
10.Мисија			

*Извор: Shafer, Smith u Linder (2005)*

Moris и остали (2005) у свом истраживању издвајају 16 оквира пословних модела (табела 3.2) и праве разлику између две групе пословних модела, општих и е-оквира. Идентификовано је 6 оквира пословних модела који садрже опште елементе (општи модели) и осталих 10 који садрже елементе е-трговине (модели е-трговине). Број елемената у моделима варира од 3 до 8 док се 15 елемената јавља у више модела.

**Табела 3.2** Компоненте општег и е-модела пословања

<b>Компоненте општих пословних модела</b>	1.Цена 2.Производ 3.Дистрибуција	4.Организационе карактеристике 5.Технологија
	1.Модел трошкова 2.Модел прихода 3.Модел канала 4.Модел процеса трговине	5.Интернетом омогућени трговински односи 6.Организациона форма 7.Предлог вредности
	1.Кључне стратегије 2.Стратегијски ресурси	3.Мрежа вредности 4.Кориснички интерфејс
	1.Предлог вредности 2.Циљна тржишта 3.Структура интерног ланца вредности	4.Модел профита и структура трошкова 5.Мрежа вредности 6.Компетитивна стратегија
	1.Ресурси 2.Продаја	3.Профит 4.Капитал
	1.Концепт 2.Могућности	3.Вредност
	<b>Компоненте пословних модела е трговине</b>	1.Производ 2.Пословни актери и улоге 3.Бенефити за актере
1.Разумевање купца 2.Маркетиншке тактике		3.Корпоративно управљање 4.Интерне и екстерне могућности
1.Актери 2.Сегмент тржишта 3.Понуда вредности 4.Активности вредности		5.Мрежа стејкхолдера 6.Интерфејс вредности 7.Вредносни портови 8.Размене вредности
1.Модел вредности 2.Модел ресурса 3.Модел производње 4.Модел односа са потрошачима		5.Модел профита 6.Модел капитала 7.Модел тржишта
1.Производ 2.Инфраструктура и мрежа са партнерима		3.Односи са потрошачима 4.Финансијски аспекти
1.Стратегијски циљеви 2.Предлог вредности 3.Извор прихода 4.Фактори успеха		5.Канали 6.Кључне компетенције 7.Сегменти купаца 8.ИТ инфраструктура
1.Мисија 2.Структура 3.Процеси		4.Приходи 5.Законитости 6.Технологија
1.Кластер вредности 2.Понуда тржишног простора		3.Систем ресурса 4.Финансијски модел
1.Вредност за купца 2.Поље/обим 3.Цена 4.Приходи		5.Повезане активности 6.Имплементација 7.Могућности 8.Одрживост
1.Понуда тржишту 2.Компетенције		3.Кључне технолошке инвестиције 4.Суштина пословања

Извор: Morris и остали (2005)

Al-Debei и Avison (2010) су извршили идентификацију и кодирање садржаја из 22 дефиниције пословних модела. Кодирање дефиниција је извршено додељивањем индикатора или кључне речи свакој издвојеној дефиницији. Ове индикаторе аутори посматрају као компоненте пословних модела (табела 3.3).



**Табела 3.3** Компоненте пословних модела према њиховим дефиницијама

<b>Ред. бр. модела</b>	<b>Компоненте</b>	
1.	1.Предлог вредности 2.Потрошачи	3.Извор прихода
2.	1.Односи 2.Потрошачи 3.Партнери	4.Предлог вредности 5.Приход
3.	1.Кључне компоненте предузећа 2.Ресурси 3.Потрошачи 4.Предлог вредности	5.Мрежа 6.Архитектура 7.Структура 8.Динамика
4.	1.Стратегија 2.Приход	3.Алијансе
5.	1.Пословна логика 2.Стратегија	3.Предлог вредности 4.Мрежа вредности
6.	1.Пословна логика 2.Предлог вредности 3.Потрошачи	4.Архитектура 5.Мрежа партнера 6.Приход
7.	1.Мрежа предузећа 2.Потрошачи	3.Предлог вредности
8.	1.Предлог вредности 2.Скуп актера	3.Приход
9.	1.Пословна логика 2.Текуће/будуће пословање	3.Потрошачи 4.Предлог вредности

Извор: *Al-Debei и Avison (2010)*

Анализом табеле 3.3 примећује се понављање компоненте „предлог вредности“ чак 8 пута у 9 различитих оквира.

Zott, Amit, и Massa (2011) идентификују 9 оквира пословних модела. Од предложених 9 оквира 7 је претходно приказано у табелама 3.2 и 3.3. У табели 3.4 приказана су преостала два идентификована оквира где се компонента „структура трошкова“ помиње 2 пута.

**Табела 3.4** Компоненте пословних модела према њиховим дефиницијама

<b>Ред. бр. модела</b>	<b>Компоненте</b>	
1.	1.Структура трошкова 2.Извор прихода 3.Избор потрошача 4.Област	5.Хватање вредности 6.Диференцирање и стратегијска контрола
2.	1.Испорука производа 2.Потрошачи	3.Структура трошкова 4.Приход

Извор: *Адаптирано према Zott, Amit, и Massa (2011)*

Saebi и Foss (2015) анализирајући литературне изворе из домена пословних модела идентификују 25 оквира пословних модела. Од укупног броја идентификованих оквира у разматраном истраживању у табели 3.5 је представљено 3 будући да су 22 оквира пословних модела већ поменута у претходним табелама. Компонента „предлог вредности“ се помиње у 2 оквира

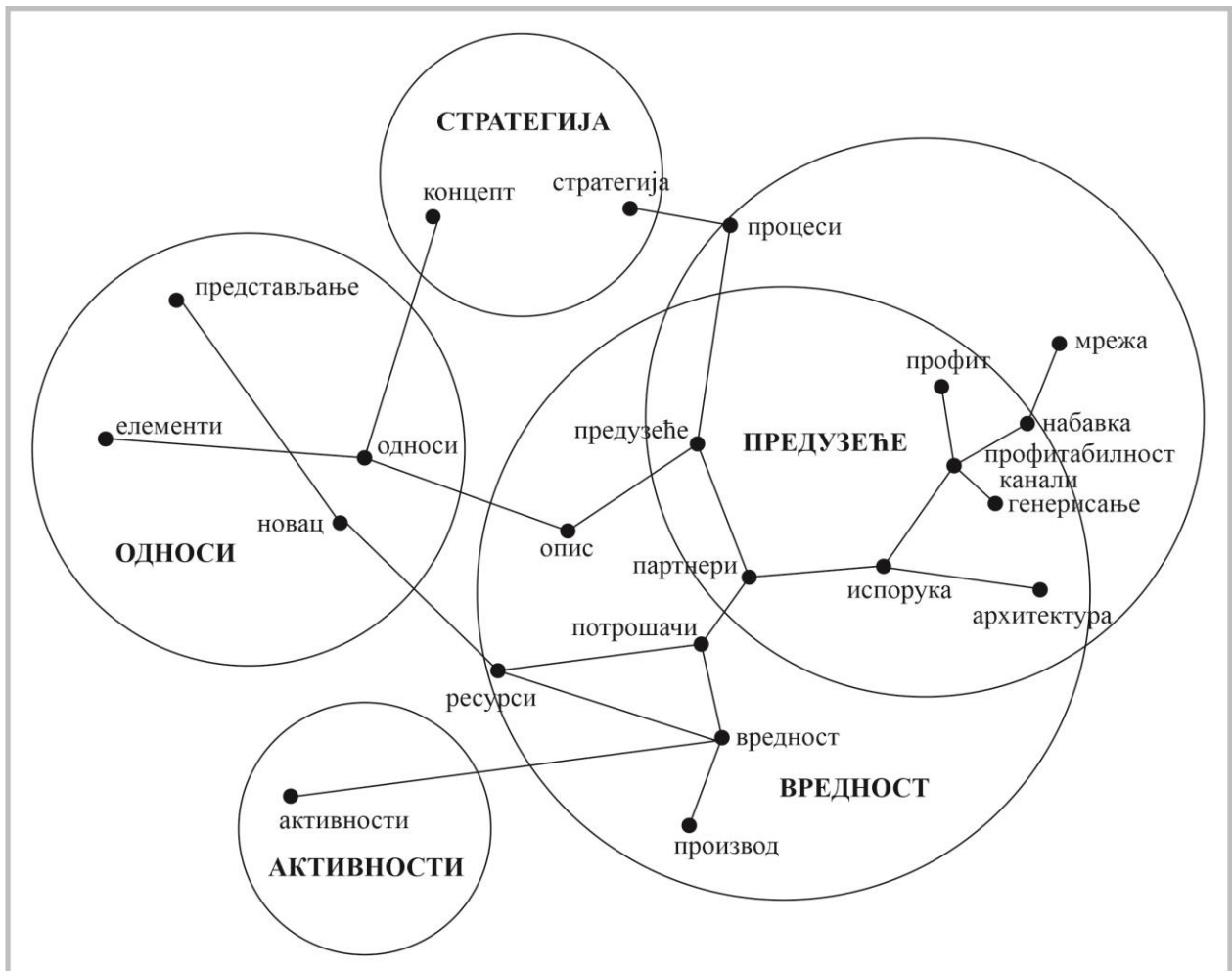
**Табела 3.5** Компоненте пословних модела према њиховим дефиницијама

Ред. бр. модела	Компоненте	
1.	1.Предлог вредности 2.Циљно тржиште 3.Ланац вредности	4.Мрежа вредности 5.Механизам прихода 6.Компететивна стратегија
2.	1.Предлог вредности 2.Формула профита	3.Кључни ресурси 4.Кључни процеси
3.	1.Кључне активности 2.Организација	3.Односи 4.Управљање

Извор: Адаптирано према Saebi и Foss (2015)

Анализирајући 19 литературних извора од 2004. године, Clauss (2016) је идентификовао 120 потенцијалних компоненти пословног модела. Дубљом анализом и брисањем синонимних термина издвојене су 73 семантички различите компоненте пословних модела. Идентификоване компоненте су затим класификоване у 3 димензије: (1) стварање вредности, (2) предлог вредности, и (3) хватање вредности.

Vagnoli и остали (2018) су у свом истраживању дошли до закључка да не постоји униформна дефиниција о пословним моделима као ни униформна веза између компоненти пословних модела у до сада дефинисаним оквирима (слика 3.7).



**Слика 3.7** Анализа пословних модела у литератури (Vagnoli и остали, 2018)

---

---

Анализирано истраживање се састојало од претраге литературе по критеријуму цитираности, издвајања значајног броја радова који дефинишу пословне моделе и анализе датих дефиниција кроз математичке прорачуне (слика 3.1). Анализом прикупљених дефиниција пословних модела може се закључити да је број понављања димензије/теме вредности у предложеним оквирима највећа. За њом следе димензије предузећа, односа, стратегије и активности. Свака од предложених димензија пословних модела се састоји из низа компоненти. Преклапање појединих димензија указује на појаву неслагања међу ауторима о припадности појединих компоненти одређеној димензији. Резултати овог истраживања указују на потребу за егзактном алокацијом компоненти пословних модела у групе пословних модела.

Анализом релевантне литературе у последње две деценије у раду Nestić и остали (2022) идентификовано је укупно 317 компоненти пословних модела. Аутори су током анализе литературе уочили две појаве: (1) појаву идентичних компоненти у више различитих оквира пословних модела и (2) појаву компоненти са различитим називима које су идентично дефинисане. Први проблем је превазиђен брисањем дупликата, док је други проблем превазиђен применом технике филтрирања критеријума где је свакој од компоненти придодана припадајућа дефиниција и на тај начин смањен број коначних компоненти.

Од великог броја литературних извора за потребе систематизације одабрани су само они радови који су предложили једну или више нових компоненти у односу на изворе из претходних година. На овај начин број идентификованих компоненти пословних модела је смањен на 59 јединствених а број литературних извора на 20 (Nestić и остали, 2022).

У табели 3.6 дат је детаљан приказ претходно систематизованих компоненти разматраних пословних модела.

Табела 3.6 Систематизација компоненти пословних модела

Ред. бр.	Компоненте пословних модела	Timmers (1998)	Bagchi и Tulske (2000)	Linder и Cantrell (2000)	Stewart и Zhao (2000)	Alt и Zimmerman (2001)	Petrovic и остали. (2001)	Rayport и Jaworski (2002)	Chesbrough и Rosenbaum (2002)	McGann и Luuinen (2002)	Osterwalder и Pigneur (2002)	Hedman и Kalling (2003)	Afuah (2004)	Osterwalder и Pigneur (2004)	Brousseau и Penard, (2006)	Johnson и остали (2008)	Richardson (2008)	Boons и Lüdeke-Freund (2013)	Taran и остали (2015)	Upward и Jones (2016)	Wirtz и остали (2016).
1	Алијансе															X					
2	Пословна архитектура	X										X									
3	Бренд															X					
4	Способности												X								X
5	Капитал (модел капитала)						X														X
6	Модел трговинског процеса			X																	
7	Конкуренти											X									
8	Повезане активности												X								
9	Кључне компетенције																			X	
10	Структура трошкова и ток прихода, модел профита								X							X					X
11	Кориснички интерфејс						X											X			
12	Модел односа са купцима						X				X								X		
13	Купци (сегмент купаца)				X							X									X
14	Прилагођене (или персонализоване) услуге		X																		
15	Управљање																				X
16	Канал испоруке													X							
17	Диференцијација и стратегијска контрола				X																
18	Дистрибуција, канали дистрибуције			X												X					
19	Опрема															X					
20	Финансије										X							X			X
21	Производња и размена роба и услуга														X						

Табела 3.6 (наставак 1) Систематизација компоненти пословних модела

Ред. бр.	Компоненте пословних модела	Timmers (1998)	Bagchi и Tulske (2000)	Linder и Cantrell (2000)	Stewart и Zhao (2000)	Alt и Zimmerman (2001)	Petrovic и остали. (2001)	Raupport и Jaworski (2002)	Chesbrough и Rosenbaum (2002)	McGann и Luuinen (2002)	Osterwalder и Pigneur (2002)	Hedman и Kalling (2003)	Afuah (2004)	Osterwalder и Pigneur (2004)	Brousseau и Penard, (2006)	Johnson и остали (2008)	Richardson (2008)	Boons и Lüdeke-Freund (2013)	Tagan и остали (2015)	Upward и Jones (2016)	Wirtz и остали (2016).
22	Имплементација												X								
23	ИТ архитектура и инфраструктура	X								X											
24	Кључне компоненте пословања											X									
25	Правна питања, законитости					X															
26	Сегмент тржишта							X													
27	Маркетинг стратегија	X					X		X												
28	Мисија, структура мисије					X															
29	Норме															X					
30	Понуда	X														X					
31	Организација (Форма и карактеристике)		X																		
32	Мрежа партнера															X			X	X	X
33	Људи															X					
34	Цена (Модел одређивања цене и стратегија)		X										X		X						
35	Мерење процеса, нефинансијска активност																			X	
36	Процеси					X										X					
37	Набавка																				X
38	Профит																		X	X	
39	Иновација производа										X										
40	Производ/услуга	X					X														
41	Пружање услуге																				X

Табела 3.6 (наставкак 2) Систематизација компоненти пословних модела

Ред. бр.	Компоненте пословних модела	Timmers (1998)	Bagchi и Tulsikie (2000)	Linder и Cantrell (2000)	Stewart и Zhao (2000)	Alt и Zimmerman (2001)	Petrovic и остали. (2001)	Rayport и Jaworski (2002)	Chesbrough и Rosenbaum (2002)	McGann и Luuinen (2002)	Osterwalder и Pigneur (2002)	Hedman и Kalling (2003)	Afuah (2004)	Osterwalder и Pigneur (2004)	Brousseau и Penard, (2006)	Johnson и остали (2008)	Richardson (2008)	Boons и Lüdeke-Freund (2013)	Tagan и остали (2015)	Upward и Jones (2016)	Wirtz и остали (2016).
42	Односи														X					X	
43	Ресурси (систем и модел)		X				X					X									X
44	Приход (модел, извори, ток)	X				X	X					X	X	X	X	X				X	X
45	Правила и метрика															X					
46	Обим				X								X								
47	Заинтересоване стране (користи и мрежа)	X										X		X							X
48	Структура											X									
49	Ланац набавке																	X			
50	Одрживост												X		X						
51	Продаја (циљни купац, циљно тржиште)															X			X	X	
52	Технологија (кључне инвестиције)		X			X															
53	Трговински механизми, протоколи								X												
54	Хватање вредности				X												X				
55	Ланац вредности								X										X		
56	Конфигурација вредности																			X	
57	Стварање вредности, дизајн																X				
58	Мрежа вредности, конфигурација								X												
59	Предлог вредности		X				X	X			X	X	X	X			X	X	X	X	X

Извор: Nestić и остали (2022)

---

---

# 4. ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ МЕТОДА ОДЛУЧИВАЊА

Неизвесности које егзистирају у развијеним моделима су описане лингвистичким исказима и моделиране су применом теорије фази скупова (Dubois и Prade, 1980; Zimmermann, 2010). Ради лакшег разумевања развијених модела у овом поглављу су приказане основе теорије фази скупова, поступак моделирања неизвесности применом теорије фази скупова, предложени поступци проширења више-атрибутивних метода одлучивања са теоријом фази скупова, проблеми оптимизације са класификацијом, методе регресионе и корелационе анализе и вештачке неуронске мреже.

## 4.1 Основне дефиниције о FST

У овој секцији дате су основне дефиниције о теорији фази скупова и фази алгебре (Dubois и Prade, 1980, Zimmermann, 2010).

*Дефиниција 1.* Лингвистичка променљива је променљива чије вредности су исказане лингвистичким терминима (Zimmerman, 2010).

*Дефиниција 2.* Фази скуп  $\tilde{A}$  је дефинисан као скуп уређеног пара:

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X, 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1\}$$

При чему је фази скуп  $\tilde{A}$  дефинисан на скупу реалних бројева  $x \in R$ . У општем случају, скуп  $X$  може да буде коначан или бесконачан. Основна карактеристика фази скупа  $A$  је функција припадности  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ . Сваки фази скуп је комплетно и јединствено одређен његовом функцијом припадности.

*Дефиниција 3.* Фази број  $\tilde{A}$  је конвексан нормализован фази скуп  $\tilde{A}$  на скупу реалних бројева  $R$  тако да:

Ако егзистира  $x_0 \in R$  тако да  $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$  је непрекидна на целој области дефинисаности.

*Дефиниција 4.* Прецизна вредност  $\varphi$  може да буде представљена помоћу TFN  $(\varphi, \varphi, \varphi)$ .

*Дефиниција 5.* Фази број  $\tilde{A}$  на скупу реалних бројева  $R$  је троугаони фази број ако његова функција припадности  $\mu_{\tilde{A}}(x) \in R \rightarrow [0,1]$  може да се запише:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{x-l}{m-l} & x \in [l, m] \\ \frac{x-u}{m-u} & x \in [m, u] \\ 0 & \text{друго} \end{array} \right\}$$

где:

$l \leq m \leq u$ ,  $l$  и  $u$  су најмање односно највеће вредности која припада домену  $X$ , респективно. Модална вредност је означена као  $m$ . Троугаони фази број је тада означен као  $(l, m, u)$ . Домен на којем је дефинисан фази број  $X$  је скуп елемената.

*Дефиниција 6.* Нека су дата два TFNs  $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$  и  $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2)$ . Алгебарске операције над овим бројевима су надаље приказане:

$$(l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$(l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$$

$$(l_1, m_1, u_1) \cdot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \cdot l_2, m_1 \cdot m_2, u_1 \cdot u_2)$$

$$(l_1, m_1, u_1) : (l_2, m_2, u_2) = (l_1 : u_2, m_1 : m_2, u_1 : l_2)$$

$$\varphi \cdot (l_1, m_1, u_1) = (\varphi \cdot l_1, \varphi \cdot m_1, \varphi \cdot u_1)$$

$$(l_1, m_1, u_1)^{-1} = \left( \frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right)$$

*Дефиниција 7.* Дефазификација је поступак којим се фази број трансформише у одговарајућу скаларну вредност. Постоји више метода дефазификације:

а) метода осредњавања (Hasheminasab и остали, 2019):

За TFN  $\tilde{A} = (l, m, u)$  коресподентни скалар се добија према изразу:

$$(l + 4 \cdot m + u)/6$$

б) метода могућности (Dubois и Prade, 1980):

$$\begin{cases} u - \sqrt{\frac{(u-l) \cdot (u-m)}{2}} & u - m > m - l \\ \sqrt{\frac{(u-l) \cdot (u-m)}{2}} - l & u - m < m - l \\ m & \text{у осталим случајевима} \end{cases}$$

в) метода гравитације:

$$\frac{\int_{l_1}^{u_1} x \cdot \mu_{\tilde{A}}(x)}{\int_{l_1}^{u_1} \mu_{\tilde{A}}(x)}$$

г) методу центра гравитације је увео Yager (1981). Формула према којој се TFNs, односно TrFNs трансформишу у прецизне бројеве је дефинисана од стране Wang и Elhag (2007):

За TFN  $\tilde{A}$  коресподентни скалар се добија према изразу:

$$(l + m + u)/3$$



---

---

д) метода једноставне гравитације Teng и Tzeng (1993)

За TFN  $\tilde{A}$  коресподентни скалар се добија према изразу:

$$\frac{(u-l) + (m-l)}{3} + l$$

Дефиниција 8. Посматрајмо два TFNs  $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$  и  $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2)$ .

Дистанце између ова два фази броја су:

а) *Euclidian* дистанца:

$$d = \sqrt{\frac{(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2}{3}}$$

б) *Hamming* дистанца:

$$d = \frac{1}{4} \cdot (|l_1 - l_2| + 2 \cdot |m_1 - m_2| + |u_1 - u_2|)$$

в) Дистанца заснована на *Grezegorzewski* методи:

$$d = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \max(|l_1 - l_2|, |m_1 - m_2|), \max(|m_1 - m_2|, |u_1 - u_2|) \right\}$$

г) Дистанца заснована на методи (Chen и Tzeng, 2004)

$$d = \sqrt{\frac{(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2 + (l_1 - l_2) \cdot (m_1 - m_2) + (m_1 - m_2) \cdot (u_1 - u_2)}{6}}$$

Дефиниција 9. Посматрајмо  $N$  TFNs који формално могу да се представе  $(l^n, m^n, u^n)$ . Агрегирање ових TFNs у јединствени оцену,  $\tilde{x}$  може да се изврши применом различитих агрегатора:

а) аритметичка средина

$$\tilde{x} = \left( \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1, \dots, N} l^n, \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1, \dots, N} m^n, \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1, \dots, N} u^n \right)$$

б) геометријска средина

$$\tilde{x} = \left( \sqrt[N]{\prod_{n=1, \dots, N} l^n}, \sqrt[N]{\prod_{n=1, \dots, N} m^n}, \sqrt[N]{\prod_{n=1, \dots, N} u^n} \right)$$

в) хармонијска средина

$$\tilde{x} = \left( \frac{N}{\sum_{n=1,\dots,N} \frac{1}{u^n}}, \frac{N}{\sum_{n=1,\dots,N} \frac{1}{m^n}}, \frac{N}{\sum_{n=1,\dots,N} \frac{1}{l^n}} \right)$$

г) квадратна средина

$$\tilde{x} = \left( \sqrt{\frac{\sum_{n=1,\dots,N} (l^n)^2}{N}}, \sqrt{\frac{\sum_{n=1,\dots,N} (m^n)^2}{N}}, \sqrt{\frac{\sum_{n=1,\dots,N} (u^n)^2}{N}} \right)$$

д) кубна средина

$$\tilde{x} = \left( \sqrt[3]{\frac{\sum_{n=1,\dots,N} (l^n)^3}{N}}, \sqrt[3]{\frac{\sum_{n=1,\dots,N} (m^n)^3}{N}}, \sqrt[3]{\frac{\sum_{n=1,\dots,N} (u^n)^3}{N}} \right)$$

*Дефиниција 10.* Нормализација је поступак којим се домени свих TFNs унутар сваког атрибута фази матрице одлучивања пресликавају на интервал  $[0 - 1]$ . На овај начин вредности у фази матрице одлучивања постају упоредиве. Нека су вредности атрибута  $k, k = 1, \dots, K$  за сваку алтернативу  $i, i = 1, \dots, I$  описани TFNs  $(l_{ik}, m_{ik}, u_{ik})$ . Атрибути могу да буду бенефитног и трошковног типа. За бенефитан тип атрибута важи да што је већа вредност то је боље, важи и обрнуто. За трошковни тип атрибута важи да што је мања вредност то је боље, важи и обрнуто. Надаље су изложени различити поступци нормализације:

а) линеарна нормализација

– трошковни тип атрибута

$$r_{ik} = \left( \frac{l^{min}}{u_{ik}}, \frac{l^{min}}{m_{ik}}, \frac{l^{min}}{l_{ik}} \right)$$

$$l^{min} = \min_{i=1,\dots,I} l_{ik}$$

– бенефитни тип атрибута

$$r_{ik} = \left( \frac{l_{ik}}{u^{max}}, \frac{m_{ik}}{u^{max}}, \frac{u_{ik}}{u^{max}} \right)$$

$$u^{max} = \max_{i=1,\dots,I} u_{ik}$$

б) векторска нормализација

– трошковни тип атрибута

$$r_{ik} = \left( \frac{\frac{1}{u_{ik}}}{\sqrt{\sum_{i=1,\dots,I} \left(\frac{1}{l_{ik}}\right)^2}}, \frac{\frac{1}{m_{ik}}}{\sqrt{\sum_{i=1,\dots,I} \left(\frac{1}{m_{ik}}\right)^2}}, \frac{\frac{1}{l_{ik}}}{\sqrt{\sum_{i=1,\dots,I} \left(\frac{1}{u_{ik}}\right)^2}} \right)$$

- бенефитни тип атрибута

$$r_{ik} = \left( \frac{l_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1, \dots, I} (u_{ik})^2}}, \frac{m_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1, \dots, I} (m_{ik})^2}}, \frac{u_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1, \dots, I} (l_{ik})^2}} \right)$$

Дефиниција 11. Разматрајмо два TFNs  $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  и  $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ . Рангирање ових фази бројева је засновано на поступку који су развили Dubois и Prade (1980) који је заснован на мери веровања, тако да:

$$Bel(\tilde{A}_2 \geq \tilde{A}_1) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}$$

Разматрајмо  $N$  TFNs,  $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_N$ . Мера веровања да је TFN  $\tilde{A}_n, n = 1, \dots, N$  већи од свих осталих TFNs засновано је на процедури коју су предложили Baas и Kwakernaak (1977), тако да:

$$\begin{aligned} & Bel(\tilde{A}_n \geq \tilde{A}_1 \wedge \dots \wedge \tilde{A}_n \geq \tilde{A}_{n-1} \wedge \tilde{A}_n \geq \tilde{A}_{n+1} \dots \wedge \tilde{A}_n \geq \tilde{A}_N) \\ & = \min \left( \begin{array}{c} Bel(\tilde{A}_n \geq \tilde{A}_1), \dots, Bel(\tilde{A}_n \geq \tilde{A}_{n-1}), Bel(\tilde{A}_n \geq \tilde{A}_{n+1}), \dots \\ Bel(\tilde{A}_n \geq \tilde{A}_N) \end{array} \right) \end{aligned}$$

## 4.2 Моделирање неизвесности

Многи истраживачи сматрају да је ближе људском начину размишљања да доносиоци одлука користе лингвистичке исказе како би описали непрецизне и неизвесне информације при доношењу одлука. Развој теорије математике, као што је теорија фази скупова (Dubois и Prade, 1980; Zimmermann, 2010) омогућава да се лингвистичке променљиве на довољно добар начин квантификују.

Фази скуп је представљен помоћу своје функције припадности чији параметри су облик, гранулација и домен (Zadeh, 1977). Облик функције припадности може се добити на основу субјективног мишљења доносиоца одлука, интуиције и контекстуалног знања о моделованом концепту (Zimmermann, 2010).

Избор облика функције припадности може се разматрати као независан проблем. У литератури највећи број аутора сматра да се неизвесни и непрецизни подаци довољно добро могу моделовати: (а) помоћу TrFNs, Dong и Wan (2019); Singh и Sarkar (2020) и (б) и помоћу TFNs, као нпр. Akkaya и остали (2015); Tadić и остали (2017); Nestić и остали, (2019); Wang, и остали (2021); Mabrouk (2021). Код троугаоне функције расподеле могућности, максимална вредност мере веровања се постиже само у једној тачки. Насупрот томе максимална вредност мере веровања се постиже у бесконачном броју тачака које се налазе на дужи код трапезоидне фази функције. Може се рећи да трапезоидни фази скуп на бољи начин описује неизвесност и непрецизност података. Коришћење TFNs умањује комплексност рачунања и у исто време постигнути резултати су довољно тачни. У овој докторској дисертацији, све егзистирајуће неизвесности су описане користећи TFNs.

Грануларност је дефинисана као број лингвистичких исказа и њима кореспондентних фази бројева помоћу којих се могу проценити вредности неизвесних и непрецизних података. Гранулација зависи од величине и сложености проблема. Lootsma (2013) предлаже коришћење највише седам лингвистичких исказа.

---

---

У оквиру ове докторске дисертације коришћено је пет, односно седам унапред дефинисаних лингвистичких исказа аналогно Tadić и остали, (2018); Celik (2016); Aleksić и Tadić (2023).

Домен фази скупова може се дефинисати на различитим мерним скалама, уобичајени домени мерних скала су [1-5], [0-1], [1-9] као што је предложено у оквиру ове докторске дисертације.

Решавање многобројних проблема инжењерског менаџмента засновано је на примени различитих квантитативних и MADM модела који су проширени са типом 1 фази бројева (Mardani и остали, 2015).

### **4.3 Метода ГАНР**

Да би се разумели принципи проширења Аналитичког хијерархијског процеса - АНР коју је увео Saaty седамдесетих година XX века, неопходно је укратко објаснити конвенционалну АНР методу.

#### **4.3.1 Конвенционална АНР**

АНР је једна од најшире коришћених метода више-атрибутивног одлучивања која се користи за решавање различитих управљачких проблема.

У циљу бољег разумевања ове методе, прво су изложене основне поставке конвенционалне АНР. Основна карактеристика ове методе је да могу да се разматрају сложени проблеми који могу да се декомпонују на више хијерархијских нивоа. На сваком нивоу, доносиоци одлука процењују релативну важност критеријума као и релативну преферентност алтернатива на нивоу сваког критеријума. Важно је истаћи, да на овај начин доносиоци одлуке не морају да воде рачуна о типу критеријума, што значајно поједностављује процес одлучивања. Другим речима, процена доносиоца одлука се поставља као матрица парова упоређења која има следеће особине:

- 1) Матрица парова упоређења релативне важности атрибута/преферентности алтернатива је квадратна.
- 2) Елементи на главној дијагонали постављене матрице нису дефинисани.
- 3) Вредности елемената су реципрочни у односу на главну дијагоналу.

Најмања вредност у матрици парова упоређења је једнака 1 а остале вредности се добијају када се та најмања вредност помножи неком константом.

У компаративним студијама (Saaty, 2013) је показано да доносиоци одлуке најбоље могу да искажу своје процене ако користе скалу мера од [1-9]. Вредност 1 означава да релативна важност/преферентност посматраних варијабли је подједнака, односно екстремно важнија/преферентнија, респективно.

Током процеса доношења одлука, когнитивна ограничености ствара тенденцију да се поједностави ситуација и пажња фокусира на ограничени број исказа. Ова појава омогућава брже и ефикасније доношење одлука, али може довести до пропуштања важних информација или аспеката. Резултати истраживања психолога показују да доносиоци одлуке не могу без конфузије да користе више од девет различитих вредности у процесу процењивања важности или вредности променљивих.

---

---

Saaty (2013) је дефинисао четири аксиоме на којима је заснована АНР:

- 1) *Аксиома реципрочности*. Ако је елемент матрице парова упоређења,  $a_{kk'}$   $n$  пута значајнији од неког другог елемента разматране матрице,  $a_{kj'}$ , тада је елемент  $a_{kj'}$   $1/n$  пута значајнији од елемента  $a_{kk'}$ .
- 2) *Аксиома хомогености*. Поређење има смисла само ако су вредности елемената упоредиви. Другим речима није могуће да неки елемент буде бесконачно пута већи/мањи од било ког другог елемента матрице парова упоређења.
- 3) *Аксиома зависности*. Само елементи који се налазе на једном нивоу могу да се пореде.
- 4) *Аксиома очекивања*. Свака промена у структури хијерархије захтева поновно одређивање хијерархије.

Да би процене доносилаца одлука могле да се прихвате неопходно је да се одреди њихова тачност, односно да матрица парова упоређења буде конзистентна. Претпоставимо да су елементи матрице парова упоређења позитивни и реципрочни у односу на главну дијагоналу. Ако је испуњена ова претпоставка, сматра се да је испуњен потребан услов да је матрица парова упоређења конзистентна. Довољан услов да је матрица парова упоређења конзистентна је да сопствена вредност матрице буде једнака димензији матрице. Нека је димензија матрица парова упоређења означена као  $K$ .

Сопствена вредност матрице  $A$  се рачуна према матричној једначини:

$$A \cdot \omega = \lambda_{max} \cdot \omega$$

где је:

$\omega$  –вектор тежина/преферентности

Вредности елемената овог вектора  $\omega_k$  се рачунају према изразу:

$$\omega_k = \frac{\sum_{k'=1, \dots, K} a_{kk'}}{\sum_{k=1, \dots, K} \sum_{k'=1, \dots, K} a_{kk'}}$$

Максимална вредност сопственог вектора матрице парова упоређења је означена као  $\lambda_{max}$ . Ова вредност је већа или једнака од димензије матрице парова упоређења чији елементи су позитивни и реципрочни. Мера конзистентности се рачуна применом методе сопственог вектора.

Ова вредност је већа или једнака  $K$  за матрице чије су вредности позитивне и реципрочне. Ако и само ако је матрица парова упоређења конзистентна тада важи  $\lambda_{max} = K$ . Мера неконзистентности се рачуна према изразу:

$$\lambda_{max} - K$$

Нормализацијом ове мере помоћу димензије матрице парова упоређења, Saaty (2013) дефинише однос конзистентности који је означен као C.R. (Haker, 1988; Saaty, 1990):

$$C.R. = \frac{\lambda_{max} - K}{K - 1}$$

За сваку димензију матрице парова упоређења, дефинисане су случајне вредности, R.I.(енг. *Random Index*) чије су вредности дате у табели 4.1 (Naker, 1988).

**Табела 4.1** Вредности променљиве R.I. у зависности од димензије матрице парова упоређења

К	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R.I.	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57

Индекс конзистентности (енг. *Consistency Index-C.I.*) се рачуна према изразу:

$$C.I.=C.R./R.I.$$

Сматра се да је матрица парова упоређења конзистентна, односно да грешке који су направили доносиоци одлука не утичу на тачност резултата, ако је  $C.I. \leq 0.1$ .

Како је ближе људском начину размишљања да доносиоци одлука процене исказују речима природног језика а не користећи прецизне бројеве, стога у литератури се може наћи велики број радова у којима је конвенционална АНР проширена са теоријом фази скупова. Обрада неизвесности и непрецизности у АНР генерално може да се обради применом различитих поступка: методом проширене анализе (Chang, 1996), фази геометријском средином (Buckley, 1985) и др.

На даље је дат детаљан преглед литературе проширења АНР са теоријом фази скупова.

#### 4.3.2 *Обрада неизвесности у FАНР помоћу методе проширене анализе*

Метода проширене анализе (Chang, 1996) се широко користи у литератури за обраду неизвесности када су исте задате помоћу фази матрице парова упоређења. Надаље је дат алгоритам методе проширене анализе.

*Корак 1.* Претпоставимо да је релативна важност/преферентност разматраних променљивих задата:

$$[\tilde{a}_{ii'}]_{I \times I}$$

где су елементи горње матрице моделирани TFNs који се формално представљају:

$$\tilde{a}_{ii'} = (l_{ii'}, m_{ii'}, u_{ii'})$$

Доња и горња граница ових TFNs су означене као  $l_{ii'}, u_{ii'}$ , респективно. Модална вредност је означена као  $m_{ii'}$ .

Ако је променљива  $i'$  строго важнија/преферентнија од променљиве  $i, i = 1, \dots, I$  тада се елемент матрице парова упоређења може писати као:

$$\tilde{a}_{ii'} = (\tilde{a}_{i'i})^{-1} = \left( \frac{1}{u_{i'i}}, \frac{1}{m_{i'i}}, \frac{1}{l_{i'i}} \right)$$

Ако променљиве  $i$  и  $i'$ ;  $i, i' = 1, \dots, I$  имају једнаку важност/преферентност тада се може представити прецизним бројем 1 који се као TFN представља (1,1,1).

Корак 2. Вредност фази синтетичког проширења за променљиву  $i, i = 1, \dots, I$  је:

$$S_i = \frac{\sum_{i'=1, \dots, I} \tilde{a}_{ii'}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sum_{i'=1, \dots, I} \tilde{a}_{ii'}}$$

$$S_i = \left( \frac{\sum_{i'} l_{ii'}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sum_{i'=1, \dots, I} u_{ii'}}, \frac{\sum_{i'} m_{ii'}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sum_{i'=1, \dots, I} m_{ii'}}, \frac{\sum_{i'} u_{ii'}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sum_{i'=1, \dots, I} l_{ii'}} \right)$$

Корак 3. Вектор тежина/преферентности је представљен као:

$$W = \left( Bel(\tilde{S}_i > \tilde{S}_{i'}) \right)_{I \times I}, i, i' = 1, \dots, I; i \neq i'$$

где је:

$Bel(\tilde{S}_i > \tilde{S}_{i'})$  мера веровања да је важност/преферентност променљиве  $i$  већа од променљиве  $i'$ ;  $i, i' = 1, \dots, I$ . Ове вредности су добијене у поступку поређења два TFNs који је приказан у поглављу 4.1.

Корак 4. Применом поступка линеарне нормализације (Pomerol и Varba-Romeo, 2000), добија се нормализовани вектор тежине,  $\omega$ :

$$\omega = (\omega_1, \dots, \omega_k, \dots, \omega_K)$$

### 4.3.3 Обрада неизвесности у ГАНР коришћењем геометријске средине

Buckleу (1985) је проширио конвенционалну АНР (Saaty, 2013) тако што је елементе матрице парова упоређења описивао помоћу TrFNs. Вектор тежина/преферентности је добијен применом фази геометријске средине. До сада, овај начин обраде неизвесности није добио критике. Надаље је описана ова метода.

Корак 1. Претпоставимо да је релативна важност/преферентност разматраних променљивих задата:

$$[\tilde{a}_{ii'}]_{I \times I}$$

где су елементи горње матрице моделирани TFNs који се формално представљају:

$$\tilde{a}_{ii'} = (l_{ii'}, m_{ii'}, n_{ii'}, u_{ii'})$$

Доња и горња граница ових TFNs су означене као  $l_{ii'}, u_{ii'}$ , респективно. Модална вредност је означена као  $m_{ii'}$  и  $n_{ii'}$ .

Ако је променљива  $i'$  строго важнија/преферентнија од променљиве  $i, i = 1, \dots, I$  тада се елемент матрице парова упоређења може писати:

$$\tilde{a}_{ii'} = (\tilde{a}_{i'i})^{-1} = \left( \frac{1}{u_{i'i}}, \frac{1}{n_{i'i}}, \frac{1}{m_{i'i}}, \frac{1}{l_{i'i}} \right)$$

Ако променљиве  $i$  и  $i'$ ;  $i, i' = 1, \dots, I$  имају једнаку важност/преферентност тада се може представити прецизним бројем 1 који се као TrFN представља  $(1, 1, 1, 1)$ .

Корак 2. Геометријска средина сваке врсте  $i, i = 1, \dots, I$  је:

$$\tilde{S}_i = \left( \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} l_{ii'}}, \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} m_{ii'}}, \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} n_{ii'}}, \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} u_{ii'}} \right)$$

Корак 3. Вектор тежина/преферентности је представљен као:

$$\tilde{\omega}_i = \left( \frac{\sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} l_{ii'}}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} u_{ii'}}}, \frac{\sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} m_{ii'}}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} n_{ii'}}}, \frac{\sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} n_{ii'}}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} m_{ii'}}}, \frac{\sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} u_{ii'}}}{\sum_{i=1, \dots, I} \sqrt[I]{\prod_{i'=1, \dots, I} l_{ii'}}} \right)$$

Треба напоменути да је вектор тежина описан непрецизним бројем. Развијени поступак може да се примени и у случају када су елементи фази матрице парова упоређења описани као TFNs.

#### 4.3.4 Метод логаритамског фази програмирања преференција

Метод логаритамског фази програмирања преференција су увели Wang и Chin (2011). Побољшање ове методе су извршили Rezaei и остали (2013).

У оквиру овог поглавља је приказана побољшана метода логаритамског фази програмирања чијом применом се добијају довољно тачни резултати.

Корак 1. Претпоставимо да је релативна важност/преферентност разматраних променљивих задата:

$$[\tilde{a}_{ii'}]_{I \times I}$$

где су елементи горње матрице моделирани TFNs који се формално представљају:

$$\tilde{a}_{ii'} = (l_{ii'}, m_{ii'}, u_{ii'})$$

Доња и горња граница ових TFNs су означени као  $l_{ii'}, u_{ii'}$ , респективно.

Модална вредност је означена као  $m_{ii'}$ .

Ако је променљива  $i'$  строго важнија/преферентнија од променљиве  $i, i = 1, \dots, I$  тада се елемент матрице парова упоређења може писати:

$$\tilde{a}_{ii'} = (\tilde{a}_{i'i})^{-1} = \left( \frac{1}{u_{i'i}}, \frac{1}{m_{i'i}}, \frac{1}{l_{i'i}} \right)$$

Ако променљиве  $i$  и  $i'$ ;  $i, i' = 1, \dots, I$  имају једнаку важност/преферентност тада се може представити прецизним бројем 1 који се као TFN представља (1,1,1).

Корак 2. Логаритамску вредност TFN  $\tilde{a}_{ii'}$  су дефинисали Wang и Chin (2011):

$$\ln(\tilde{a}_{ii'}) = (\ln l_{ii'}, \ln m_{ii'}, \ln u_{ii'})$$



Функција расподеле могућности TFN  $\tilde{a}_{ii'}$  има следеће особине:

$$\mu(\tilde{a}_{ii'}) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\ln(\omega_i/\omega_{i'}) - \ln l_{ii'}}{\ln m_{ii'} - \ln l_{ii'}}, \quad \ln(\omega_i/\omega_{i'}) \leq \ln m_{ii'} \\ \frac{\ln u_{ii'} - \ln(\omega_i/\omega_{i'})}{\ln u_{ii'} - \ln m_{ii'}}, \quad \ln(\omega_i/\omega_{i'}) \geq \ln m_{ii'} \end{array} \right\}$$

Елементи вектора тежина  $\omega_i$  су описани прецизним бројевима који се добијају коришћењем модела:

Функција циља:

$$\max(1 - \lambda)$$

Ограничења:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \ln \omega_i - \ln \omega_{i'} - \lambda \cdot (m_{ii'}/l_{ii'}) \geq \ln l_{ii'} & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \\ -\ln \omega_i + \ln \omega_{i'} - \lambda \cdot (u_{ii'}/m_{ii'}) \geq -\ln u_{ii'} & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \\ \omega_i \geq 0 & = 1, \dots, I \end{array} \right\}$$

Где је:

$\lambda = \min \{ \mu_{ii'} \}$  је минимална вредност функције расподеле могућности.

*Корак 3.* Да би се обезбедило да  $\lambda$  буде не-негативна променљива уводе се не-негативне променљиве одступања,  $\delta_{ii'}$ ,  $\varepsilon_{ii'}$  које треба да задовоље следеће услове:

$$\begin{aligned} \ln \omega_i - \ln \omega_{i'} - \lambda \cdot \left( \frac{m_{ii'}}{l_{ii'}} \right) + \delta_{ii'} &\geq \ln l_{ii'} & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \\ -\ln \omega_i + \ln \omega_{i'} - \lambda \cdot \left( \frac{u_{ii'}}{m_{ii'}} \right) + \varepsilon_{ii'} &\geq -\ln u_{ii'} & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \end{aligned}$$

Rezaei и остали (2013) је модификовао модел који може да се представи као :

$$\min \left\{ (1 - \lambda)^2 + M \sum_{i=1, \dots, I-1} \sum_{i'=2, \dots, I} \left( (\delta_{ii'}^*)^2 + (\varepsilon_{ii'}^*)^2 \right) \right\}$$

Где су ограничења:

$$\left\{ \begin{array}{ll} x_i - x_{i'} - \lambda \cdot \left( \frac{m_{ii'}}{l_{ii'}} \right) + \delta_{ii'} \geq \ln l_{ii'} & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \\ -x_i + x_{i'} + \lambda \cdot \left( \frac{u_{ii'}}{m_{ii'}} \right) + \varepsilon_{ii'} \geq -\ln u_{ii'} & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \\ x_i, \lambda \geq 0 & \\ \delta_{ii'}, \varepsilon_{ii'} \geq 0 & i = 1, \dots, I-1; i' = 2, \dots, I \end{array} \right\}$$

Тако да се тежина/преферентност добија према изразу:

$$\omega_i^* = \frac{e^{x_i}}{\sum_{i=1, \dots, I} e^{x_i}}$$

### 4.3.5 Компаративна анализа FAHP

Компаративна анализа предложених FAHP је приказана у Табели 4.2.

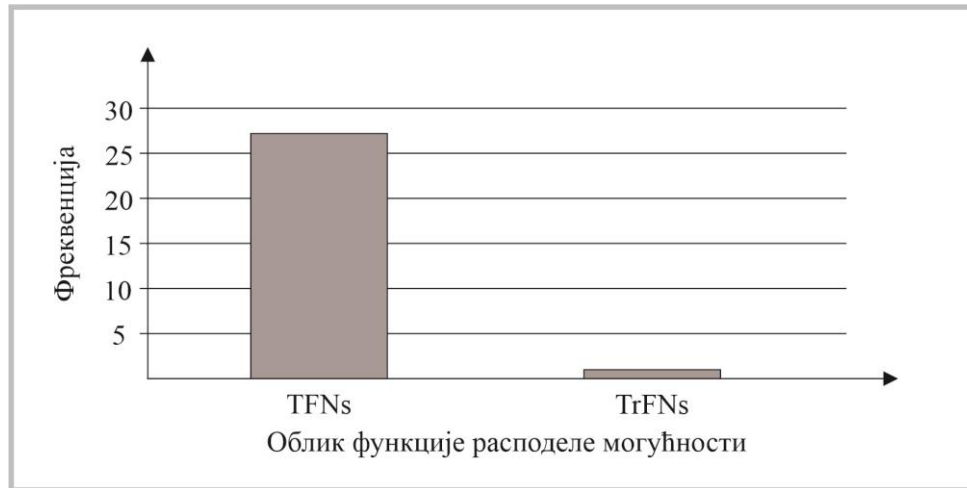
**Табела 4.2** Преглед литературе за FAHP

Аутори	Број/тип/домен фази бројева	Агрегација процена доносилаца одлуке/ Провера конзистентности агрегиране фази матрице парова упоређења	Вектор тежина
Ertay и остали (2013)	9/TrFNs/[1-10]	FOWA/ метода осредњавања (Hasheminasab и остали, 2019) и сопствени вектор	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Paksoy и остали (2012)	5/TFNs/[1-6]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Tadić и остали (2013)	5/TFNs/[1-5]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Bayrakdaroglu и Yalcin (2013)	5/TFNs/[0.5-3.5]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Tadić и Aleksić (2013)	5/TFNs/[1-5]	FOWA/ Метода момента и сопствени вектор	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Van de Каа и остали (2014)	9/TFNs/[1-9]	-/ Логаритамска методологија програмирања фази преференција (Wang и Chin, 2011)	Логаритамска методологија програмирања фази преференција (Rezaei и остали, 2013)/ прецизни бројеви
Kaharaman и остали (2014)	5/TFNs/[1-9]	-/ метод тоталног интеграла (Liou и Wang, 1992)	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs
Tadić и остали (2014)	5/TFNs/[1-5]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Roy и остали (2014)	9/TFNs/[1-9]	-/ метод тоталног интеграла	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Gürbüz и остали (2014)	5/TFNs/[1-3.5]	-/ метода осредњавања (Hasheminasab и остали, 2019) и индекс конзистентности (Cheng, 1998)	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs
Kusumawardani и Agintiara (2015)	5/TFNs/[1-9]	-/-	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs
Akkaya и остали (2015)	5/TFNs/[1-4.5]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Beskese и Demir (2015)	6/TFNs/[1-9]	Фази геометријска средина/ Стандардна метода дефазификације (Wang и Elhag, 2007) и сопствени вектор	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ прецизни бројеви добијени применом дефазификационе процедуре (Orpicovic и Tzeng, 2004)
Tadić и остали (2017)	5/TFNs/[1-5]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Mačuzić и остали (2016)	5/TFNs/[1-5]	FOWA/-	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs

**Табела 4.2** (наставак 1) Преглед литературе за ФАНР

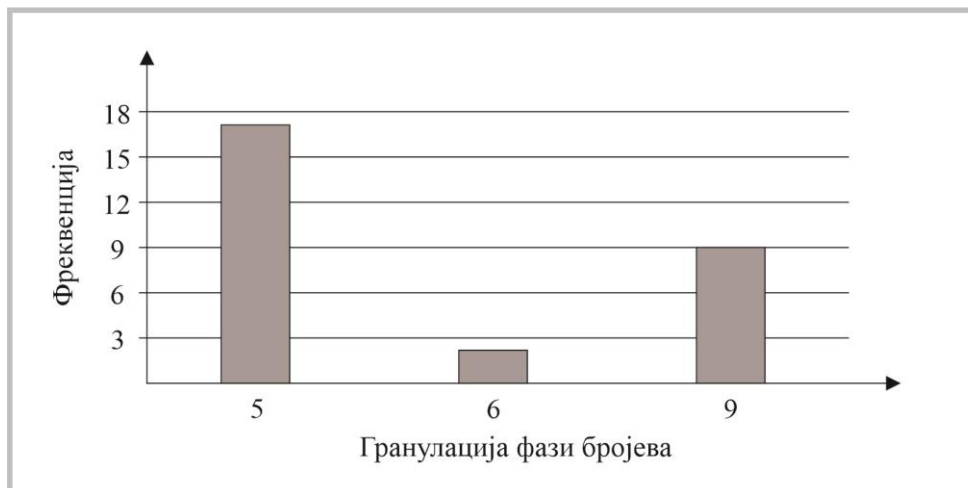
Аутори	Број/тип/домен фази бројева	Агрегација процена доносилаца одлуке/ Провера конзистентности агрегиране фази матрице парова упоређења	Вектор тежина
Tadić и остали (2017)	5/TFNs/[1-5]	FOWA/ момент максималне могућности и сопствени вектор	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs
Dožić и остали (2017)	5/TFNs/[1-3.5]	-/ Логаритамска методологија програмирања фази преференција (Wang и Chin, 2011)	Логаритамска методологија програмирања фази преференција (Rezaei и остали, 2013)/ прецизни бројеви
Calabrese и остали (2019)	5/TFNs/[1-3.5]	-/ Стандардна метода дефазификације (Wang и Elhag, 2007) и сопствени вектор	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Banduka и остали (2018)	5/TFNs/[1-5]	-/ Метода момента и сопствени вектор	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Leśniak и остали (2018)	9/TFNs/[1/3-3]	-/ метода осредњавања	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Mallick и остали (2019)	9/TFNs/[1-9]	-/метод дефазификације (Mallick и остали, 2018)	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs
Chou и остали (2019)	9/TFNs/[1-9]	Фази аритметичка средина/-	Геометријска средина (Buckley, 1985)/ прецизни бројеви добијени применом дефазификационе процедуре (Orpicovic и Tzeng, 2004)
Boral и остали (2020)	9/TFNs/[1/3-3]	фази аритметичка средина/ метода центра гравитације и сопствени вектор	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs
Mittal и остали (2019)	5/TFNs/[1-9]	-/ $\alpha$ -пресек (Lee и остали, 2008)	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ прецизни бројеви добијени методом центроидне дефазификације
Ban и остали (2020)	5/TFNs/[1-2.5]	-/ Стандардна метода дефазификације (Wang и Elhag, 2007) и сопствени вектор	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Zavadskas и остали (2020)	6/TFNs/[1-3.5]	-/-	Проширена анализа (Chang, 1996)/ Прецизни бројеви
Bakır и Atalık (2021)	9/TFNs/[1-9]	фази геометријска средина/-	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ Прецизни бројеви добијени применом методе центра гравитације и процедуре линеарне нормализације
Wang и остали (2021)	9/TFNs/[1-10]	-/ метода леве и десне стране (Wang и остали (2021) и сопствени вектор	Геометрисјка средина (Buckley, 1985)/ TFNs

Радови приказани у Табели 4.2 у наставку ове дисертације су анализирани. На сликама 4.1-4.3 приказане су карактеристике фази бројева. На слици 4.1 приказана је учесталост коришћења различитих облика функције расподеле могућности фази бројева. На слици 4.2 приказана је гранулација фази бројева. На слици 4.3 приказани су домени над којима су дефинисани фази бројеви.



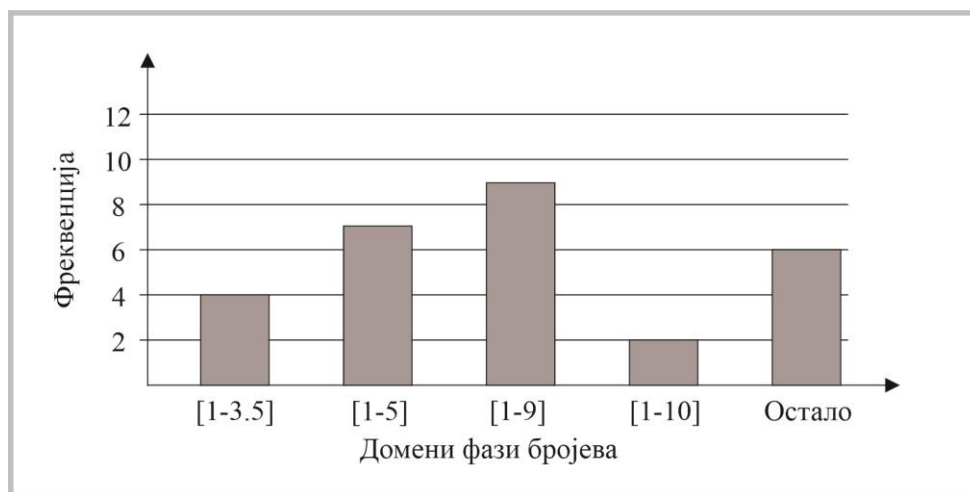
**Слика 4.1** Облик функције расподеле

Као што се може закључити са слике 4.1, аутори у готово свим анализираним радовима су користили TFNs који захтевају значајно мање напора при одређивању вектора тежина без обзира да ли се користи метода проширене анализе (Chang 1996) или фази геометријска средина (Buckley, 1985).



**Слика 4.2** Гранулација фази бројева

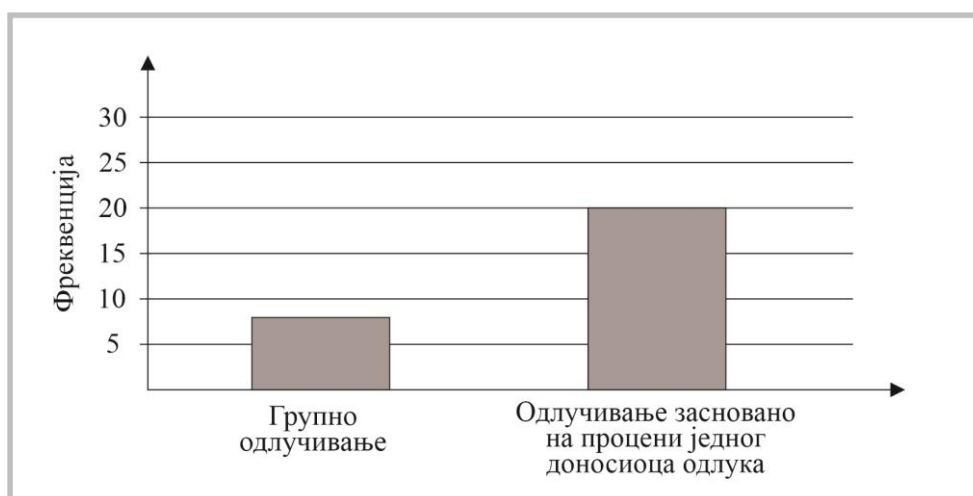
Друга карактеристика фази бројева је гранулација. Не постоји препорука или правило према коме се одређује број лингвистичких исказа који се користе за описивање релативне важности ставки у фази матрици парова унапређења. Са слике 4.2 се може уочити да највећи број аутора у анализираним радовима сугерише да је довољно користити 5 лингвистичких исказа.



**Слика 4.3** Домени фази бројева

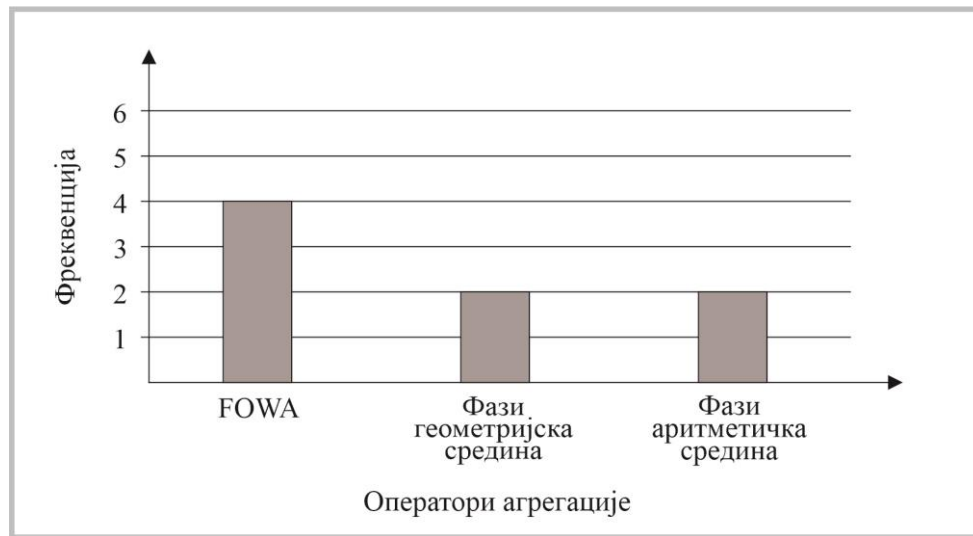
Највећи број аутора у анализираним радовима су домене фази бројева дефинисали на стандардној скали мера, аналогно конвенционалној АНР. Треба приметити да многи аутори сматрају да је адекватно користити школску скалу мера [1-5]. На слици 4.3 су приказане фреквенције коришћења и осталих скала мера које су коришћене у осталим анализираним радовима. Треба подвући да су аутори домене дефинисали на скупу реалних позитивних бројева различитих од 0. На овај начин испоштоване су аксиоме дефинисане у конвенционалној АНР методи.

Као што је познато, процена релативне важности сваког пара разматраних ставки може да буде заснована на мишљењу једног доносиоца одлука или да се постави као проблем групног одлучивања. Са слике 4.4 може се уочити да је највећи број аутора увео претпоставку да вредност елемената фази матрице парова упоређења су процењене од стране једног доносиоца одлуке. Ова претпоставка омогућава да обрада фази матрица парова упоређења буде временски и рачунски мање захтевна. Недостатак FАНР које су засноване на овој претпоставци може да буде недовољна тачност резултата у случају да доносиоци одлука немају довољно знања, искуства или потребних информација. Многи аутори су одређивање вредности елемената фази матрице упоређења поставили као задатак фази групног одлучивања. На овај начин вредности елемената разматране фази матрице мање су оптерећене субјективношћу процена доносиоца одлука.



**Слика 4.4** Различити начини процена доносиоца одлука

Пресликавање процена доносиоца одлука у јединствену оцену постиже се применом различитих оператора агрегације. На слици 4.5 приказана је фреквенција коришћења различитих оператора који су сугерисани од стране аутора анализираних радова.



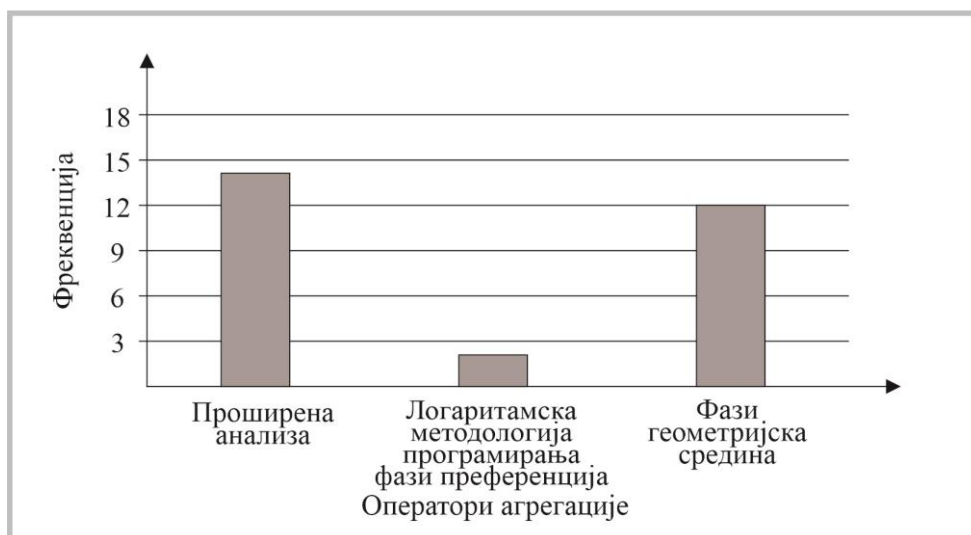
Слика 4.5 Оператори агрегационе процедуре

Фази аритметичку средину и фази геометријску средину као операторе агрегације има смисла користити ако сви доносиоци одлуке имају једнаку важност. У многим реалним проблемима може се увести претпоставка да је важност доносиоца одлука различита. У тим случајевима агрегирање процена доносиоца одлука има смисла извршити применом Фази оператора отежане средине (енг. *Fuzzy Order Weighted Average-FOWA*). Са слике 4.5 може се уочити да је у анализираним радовима најчешће коришћен FOWA оператор за добијање агрегиране релативне важности сваког пара разматраних ставки.

У конвенционалној АНР методи развијена је процедура за проверу конзистентности процена доносиоца одлука (Saaty 2013). Као што је објашњено на основу коефицијента конзистентности може да се утврди да ли грешке које су направили доносиоци одлука значајно утичу на добијено решење или не.

Као што је познато фази матрица парова упоређења релативних важности је конзистентна ако је њена одговарајућа матрица парова упоређења релативних важности конзистентна. Трансформација фази матрице парова упоређења релативних важности може да се изврши применом различитих дефазификационих процедура. Најчешће коришћене методе дефазификације у анализираним радовима су:

- Метода осредњавања (Hasheminasab и остали, 2019) а примењена у (Ertay и остали 2012 и Gürbüz и остали 2014).
- Метода момента (Dubois и Prade, 1980) а примењена у (Tadić и Aleksić (2013); Banduka и остали, 2018; Borai и остали, 2019)
- Метод тоталног интеграла примењен у (Kahraman и остали, 2014; Roy и остали, 2014)
- Стандардна метода дефазификације (Wang и Elhag, 2007) примењена у (Beskese и Demir, (2015); Calabrese и остали, (2018); Van и остали, (2020)
- Метод максималне могућности (Dubois и Prade, 1980) а примењена у (Tadić и остали (2017)



**Слика 4.6** Методе обраде неизвесности у FАНР

У литератури постоје развијене методе за обраду неизвесности фази матрица парова упоређења релативних важности разматраних ставки. Најраније развијена метода је метода проширене анализе коју је предложио Chang (1996). Као што се види са слике 4.6 највећи број аутора користи ову методу за обраду неизвесности. Ова метода је једноставна и лако разумљива што представља њену главну предност у односу на друге методе. Основни недостаци ове методе су: (1) могу да се обрађују неизвесности само ако су вредности фази матрице парова упоређења описане помоћу TFNs; (2) применом ове методе није могуће увек обезбедити да добијени фази бројеви буду позитивни. Са слике 4.6 се види да готово једнак број аутора анализираних радова обраду неизвесности фази матрице парова упоређења врши применом методе коју је развио (Buckley, 1985). Ова метода је нешто комплекснија од методе проширене анализе. Са друге стране применом ове методе се отклањају сви недостаци који се јављају применом методе проширене анализе. Обрада неизвесности може да се изврши и применом логаритамске методе програмирања фази преференција (Wang и Chin, 2011).

#### 4.4 Метода FBWM

У овом поглављу дата је: (1) конвенционална метода најбољи-најлошији - BWM) коју је развио Rezaei (2015); конвенционална BWM је примењена за решавање многобројних менаџмент проблема (Rezaei 2015; Gupta и Varua. 2017; Ahmadi и остали, 2017; Mahdiraji и остали, 2018) и (2) BWM која је проширена са теоријом фази скупова (Komatina, 2022).

##### 4.4.1 Конвенционална метода BWM

Конвенционална BWM се реализује кроз неколико корака који су надаље приказани.

*Корак 1.* Одредимо скуп ставки који се разматрају  $\{1, \dots, i, \dots, I\}$ . Укупан број разматраних ставки је означен као  $I$ . Индекс ставке је  $i, i = 1, \dots, I$ .

*Корак 2.* Одредимо ставку  $i'$  која има највећу релативну важност у односу на све остале разматране ставке. Такође, одредимо ставку  $i''$  која има најмању релативну важност у поређењу са осталим ставкама.

---

---

Конструишимо матрицу најбољи према осталима (енг. *best to others-BO*) и матрицу најгори према осталима (енг. *worst to others-WO*):

$$BO = [a_{B1}, \dots, a_{Bi}, \dots, a_{BI}]$$

$$WO = [a_{W1}, \dots, a_{Wi}, \dots, a_{WI}]$$

где:

$a_{Bi}, i = 1, \dots, I$  је процена доносилаца одлука колико је ставка  $i'$  значајнија од свих осталих разматраних ставки

$a_{Wi}, i = 1, \dots, I$  је процена доносилаца одлука колико је ставка  $i''$  мање важна од свих осталих разматраних ставки

Доносиоци одлуке своје процене заснивају на скали мера [1-9]. Вредност 1 означава да ставка  $i'$  и ставка  $i''$  имају једнаку важност у односу на било коју другу разматрану ставку. Вредност 9 означава да је ставка  $i'$  има највећу важност у односу на било коју други ставку. Односно, вредност 9 означава да је ставка  $i''$  најмање значајна у односу на било коју другу ставку.

Јасно је да је:

$$a_{BB} = a_{WW} = 1$$

*Корак 3.* Вектор тежина разматраних ставки се добија решавањем следећег модела:

Функција циља:

$$\min \max \left\{ \left| \frac{\omega_B}{\omega_i} - a_{Bi} \right|, \left| \frac{\omega_i}{\omega_i} - a_{Wi} \right| \right\}$$

Ограничења:

$$\sum_{i=1, \dots, I} \omega_i = 1$$

$$\omega_i \geq 0, i = 1, \dots, I$$

У циљу решавања претходног модела, извршава се трансформација у модел линеарног програмирања (енг. *Linear Programming Model - LP*):

Где је функција циља:

$$\min \varphi^*$$

Скуп ограничења:

$$\begin{aligned} |\omega_B - a_{Bi} \cdot \omega_i| &\leq \varphi^* \\ |\omega_W - a_{Wi} \cdot \omega_i| &\leq \varphi^* \\ \sum_{i=1, \dots, I} \omega_i &= 1 \\ \omega_i &\geq 0 \end{aligned}$$



Корак 4. Проверимо конзистетност процена преко односа конзистетности. Јасно је да је потпуна конзистентност постигнута ако је испуњен услов:

$$a_{Bj} \cdot a_{jW} = a_{BW}$$

У супротном, однос конзистетности се рачуна преко израза:

$$\frac{\varphi^*}{CI}$$

Где је CI коефицијент конзистентности (енг. *Consistency index*-CI) који је одређен за сваку вредност која припада коришћеној мерној скали приказаној у табели 4.3 (Rezaei, 2015):

**Табела 4.3** Индекс конзистентности

$a_{BW}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CI	0.00	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

#### 4.4.2 Компаративна анализа FBWM

У литератури постоји велики број радова у којима је BWM проширена са типом 1 фази скупова (Petrović и остали, 2022). Надаље је дата упоредна анализа предложене FBWM која је представљена у табели 4.4.

**Табела 4.4** Преглед литературе за FBWM

Аутори	Број, врста и домени лингвистичких исказа	Групно одлучивање / метода агрегације	Фази вектор тежина/ дефазификациона процедура	Провера конзистентности
Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	6/TFNs/[1-9]	-	Предложена процедура за решавање FLP (Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)/ TFNs	Предложена процедура
Guo и Zhao (2017)	5/TFNs/[1-4.5]	-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Omranі и остали, (2018)	5/TFNs/[1-4.5]	-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Karimi et al (2019)	6/TFNs/[1-9]	-	Метода решавања заснована на линеарном програмирању са TFNs (Allahviranloo и остали, 2008)	Конвенционална BWM (Rezaei, 2015)
Kurniawan и Puspitasari (2020)	5/TFNs/[1-4.5]	-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Ecer и Pamucar (2020)	5/TFNs/[1-4.5]	Yes/-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)

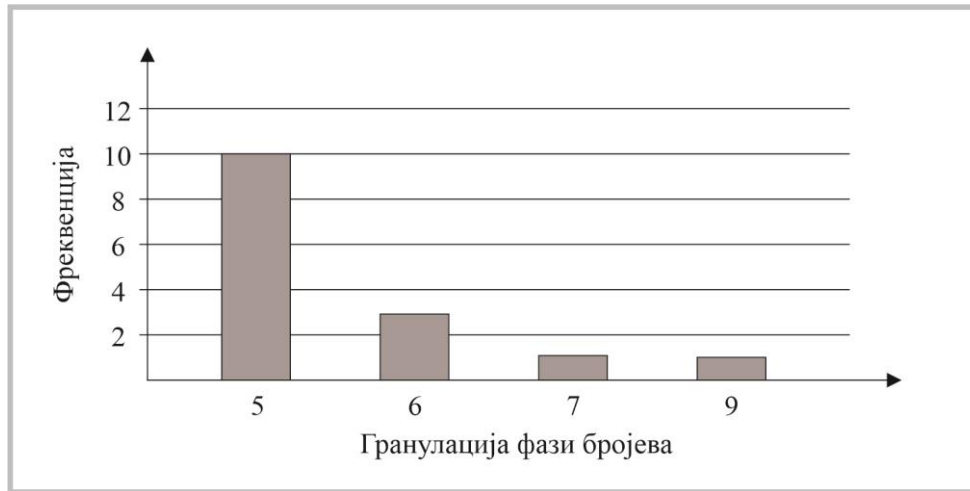
**Табела 4.4** (наставак 1) Преглед литературе за FBWM

Аутори	Број, врста и домени лингвистичких исказа	Групно одлучивање / метода агрегације	Фази вектор тежина/- дефазификациона процедура	Провера конзистентности
Gul и Ak (2020)	5/TFNs/ [1-4.5]	-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Guo и Qi (2020)	5,7,9/TFNs/ [1-9]	Yes/-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017) /метод осредњавања, мах-мин метода, метода заснована на консензусу	Фази индекс конзистентности (Liang и остали, 2020)
Moslem и остали, (2020)	5/TFNs/ [1-4.5]	-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Roy и Shaw (2021)	5/TFNs/ [1-4.5]	-	Мешовити приступ по Dong и остали (2021)/TFNs/crisp	Процедура предложена у Dong и остали (2021)/
Soner и остали, (2021)	5/TFNs/ [1-4.5]	Yes/-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)/Прецизни бројеви GMIR Chen и Hsieh (2000)/ оператор аритметичке средине	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Liang и остали, (2021)	6/TFNs/ [1-5.5]	Yes/-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)/ Прецизни бројеви GMIR Chen и Hsieh (2000)/ оператор аритметичке средине	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Sagnak и остали, (2021)	-TFNs/ [0-1]	Yes/COA (LIT)	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)/ метода момента (Dubois and Prade, 1980) / TFNs	Фази индекс конзистентности (Guo и Zhao 2017)
Jafarzadeh Ghoushchi и остали (2019)	5/TFNs/ [1-4.5]	-	Процедура предложена у Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017)/ Прецизни бројеви GMIR Chen и Hsieh (2000)	-

На даље су приказане карактеристике фази бројева којима су описане неизвесности у FBWM.

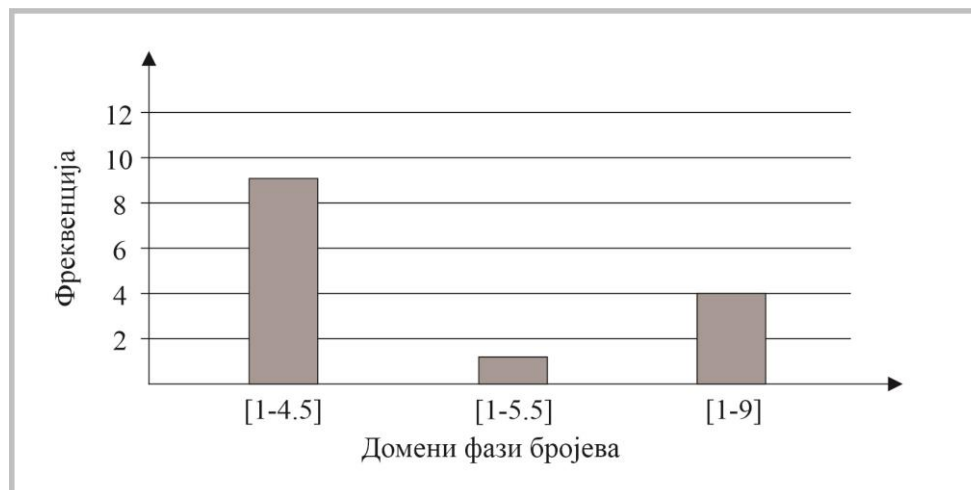
Може се јасно уочити према табели 4.4 да у свим анализираним радовима су коришћени TFNs за описивање релативне важности ставки.

Као што је раније напоменуто да број лингвистичких исказа који се користе за описивање релативне важности разматраних ставки зависи од величине проблема и процене доносиоца одлука. На слици 4.7 приказана је гранулација TFNs који су коришћени у анализираним радовима.



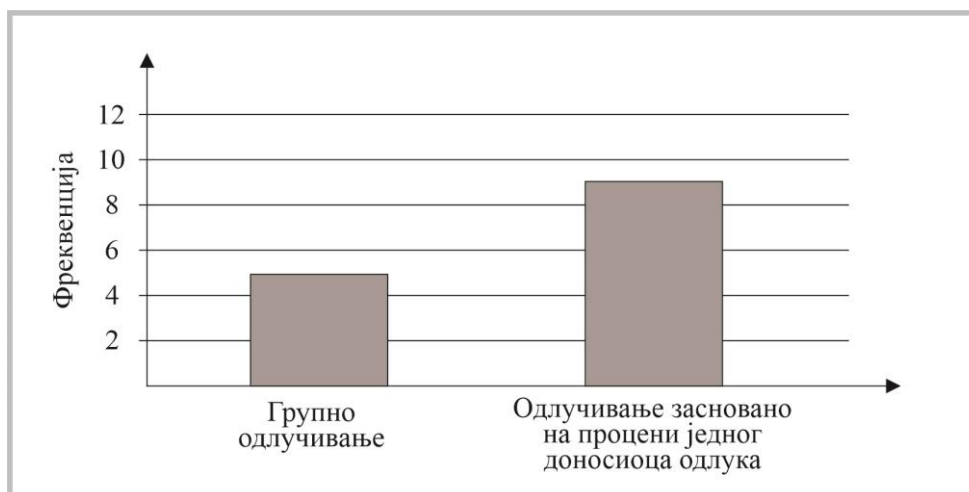
**Слика 4.7** Гранулација

Са слике 4.7 јасно се види да највећи број аутора користи 5 лингвистичких исказа. Неки аутори сматрају да је неопходно користити 6 лингвистичких исказа којим се описује једнака релативна важност једног критеријума према другом. Guo и Qi (2020) су истраживали стабилност резултата ако се користи различити број лингвистичких исказа.



**Слика 4.8** Домени фази бројева

Највећи број аутора сугерише да је адекватно да се фази бројеви дефинишу на домену [1-4.5]. Неки аутори су користили стандардну скалу мера на којој су дефинисали домене фази бројева.



Слика 4.9 Различити начини процена доносиоца одлука

Анализом радова представљеним у табели 4.4 можемо закључити да највећи број аутора сматра да процену релативне важности разматраних ставки може адекватно да изврши један доносилац одлуке.

Rezaie (2015) је дефинисао поступак одређивања тежина критеријума који се састоји из два дела. У првом делу је конструисани модел трансформисао у задатак линеарног програмирања - LP. У другом делу, оптимално решење LP модела представља вектор тежина критеријума. Аналогно овој процедури, Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017) су предложени фази модел трансформисали у модел фази линеарног програмирања (*енг. Fuzzy Linear Programming Model-FLP*). У предложеној процедури, сума дефазификованих вредности тежина критеријума је задата нормализовано. Ови аутори су користили метода интегрисаног средњег ранга (*енг. The Graded Mean Integration Representation-GMIR*) (Chen и Hsieh, 2000) методу дефизификације. Предложена процедура (Hafezalkotob и Hafezalkotob, 2017) примењена је у готово свим анализираним радовима приказаним у табели 4.4. Sagnak и остали, (2021) су користили методу момента за дефазификацију суме тежина критеријума. Karimi и остали (2019) су користили процедуре за решавање FLP а Allahviranloo и остали (2008) за одређивање тежине критеријума. Roy и Shaw (2021) су векторе тежина добили применом комбинованог приступа који су развили Dong и остали (2021).

Сви аутори сем Jafarzadeh Ghouschi и остали (2019) вршили су проверу конзистентности процена доносиоца одлука. Hafezalkotob и Hafezalkotob (2017) су развили процедуре за проверу конзистентности. Karimi и остали, (2019) су прво извршили дефазификацију а затим користили процедуре за проверу конзистентности која је развијена у конвенционалној BWM (Rezaei, 2015). Провера конзистентности процена у (Roy и Shaw, 2021) је извршена по аналогији предложеној од стране Dong и осталих (2021). Guo и Zhao (2017) су дефинисали Фази индекс конзистентности који је коришћен у свим осталим анализираним радовима.

Као што се може уочити из табеле 4.4, FBWM се може користити у комбинацији са многим другим фази вишекритеријумским оптимизационим методама. За потребе ове дисертације је одабрана управо FBWM због своје применљивости за одређивање тежина критеријума према којима се оцењују алтернативе у различитим економским доменима.

---

## 4.5 Метода FMOORA

У конвенционалној Методи вишециљне оптимизације засноване на анализи односа – MOORA, вредности критеријума се добијају мерењем, или на основу процена доносилаца одлука. Треба напоменути да доносиоци одлука своје процене пресликавају на различите мерне скале које су дефинисане на скупу реалних бројева. Другим речима вредности критеријума без обзира да ли се добијају мерењем или на основу процена доносиоца одлука описане су прецизним бројевима.

Метода MOORA укључује следеће кораке: 1) нормализацију, 2) доделу тежина сваком разматраном критеријуму, 3) избор референтне тачке, 4) израчунавање односа између перформансе алтернативе и референтне тачке, 5) агрегација резултата на нивоу сваке алтернативе, и 6) рангирање на основу укупних резултата. На првом месту у рангу налази се она алтернатива којој је придружена највећа вредност. Важи и обрнуто. Објективни резултати пружају основу за упоређивање алтернатива и на крају доводе до избора најбоље алтернативе.

У литератури постоје радови у којима је MOORA проширена теоријом фази скупова (Petrović и остали, 2022; Chakraborty, 2011; Gupta и остали, 2022). Постоје три варијанте проширене FMOORA: (1) приступ заснован на фази односу, (2) приступ заснован на фази референтној тачки и (3) приступ заснован на фази мултипликативном облику. Неки аутори су оптимално решење одредили помоћу прве варијанте FMOORA (Mavi и остали, 2017; Ersöz и остали, 2018; Arabsheybani и остали, 2018; Emovon и остали 2020; Arslankaya и Çelik, 2021) или комбинацијом све три варијанте (Khorshidi и остали, 2022).

У првој варијанти FMOORA израчунава се разлика агреgirаних отежаних нормализованих вредности беневитних и трошковних атрибута. Стога ова варијанта FMOORA је у литератури означена као анализа односа. Употребом анализе односа, алтернатива чије вредности неких атрибута су лоше а вредности осталих атрибута су добре може бити замењена алтернативом код које су вредности свих атрибута оцењене средњим оценама (Karabašević и остали, 2015). Може се сматрати да горе описана процедура избора алтернативе представља основни недостатак приступа анализе односа.

У приступу референтне тачке, вредности атрибута упоређују се са њиховим највећим вредностима које су означене као референтне тачке (Brauers и Zavadskas, 2009). Неки аутори верују (Karande и Chakraborty, 2012) да резултати који се добију користећи приступ референтне тачке су тачнији од резултата који се добију применом приступа анализе односа. У овој докторској дисертацији ранг разматраних предузећа одређен је применом друге варијанте FMOORA. С обзиром да су сви разматрани критеријуми квалитета према којима се оцењују предузећа беневитни, фази мултипликативни облик нема смисла користити за рангирање предузећа у овој докторској дисертацији.

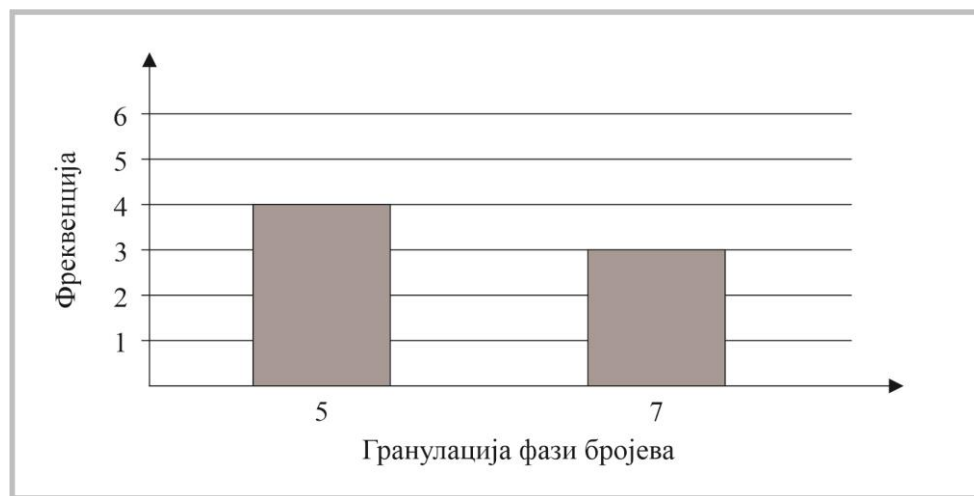
#### 4.5.1 Компаративна анализа FMOORA

Сличности и разлике између различитих приступа FMOORA могу се пронаћи у приказаним радовима (табела 4.5).

**Табела 4.5** Преглед литературе за FMOORA

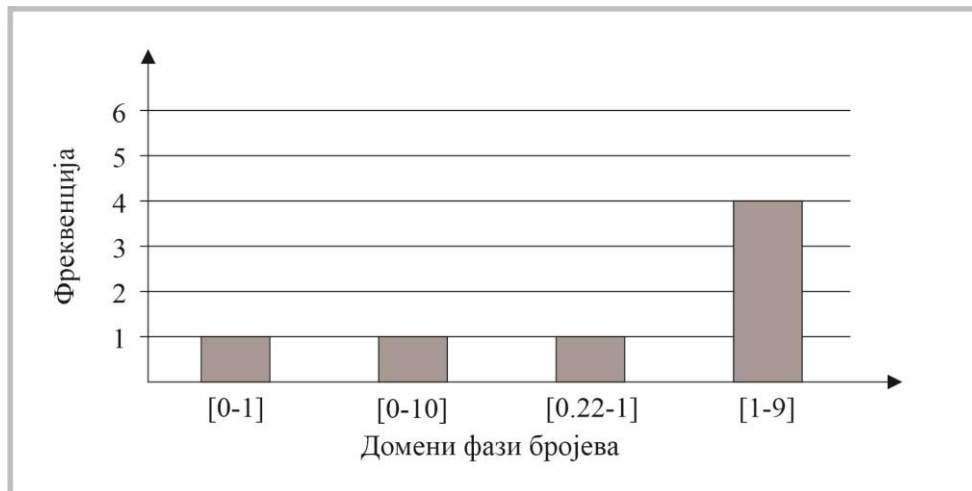
Аутори	Број, врста и домени лингвистичких исказа	Групно одлучивање/ Метода агрегације	Процедура нормализације фази матрице одлучивања	FMOORA
Mavi и остали (2017)	5/TFNs/ [0.22-1]	+/fuzzy arithmetic mean	Процедура фази векторске нормализације [43]	Релација фази односа/Метод једноставне гравитације
Ersöz и остали (2018)	5/TFNs/ [1-9]	+/fuzzy arithmetic mean	Процедура фази векторске нормализације [43]	Референтна тачка/Еуклидова дистанца
Arabsheybani и остали (2018)	5/TFNs/ [1-9]	-	-	Релација фази односа/Метода гравитације
Emovon и остали (2020)	5/TFNs/ [1-9]	+/fuzzy arithmetic mean	Процедура фази векторске нормализације [43]	Релација фази односа/Метода гравитације
Arslankaya и Çelik (2021)	7/TFNs/ [0-10]	-	Процедура фази векторске нормализације [43]	Референтна тачка/Еуклидова дистанца
Khorshidi и остали (2022)	7/TFNs/ [0-1]	-	Процедура фази векторске нормализације [43]	Релација фази односа/Метода једноставне гравитације; Референтна тачка/ Дистанца предложена у Liu и остали (2014); Мултипликативна форма/правила фази алгебре

Вредности фази матрице одлучивања су описане помоћу TFNs као што може да се види из табеле 4.5. За друге две карактеристике фази скупова аутори немају јединствен став.



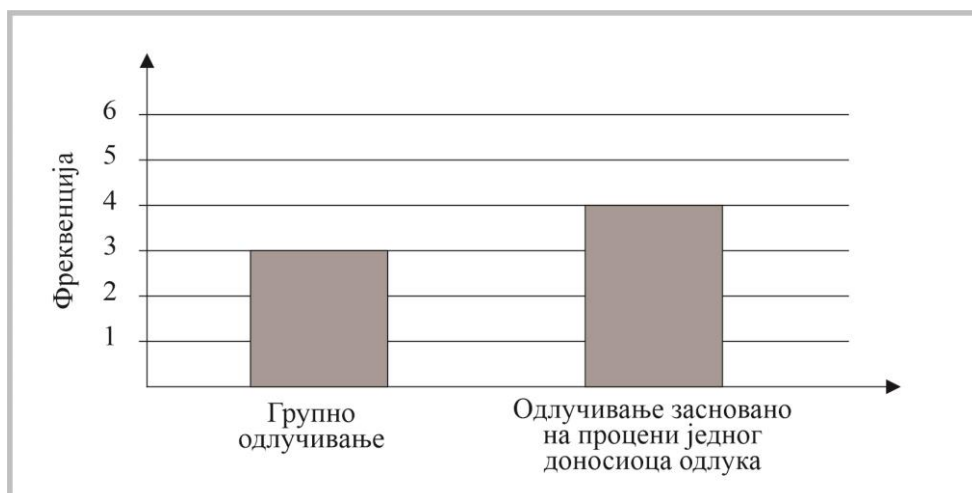
**Слика 4.10** Гранулација фази бројева

Аутори анализираних радова су сугерисали да вредности критеријума могу на довољно добар начин да се опишу помоћу 5 односно 7 лингвистичких исказа као што је приказано на слици 4.10.



**Слика 4.11** Домени фази бројева

Домени над којима су дефинисани фази бројеви којима се описују вредности критеријума у анализираним радовима (табела 4.5) су приказани на слици 4.11. Јасно се види да је највећи број аутора је домене дефинисао на скупу реалних бројева који припадају интервалу [1-9] аналогно стандардној скали мера.



**Слика 4.12** Различити начини процена доносиоца одлука

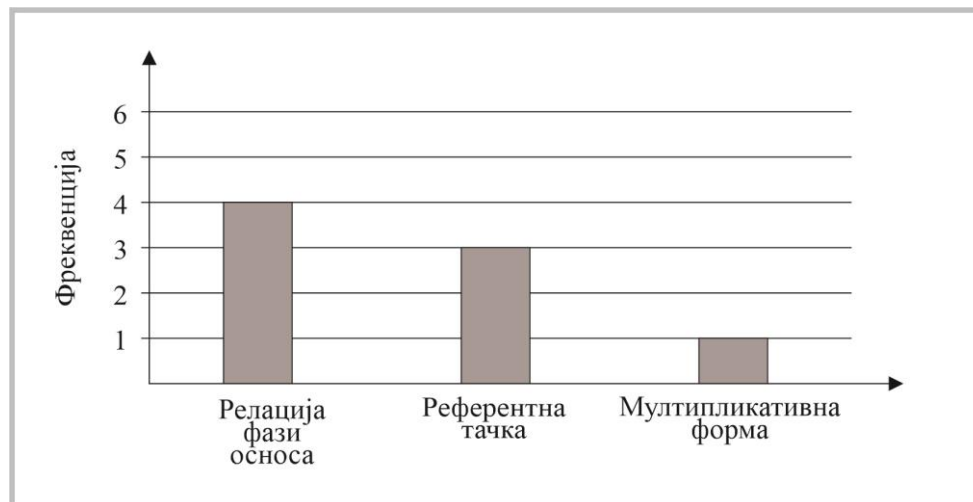
Готово подједнак број аутора сматра да се одређивање вредности фази матрице одлучивања може поставити као задатак групног одлучивања или да се одреде на основу процене једног доносиоца одлуке као што је приказано на слици 4.12. Агрегација процена доносилаца одлуке у јединствену оцену добијена је применом оператора фази аритметичке средине у свим анализираним радовима код којих је уведена претпоставка да се вредности критеријума добијају на основу процене више експерата.

---

---

Као што је познато, нормализована фази матрица одлучивања се добија применом различитих поступака нормализације. У свим анализираним радовима примењен је поступак фази векторске нормализације (Karande и остали, 2012).

Рангирање разматраних ставки применом различитих варијанти FMOORA приказано је на слици 4.13.



**Слика 4.13** Различите форме FMOORA

Као што је познато, најједноставнији начин рангирања у конвенционалној MOORA је заснован на релацији односа. Исти закључак важи и ако се користи FMOORA. У анализираним радовима највећи број аутора је рангирање различитих ставки засновао на релацији фази односа као што се може видети са слике 4.13. Ранг ставки добијен је на основу скаларних вредности које су добијене применом различитих дефазификационих процедура. Највећи број аутора користи метод гравитације и метод једноставне гравитације. Готово исти број аутора користи приступ референтне тачке за одређивање ранга разматраних ставки помоћу FMOORA. Растојање од референтне тачке у овим радовима одређено је применом Еуклидове дистанце. Треба нагласити да Khorshidi и остали (2022) користе дистанцу која је предложена у Liu и остали (2014). Ови аутори су ранг разматраних ставки одређивали користећи све три различите форме FMOORA методе.

#### 4.6 Проблеми оптимизације

Оптимизација се може дефинисати као поступак тражења оптималног решења или решења које је близу оптималног у односу на постављање циљеве и могућа ограничења. Процес решавања оптимизационог проблема се реализује кроз три корака (Ваџанин, 2015): (1) препознавање и дефинисање проблема, (2) конструисање и решавање модела проблема и (3) имплементација и оцењивање решења.

Карактеристике проблема оптимизације (Ваџанин, 2015; Петровић, 1977) су:

а) Распољивост различитих алтернатива за решавање проблема; Ове алтернативе су функције времена или имају константну вредност током времена; између ових величина постоје релације које зависе од законитости који владају у проблему; у највећем броју оптимизационих проблема су независне што даље значи да не могу



---

---

узети произвољне вредности већ зависе од постављених ограничења; на сличан начин се могу разматрати и зависне променљиве.

б) Ограничења изражавају ограниченост ресурса; Ограничења се математички представљају неједначинама и/или једначинама. Треба нагласити да постојање једначина у скупу ограничења могу да изазову тешкоће у решавању оптимизационих проблема (Петровић, 1977).

в) Постојање квантитативне мере за оцену квалитета различитих могућих решења. Ова квантитативна мера је означена као функција циља. Треба нагласити да функција циља зависи од карактеристике оптимизационог проблема. Функција циља може да има различите математичке облике: аналитичке, неаналитичке, функционалне или њихове комбинације.

Решавање оптимизационог проблема подразумева изабрати онај скуп алтернатива тако да је постигнута екстремна вредност функције циља (максимум или минимум) а истовремено да су задовољена сва ограничења.

Математичка формулација проблема максимизације може да се представи на следећи начин:

$$f: R^n \rightarrow R$$

Треба пронаћи

$$x^* \in R^n$$

Тако да буде задовољен услов:

$$\forall x \in R^n, f(x^*) \geq f(x)$$

Ознаке у горе представљеном проблему су:

$R^n$  –просор претраге; веома често се назива и скуп одговарајућих вредности променљивих; најчешће ово је скуп реалних бројева

$f$ -функција циља

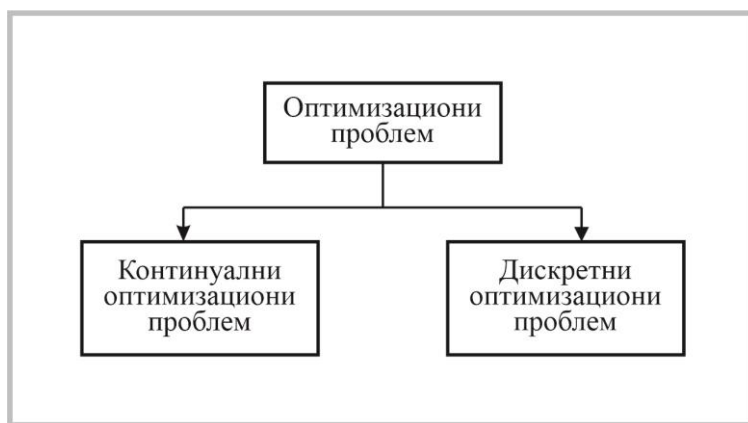
$x \in R^n$ -је потенцијално решење проблема,  $x^*$ -оптимално решење,  $n$ -број променљивих.

#### **4.6.1 Класификација проблема оптимизације**

Класификација проблема оптимизације може да се изврши према различитим критеријумима:

- 1) Тип варијабли
- 2) Постојању ограничења
- 3) Броју функције циља

Према типу варијабли класификација оптимизационих проблема је приказана на слици 4.14.



**Слика 4.14** Класификација оптимизационих проблема према типу променљивих

Проблеми континуалне оптимизације се другачије називају и проблеми глобалне оптимизације. Математички проблем глобалне оптимизације се представља:

$$f: R^n \rightarrow R$$

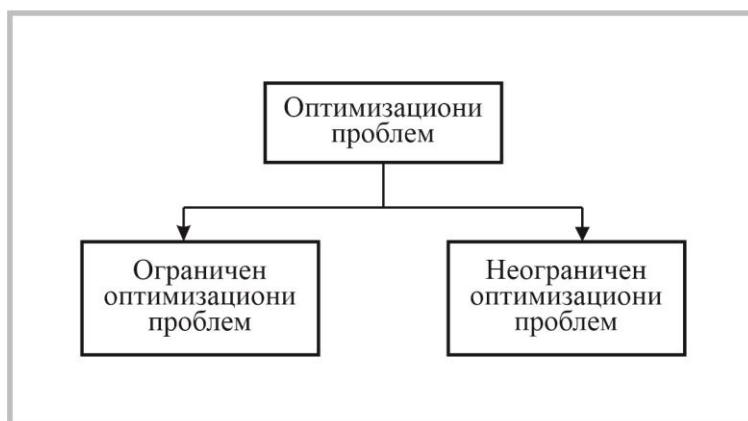
Тачка  $x \in R^n$  је глобални оптимум. Проналажење глобалног оптимума може да буде веома тешко због непознавања карактера функције циља.

Вредности променљивих у проблемима глобалне оптимизације су дефинисани на скупу реалних бројева.

Проблеми дискретне оптимизације се називају и проблеми комбинаторне оптимизације. Променљиве у комбинаторним оптимизационим проблемима могу да узму вредности из скупа целих бројева.

Проблеми континуалне оптимизације и проблеми комбинаторне оптимизације имају велики број различитих својстава. Стога, алгоритми за решавање ових проблема се веома међусобно разликују (Papadimitriou и Steiglitz, 1998).

Према броју ограничења разликујемо следеће врсте проблема као што је приказано на слици 4.15.



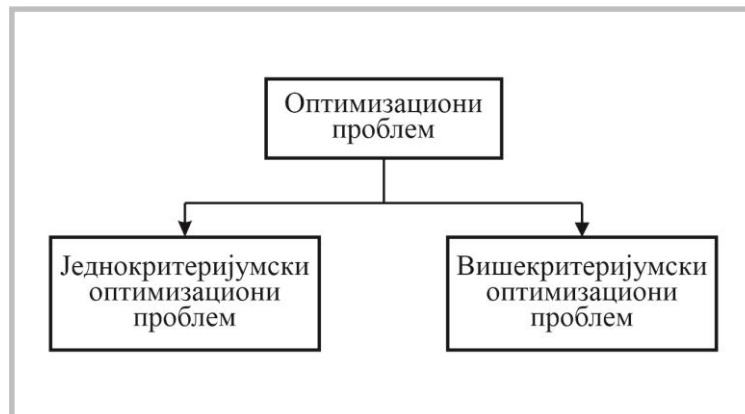
**Слика 4.15** Класификација оптимизационих проблема у зависности од ограничења

---

---

Решавање оптимизационих задатака без ограничења је углавном једноставније у односу ако се у оптимизациони проблем уведу ограничења зато што ограничења значајно сужавају регион претраге. Решења која задовољавају ограничења се уобичајно називају *допустива решења*. Област допустивог решења је најчешће представљен  $n$ -димензионалним полиедром. Сва решења која не припадају области допустивог решења су *недопустива решења*. Екстремно решење се постиже у теменима  $n$ -димензионалног полиедра.

Према броју функције циља разликује се оптимизациони проблеми приказани на слици 4.16.



**Слика 4.16** Класификација оптимизационих проблема у зависности од броја функција

У литератури оптимизација према две или више функција које се истовремено разматрају је позната под називом вишекритеријумска оптимизација.

#### 4.6.2 Класе комплексности

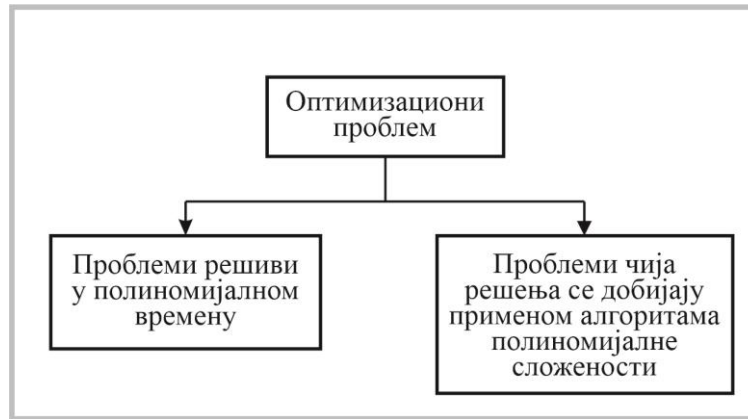
На основу теорије комплексности могуће је извршити категоризацију оптимизационих проблема према њиховој тежини. Термин алгоритамско нерешиви проблем је онај проблем за који не постоји алгоритам применом кога би се добило решење у општем случају. Друга класа оптимизационих проблема су алгоритамски решиви проблеми.

Тежина проблема се дефинише на основу расположивих просторних или временских ресурса (Ваџанин, 2015). Разликују се две класе проблема:

- 1) Класа  $\mathcal{P}$  која садржи проблеме који су решиви у полиномијалном времену; ови проблеми могу да се реше применом неких од познатих алгоритама полиномске сложености
- 2) Класа  $\mathcal{NP}$  су такви проблеми чије решење може да се добије применом алгоритама полиномске сложености; тачност решења се може верификовати у полуномијалном времену

Оптимизациони проблем је  $\mathcal{NP}$  – комплетан само ако решава све остале  $\mathcal{NP}$  проблеме.

Класе оптимизационих проблема се могу представити на слици 4.17.



Слика 4.17 Класе оптимизационих проблема

У литератури може да се нађе велики број тешких оптимизационих проблема комбинаторне оптимизације. Један од најчешћих проблема је 0-1 проблем ранца (*eng. Knapsack Problem*-KP). У овом проблему ставка се може изабрати највише једампут. Овај проблем је један од првих проблема који је развијен у литератури (Lin, 1998; Martello и остали, 2000; Pisinger и Toth, 1998). Има широку примену у решавању многих индустријских и менаџмент проблема. У литератури, могу да се нађу различита проширења KP кроз: модификацију функције циља или модификацију ограничења. KP спадају у класу  $\mathcal{NP}$  проблема и стога су тешко решиви. Треба напоменути да су неки од ових проблема добро обрађени у пракси и да се могу решити у разумном временском року. Надаље је приказан конвенционалан KP (Martello и Toth, 1990).

Математичка формулација основне варијанта 0-1 KP је надаље приказана:

Функција циља

$$\max \sum_{i=1, \dots, n} p_i \cdot x_i$$

Скуп ограничења

$$\sum_{i=1, \dots, n} \omega_i \cdot x_i \leq W$$

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{ставка се налази у ранцу} \\ 0 & \text{остало} \end{cases}$$

Где:

$x_i$ -број ставки које су укључене у ранец; биномна променљива

$p_i$ -мера подобности

$\omega_i$ -тежина ставке

$W$ -капацитет ранца

$n$ -укупан број разматраних ставки

---

---

Ограничени проблем ранаца (*eng. Bounded Knapsack Problem-ВКР*) формално може да се представи:

Функција циља

$$\max \sum_{i=1,\dots,n} p_i \cdot x_i$$

Скуп ограничења

$$\sum_{i=1,\dots,n} \omega_i \cdot x_i \leq W$$

$$x_i = \{0, 1, 2, \dots, c\}$$

Где  $c$  представља не-негативну целобројна вредност; променљива може да узме неку вредност из скупа не-негативних целобројних вредности. Све остале ознаке имају исто значење као у класичном КР.

Неограничени проблем ранаца (*eng. Unbounded Knapsack Problem-УКР*) је математички представљен:

Функција циља

$$\max \sum_{i=1,\dots,n} p_i \cdot x_i$$

Скуп ограничења

$$\sum_{i=1,\dots,n} \omega_i \cdot x_i \leq W$$

$$x_i \in \mathbb{Z}$$

$$x_i \geq 0$$

Код ове врсте проблема претпоставља се да је основна променљива не-негативна целобројна вредност. То даље значи да променљива може да узме било коју не-негативну целобројну вредност.

#### 4.6.3 Алгоритми за решавање $\mathcal{NP}$ проблема комбинаторне оптимизације

Избор алгоритама за решавања оптимизационих проблема су у тесној вези са тежином проблема. Теорема "Нема бесплатног ручка (*eng. No free lunch*)" коју су предложили Wolpert и Macready (1997) гласи да сваки оптимизациони алгоритам који постиже супериорне резултате решавајући један оптимизациони проблем мора постићи лошије резултате при решавању другог оптимизационог проблема. Према овој теорему следи да не постоји препорука како изабрати алгоритам за решавање оптимизационог проблема. Ова одлука се пре свега заснива на знању и искуству експерата.

Постоји више начина класификације алгоритама. Један од начина класификације на надаље приказана на слици 4.18.

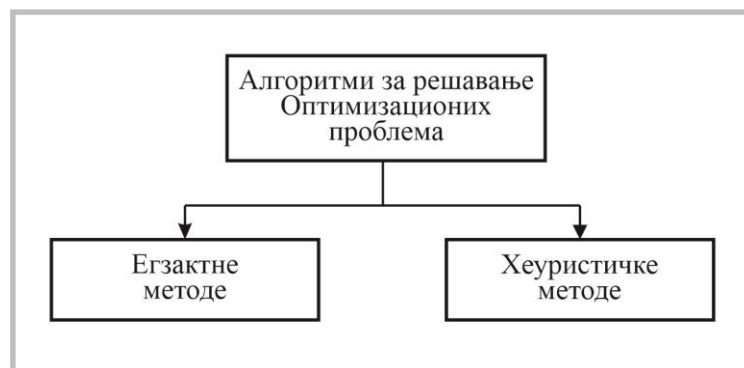


**Слика 4.18** Класификација алгоритама за решавање оптимизационих проблема

Применом детерминистичких алгоритама се при сваком понављању за исти улаз добија исти излаз. За вишедимензионалне оптимизационе проблеме и/или ако функције циља имају сложеније аналитичке облике, применом детерминистичких алгоритама није могуће да се нађе оптимално решење јер захтевају велике рачунарске ресурсе. Решавање  $\mathcal{NP}$  проблема готово да није могуће применом детерминистичких алгоритама јер време израчунавања не може да се смањи на прихватљив ниво.

Стохастички алгоритми се користе када случајни елементи утичу на избор следећег корака у израчунавањима (Ваџанин, 2015).

Према (Ваџанин, 2015) класификација алгоритама за решавање оптимизационих проблема је приказана на слици 4.19.



**Слика 4.19** Класификација оптимизационих алгоритама (Ваџанин, 2015)

Постоји велики број развијених егзактних алгоритама који се користе за решавање проблема ранца као што су:

- 1) Целобројно линеарно програмирање.
- 2) Алгоритам гранања и ограничавања.

Ови алгоритми су надаље описани. Посебна пажња је усмерена на В&В методу јер се иста користила у оквиру ове докторске дисертације за одређивање проблема распоређивања.

---

---

#### 4.6.4 Целобројно линеарно програмирање

Целобројно линеарно програмирање (енг. *Integer Linear Programming* - ILP) је специфичан случај Математичка формулација ILP је надаље приказан:

Функција циља:

$$\min/\max(f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_I)) = c_1 \cdot x_1 + \dots + c_i \cdot x_i + \dots + c_I \cdot x_I$$

Скуп ограничења:

$$[a_{ji}]_{j \times I} \cdot [x_i]_{I \times 1} \begin{cases} \geq \\ = \\ \leq \end{cases} [b_j]_{j \times 1}$$
$$x_i \in \mathbb{Z}$$

Где:

Укупан број основних променљивих у ILP моделу је означен као  $I$  док је укупан број ограничења означен као  $J$ .

Функција критеријума  $f(x_1, \dots, x_i, \dots, x_I)$  је  $n$ -димензионални вектор који представља линеарну комбинацију променљивих

*Променљиве одлучивања*

$x_i, i = 1, \dots, I$  је основна променљива;

*Параметри одлучивања*

$c_i, i = 1, \dots, I$  коефицијент који стоји уз основну променљиву у функцији циља

$a_{ji}, j = 1, \dots, J; i = 1, \dots, I$  је коефицијент који стоји уз основну променљиву у  $j$ -том ограничењу

$b_j, j = 1, \dots, J$  је вредност десне стране

Решење овако постављеног проблема добија се применом симплекс методе. Ова метода се заснива на три принципа: (1) постоји могућност одређивања бар једног почетног допустивог решења, (2) Постоји могућност да се провери да ли је почетно допустиво решење оптимално и (3) постоји могућност да се изабере ново допустиво решење у случају да допустиво решење није оптималан; ново допустиво решење је ближе оптималном решењу. После одређених релаксација које су детаљно приказана у (Ваџанин, 2015, Martello и Toth, 1990), све варијанте 0-1 КР могу да се реше применом ILP.

#### 4.6.5 Алгоритам B&B

Алгоритам Гранања и Ограничавања (B&B) је прецизна техника која се може користити за решавање комбинаторних оптимizacionих проблема. Применом B&B се одсецају неперспективни региони простора претраге. За ту сврху, алгоритам користи два кључна елемента: правило гранања које омогућава поделу региона простора претраге на мање регионе и начин за израчунавање горње границе (у случају максимизацијског

---

проблема) за најбоље решење које се може постићи у региону простора претраге (Morrison и остали, 2016; Raidl и Puchinger, 2008).

Алгоритам *B&B* чува најбоље до сада пронађено решење. Процедура се почиње разматрањем целокупног простора претраге проблема. Он се дели на неколико потпростора користећи правило гранања. Ако се неки потпростор тривијално реши и његова вредност побољша почетно оптимално решење, онда се то ново добијено решење сматра почетним оптималним решењем. У супротном, рачуна се граница за сваки потпростор. Ако је граница за неки потпростор мања од почетног оптималног решења, тај део простора претраге се одсеца. У супротном, процес се наставља све док се сви потпростори не реше или одсеку, а коначна вредност почетног оптималног решења се враћа као оптимално решење проблема (Fleszar 2022; Raidl и Puchinger, 2008).

Ефикасност алгоритма зависи од ефективности правила гранања и прецизности граница. Ако ови елементи алгоритма нису добро дефинисани, техника се дегенерише у исцрпну и неефикасну претрагу. С једне стране, ефективно правило гранања ће омогућити да се поново разматрају исти региони претраге, док са друге стране, прецизне границе ће омогућити више одсецања. У сваком случају, ове технике се практично не могу користити за многе комбинаторне оптимизационе проблеме великих димензија.

Простор претраге може бити представљен као стабло које се обилази на одређени начин. Ако се користи стратегија претраге у дубину, потребна меморија линеарно расте са дужином стабла, па се могу разматрати велики проблеми. Међутим, време извршења може бити претерано дуго. С друге стране, ако се дефинише стратегија да је најбоље решење прво нађено решење то омогућава да се истражује мањи број чворова дрвета, али величина стабла претраге (односно број чворова који се чувају за даље проширење) расте експоненцијално. Трећа стратегија је коришћење претраге у ширину (тј. истраживање сваког чвора у нивоу пре него што се пређе на следећи). У принципу, ова стратегија има недостатке претходне две стратегије, осим ако се не направи хеуристички избор: да се на сваком нивоу задрже само најбољи чворови (према одређеној мери квалитета). То подразумева жртвовање тачности, али пружа врло ефикасан хеуристички приступ претрази.

#### **4.7 Линеарни регресиони модел**

У пракси постоји велики број задатака који могу да се реше применом регресионе и корелационе анализе. У регресионом моделу разликују се две групе променљивих. Прва група променљивих су независне променљиве и оне се означавају као  $x_i, i = 1, \dots, n$ . Вредности ових променљивих најчешће се добијају мерењем или проценом доносиоца одлука. Тако на пример у овом докторском раду као независне променљиве разматрају се укупна вредност критеријума квалитета из проширеног фази EFQM модела (Petrović и остали, 2022) а друга независна променљива је проценат препознавања компоненти пословног модела на нивоу сваког разматраног предузећа. Друга група променљивих су зависне променљиве. Оне се обележавају као  $y_i, i = 1, \dots, n$ . У овом докторском раду као зависне променљиве се разматрају вредности перформанси квалитета. Укупан број мерења (величина узорка) је означен као  $n$ .

У циљу лакшег решавања проблема неопходно је да се одреди аналитичка зависност између независних и зависних променљивих. У општем случају зависност може да се



описе полиномом  $k$ -тог степена. Најједноставнији облик зависности јесте полином првог степена, односно то је права. У највећем броју проблема, претпоставља се да је зависност између независних и зависних променљивих линеарна, или да може да се сведе на линеарну зависност.

Ако зависна променљива зависи само од једне независне променљиве тада се говори о једнострукој линеарној зависности. У супротном ако зависна променљива зависи од више независних променљивих тада се говори о вишеструкој линеарној зависности. У пракси, зависне променљиве готово увек зависе од две или више независне променљиве. Стога на даље ће бити изложен модел вишеструке линеарне зависности.

Вишеструки линеарни модел формално може да се запише као:

$$y_i = a + b_1 \cdot x_{1i} + \dots + b_m \cdot x_{mi}$$

где:

$a, b_{1i}, \dots, b_{mi}$ -коэффициенти регресионе праве,  $x_{mi}$ -независна променљива,  $y_i$ -зависна променљива

Постоје случајеви када је реалније да се зависности између променљивих опише функцијом која има различите облике. Веома често се уводи претпоставка да је ова зависност експоненцијална:

$$y_i = a \cdot \prod_{i=1, \dots, n} x_i^{b_i}$$

У овом случају се експоненцијални облик зависности трансформише у линеарни облик на следећи начин:

$$\ln y_i = \ln a + \ln \prod_{i=1, \dots, n} x_i^{b_i}$$

$$\ln y_i = \ln a + b_1 \cdot \ln x_{1i} + \dots + b_m \cdot \ln x_{im}$$

где је:

$$Y_i = \ln y_i$$

$$A = \ln a$$

$$X_{1i} = \ln x_{1i}$$

$$X_{mi} = \ln x_{im}$$

$$Y_i = A + b_1 \cdot X_{1i} + \dots + b_m \cdot X_{mi}$$

При сваком мерењу направи се одређена грешка апроксимације  $\varepsilon_i, i = 1, \dots, n$ . Сума грешака апроксимације код вишеструког линеарног модела је:

$$\sum_{i=1, \dots, n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1, \dots, n} [y_i - (a + b_1 \cdot x_{1i} + \dots + b_m \cdot x_{mi})]^2$$

---

---

Вредности коефицијената регресионе праве добијају се из услова да су први парцијални изводи једнаки нули:

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum_{i=1, \dots, n} [y_i - (a + b_1 \cdot x_{1i} + \dots + b_m \cdot x_{mi})]^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b_j} \sum_{i=1, \dots, n} [y_i - (a + b_1 \cdot x_{1i} + \dots + b_m \cdot x_{mi})]^2 = 0, j = 1, \dots, m$$

#### **4.7.1 Поступак тестирања постојања вишеструког регресионог модела**

Овај поступак надаље је приказан.

*Корак 1. Постављање хипотеза*

$H_0$  : не постоји регресиона зависност

$H_1$  : постоји регресиона зависност

*Корак 2. Ниво ризика*

Ниво ризика је унапред задат.

*Корак 3. Статистика одлучивања*

$$F_0$$

*Корак 4. Критеријум за одбацавање нулте хипотезе*

$$F_0 > F_{\alpha, m, n-m-1}$$

#### **4.7.2 Адекватност вишеструког линеарног регресионог модела**

Адекватност вишеструког линеарног регресионог модела може да се одреди на различите начине. У проблемима који се разматрају у реалном окружењу, адекватност линеарног модела се одређује преко мере расипања тачака око регресионе праве  $R^2$ .

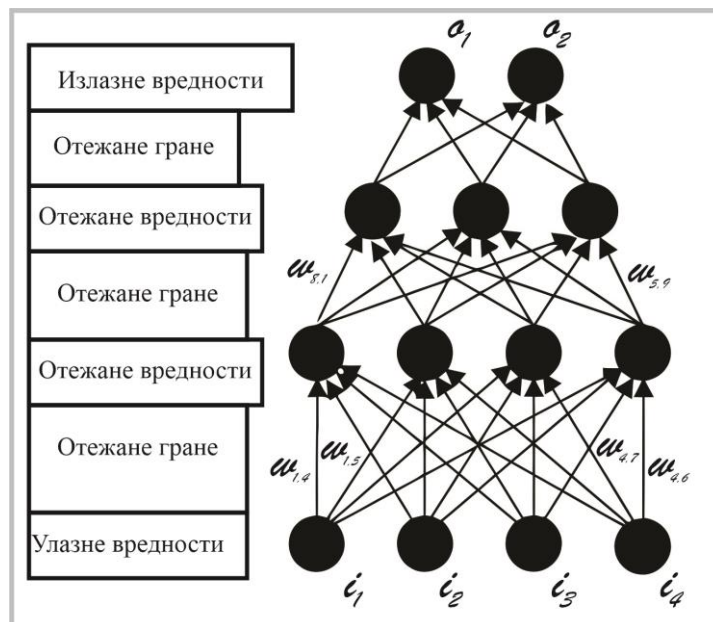
#### **4.7.3 Коефицијент корелације**

Зависност између разматраних променљивих одређује се преко коефицијента корелације, који се уобичајно означава као  $r$ . Вредност коефицијента корелације је дефинисан на скупу реалних бројева на интервалу  $[0,1]$ . Вредност 0 означава да не постоји веза између разматраних променљивих. Вредност 1 означава да је веза између променљивих апсолутно јака. Ако је вредност мања од 0,5, може се сматрати да не постоји зависност између независних и зависних променљивих.

## 4.8 Метода ANN

Вештачке неуронске мреже (ANN) представљају рачунарске моделе инспирисане структуром и функционисањем биолошких неуронских мрежа у људском мозгу. Ове мреже представљају основу за развој вештачке интелигенције и машинског учења јер поседују способност препознавања образаца и доносе одлуке на основу података (Walczak, 2019).

ANN се састоје од повезаних чворова који симулирају биолошке неуроне. ANN су организоване у слојеве (*енг. Layer*). Свакој грани је придружена тежина грани која представља јачину веза између неурона. Сваки неурон има улазне и излазне вредности. Улазне вредности су отежане вредности података из претходног слоја или улазног скупа података. Ови слојеви обично укључују улазни слој, један или више скривених слојева и излазни слој. Улазни слој прима податке, скривени слојеви их обрађују а излазни дају резултате. Методе оптимизације, засноване на градијенту, користе се како би се пронашао скуп тежина који минимизира одређену циљну функцију или функцију губитка. Путем алгоритма се израчунавају градијенти функција губитака и тежине се ажурирају постепено како би се смањили губици (Mitchell, 1997).



Слика 4.20 Графички приказ мреже (Dongare и остали 2012)

Једна од кључних карактеристика ANN је способност учења. Током процеса обуке, мрежа је изложена скупу података за тренирање, где се прилагођавају тежине веза између неурона (слика 4.20). Ово се постиже применом различитих оптимизационих метода које минимизирају грешку између стварних и предвиђених резултата. Грешка се формира на основу разлике између циљног излаза (*енг. target*) и излаза система. Ова информација о грешци се враћа у систем и систематски прилагођава параметре система (правило тренинга). Процес се понавља све док перформансе нису прихватљиве (Dongare и остали 2012).

Резултати истраживања која су реализована у последњих 5 година су показала да мање величине скупова за тренинг производе неуронске мреже са бољим перформансама (Walczak, 2019).

---

---

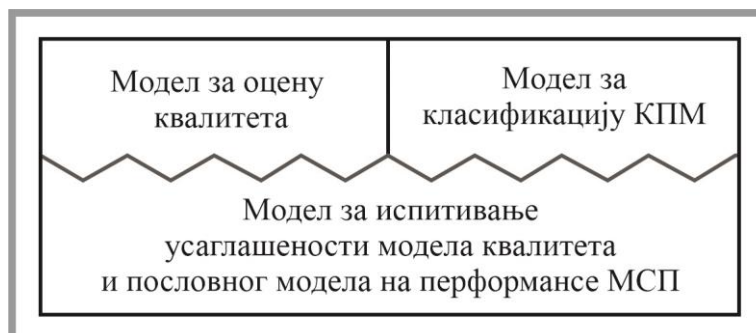
ANN се примењују у различитим областима и за различите врсте проблема. У препознавању облика, могу се користити за класификацију слика или препознавање говора. У природним језицима, ANN се могу применити на задатке као што су машинско превођење или анализа сентимента. У финансијском сектору, ANN се користе за предвиђање тржишта и анализу ризика. Такође се користе у роботизи, медицини, аутоматизацији, производњи и многим другим областима (Abiodun и остали, 2019). У индустрији ANN су до сада коришћене за потребе контроле индустријских процеса, менаџмент ризиком и менаџмент иновацијама, истраживања тржишта, предвиђања продаје, маркетинг (Sharma и остали, 2012; Tkáč и Verner, 2016).

---

---

## 5. ПРЕДЛОЖЕНИ МОДЕЛИ

У оквиру ове докторске дисертације развијен је сложени модел који се састоји из три дела (слика 5.1).



*Слика 5.1* Развијени модели у оквиру докторске дисертације

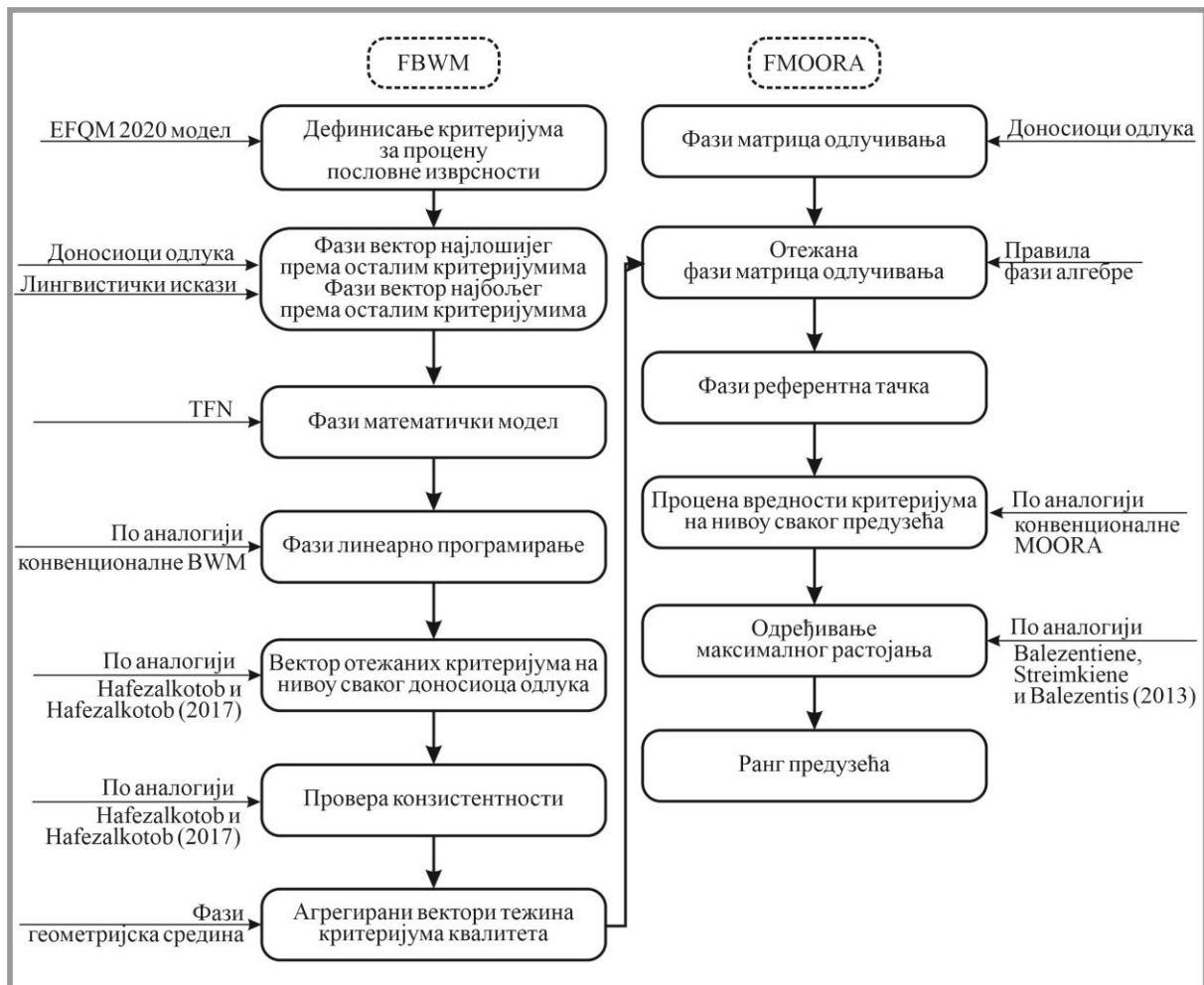
У првом делу развијен је модел за оцену квалитета у малим и средњим предузећима која егзистирају на територији Републике Србије (Petrović и остали, 2022). Критеријуми према којима се оцењују предузећа су преузети из конвенционалног EFQM модела који се широко користи у пракси. Основне разлике између конвенционалног EFQM модела и модела који је развијен у овој докторској дисертацији су: (1) претпостављено је да критеријуми немају једнаке важности и (2) вредности критеријума су описане лингвистичким исказима. Прва претпоставка је уведена према препорукама многих истраживача да важност критеријума треба да се дефинише у зависности од величине предузећа као и од привредне делатности која се реализује у предузећу. Друга претпоставка је уведена на основу чињенице да је доносиоцима одлуке далеко ближе да своје процене искажу речима природног језика него да користе нумеричке мерне скале.

У другом делу приказан је предложени модел за класификацију пословних компоненти у групе пословних компоненти (Nestić и остали, 2022a). У овој докторској дисертацији усвојене су групе компоненти пословних модела које су дефинисане у Shafer и остали (2005). Преузети називи група пословних компоненти, односно димензија, на одговарајући начин описују проблематику пословних модела. Преузете групе се сматрају сасвим одговарајућим за мала и средња производна предузећа која су разматрана у овом докторском раду. Shafer и остали (2005) су предложили поступак распоређивања пословних компоненти у дефинисане групе пословних компоненти на основу дијаграма афинитета. Аутор ове докторске дисертације сматра да је предложени поступак значајно оптерећен субјективним ставовима доносиоца одлука тако да се може поставити питање колико је дата класификација прихватљива. Са друге стране, познато је да у литератури постоји велики број пословних оквира са компонентама које су многи аутори разматрали. Полазећи од ових чињеница, у овом докторском раду је прво селектован скуп пословних оквира које чине пословне компоненте које се разматрају у готово свим анализираним радовима из ове области. Класификација компоненти у групе пословних компоненти је извршена на егзактан начин применом хеуристичких метода.

У трећем делу развијен је модел за испитивање утицаја усаглашености између пословног модела и модела квалитета на перформансе квалитета у малим и средњим предузећима.

## 5.1 Модел за оцену квалитета

У овом поглављу предложен је двостепени фази модел за оцену квалитета пословања предузећа. Предложени фази двостепени модел је приказан на слици 5.2.



Слика 5.2 Фази двостепени модел за оцену квалитета (Petrović и остали, 2022)

Одређивање тежине критеријума је извршено помоћу BWM која је проширена са TFNs. Оцена релативне важности критеријума је извршена од стране више доносиоца одлука: представника агенције за квалитет, представника привредне коморе и професора са катедре за индустријско инжењерство. Ови доносиоци одлука су користили унапред дефинисане лингвистичке исказе да оцене релативну важност критеријума. Вектор тежине критеријума на нивоу сваког доносиоца одлуке је одређен помоћу предложене FBWM методе која је предложена у (Petrović и остали, 2022). На овај начин, тежине критеријума су описане помоћу TFNs. Агрегиране вредности тежина су добије применом фази геометријске средине, тако да вредности елемента вектора тежина критеријума су описани помоћу TFNs. У другом делу развијеног модела ранг разматраних малих и средњих производних предузећа је добијен применом MOORA методе која је проширена са TFNs.

---

---

### **5.1.1 Дефинисање скупа улазних података за модел квалитета**

#### **5.1.1.1 Критеријуми за модел квалитета**

Према релевантној литератури, идентификовани су многи критеријуми квалитета према којима се предузећа вреднују како би унапредила способност одговора на захтеве свих заинтересованих страна. Генерално, они могу бити представљени скупом индекса  $\{1, \dots, k, \dots, K\}$ , где  $K$  представља укупан број критеријума квалитета, а индекс сваког критеријума квалитета је означен као  $k, k = 1, \dots, K$

Критеријуми коришћени у предложеном моделу су преузети из EFQM модела из 2020 године и представљени су на следећи начин:

- Организациона култура и лидерство ( $k = 1$ ),
- Сврха, визија и стратегија ( $k = 2$ ),
- Перцепције стејкхолдера ( $k = 3$ ),
- Стратејске и оперативне перформансе ( $k = 4$ ),
- Укључивање стејкхолдера ( $k = 5$ ),
- Креирање одрживе вредности ( $k = 6$ ), и
- Управљање перформансама и трансформацијама ( $k = 7$ ).

#### **5.1.1.2 Дефинисање скупа предузећа за модел квалитета**

Посматрана предузећа послују у сектору производње и припадају скупу малих и средњих предузећа са територије Републике Србија. Ова предузећа су формално представљена скупом  $\{1, \dots, i, \dots, I\}$ . Укупан број предузећа означен је са  $I$ , а  $i, i = 1, \dots, I$  представља индекс предузећа.

#### **5.1.1.3 Дефинисање скупа доносиоца одлука за модел квалитета**

Доносиоци одлука су формално представљени скупом индекса  $\{1, \dots, e, \dots, E\}$ , где  $E$  означава укупан број доносиоца одлука. Индекс доносиоца одлука је означен као  $e, e = 1, \dots, E$ . Скуп доносиоца одлука који су задужени за процену релативне важности критеријума квалитета се састоји од: 1) представника агенције за квалитет, 2) представника привредне коморе и 3) редовног професора са катедре за индустријски инжењеринг. На нивоу сваког предузећа, процену за вредност критеријума квалитета давао је менаџер квалитета.

Овим истраживањем је предложено да доносиоци одлука имају исти релативни значај, као што је случај при решавању сличних проблема у литератури (Есег и Рамисар, 2020; Дурмић и остали, 2020; Liang и остали, 2021).

### **5.1.2 Моделирање постојећих неизвесности у моделу квалитета**

Релативна важност разматраних критеријума квалитета и њихове вредности могу се боље изразити лингвистичким исказима него прецизним вредностима. Уопштено говорећи, број лингвистичких исказа се одређује с обзиром на величину и врсту проблема. Домени фази бројева којима се описују релативне важности и вредности разматраних критеријума су дефинисани на стандардној скали мера коју је предложио Saaty (2013). У овој скали број 1 означава најмању а број 9 највећу вредност.

Релативна важност критеријума квалитета може се адекватно описати користећи пет лингвистичких исказа моделованих применом TFN:

- једнако важни (E1):(1,1,1)
- мало важније (E2): (1,2.5,4)
- умерено важније (E3): (3,5,7)
- веома важније (E4):(6,7.5,9)
- екстремно важније (E5):(9,9,9)

Вредности критеријума квалитета могу се проценити помоћу седам лингвистичких исказа који су моделовани применом TFN:

- веома мала вредност (V1): (1,1,2.5)
- мала вредности (V2): (1,2.5,4)
- прилично мала вредност (V3):(2.5,4,5.5)
- средња вредност (V4):(3.5,5.5,7.5)
- прилично велика вредност (V5): (5.5,7,8.5)
- велика вредност (V6):(6,7.5,9)
- веома велика вредност (V7):(7.5,9,9)

### 5.1.3 Предложена FBWM метода за одређивање тежине вектора

Вектор тежине критеријума квалитета је дат коришћењем предложеног FBWM. Овај проширени модел се реализује кроз следеће кораке:

*Корак 1.* Сваки доносилац одлука процењује релативну важност критеријума квалитета коришћењем унапред дефинисаних лингвистичких исказа који су моделовани према TFN. Добијени фази вектор најбољег критеријума према осталима (*енг. best-to-others*; - FBO),  $\tilde{A}_B$  и фази вектор осталих критеријума – према – најлошијем (*енг. other-to-worst*; - FOW),  $\tilde{A}_W$  је представљен као:

$$\tilde{A}_B = (\tilde{a}_{B1}, \dots, \tilde{a}_{Bk}, \dots, \tilde{a}_{BK}) \text{ и } \tilde{A}_W = (\tilde{a}_{W1}, \dots, \tilde{a}_{Wk}, \dots, \tilde{a}_{WK})^T$$

где:

$\tilde{a}_{Bk}$  представља преферентност најбољег критеријума према осталим критеријумима

$\tilde{a}_{Wk}$  представља преферентност најгорег критеријума према осталим критеријумима

*Корак 2.* На нивоу доносиоца одлука  $e, e = 1, \dots, E$ , добијене су оптималне тежине критеријума користећи следећи математички модел:

Функција циља:

$$\min \max_{1=1, \dots, K} \left\{ \left| \frac{\tilde{\omega}_B}{\tilde{\omega}_k} - \tilde{a}_{Bk} \right|, \left| \frac{\tilde{\omega}_k}{\tilde{\omega}_W} - \tilde{a}_{kW} \right| \right\}$$



при чему важе следећи услови:

$$\text{defuzz} \left( \sum_{k=1}^K \tilde{\omega}_k = 1 \right)$$

$$\begin{aligned} l_k &\geq 0 & k = 1, \dots, K \\ l_k &\leq m_k & k = 1, \dots, K \\ m_k &\leq u_k & k = 1, \dots, K \end{aligned}$$

*Корак 3.* Трансформацијом представљеног математичког модела у модел линеарног програмирања може се израчунати минимум апсолутног јаза  $(\varphi^*, \varphi^*, \varphi^*)$ :

Функција циља:

$$\min \varphi^*$$

при чему важе следећи услови:

$$\begin{aligned} |l_B - u_k \cdot l_{Bk}| &\leq \varphi^* & k = 1, \dots, K \\ |m_B - m_k \cdot m_{Bk}| &\leq \varphi^* & k = 1, \dots, K \\ |u_B - l_k \cdot u_{Bk}| &\leq \varphi^* & k = 1, \dots, K \\ |l_k - u_W \cdot l_{Wk}| &\leq \varphi^* & k = 1, \dots, K \\ |m_k - m_W \cdot m_{Wk}| &\leq \varphi^* & k = 1, \dots, K \\ |u_k - l_W \cdot u_{Wk}| &\leq \varphi^* & k = 1, \dots, K \\ \frac{1}{6} \cdot \left( \sum_{k=1, \dots, K} l_k + 4 \cdot \sum_{k=1, \dots, K} m_k + \sum_{k=1, \dots, K} u_k \right) &= 1 \\ l_k &\leq m_k & k = 1, \dots, K \\ m_k &\leq u_k & k = 1, \dots, K \\ l_k &\geq 0 & k = 1, \dots, K \end{aligned}$$

*Корак 4.* Минимална конзистентност се постиже ако је следећи услов задовољен:

$$\tilde{\delta}^2 - (\tilde{1} - 2 \cdot \tilde{A}_{BW}) \cdot \tilde{\delta} + (\tilde{A}_{BW}^2 - \tilde{A}_{BW}) = \tilde{0}$$

Где је:  $\tilde{1} = (1,1,1)$  и  $\tilde{0} = (0,0,0)$

Фази једначина је затим трансформисана у следећу једначину:

$$\delta^2 - (1 - 2 \cdot A_{BW}) \cdot \delta + (A_{BW}^2 - A_{BW}) = 0$$

Индекс конзистентности (*енг. Consistency index; CI*) је добијен према Rezaei (2015).

---

---

Рацио конзистентности (енг. *The consistency ratio*;  $CR$ ) је добијен решавањем следеће једначине:

$$CR = \frac{\delta^*}{CI}$$

Степен конзистентности и поузданости добијених тежина критеријума може се проверити преко израчунавања  $CR$ .

*Корак 5.* Вектор тежина критеријума квалитета,  $(\tilde{\omega}_{1e}^*, \dots, \tilde{\omega}_{ke}^*, \dots, \tilde{\omega}_{Ke}^*)$  је одређен помоћу *LINGO* софтвера.

*Корак 6.* Агрегирани вектори тежина критеријума квалитета  $(\tilde{\omega}_1^*, \dots, \tilde{\omega}_k^*, \dots, \tilde{\omega}_K^*)$  су одређени коришћењем фази оператора геометријске средине.

#### **5.1.4 Одређивање тежине вектора критеријума квалитета применом ФАНР**

Вектор тежине критеријума квалитета је дат коришћењем предложене ФАНР. Овај проширени модел се реализује кроз следеће кораке:

*Корак 1.* На нивоу сваког доносиоца одлука конструисана је фази матрица парова упоређења релативне важности критеријума квалитета:

$$[\tilde{W}_{kk'}^e]$$

где:  $\tilde{W}_{kk'}^e$  је релативна важност критеријума квалитета  $k$  према критеријуму квалитета  $k'$ ,  $k, k' = 1, \dots, K$

*Корак 2.* Агрегирана фази матрица релативне важности критеријума квалитета је:

$$[\tilde{W}_{kk'}]$$

где је:

$$\tilde{W}_{kk'} = \sqrt{\prod_{k'=1, \dots, K} \tilde{W}_{kk'}}$$

*Корак 3.* Трансформишимо фази агрегирану матрицу релативне важности парова упоређења у матрицу парова упоређења применом методе једноставне гравитације, тако да:

$$[W_{kk'}]$$

*Корак 4.* Одредимо конзистентност процена применом методе сопственог вектора (Saaty, 2013).

*Корак 5.* Одредимо вектор тежине критеријума квалитета користећи приступ фази геометријске средине.

*Корак 6.* Извршимо анализу осетљивости резултата добијених применом FBWM и ФАНР.

---

---

### 5.1.5 Предложена Фази MOORA метода за рангирање предузећа

Предложена MOORA метода проширена са TFN је представљена кроз следеће кораке:

*Корак 1.* Процена вредности идентификованих критеријума на нивоу сваког предузећа је дата у облику матрице:

$$[\tilde{x}_{ik}]_{I \times K}$$

Елементи ове матрице су дефинисани као критеријуми вредности на нивоу сваког предузећа  $i, i = 1, \dots, I$

*Корак 2.* Отежана нормализована фази матрица одлучивања је дата према правилима фази алгебре (Zimmermann 2010), где је:

$$\tilde{z}_{ik} = \tilde{\omega}_k \cdot \tilde{x}_{ik} = (l_{ik}, m_{ik}, u_{ik})$$

*Корак 3.* Фази референтна тачка,  $\tilde{f}_k$  је израчуната за сваки критеријум,  $k = 1, \dots, K$ :

$$\tilde{f}_k = \left( \max_{i=1, \dots, I} l_{ik}, \max_{i=1, \dots, I} m_{ik}, \max_{i=1, \dots, I} u_{ik} \right) = (L_k, M_k, U_k)$$

*Корак 4.* Процењене вредности критеријума на нивоу сваког предузећа се израчунавају помоћу следеће једначине:

$$d_{ik} = \frac{1}{K} \cdot d(\tilde{f}_k, \tilde{z}_{ik})$$

Где  $d(\tilde{f}_k, \tilde{z}_{ik})$  представља растојање између TFN бројева засновано на екстензији Grzegorzewski методе (Park и остали, 2008):

$$d(\tilde{f}_k, \tilde{z}_{ik}) = \frac{1}{2} \cdot \{ \max(|L_k - l_{ik}|, |M_k - m_{ik}|) + \max(|M_k - m_{ik}|, |U_k - u_{ik}|) \}$$

*Корак 5.* Одређивањем максималног растојања  $d_{ik}$  на нивоу сваког предузећа,  $i, i = 1, \dots, I$  је израчуната према (Liu и остали, 2014):

$$\delta_i = \min_{k=1, \dots, K} \max d_i$$

*Корак 6.* Рангирање предузећа је утврђено према израчунатој вредности  $\delta_i$ .

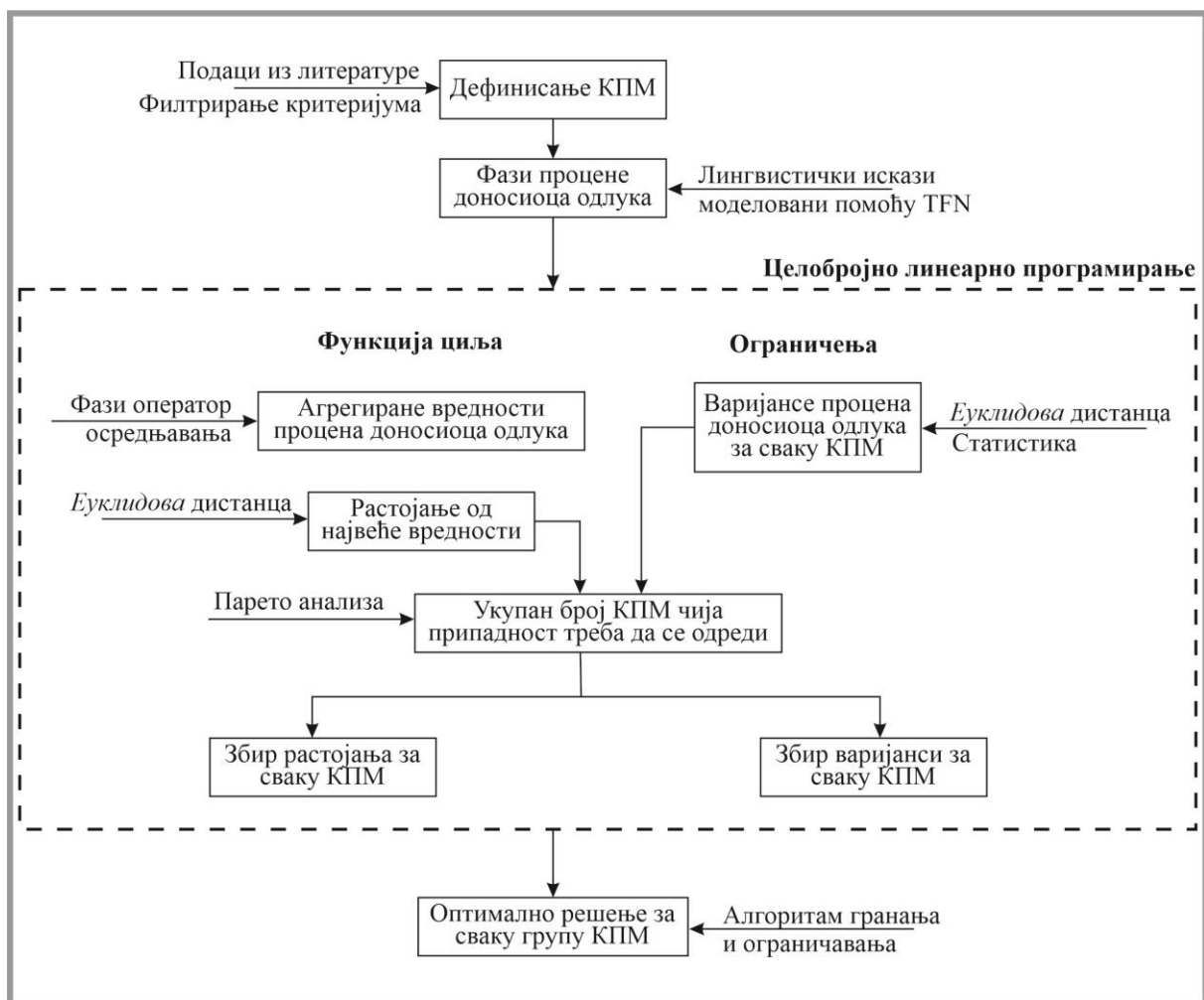
*Корак 7.* Унапређење квалитета пословања разматраних предузећа врши се предузимањем мера које треба да доведу до побољшања вредности критеријума квалитета, с обзиром да су њихове циљне вредности једнаке вредностима прво-ранжираних предузећа.

## 5.2 Модел за класификацију КПМ

У овом поглављу приказан је двостепени модел распоређивања пословних компоненти у групе пословних компоненти (Nestić и остали, 2022a).

У првој фази, одређена је мера веровања да свака разматрана компонента припада некој од четири разматране групе компоненти. Овај проблем је постављен као задатак фази групног одлучивања. Агрегирана вредност добијене мере веровања о припадању компоненти свакој групи је одређена применом оператора фази аритметичке средине.

У другој фази је постављен оптимизациони модел чија функција циља је дефинисана као максимизација укупне мере агрегираних веровања. Ограничења су дефинисана као варијансе одступања процена доносиоца одлука. Оптималан скуп компоненти унутар сваке групе је одређен применом алгоритма В&В. Уведена је претпоставка да на нивоу сваке групе не треба да буде више од 10% укупног броја анализираних компоненти (што је аналогно претпоставци уведеној у Парето анализи). Предложени модел је представљен на слици 5.3.



Слика 5.3 Модел за алокацију компоненти пословних модела у групе пословних модела (Nestić и остали, 2022a)

## 5.2.1 Дефинисање улазних података за модел класификације КПМ

### 5.2.1.1 Дефинисање скупа КПМ

КПМ су формално представљене скупом индекса  $\{1, \dots, i, \dots, I\}$ . Укупан број КПМ је представљен као  $I$ , док  $i, i = 1, \dots, I$  представља индекс КПМ. У табели 5.1 дат је детаљан приказ разматраних компоненти пословних модела преузетих из Nestić и остали (2022а).

**Табела 5.1** Компоненте пословних модела са предложеним индексима

Индекс	Назив КПМ	Индекс	Назив КПМ
i=1	Алијансе	i=31	Организација (Форма и карактеристике)
i=2	Пословна архитектура	i=32	Мрежа партнера
i=3	Бренд	i=33	Људи
i=4	Способности	i=34	Цена (Модел одређивања цене и стратегија)
i=5	Капитал (модел капитала)	i=35	Мерење процеса, нефинансијска активност
i=6	Модел трговинског процеса	i=36	Процеси
i=7	Конкуренти	i=37	Набавка
i=8	Повезане активности	i=38	Профит
i=9	Кључне компетенције	i=39	Иновација производа
i=10	Структура трошкова и ток прихода, модел профита	i=40	Производ/услуга
i=11	Кориснички интерфејс	i=41	Пружање услуге
i=12	Модел односа са купцима	i=42	Односи
i=13	Купци (сегмент купаца)	i=43	Ресурси (систем и модел)
i=14	Прилагођене (или персонализоване) услуге	i=44	Приход (модел, извори, ток)
i=15	Управљање	i=45	Правила и метрика
i=16	Канал испоруке	i=46	Обим
i=17	Диференцијација и стратегијска контрола	i=47	Заинтересоване стране (користи и мрежа)
i=18	Дистрибуција, канали дистрибуције	i=48	Структура
i=19	Опрема	i=49	Ланац набавке
i=20	Финансије	i=50	Одрживост
i=21	Производња и размена роба и услуга	i=51	Продаја (циљни купац, циљно тржиште)
i=22	Имплементација	i=52	Технологија (кључне инвестиције)
i=23	ИТ архитектура и инфраструктура	i=53	Трговински механизми, протоколи
i=24	Кључне компоненте пословања	i=54	Хватање вредности
i=25	Правна питања, законитости	i=55	Ланац вредности
i=26	Сегмент тржишта	i=56	Конфигурација вредности
i=27	Маркетинг стратегија	i=57	Стварање вредности, дизајн
i=28	Мисија, структура мисије	i=58	Мрежа вредности, конфигурација
i=29	Норме	i=59	Предлог вредности
i=30	Понуда		

Извор: Nestić и остали (2022а)

У наставку су објашњене процедуре за дефинисање група КПМ и дефинисање скупа доносилаца одлуке у оквиру предложеног модела.

---

---

### 5.2.1.2 Дефинисање група КПМ

Групе КПМ могу се формално представити као скуп индекса  $j = \{1, \dots, j, \dots, J\}$ . Укупан број група КПМ је означен као  $J$  и  $j, j = 1, \dots, J$  представља индекс група КПМ. За потребе овог истраживања дефинисане су четири групе КПМ према сугестији Shafer (2005) и то:

- стратешки избори ( $j=1$ ),
- мрежа вредности ( $j=2$ ),
- стварање вредности ( $j=3$ ) и
- хватање вредности ( $j=4$ ).

### 5.2.1.3 Дефинисање скупа доносилаца одлуке

Доносиоце одлука за потребе овог истраживања представљају представници предузећа из четири различита индустријска сектора са територије Републике Србије. Компетенције доносиоца одлука су базиране на искуству, позицији у предузећу и стеченом формалном образовању. Критеријуми за одабир доносиоца одлука су били:

- минимум од 10 година радног стажа у предузећима на лидерским позицијама
- поседовање дипломе мастера или доктората из области, и
- руководећа позиција (сениор менаџера или виша).

За потребе овог истраживања организована је панел дискусија на којој су учествовали представници из сва четири економска сектора. Укупан број учесника панел дискусије био је 40, и то по 10 представника предузећа за сваки индустријски сектор. Процена за сваку КПМ је донесена консензусом, од стране сваког економског сектора појединачно. Доносиоци одлука су формално представљени скупом индекса  $\varepsilon = \{1, \dots, e, \dots, E\}$ . Укупан број доносиоца одлука је означен као  $J$ , док  $e, e = 1, \dots, E$  представља индекс доносиоца одлука.

## 5.2.2 Дефинисање лингвистичких исказа

За потребе овог истраживања претпостављено је да доносиоци одлука изражавају своје процене помоћу унапред дефинисаних лингвистичких исказа. Укупан број лингвистичких исказа у овом случају је 5 и они су моделовани помоћу TFN-а на следећи начин:

- Скоро да не припада ( $S1$ ) = (0, 0, 0.25)
- Веома мали степен припадања ( $S2$ ) = (0.05, 0.3, 0.55, )
- Умерен степен припадања ( $S3$ ) = (0.25, 0.5, 0.75)
- Значајан степен припадања ( $S4$ ) = (0.45, 0.7, 0.95)
- Сигурно припада ( $S5$ ) = (0.75, 1, 1)

Домени ових фази троугластих бројева су дефинисани скупом реалних бројева у интервалу  $[0,1]$ . Вредност 0 и вредност 1 означавају да елемент  $i, i = 1, \dots, I$  не припада, односно сигурно припада групи  $j, j = 1, \dots, J$ , респективно.

---

---

### 5.2.3 Предложени алгоритам

Предложени алгоритам се реализује кроз следеће кораке.

*Корак 1.* Фази процена доносиоца одлука је представљено као:

$$\tilde{v}_{ij}^e = (l_{ij}^e, m_{ij}^e, u_{ij}^e)$$

*Корак 2.* Агрегирана вредност фази процена доносиоца одлука за сваку КПМ  $i, i = 1, \dots, I$  на нивоу сваке групе КПМ  $j, j = 1, \dots, J$  је дата применом методе фази осредњавања:

$$\tilde{v}_{ij} = \frac{1}{E} \cdot \sum_{e=1, \dots, E} \tilde{v}_{ij}^e$$

Према правилима фази алгебре  $\tilde{v}_{ij}$  је TFN, такође.

*Корак 3.* Израчунајмо варијансу фази процена доносиоца одлука за сваку КПМ  $i, i = 1, \dots, I$  на нивоу сваке групе КПМ  $j, j = 1, \dots, J$ :

$$s_{ij}^2 = \frac{1}{E-1} d^2(\tilde{v}_{ij}^e, \tilde{v}_{ij})$$

*Корак 4.* Поставимо проблем целобројног линеарног програмирања:

Функција циља:

$$\min_{i'} \sum d(\tilde{v}_{ij}, (1,1,1)) \text{ за сваку } j, j=1, \dots, J$$

Где се,  $d(\tilde{v}_{ij}, (1,1,1))$  рачуна као Еуклидова дистанца између два TFN (Grzegorzewski, 2004).

При ограничењима:

$$\frac{1}{I'} \cdot \sum_{i=1, \dots, I'} s_{ij}^2 \leq (\sigma^2)^*$$

$I'$  представља укупан број КПМ који се бирају унутар сваке групе КПМ.

Вредност десне стране ограничења,  $(\sigma^2)^*$  је дефинисана као вредност прага варијансе фази процена доносиоца одлука. То је она вредност варијансе када су доносиоци одлука постигли консензус. За потребе овог истраживања уведена је претпоставка да доносиоци одлука постижу консензус ако највише користе три узастопна лингвистичка исказа за процену разматраних променљивих.

*Корак 5.* Коришћењем *Gurobi* софтвера у који је интерно имплементиран В&В сукцесивно се распоређује уређен  $I'$  сет КПМ по групама КПМ чији је редослед биран на случајан начин.

---

---

### 5.3 Модел за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП

Предложени модел за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе квалитета производних предузећа је истражен применом регресионе и корелационе анализе.

Улазни подаци који се користе у предложеном моделу су:

1. Резултати анализе оријентисаности пословних модела у предузећима са територије Републике Србије (Cvetić и остали, 2019).

2. Предузећа која су коришћена у Petrović и остали (2022).

3. Вредности критеријума квалитета који су преузети из Petrović и остали (2022) и представљају прву независну променљиву у моделу. Применом методе агрегације израчуната је вредност квалитета на нивоу сваког предузећа

4. Друга независна променљива представља проценат заступљености компоненти пословних модела у предузећима из Petrović и остали (2022) који су одређени у Nestić и остали (2022a). Испитивање нивоа препознавања КПМ је био задатак за стратегијски менаџмент на нивоу сваког разматраног предузећа.

5. Зависне променљиве су три најбоље рангирана индикатора перформанси квалитета према критеријуму важности за групу МСП из производног сектора која егзистирају на територији Републике Србије. Ови индикатори перформанси квалитета су преузети из Nestić и остали (2022b). Вредност разматраних перформанси је постављен као фази проблем групног одлучивања. Вредности су исказане користећи седам унапред дефинисаних лингвистичких исказа:

- Веома велика вредност (V1): (1,1,2.5)
- Велика вредност (V2): (1,2.5,4)
- Средње велика вредност (V3): (2.5,4,5.5)
- Средња вредност (V4): (3.5,5.5,7.5)
- Средње мала вредност (V5): (5.5,7,8.5)
- Мала вредност (V6): (6,7.5,9)
- Веома мала вредност (V7): (7.5,9,9)

Задатак менаџера квалитета био је да изнесу своје процене у унапред одређеном временском периоду за: 1) укупан број жалби купаца, 2) трошкове лошег квалитета, и за 3) време неопходно за затварање неусаглашености (правовремено затварање неусаглашености).

#### 5.3.1 Предложена процедура

Предложени алгоритам се реализује кроз следеће кораке:

*Корак 1.* Процене доносиоца одлука (менаџера квалитета), моделоване са TFN, за сваку од три разматране перформансе квалитета на нивоу сваког предузећа  $e, e = 1, \dots, E$  за посматрани период од три године  $t, t = 1, \dots, T$

$$\tilde{v}_e^t = (l_e^t, m_e^t, u_e^t)$$



---

*Корак 2.* Агрегиране вредности фази процена за сваку од три разматране перформансе квалитета за посматрани период од три године су дате користећи оператор фази геометријске средине:

$$\tilde{v}_e = \left( \sqrt[T]{\prod_{t=1, \dots, T} l_e^t}, \sqrt[T]{\prod_{t=1, \dots, T} m_e^t}, \sqrt[T]{\prod_{t=1, \dots, T} u_e^t} \right) = (l_e, m_e, u_e)$$

*Корак 3.* Дефазификација фази процена TFN  $\tilde{v}_e$ ,  $v_e$  је дата применом једноставне методе гравитације:

$$v_e = \frac{(u_e - l_e) + (m_e - l_e)}{3} + l_e$$

*Корак 4.* Агрегиране вредности квалитета су израчунате применом фази аритметичке средине према конструисаном фази EFQM моделу,  $\tilde{q}_e$  :

$$\tilde{q}_e = \sum_{k=1, \dots, K} \tilde{\omega}_k \cdot \tilde{v}_{ek}$$

*Корак 5.* Дефазификација TFNs  $\tilde{q}_e$ ,  $q_e$  је дата применом једноставне методе гравитације.

$$q_e = \frac{(u_e - l_e) + (m_e - l_e)}{3} + l_e$$

*Корак 6.* Процена препознавања КПМ од стране стратегијског менаџмента на нивоу сваког разматраног предузећа  $e, e = 1, \dots, E$  је добијена путем упитника са више понуђених одговора. Ова вредност је израчуната као однос броја идентификованих КПМ и укупног броја КПМ. Ова вредност је представљена као  $p_e, e = 1, \dots, E$ .

*Корак 7.* Више-линеарни регресиони модели који описују зависност сваке од посматраних перформанси квалитета на независне варијабле:

$$\hat{v}_e = a + b_1 \cdot q_e + b_2 \cdot p_e$$

*Корак 9.* Тестирање постојања регресионе зависности применом модела анализе варијансе.

*КОРАК 10.* Одређивање парцијалних коефицијената корелације.

---

---

# 6. ВЕРИФИКАЦИЈА РАЗВИЈЕНИХ МОДЕЛА

У овој докторској дисертацији развијена су три модела:

- 1) модел квалитета
- 2) модел за класификацију компоненти пословних модела, и
- 3) модел за интеграцију пословних модела и модела квалитета.

Ови модели су тестирани и верификовани на подацима који су узети из предузећа која послују на територији Републике Србије и по својим карактеристикама припадају сектору малих и средњих предузећа.

## 6.1 Верификација модела квалитета

Предложени модел за оцену и рангирање предузећа према критеријумима EFQM модела је тестиран на реалним подацима добијеним од 20 насумично одабраних МСП која послују на територији Републике Србије. Ова предузећа се међусобно разликују по величини и технолошком нивоу, као и по разноврсности финалних производа. Заједничке карактеристике разматраних предузећа су: 1) класификована су према критеријуму величине као мала и средња предузећа, 2) припадају секундарном сектору привреде односно прерађивачкој индустрији, која има највећи утицај на бруто национални доходак Републике Србије, 3) пријављују се за награду квалитета према EFQM моделу.

Развијени модел за оцену и рангирање предузећа који је заснован на комбинацији EFQM модела, FBWM и FMOORA је верификован кроз рад (Petrović и остали, 2022).

Критеријуми квалитета према којима се оцењују предузећа су преузети из EFQM модела као што је раније напоменуто. Релативну важност ових критеријума су проценила три доносиоца одлука:

- 1) представник агенције за квалитет,
- 2) представник привредне коморе и
- 3) професор са катедре за индустријско инжењерство.

Донносиоци одлука су одабрани на основу свог искуства и експертизе из области пословања. Процене доносилаца одлуке су добијене применом методе интервјуа. Донносиоцима одлука је током интервјуа представљен (а) циљ истраживања у оквиру ове дисертације, (б) постојећи EFQM модел, (в) предложени лингвистички искази за процену важности критеријума квалитета. Након завршеног интервјуа истраживачи су прикупљене податке обрадили путем предложене FBWM како би одредили тежине критеријума квалитета за групу разматраних предузећа.

Развијена FBWM процедура је приказана на примеру одређивања тежина критеријума квалитета на основу података добијених од првог доносиоца одлука.

Процене релативног значаја критеријума квалитета првог доносиоца одлука према предложеном алгоритму приказаном у претходном поглављу су представљене (*корак 1*):

$$\tilde{A}_B = (E5, E4, E3, E2, E2, E2, E1)$$

$$\tilde{A}_w = (E1, E2, E3, E4, E3, E3, E5)$$

Модел линеарног програмирања може се навести применом предложеног алгоритма (*корак 2 до корак 4*):

Функција циља:

$$\min \varphi^*$$

при чему важе следећи услови:

$$\begin{array}{lll} |l_7 - u_1 \cdot 9| \leq \varphi^* & |m_7 - m_1 \cdot 9| \leq \varphi^* & |u_7 - l_1 \cdot 9| \leq \varphi^* \\ |l_7 - u_2 \cdot 6| \leq \varphi^* & |m_7 - m_2 \cdot 7.5| \leq \varphi^* & |u_7 - l_2 \cdot 9| \leq \varphi^* \\ |l_7 - u_3 \cdot 3| \leq \varphi^* & |m_7 - m_3 \cdot 5| \leq \varphi^* & |u_7 - l_3 \cdot 7| \leq \varphi^* \\ |l_7 - u_4 \cdot 1| \leq \varphi^* & |m_7 - m_4 \cdot 2.5| \leq \varphi^* & |u_7 - l_3 \cdot 4| \leq \varphi^* \\ |l_7 - u_5 \cdot 1| \leq \varphi^* & |m_7 - m_5 \cdot 2.5| \leq \varphi^* & |u_7 - l_5 \cdot 4| \leq \varphi^* \\ |l_7 - u_6 \cdot 1| \leq \varphi^* & |m_7 - m_6 \cdot 2.5| \leq \varphi^* & |u_7 - l_6 \cdot 4| \leq \varphi^* \\ |l_2 - u_1 \cdot 1| \leq \varphi^* & |m_2 - m_1 \cdot 2.5| \leq \varphi^* & |u_2 - l_1 \cdot 4| \leq \varphi^* \\ |l_3 - u_1 \cdot 3| \leq \varphi^* & |m_3 - m_1 \cdot 5| \leq \varphi^* & |u_3 - l_1 \cdot 7| \leq \varphi^* \\ |l_4 - u_1 \cdot 6| \leq \varphi^* & |m_4 - m_1 \cdot 7.5| \leq \varphi^* & |u_4 - l_1 \cdot 9| \leq \varphi^* \\ |l_5 - u_1 \cdot 3| \leq \varphi^* & |m_5 - m_1 \cdot 5| \leq \varphi^* & |u_5 - l_1 \cdot 7| \leq \varphi^* \\ |l_6 - u_1 \cdot 3| \leq \varphi^* & |m_6 - m_1 \cdot 5| \leq \varphi^* & |u_6 - l_1 \cdot 7| \leq \varphi^* \end{array}$$

$$\frac{1}{6} \cdot \left( \sum_{k=1, \dots, 7} l_k + 4 \cdot \sum_{k=1, \dots, 7} m_k + \sum_{k=1, \dots, 7} u_k \right) = 1$$

$$\begin{array}{ll} l_k \leq m_k \leq u_k & k = 1, \dots, 7 \\ l_k \geq 0 & k = 1, \dots, 7 \end{array}$$

$$CR = \frac{0.071}{CI} = 0.2$$

Вектори тежина критеријума квалитета на нивоу првог доносиоца одлука су добијени применом LINGO софтвера описаног у *кораку 5*:

$$\tilde{\omega}_{11} = (0.03, 0.03, 0.03) \quad \tilde{\omega}_{21} = (0.04, 0.05, 0.07) \quad \tilde{\omega}_{31} = (0.06, 0.08, 0.13)$$

$$\tilde{\omega}_{41} = (0.09, 0.16, 0.32) \quad \tilde{\omega}_{51} = (0.09, 0.16, 0.27) \quad \tilde{\omega}_{61} = (0.09, 0.16, 0.27)$$

$$\tilde{\omega}_{71} = (0.33, 0.32, 0.32)$$

Фази вектори остали-према најбољем и фази вектори остали-према најгорем за другог доносиоца одлука су:

$$\tilde{A}_B = (E4, E2, E2, E1, E5, E3, E2)$$

$$\tilde{A}_w = (E2, E3, E3, E4, E1, E4, E4)$$

---

---

Индекс конзистентности:

$$CR = \frac{0.097}{CI} = 0.157$$

Вектори тежина критеријума квалитета на нивоу другог доносиоца одлука су:

$$\tilde{\omega}_{12} = (0.05, 0.05, 0.07) \quad \tilde{\omega}_{22} = (0.10, 0.16, 0.26) \quad \tilde{\omega}_{32} = (0.10, 0.16, 0.26)$$

$$\tilde{\omega}_{42} = (0.31, 0.31, 0.31) \quad \tilde{\omega}_{52} = (0.02, 0.02, 0.03) \quad \tilde{\omega}_{62} = (0.06, 0.08, 0.14)$$

$$\tilde{\omega}_{72} = (0.10, 0.16, 0.31)$$

Вектори тежина критеријума квалитета за процене трећег доносиоца одлука су одређене путем истог алгоритма. Фази вектори остали-према најбољем и фази вектори остали-према најгорем за трећег доносиоца одлука су:

$$\tilde{A}_B = (E4, E5, E1, E2, E3, E4, E2)$$

$$\tilde{A}_w = (E2, E1, E5, E4, E3, E3, E4)$$

Индекс конзистентности је:

$$CR = \frac{0.109}{CI} = 0.252$$

Вектори тежина критеријума квалитета на нивоу трећег доносиоца одлука су:

$$\tilde{\omega}_{13} = (0.05, 0.06, 0.08) \quad \tilde{\omega}_{23} = (0.03, 0.03, 0.04) \quad \tilde{\omega}_{33} = (0.35, 0.35, 0.35)$$

$$\tilde{\omega}_{43} = (0.11, 0.18, 0.35) \quad \tilde{\omega}_{53} = (0.06, 0.09, 0.15) \quad \tilde{\omega}_{63} = (0.05, 0.06, 0.08)$$

$$\tilde{\omega}_{73} = (0.11, 0.18, 0.35)$$

Поступак одређивање агрегираних тежина критеријума квалитета описан је у кораку 6 предложеног алгоритма. Агрегиране тежине на нивоу критеријума квалитета су:

$$\tilde{\omega}_1 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{11} \cdot \tilde{\omega}_{12} \cdot \tilde{\omega}_{13}} = (\sqrt[3]{0.03 \cdot 0.05 \cdot 0.05}, \sqrt[3]{0.03 \cdot 0.05 \cdot 0.06}, \sqrt[3]{0.03 \cdot 0.07 \cdot 0.08}) \\ = (0.04, 0.04, 0.06)$$

$$\tilde{\omega}_2 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{21} \cdot \tilde{\omega}_{22} \cdot \tilde{\omega}_{23}} = (\sqrt[3]{0.04 \cdot 0.10 \cdot 0.03}, \sqrt[3]{0.04 \cdot 0.16 \cdot 0.03}, \sqrt[3]{0.07 \cdot 0.26 \cdot 0.04}) \\ = (0.05, 0.06, 0.09)$$

$$\tilde{\omega}_3 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{31} \cdot \tilde{\omega}_{32} \cdot \tilde{\omega}_{33}} = (\sqrt[3]{0.06 \cdot 0.10 \cdot 0.35}, \sqrt[3]{0.08 \cdot 0.16 \cdot 0.35}, \sqrt[3]{0.13 \cdot 0.26 \cdot 0.35}) \\ = (0.13, 0.16, 0.23)$$

$$\tilde{\omega}_4 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{41} \cdot \tilde{\omega}_{42} \cdot \tilde{\omega}_{43}} = (\sqrt[3]{0.09 \cdot 0.31 \cdot 0.11}, \sqrt[3]{0.016 \cdot 0.31 \cdot 0.18}, \sqrt[3]{0.32 \cdot 0.31 \cdot 0.35}) \\ = (0.15, 0.21, 0.33)$$

$$\tilde{\omega}_5 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{51} \cdot \tilde{\omega}_{52} \cdot \tilde{\omega}_{53}} = (\sqrt[3]{0.09 \cdot 0.02 \cdot 0.06}, \sqrt[3]{0.16 \cdot 0.02 \cdot 0.09}, \sqrt[3]{0.27 \cdot 0.03 \cdot 0.15}) \\ = (0.05, 0.07, 0.11)$$

$$\tilde{\omega}_6 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{61} \cdot \tilde{\omega}_{62} \cdot \tilde{\omega}_{63}} = (\sqrt[3]{0.09 \cdot 0.06 \cdot 0.05}, \sqrt[3]{0.16 \cdot 0.08 \cdot 0.06}, \sqrt[3]{0.27 \cdot 0.14 \cdot 0.08}) \\ = (0.06, 0.09, 0.14)$$

$$\tilde{\omega}_7 = \sqrt[3]{\tilde{\omega}_{71} \cdot \tilde{\omega}_{72} \cdot \tilde{\omega}_{73}} = (\sqrt[3]{0.33 \cdot 0.10 \cdot 0.11}, \sqrt[3]{0.32 \cdot 0.16 \cdot 0.18}, \sqrt[3]{0.32 \cdot 0.31 \cdot 0.35}) \\ = (0.15, 0.21, 0.33)$$

Вредности критеријума квалитета су оцењивали менаџери квалитета на нивоу сваког разматраног предузећа. Сваки менаџер квалитета је путем е-поште добио упитник у коме је објашњено да се процене вредности критеријума квалитета могу описати једним од седам лингвистичких исказа. Менаџери квалитета су своје процене послали е-поштом, такође. Резултати процена менаџера квалитета за 20 предузећа представљени су у табели 6.1.

**Табела 6.1** Фази матрица одлучивања

	<i>k</i> = 1	<i>k</i> = 2	<i>k</i> = 3	<i>k</i> = 4	<i>k</i> = 5	<i>k</i> = 6	<i>k</i> = 7
<i>i</i> = 1	V5	V5	V4	V6	V5	V5	V4
<i>i</i> = 2	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V6
<i>i</i> = 3	V6	V6	V4	V5	V4	V6	V5
<i>i</i> = 4	V7	V6	V6	V7	V7	V5	V7
<i>i</i> = 5	V5	V6	V4	V5	V4	V4	V5
<i>i</i> = 6	V6	V6	V6	V4	V6	V4	V6
<i>i</i> = 7	V4	V4	V4	V4	V3	V5	V5
<i>i</i> = 8	V5	V4	V4	V5	V3	V4	V7
<i>i</i> = 9	V6	V4	V4	V3	V3	V5	V5
<i>i</i> = 10	V6	V7	V6	V6	V7	V6	V7
<i>i</i> = 11	V7	V6	V5	V5	V3	V6	V7
<i>i</i> = 12	V5	V5	V5	V6	V6	V4	V5
<i>i</i> = 13	V6	V5	V4	V5	V3	V5	V4
<i>i</i> = 14	V6	V5	V6	V6	V7	V6	V7
<i>i</i> = 15	V4	V5	V4	V5	V6	V6	V7
<i>i</i> = 16	V6	V4	V4	V5	V5	V5	V4
<i>i</i> = 17	V6	V6	V5	V5	V7	V6	V7
<i>i</i> = 18	V6	V5	V4	V5	V6	V6	V6
<i>i</i> = 19	V6	V5	V5	V6	V5	V4	V7
<i>i</i> = 20	V6	V5	V5	V6	V5	V5	V6

Отежана матрица одлучивања и референтне тачке су конструисане према кораку 2 и кораку 3 предложеног алгоритма на основу улазних података представљених у табели 4. Отежана матрица одлучивања и референтне тачке су приказане у табели 6.2.

Табела 6.2. Отежана матрица одлучивања и референтне тачке

	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$	$k = 7$
$i= 1$	(0.22,0.28,0.51)	(0.27,0.42,0.76)	(0.46,0.88,1.72)	(0.90,1.57,2.97)	(0.28,0.49,0.93)	(0.33,0.63,1.19)	(0.53,1.16,2.48)
$i= 2$	(0.22,0.28,0.51)	(0.27,0.42,0.76)	(0.71,1.12,1.96)	(0.82,1.47,2.81)	(0.28,0.49,0.93)	(0.33,0.63,1.19)	(0.90,1.58,2.97)
$i= 3$	(0.24,0.30,0.54)	(0.30,0.45,0.81)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.17,0.38,0.82)	(0.36,0.68,1.26)	(0.82,1.47,2.81)
$i= 4$	(0.30,0.36,0.54)	(0.30,0.45,0.81)	(0.78,1.20,2.07)	(1.12,1.89,2.97)	(0.37,0.63,0.99)	(0.33,0.63,1.19)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 5$	(0.22,0.28,0.51)	(0.30,0.45,0.81)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.17,0.38,0.82)	(0.21,0.49,1.05)	(0.82,1.47,2.81)
$i= 6$	(0.24,0.30,0.54)	(0.30,0.45,0.81)	(0.78,1.20,2.07)	(0.52,1.16,2.48)	(0.30,0.53,0.99)	(0.21,0.49,1.05)	(0.90,1.58,2.97)
$i= 7$	(0.14,0.22,0.45)	(0.17,0.33,0.67)	(0.46,0.88,1.72)	(0.52,1.16,2.48)	(0.12,0.28,0.61)	(0.33,0.63,1.19)	(0.82,1.47,2.81)
$i= 8$	(0.22,0.28,0.51)	(0.17,0.33,0.67)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.12,0.28,0.61)	(0.21,0.49,1.05)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 9$	(0.24,0.30,0.54)	(0.17,0.33,0.67)	(0.46,0.88,1.72)	(0.37,0.84,1.82)	(0.12,0.28,0.61)	(0.33,0.63,1.19)	(0.82,1.47,2.81)
$i= 10$	(0.24,0.30,0.54)	(0.37,0.54,0.81)	(0.78,1.20,2.07)	(0.90,1.57,2.97)	(0.37,0.63,0.99)	(0.36,0.68,1.26)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 11$	(0.30,0.36,0.54)	(0.30,0.45,0.81)	(0.71,1.12,1.96)	(0.82,1.47,2.81)	(0.12,0.28,0.61)	(0.36,0.68,1.26)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 12$	(0.22,0.28,0.51)	(0.27,0.42,0.76)	(0.71,1.12,1.96)	(0.90,1.57,2.97)	(0.30,0.53,0.99)	(0.21,0.49,1.05)	(0.82,1.47,2.81)
$i= 13$	(0.24,0.30,0.54)	(0.27,0.42,0.76)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.12,0.28,0.61)	(0.33,0.63,1.19)	(0.53,1.16,2.48)
$i= 14$	(0.24,0.30,0.54)	(0.27,0.42,0.76)	(0.78,1.20,2.07)	(0.90,1.57,2.97)	(0.37,0.63,0.99)	(0.36,0.68,1.26)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 15$	(0.14,0.22,0.45)	(0.27,0.42,0.76)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.30,0.53,0.99)	(0.36,0.68,1.26)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 16$	(0.24,0.30,0.54)	(0.17,0.33,0.67)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.28,0.49,0.93)	(0.33,0.63,1.19)	(0.53,1.16,2.48)
$i= 17$	(0.24,0.30,0.54)	(0.30,0.45,0.81)	(0.71,1.12,1.96)	(0.82,1.47,2.81)	(0.37,0.63,0.99)	(0.36,0.68,1.26)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 18$	(0.24,0.30,0.54)	(0.27,0.42,0.76)	(0.46,0.88,1.72)	(0.82,1.47,2.81)	(0.30,0.53,0.99)	(0.36,0.68,1.26)	(0.90,1.58,2.97)
$i= 19$	(0.24,0.30,0.54)	(0.30,0.45,0.81)	(0.71,1.12,1.96)	(0.90,1.57,2.97)	(0.28,0.49,0.93)	(0.21,0.49,1.05)	(1.13,1.89,2.97)
$i= 20$	(0.24,0.30,0.54)	(0.27,0.42,0.76)	(0.71,1.12,1.96)	(0.90,1.57,2.97)	(0.28,0.49,0.93)	(0.33,0.63,1.19)	(0.90,1.58,2.97)
$\tilde{f}_k$	(0.30,0.36,0.54)	(0.37,0.54,0.81)	(0.78,1.20,2.07)	(1.12,1.89,2.97)	(0.37,0.63,0.99)	(0.36,0.68,1.26)	(1.13,1.89,2.97)

Одређивање удаљености између два TFNa је приказано у следећем примеру:

$$d(\tilde{f}_1, \tilde{z}_{11}) = \frac{1}{2} \cdot \{\max(|0.30 - 0.22|, |0.36 - 0.28|) + \max(|0.36 - 0.28|, |0.54 - 0.51|)\} =$$

$$\frac{1}{2} \cdot \{\max(0.08, 0.08) + \max(0.08, 0.03)\} = \frac{1}{2} \cdot \{0.08 + 0.08\} = 0.08$$

Прорачун за процену вредности критеријума квалитета је представљен на примеру предузећа  $i = 1$  на нивоу првог критеријума квалитета:

$$d_{11} = \frac{1}{7} \cdot 0.08 = 0.0114$$

Процењене вредности критеријума квалитета као и одређивање максималне вредности  $d_{ik}, \delta_i$  и ранга предузећа (корак 4 - 6 предложеног алгоритма) су израчунате и представљене у табели 6.3.

**Табела 6.3** Ранг предузећа заснован на референтној тачки

	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$	$k = 4$	$k = 5$	$k = 6$	$k = 7$	$\delta_i$	Ранг
$i = 1$	0.0114	0.0171	0.0479	0.0450	0.0200	0.0082	0.1050	0.1050	15-19
$i = 2$	0.0114	0.0171	0.0139	0.0600	0.0200	0.0082	0.0450	0.0600	6-14
$i = 3$	0.0086	0.0129	0.0479	0.0600	0.0350	0	0.0600	0.0600	6-14
$i = 4$	0	0.0129	0	0	0	0.0082	0	0.0129	1
$i = 5$	0.0114	0.0129	0.0479	0.0450	0.0350	0.0279	0.0600	0.0600	6-14
$i = 6$	0.0086	0.0129	0	0.1050	0.0150	0.0279	0.0450	0.1050	15-19
$i = 7$	0.0214	0.0300	0.0479	0.1050	0.0525	0.0082	0.0600	0.1050	15-19
$i = 8$	0.0114	0.0300	0.0479	0.0600	0.0525	0.0279	0	0.0600	6-14
$i = 9$	0.0086	0.0300	0.0479	0.1575	0.0525	0.0082	0.0600	0.1575	20
$i = 10$	0.0086	0	0	0.0450	0	0	0	0.0450	2-5
$i = 11$	0	0.0129	0.0139	0.0600	0.0525	0	0	0.0600	6-14
$i = 12$	0.0114	0.0171	0.0139	0.0450	0.0150	0.0279	0.0600	0.0600	6-14
$i = 13$	0.0086	0.0171	0.0479	0.0600	0.0350	0.0082	0.1050	0.1050	15-19
$i = 14$	0.0086	0.0171	0	0.0450	0	0	0	0.0450	2-5
$i = 15$	0.0214	0.0171	0.0479	0.0600	0.0150	0	0	0.0600	6-14
$i = 16$	0.0086	0.0300	0.0479	0.0600	0.0200	0.0082	0.1050	0.1050	15-19
$i = 17$	0.0086	0.0129	0.0139	0.0600	0	0	0	0.0600	6-14
$i = 18$	0.0086	0.0171	0.0479	0.0600	0.0150	0	0.0450	0.0600	6-14
$i = 19$	0.0086	0.0129	0.0139	0.0450	0.0200	0.0279	0	0.0450	2-5
$i = 20$	0.0086	0.0171	0.0139	0.0450	0.0200	0.0082	0.0450	0.0450	2-5

Посматрајући добијене резултате може се закључити да је посматрано предузеће  $i = 4$  достигло највиши ниво пословне изврности, односно да има највишу оцену квалитета. На основу добијеног резултата, менаџери квалитета могу да донесу одлуку које мере треба да предузму у циљу побољшања вредности критеријума квалитета. Другим речима, добијени резултати представљају квалитетне податке на којима се заснива бенчмаркинг метода.

Добијене тежине критеријума квалитета се могу применити за сва остала слична предузећа која функционишу на територији Републике Србије. Овако добијене тежине критеријума квалитета је неопходно узети у обзир приликом одређивања приоритета за

имплементирање мера за побољшање. Критеријуми квалитета са највећим тежинама као што су менаџмент перформансама и трансформације ( $k = 7$ ) и стратешке и оперативне перформансе ( $k = 4$ ) треба узети прво у разматрање.

### 6.1.1 Анализа осетљивости вектора тежина критеријума квалитета одређених применом FBWM и FAHP

Да би могли да се изврши анализа осетљивости неопходно је да прво одредимо вектор тежина критеријума квалитета применом предложене FAHP.

Фази матрице парова упоређења релативне важности критеријума квалитета на нивоу сваког доносиоца одлуке су надаље приказане (*корак 1*):

а) Први доносилац одлуке:

$$\begin{bmatrix} E1 & 1/E2 & 1/E3 & 1/E4 & 1/E4 & 1/E4 & 1/E5 \\ & E1 & 1/E2 & 1/E3 & 1/E3 & 1/E3 & 1/E4 \\ & & E1 & 1/E2 & 1/E2 & 1/E2 & 1/E3 \\ & & & E1 & E1 & E1 & 1/E2 \\ & & & & E1 & E1 & 1/E2 \\ & & & & & E1 & 1/E2 \\ & & & & & & E1 \end{bmatrix}$$

б) Други доносилац одлуке:

$$\begin{bmatrix} E1 & 1/E3 & 1/E3 & 1/E4 & E2 & 1/E2 & 1/E3 \\ & E1 & E1 & 1/E3 & E4 & E2 & E1 \\ & & E1 & 1/E2 & E4 & E2 & E1 \\ & & & E1 & E5 & E3 & E2 \\ & & & & E1 & 1/E3 & 1/E3 \\ & & & & & E1 & 1/E2 \\ & & & & & & E1 \end{bmatrix}$$

в) Трећи доносилац одлуке:

$$\begin{bmatrix} E1 & E2 & 1/E4 & 1/E3 & 1/E2 & E1 & 1/E3 \\ & E1 & 1/E5 & 1/E4 & 1/E3 & 1/E2 & 1/E4 \\ & & E1 & E2 & 1/E3 & 1/E4 & 1/E2 \\ & & & E1 & E2 & E3 & E1 \\ & & & & E1 & E2 & 1/E2 \\ & & & & & E1 & 1/E3 \\ & & & & & & E1 \end{bmatrix}$$

Агрегирана фази матрица релативне важности критеријума квалитета је:

$$\begin{bmatrix} (1,1,1) & (0.33,0.58,1.10) & (0.13,0.17,0.26) & (0.12,0.15,0.21) & (0.30,0.51,0.87) & (0.30,0.38,0.55) & (0.13,0.16,0.23) \\ & (1,1,1) & (0.35,0.35,0.48) & (0.13,0.17,0.26) & (0.50,0.67,1) & (0.33,0.58,1.10) & (0.23,0.26,0.30) \\ & & (1,1,1) & (0.40,0.74,1.59) & (0.60,0.84,1.44) & (0.30,0.51,0.87) & (0.33,0.43,0.69) \\ & & & (1,1,1) & (1.82,2.82,3.30) & (2.08,2.92,3.66) & (0.63,1,1.59) \\ & & & & (1,1,1) & (0.52,0.79,1.10) & (0.21,0.32,0.69) \\ & & & & & (1,1,1) & (0.21,0.32,0.69) \\ & & & & & & (1,1,1) \end{bmatrix}$$



---

---

Према предложеном алгоритму (корак 3-5) следи:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,67 & 0,19 & 0,16 & 0,56 & 0,41 & 0,17 \\ & 1 & 0,39 & 0,19 & 0,72 & 0,67 & 0,26 \\ & & 1 & 0,91 & 0,96 & 0,56 & 0,48 \\ & & & 1 & 2,65 & 2,89 & 1,07 \\ & & & & 1 & 0,80 & 0,41 \\ & & & & & 1 & 0,41 \\ & & & & & & 1 \end{bmatrix}, C.I. = 0,04$$

На основу коефицијента конзистентности јасно се закључује да су грешке које су доносиоци одлука направили при процени релативне важности критеријума квалитета су занемарљиве.

Вектор тежина критеријума квалитета је:

$$\tilde{\omega}_1 = (0.02, 0.04, 0.08)$$

$$\tilde{\omega}_2 = (0.03, 0.06, 0.12)$$

$$\tilde{\omega}_3 = (0.07, 0.13, 0.27)$$

$$\tilde{\omega}_4 = (0.13, 0.27, 0.53)$$

$$\tilde{\omega}_5 = (0.05, 0.10, 0.21)$$

$$\tilde{\omega}_6 = (0.06, 0.12, 0.26)$$

$$\tilde{\omega}_7 = (0.13, 0.28, 0.54)$$

Поређењем вредности тежина критеријума квалитета који су добијени путем FBWM и FАНР, може се јасно уочити да су разлике занемарљиве.

## 6.2 Верификација модела за класификацију компоненти пословних модела

Један од основних проблема стратегијског менаџмента је да унапреди постојеће пословне моделе. У овом моделу разматране су 59 КПМ које се разврставају у 4 групе КПМ.

Доносиоце одлука за потребе овог истраживања представљају представници предузећа из четири различита индустријска сектора са територије Републике Србије. Компетенције доносиоца одлука су засноване на искуству, позицији у предузећу и стеченом формалном образовању. Критеријуми за избор доносиоца одлука су били:

- минимум од 10 година радног стажа у предузећима на лидерским позицијама,
- поседовање дипломе мастера (магистра) или доктората из области, и
- руководећа позиција (сениор менаџер или виша).

За потребе овог истраживања организована је панел дискусија на којој су учествовали представници из сва четири економска сектора. Укупан број учесника панел дискусије био је 40, и то по 10 представника предузећа за сваки индустријски сектор. Процена за сваку КПМ је донесена консензусом, од стране сваког економског сектора појединачно.

Улазни подаци су прикупљени током панел дискусије где је на нивоу сваке групе учесника донета одлука консензусом о сврставању КПМ, аналогно принципима дијаграма афинитета. Одлука о сврставању 59 КПМ у 4 унапред дефинисане групе КПМ је донета на основу понуђених лингвистичких исказа, узимајући у обзир чињеницу да свака КПМ може бити сврстана у више група.

Предложени модел (Nestić и остали, 2022a) је публикован чиме је извршена верификација модела.

Предложена процедура (корак 1-4) је представљена на примеру КПМ,  $i = 9$ , кључне компетенције.

Нека су процењене јачине припадања КПМ кључне компетенције  $i = 9$  групи КПМ стратешки избори  $j = 1$ :

$$\tilde{v}_{91}^1 = S3,$$

$$\tilde{v}_{91}^2 = S3,$$

$$\tilde{v}_{91}^3 = S5,$$

$$\tilde{v}_{91}^4 = S4.$$

Агрегиране фази вредности процена доносиоца одлука за представљену КПМ  $i = 9$  и групу КПМ  $j = 1$  су:

$$\begin{aligned} \tilde{v}_{91} &= \frac{1}{4} \cdot \{(0.25, 0.5, 0.75) + (0.25, 0.5, 0.75) + (0.75, 1, 1) + (0.45, 0.7, 0.95)\} \\ &= (0.425, 0.675, 0.862) \end{aligned}$$

Према предложеном алгоритму, варијанса се рачуна као:

$$s_{91}^2 = \frac{1}{4-1} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} \cdot [(0.25 - 0.425)^2 + (0.5 - 0.675)^2 + (0.75 - 0.862)^2] + \\ \frac{1}{3} \cdot [(0.25 - 0.425)^2 + (0.5 - 0.675)^2 + (0.75 - 0.862)^2] + \\ \frac{1}{3} \cdot [(0.75 - 0.425)^2 + (1 - 0.675)^2 + (1 - 0.862)^2] + \\ \frac{1}{3} \cdot [(0.45 - 0.425)^2 + (0.7 - 0.675)^2 + (0.95 - 0.862)^2] \end{array} \right\} = 0.129$$

Растојање између  $\tilde{v}_{91}$  и тачке  $(1, 1, 1)$ , је означено као  $d_{91}$  и рачуна се као:

$$d_{91} = \sqrt{\frac{[(1-0.425)^2 + (1-0.675)^2 + (1-0.862)^2]}{3}} = 0.39$$

Агрегиране вредности су израчунате на сличан начин као и варијансе и растојања између осталих КПМ на нивоу разматраних група КПМ. Израчунате вредности су приказане у табели 6.4.

**Табела 6.4** Варијансе и растојања између КПМ на нивоу разматраних група КПМ

Стратешки избори			Мрежа вредности			Стварање вредности			Хватање вредности		
<i>i</i> = 1	0.247	0.061	<i>i</i> = 1	0.288	0.134	<i>i</i> = 1	0.678	0.129	<i>i</i> = 1	0.824	0.141
<i>i</i> = 2	0.144	0.000	<i>i</i> = 2	0.774	0.134	<i>i</i> = 2	0.824	0.141	<i>i</i> = 2	0.677	0.301
<i>i</i> = 3	0.144	0.000	<i>i</i> = 3	0.678	0.129	<i>i</i> = 3	0.582	0.264	<i>i</i> = 3	0.535	0.264
<i>i</i> = 4	0.681	0.030	<i>i</i> = 4	0.475	0.395	<i>i</i> = 4	0.193	0.046	<i>i</i> = 4	0.582	0.292
<i>i</i> = 5	0.193	0.046	<i>i</i> = 5	0.725	0.268	<i>i</i> = 5	0.587	0.110	<i>i</i> = 5	0.824	0.141
<i>i</i> = 6	0.144	0.000	<i>i</i> = 6	0.725	0.268	<i>i</i> = 6	0.494	0.110	<i>i</i> = 6	0.725	0.268
<i>i</i> = 7	0.304	0.046	<i>i</i> = 7	0.464	0.566	<i>i</i> = 7	0.873	0.046	<i>i</i> = 7	0.569	0.566
<i>i</i> = 8	0.774	0.134	<i>i</i> = 8	0.582	0.292	<i>i</i> = 8	0.144	0.000	<i>i</i> = 8	0.678	0.209
<i>i</i> = 9	0.390	0.129	<i>i</i> = 9	0.475	0.395	<i>i</i> = 9	0.435	0.221	<i>i</i> = 9	0.678	0.129
<i>i</i> = 10	0.363	0.000	<i>i</i> = 10	0.774	0.134	<i>i</i> = 10	0.678	0.209	<i>i</i> = 10	0.144	0.000
<i>i</i> = 11	0.523	0.445	<i>i</i> = 11	0.823	0.061	<i>i</i> = 11	0.346	0.097	<i>i</i> = 11	0.416	0.495
<i>i</i> = 12	0.304	0.046	<i>i</i> = 12	0.193	0.046	<i>i</i> = 12	0.774	0.134	<i>i</i> = 12	0.774	0.134
<i>i</i> = 13	0.304	0.046	<i>i</i> = 13	0.193	0.046	<i>i</i> = 13	0.678	0.129	<i>i</i> = 13	0.678	0.129
<i>i</i> = 14	0.775	0.046	<i>i</i> = 14	0.523	0.445	<i>i</i> = 14	0.390	0.209	<i>i</i> = 14	0.575	0.296
<i>i</i> = 15	0.144	0.000	<i>i</i> = 15	0.774	0.296	<i>i</i> = 15	0.677	0.301	<i>i</i> = 15	0.823	0.061
<i>i</i> = 16	0.592	0.221	<i>i</i> = 16	0.193	0.046	<i>i</i> = 16	0.428	0.405	<i>i</i> = 16	0.824	0.141
<i>i</i> = 17	0.144	0.000	<i>i</i> = 17	0.725	0.268	<i>i</i> = 17	0.729	0.000	<i>i</i> = 17	0.725	0.268
<i>i</i> = 18	0.587	0.110	<i>i</i> = 18	0.193	0.046	<i>i</i> = 18	0.428	0.405	<i>i</i> = 18	0.774	0.134
<i>i</i> = 19	0.435	0.221	<i>i</i> = 19	0.667	0.483	<i>i</i> = 19	0.288	0.134	<i>i</i> = 19	0.873	0.046
<i>i</i> = 20	0.346	0.097	<i>i</i> = 20	0.873	0.046	<i>i</i> = 20	0.824	0.141	<i>i</i> = 20	0.193	0.046
<i>i</i> = 21	0.727	0.152	<i>i</i> = 21	0.247	0.061	<i>i</i> = 21	0.247	0.061	<i>i</i> = 21	0.823	0.061
<i>i</i> = 22	0.582	0.212	<i>i</i> = 22	0.725	0.268	<i>i</i> = 22	0.144	0.000	<i>i</i> = 22	0.823	0.061
<i>i</i> = 23	0.390	0.209	<i>i</i> = 23	0.376	0.301	<i>i</i> = 23	0.540	0.160	<i>i</i> = 23	0.774	0.134
<i>i</i> = 24	0.435	0.221	<i>i</i> = 24	0.677	0.301	<i>i</i> = 24	0.376	0.301	<i>i</i> = 24	0.582	0.292
<i>i</i> = 25	0.247	0.061	<i>i</i> = 25	0.667	0.483	<i>i</i> = 25	0.824	0.141	<i>i</i> = 25	0.824	0.141
<i>i</i> = 26	0.247	0.061	<i>i</i> = 26	0.630	0.221	<i>i</i> = 26	0.481	0.212	<i>i</i> = 26	0.535	0.264
<i>i</i> = 27	0.231	0.141	<i>i</i> = 27	0.727	0.097	<i>i</i> = 27	0.449	0.120	<i>i</i> = 27	0.435	0.221
<i>i</i> = 28	0.144	0.000	<i>i</i> = 28	0.824	0.141	<i>i</i> = 28	0.824	0.141	<i>i</i> = 28	0.774	0.134
<i>i</i> = 29	0.273	0.296	<i>i</i> = 29	0.823	0.061	<i>i</i> = 29	0.571	0.395	<i>i</i> = 29	0.774	0.296
<i>i</i> = 30	0.494	0.110	<i>i</i> = 30	0.587	0.030	<i>i</i> = 30	0.369	0.483	<i>i</i> = 30	0.288	0.134
<i>i</i> = 31	0.193	0.046	<i>i</i> = 31	0.587	0.110	<i>i</i> = 31	0.727	0.097	<i>i</i> = 31	0.774	0.134
<i>i</i> = 32	0.449	0.040	<i>i</i> = 32	0.144	0.000	<i>i</i> = 32	0.774	0.134	<i>i</i> = 32	0.774	0.296
<i>i</i> = 33	0.331	0.188	<i>i</i> = 33	0.390	0.129	<i>i</i> = 33	0.428	0.405	<i>i</i> = 33	0.725	0.268
<i>i</i> = 34	0.405	0.030	<i>i</i> = 34	0.873	0.046	<i>i</i> = 34	0.774	0.296	<i>i</i> = 34	0.144	0.000
<i>i</i> = 35	0.634	0.120	<i>i</i> = 35	0.681	0.030	<i>i</i> = 35	0.193	0.046	<i>i</i> = 35	0.725	0.268
<i>i</i> = 36	0.587	0.110	<i>i</i> = 36	0.727	0.097	<i>i</i> = 36	0.144	0.000	<i>i</i> = 36	0.678	0.209

**Табела 6.4** (наставак 1) Варијансе и растојања између КПМ на нивоу разматраних група КПМ

Стратешки избори			Мрежа вредности			Стварање вредности			Хватање вредности		
<i>i</i> = 37	0.727	0.097	<i>i</i> = 37	0.247	0.061	<i>i</i> = 37	0.416	0.495	<i>i</i> = 37	0.628	0.394
<i>i</i> = 38	0.774	0.134	<i>i</i> = 38	0.725	0.188	<i>i</i> = 38	0.628	0.394	<i>i</i> = 38	0.144	0.000
<i>i</i> = 39	0.390	0.129	<i>i</i> = 39	0.630	0.221	<i>i</i> = 39	0.369	0.483	<i>i</i> = 39	0.725	0.268
<i>i</i> = 40	0.571	0.395	<i>i</i> = 40	0.405	0.030	<i>i</i> = 40	0.231	0.141	<i>i</i> = 40	0.540	0.160
<i>i</i> = 41	0.774	0.134	<i>i</i> = 41	0.247	0.061	<i>i</i> = 41	0.346	0.129	<i>i</i> = 41	0.304	0.046
<i>i</i> = 42	0.727	0.097	<i>i</i> = 42	0.144	0.000	<i>i</i> = 42	0.727	0.097	<i>i</i> = 42	0.582	0.292
<i>i</i> = 43	0.288	0.134	<i>i</i> = 43	0.510	0.708	<i>i</i> = 43	0.449	0.040	<i>i</i> = 43	0.824	0.141
<i>i</i> = 44	0.494	0.110	<i>i</i> = 44	0.571	0.395	<i>i</i> = 44	0.774	0.134	<i>i</i> = 44	0.310	0.531
<i>i</i> = 45	0.435	0.141	<i>i</i> = 45	0.823	0.061	<i>i</i> = 45	0.247	0.061	<i>i</i> = 45	0.774	0.296
<i>i</i> = 46	0.144	0.000	<i>i</i> = 46	0.475	0.395	<i>i</i> = 46	0.677	0.301	<i>i</i> = 46	0.677	0.301
<i>i</i> = 47	0.405	0.030	<i>i</i> = 47	0.231	0.141	<i>i</i> = 47	0.678	0.129	<i>i</i> = 47	0.527	0.264
<i>i</i> = 48	0.247	0.061	<i>i</i> = 48	0.582	0.212	<i>i</i> = 48	0.571	0.395	<i>i</i> = 48	0.873	0.046
<i>i</i> = 49	0.727	0.097	<i>i</i> = 49	0.144	0.000	<i>i</i> = 49	0.449	0.120	<i>i</i> = 49	0.774	0.296
<i>i</i> = 50	0.144	0.000	<i>i</i> = 50	0.678	0.129	<i>i</i> = 50	0.725	0.268	<i>i</i> = 50	0.873	0.046
<i>i</i> = 51	0.346	0.129	<i>i</i> = 51	0.390	0.209	<i>i</i> = 51	0.630	0.221	<i>i</i> = 51	0.523	0.445
<i>i</i> = 52	0.304	0.046	<i>i</i> = 52	0.774	0.134	<i>i</i> = 52	0.193	0.046	<i>i</i> = 52	0.540	0.080
<i>i</i> = 53	0.523	0.365	<i>i</i> = 53	0.435	0.221	<i>i</i> = 53	0.678	0.209	<i>i</i> = 53	0.331	0.268
<i>i</i> = 54	0.677	0.301	<i>i</i> = 54	0.824	0.141	<i>i</i> = 54	0.774	0.296	<i>i</i> = 54	0.144	0.000
<i>i</i> = 55	0.523	0.445	<i>i</i> = 55	0.390	0.129	<i>i</i> = 55	0.369	0.483	<i>i</i> = 55	0.630	0.141
<i>i</i> = 56	0.540	0.160	<i>i</i> = 56	0.678	0.209	<i>i</i> = 56	0.144	0.000	<i>i</i> = 56	0.824	0.141
<i>i</i> = 57	0.582	0.292	<i>i</i> = 57	0.582	0.292	<i>i</i> = 57	0.144	0.000	<i>i</i> = 57	0.774	0.134
<i>i</i> = 58	0.628	0.394	<i>i</i> = 58	0.144	0.000	<i>i</i> = 58	0.535	0.264	<i>i</i> = 58	0.824	0.141
<i>i</i> = 59	0.569	0.566	<i>i</i> = 59	0.582	0.292	<i>i</i> = 59	0.193	0.046	<i>i</i> = 59	0.582	0.292

Према процедури Парето анализе, познато је да првих 20% разматраних ставки има највећи утицај на разматрани проблем. Ова аналитичка метода, такође позната као "правило 80/20", истиче значајну неједнакост у доприносу различитих фактора ка укупном резултату.

Поштујући ову чињеницу, за овај проблем 12 КПМ најбоље описује сваку групу КПМ. У ту сврху, развијен је модел чија примена омогућава распоређивање одабраних КПМ у разматране групе КПМ на тачан начин. Коришћењем софтверског решења Gurobi V9.1 (Корак 5), пронађена су и приказана оптимална решења (табела 6.5).

У оквиру овог истраживања, предложени софтвер је користио разлику између најбољих и могућих решења. Уведена је граница од 0,0%, која пружа статус оптималног решења.

**Табела 6.5** Класификација КПМ у групе КПМ

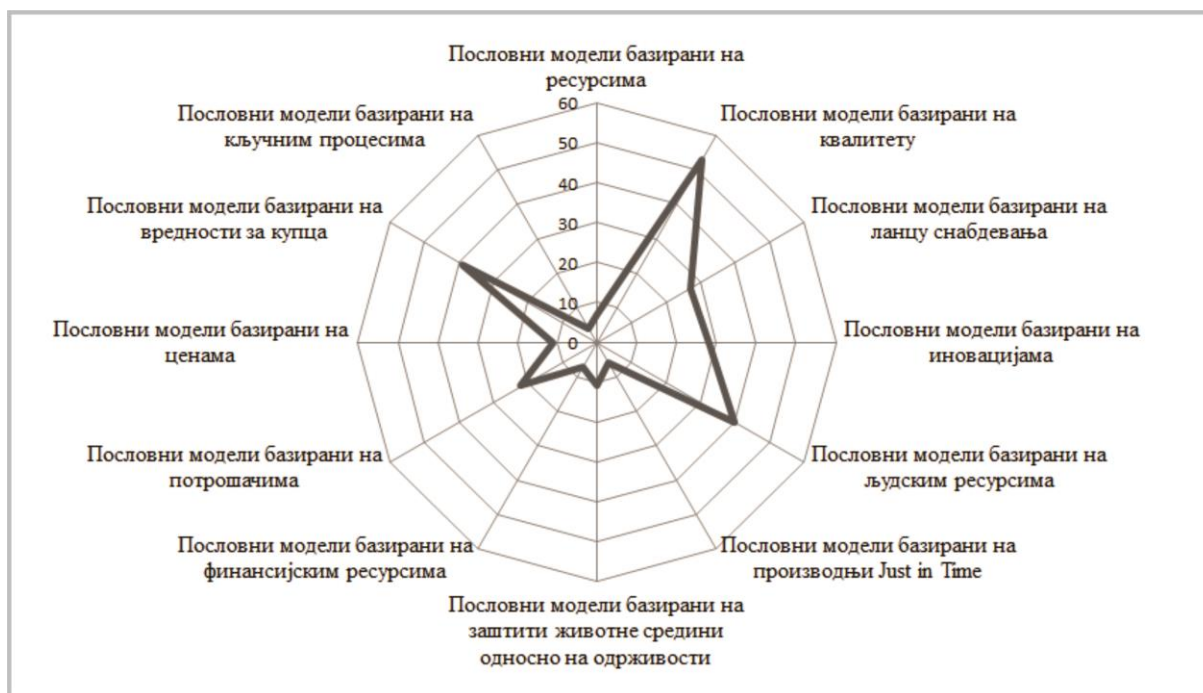
Стратешки избори	Мрежа вредности	Стварање вредности	Хватање вредности
Пословна архитектура	Модел односа са купцима	Способности	Кључне компетенције
Бренд	Купци (сегмент купаца)	Повезане активности	Структура трошкова и ток прихода, модел профита
Капитал (модел капитала)	Канал испоруке	Опрема	Прилагођене услуге
Модел трговинског процеса	Дистрибуција, канали дистрибуције	Имплементација	Финансије
Управљање	Производња и размена роба и услуга	Мерење процеса, нефинансијска активност	Понуда
Диференцијација и стратегијска контрола	Мрежа партнера	Процеси	Цена (Модел одређивања цене и стратегија)
Сегмент тржишта	Набавка	Производ/услуга	Профит
Маркетинг стратегија	Пружање услуге	Правила и метрика	Приход (модел, извори, ток)
Мисија, структура мисије	Односи	Технологија (кључне инвестиције)	Продаја (циљни купац, циљно тржиште)
Организација (Форма и карактеристике)	Заинтересоване стране (користи и мрежа)	Конфигурација вредности	Трговински механизми, протоколи
Обим	Ланац набавке	Стварање вредности, дизајн	Хватање вредности
Одрживост	Мрежа вредности, конфигурација	Предлог вредности	Ланац вредности

Анализа табеле 6.5 указује на то да све четири групе КПМ имају исти значај. На основу ових резултата може се јасно утврдити да је за описивање сваке од 4 група довољно 12 КПМ. Овако дефинисан оквир пословног модела за разматрани скуп предузећа пружа користан алат за правилно дефинисање пословног модела и помоћ при унапређењу пословања кроз идентификацију кључних КПМ.

### **6.3 Верификација модела за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП**

Резултати истраживања спроведени током 2018. и 2019. године на узорку од 255 предузећа показују мали проценат пословних модела који су оријентисани ка корисницима као што је приказано на слици 6.1 (Cvetić и остали, 2019).

Анализом добијених резултата и слике 6.1 долази се до закључка да пословни модели окренути ка корисницима чине 9% од укупног узорка. Доминантни су пословни модели који су засновани на квалитету (29%).



**Слика 6.1** Оријентисаност пословних модела предузећа која послују на територији републике Србије (Cvetić и остали, 2019)

На основу спроведеног истраживања предложен је модел за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП који је верификован на подацима прикупљеним из скупа од 20 предузећа. Карактеристике ових предузећа су описане у Секцији 6.1. ове докторске дисертације.

Истраживање је спроведено у два корака. У оквиру првог корака за доносиоце одлука су одабрани представници стратегијског менаџмента сваког разматраног предузећа. Доносиоци одлука су добили е-упитнике путем имејла. Структура ових е-упитника садржи класификацију пословних компоненти у групе пословних компоненти која је предложена у Nestić и остали (2022a). Доносиоци одлука на нивоу сваког предузећа су на основу свог знања и искуства означавали оне пословне компоненте из предложеног модела које се користе и прате у пословном моделу њиховог предузећа. На основу добијених одговора резултати су приказани процентуално у оквиру табеле 6.5.

У оквиру другог корака истраживања доносиоци одлука, менаџери квалитета, су процењивали вредности најважнијих индикатора перформанси квалитета за временски период од 3 године. Разматрани индикатори перформанси квалитета су: 1) број жалби купаца, 2) трошкови лошег квалитета, и 3) време неопходно за затварање неусаглашености. Ови индикатори перформанси су најважнији за мала и средња производна предузећа према резултатима истраживања добијеним у Nestić и остали (2022b). Процене менаџера квалитета на нивоу сваког разматраног предузећа за сваки од три индикатора перформанси квалитета су приказане у табелама 6.6-6.8 респективно.

**Табела 6.6** Процењене вредности индикатора перформанси жалбе купаца на нивоу сваког предузећа за посматрани период

МСП	2020.	2021.	2022.	МСП	2020	2021	2022	МСП	2020	2021	2022
$e = 1$	V4	V6	V7	$e = 8$	V2	V5	V7	$e = 15$	V5	V5	V6
$e = 2$	V5	V5	V6	$e = 9$	V6	V6	V7	$e = 16$	V5	V7	V7
$e = 3$	V3	V5	V6	$e = 10$	V1	V2	V2	$e = 17$	V1	V3	V4
$e = 4$	V1	V1	V2	$e = 11$	V2	V2	V3	$e = 18$	V3	V6	V7
$e = 5$	V2	V4	V5	$e = 12$	V2	V3	V3	$e = 19$	V1	V3	V5
$e = 6$	V3	V4	V7	$e = 13$	V6	V7	V7	$e = 20$	V2	V2	V5
$e = 7$	V5	V7	V7	$e = 14$	V2	V3	V3				

**Табела 6.7** Процењене вредности индикатора перформанси трошкови лошег квалитета на нивоу сваког предузећа за посматрани период

МСП	2020.	2021.	2022.	МСП	2020	2021	2022	МСП	2020	2021	2022
$e = 1$	V4	V5	V7	$e = 8$	V2	V4	V6	$e = 15$	V5	V4	V6
$e = 2$	V4	V5	V5	$e = 9$	V6	V7	V7	$e = 16$	V6	V7	V7
$e = 3$	V2	V4	V6	$e = 10$	V1	V3	V5	$e = 17$	V1	V2	V4
$e = 4$	V1	V2	V3	$e = 11$	V2	V3	V3	$e = 18$	V2	V4	V6
$e = 5$	V1	V3	V5	$e = 12$	V2	V3	V4	$e = 19$	V2	V3	V6
$e = 6$	V2	V4	V6	$e = 13$	V4	V6	V7	$e = 20$	V2	V3	V4
$e = 7$	V5	V6	V7	$e = 14$	V3	V4	V4				

**Табела 6.8** Процењене вредности индикатора перформанси правовремено затварање неусаглашености на нивоу сваког предузећа за посматрани период

МСП	2020.	2021.	2022.	МСП	2020	2021	2022	МСП	2020	2021	2022
$e = 1$	V5	V6	V6	$e = 8$	V3	V4	V6	$e = 15$	V5	V5	V6
$e = 2$	V5	V6	V7	$e = 9$	V6	V7	V7	$e = 16$	V6	V7	V7
$e = 3$	V3	V4	V4	$e = 10$	V2	V3	V5	$e = 17$	V2	V3	V4
$e = 4$	V2	V2	V3	$e = 11$	V3	V4	V4	$e = 18$	V3	V4	V5
$e = 5$	V1	V2	V4	$e = 12$	V2	V4	V5	$e = 19$	V3	V3	V6
$e = 6$	V2	V4	V5	$e = 13$	V4	V5	V7	$e = 20$	V2	V4	V4
$e = 7$	V5	V6	V6	$e = 14$	V4	V4	V5				

Предложена процедура је представљена на примеру предузећа ( $e = 1$ ).

Агрегирана вредност разматраног индикатора перформанси, жалбе купаца према предложеној процедури (корак 2-4) је израчуната као:

$$\tilde{v}_1 = (\sqrt[3]{3.5 \cdot 6 \cdot 7.5}, \sqrt[3]{5.5 \cdot 7.5 \cdot 9}, \sqrt[3]{7.5 \cdot 9 \cdot 9}) = (5.67, 7.33, 8.50)$$

Применом аритметичке средине и једноставног метода гравитације (Корак 4 -5), вредност нивоа квалитета према модификованом EFQM моделу за предузеће ( $e = 1$ ) је израчуната и представљена као:

$$v_1 = \frac{(8.50 - 5.67) + (7.33 - 5.67)}{3} + 5.67 = 7.167$$

На сличан начин, вредности разматраних индикатора перформанси као и вредности нивоа квалитета су израчунате. Улазни подаци за модел интеграције су приказани у табели 6.9.

**Табела 6.9** Процењене вредности улазних података у моделу интеграције

МСП	EFQM	КПМ	Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
$e = 1$	6.327	0.56	7.167	7.000	7.333
$e = 2$	6.883	0.71	7.170	6.500	7.667
$e = 3$	6.523	0.60	6.170	5.167	5.000
$e = 4$	7.640	0.77	1.833	2.667	3.000
$e = 5$	6.317	0.65	5.000	4.167	3.167
$e = 6$	6.623	0.69	6.000	5.167	5.000
$e = 7$	5.820	0.48	7.997	7.667	7.333
$e = 8$	6.363	0.60	6.003	5.167	5.667
$e = 9$	5.527	0.42	7.833	8.167	8.500
$e = 10$	7.523	0.75	2.000	4.167	4.500
$e = 11$	6.983	0.73	3.000	3.500	5.000
$e = 12$	6.787	0.73	3.500	4.000	5.000
$e = 13$	6.007	0.52	7.500	7.167	7.000
$e = 14$	7.433	0.67	3.500	5.000	6.000
$e = 15$	6.843	0.73	7.170	6.667	7.167
$e = 16$	6.143	0.54	7.997	8.167	8.500
$e = 17$	7.270	0.81	3.667	3.167	4.000
$e = 18$	6.753	0.67	6.663	5.167	5.500
$e = 19$	7.103	0.65	4.167	4.667	5.167
$e = 20$	7.020	0.71	4.000	4.000	4.500

Уведена је претпоставка да постоји линеарна зависност између пословног модела, модела квалитета и перформанси квалитета. Параметри линеарне вишеструке зависности су одређени применом SPSS, као што је приказано у табели 6.10.

**Табела 6.10** Вишеструка линеарна регресиона зависност

Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора жалбе купаца	$y_i = 24,61 - 2,80 \cdot x_{1i} - 0,68 \cdot x_{2i}$
Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора трошкови лошег квалитета	$y_i = 16,22 - 0,65 \cdot x_{1i} - 9,96 \cdot x_{2i}$
Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора време затварања неусаглашености	$y_i = 13,41 - 0,18 \cdot x_{1i} - 9,95 \cdot x_{2i}$

Адекватност постављених вишеструких линеарних регресионих модела је подређена преко мере расипања око регресионе праве као што је приказано у табели 6.11

**Табела 6.11** Адекватност вишеструке линеарне регресионе зависности

Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора жалбе купаца	$R^2 = 0,687$
Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора трошкови лошег квалитета	$R^2 = 0,685$
Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора време затварања неусаглашености	$R^2 = 0,473$



Тестирајмо постојање вишеструке линеарне регресионе зависности за сваки разматрани индикатор перформанси.

*Корак 1. Постављање хипотеза*

$H_0$  : не постоји регресиона зависност

$H_1$  : постоји регресиона зависност

*Корак 2. Ниво ризика*

Ниво ризика је 5%.

*Корак 3. Статистика одлучивања*

Статистика одлучивања је добијена коришћењем *SPSS* и приказана је у табели 6.12.

**Табела 6.12** Статистика одлучивања

Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора жалбе купаца	$F_0 = 18,691$
Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора трошкови лошег квалитета	$F_0 = 18,498$
Вишеструка линеарна зависност између КПМ, EFQM и индикатора време затварања неусаглашености	$F_0 = 7,631$

Одређивање табличне вредности Фишерове расподеле је извршено на следећи начин:

$$F_{0,05,2,17} = 3,59$$

Како је прорачунска вредност статистике одлучивања већа од табличне вредности за сваки разматрани индикатор перформанси следи да се одбацује нулта хипотеза и усваја се алтернативна хипотеза. Односно усваја се хипотеза да постојање усаглашености пословног модела и модела квалитета утиче на перформансе квалитета.

Одређивање парцијалних коефицијената корелације за сваки разматрани индикатор перформанси је приказано у табелама 13-15.

**Табела 6.13** Парцијални коефицијенти за индикатор жалбе купаца

	EFQM	КПМ	Жалбе купаца
EFQM	1		
КПМ	0.89	1	
Жалбе купаца	-0.83	-0.75	1

Резултати спроведеног истраживања у оквиру ове докторске дисертације показују да постоји позитивна корелација између вредности квалитета према модификованом EFQM моделу и проценту препознавања КПМ (0.89). Овакви резултати указују да разматрана МСП која су упозната са моделом квалитета EFQM и његовим припадајућим критеријумима показују значајно препознавање КПМ. Може се

закључити да МСП која су усвојила модел квалитета EFQM су усмерила свој пословни модел ка квалитету.

На основу добијених резултата јасно се види да постоји негативна корелациона зависност између нивоа квалитета и разматраног индикатора перформанси. То даље значи да при повећању нивоа квалитета, долази до: 1) смањења броја жалби крајњих купаца, 2) смањења трошкова лошег квалитета и 3) скраћења времена неопходног за затварање неусаглашености (табеле 12-14).

**Табела 6.14** Парцијални коефицијенти за индикатор трошкови лошег квалитета

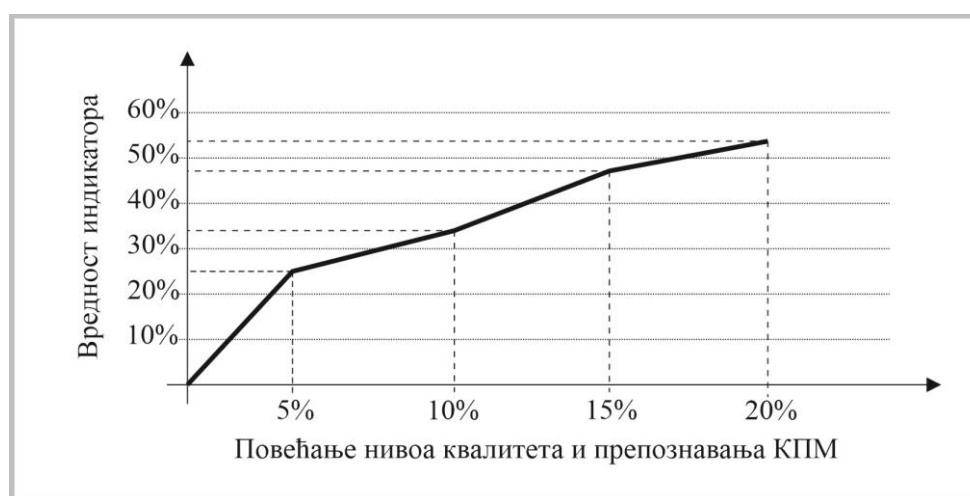
	EFQM	КПМ	Трошкови лошег квалитета
EFQM	1		
КПМ	0.89	1	
Трошкови лошег квалитета	-0.78	-0.82	1

**Табела 6.15** Парцијални коефицијенти за индикатор време затварања неусаглашености

	EFQM	КПМ	Време затварања неусаглашености
EFQM	1		
КПМ	0.89	1	
Време затварања неусаглашености	-0.63	-0.69	1

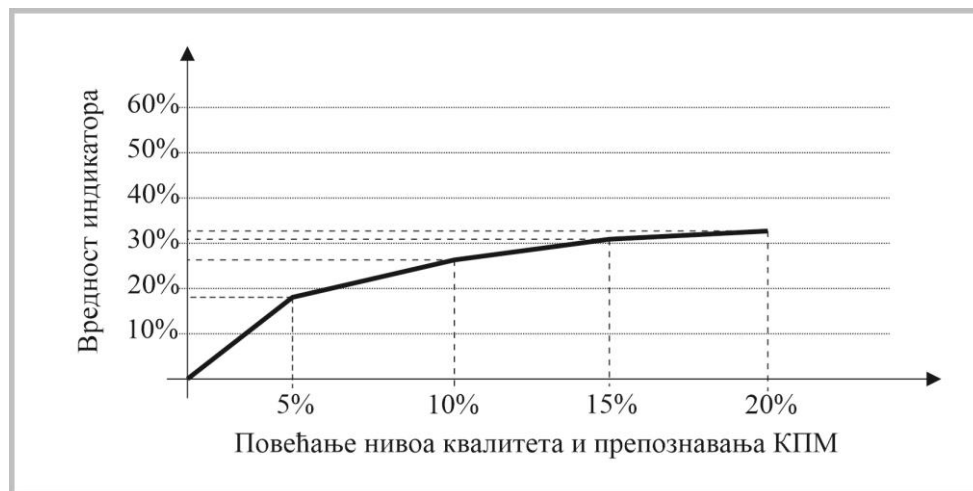
Поступак одређивања оптималног нивоа побољшања нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ рачунате на разматраној групи предузећа је заснован на примени вештачких неуронских мрежа. Добијени резултати су надаље разматрани док су решења и поступак приказани у оквиру Прилога. .

На слици 6.2 приказана је вредност индикатора перформанси квалитета, жалбе купаца на разматраној групи предузећа која је добијена на основу података из евиденције као и вредност овог индикатора при побољшању нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ.



**Слика 6.2** Вредности индикатора перформанси жалбе купаца

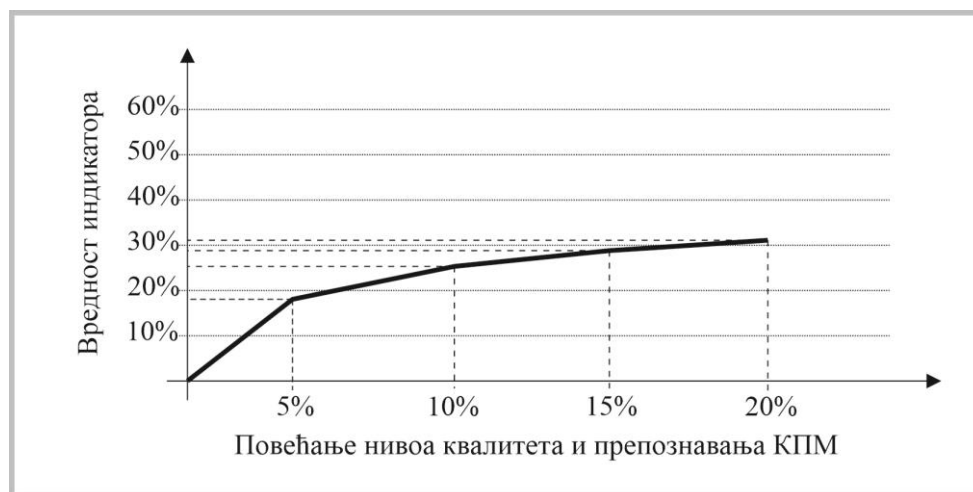
На основу слике 6.2 јасно се уочава да при повећању нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ од 20% жалбе купаца ће се смањити за 54%. Слика 6.3 показује вредност индикатора перформансе трошкови лошег квалитета.



**Слика 6.3** Вредности индикатора перформанси трошкови лошег квалитета

Према слици 6.3 вредности индикатора перформанси трошкови лошег квалитета побољшаће се за 31%, односно 33% при повећању нивоа квалитета и препознавања КПМ, на 15% односно 20% респективно. Вредност побољшања перформансе трошкова лошег квалитета је готово једнака и при побољшању од 15% или 20%. Ако побољшање нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ захтева знатно веће трошкове онда је сасвим оправдано да се ниво квалитета и ниво препознавања КПМ повећа за 15%.

На слици 6.4 приказана је вредност индикатора перформанси време затварања неусаглашености.



**Слика 6.4** Вредности индикатора перформанси време затварања неусаглашености

Према слици 6.4 вредности индикатора перформанси време затварања неусаглашености побољшаће се за 31%, односно 29% при повећању нивоа квалитета и препознавања КПМ, на 20% односно 15% респективно. Вредност побољшања перформансе време затварања неусаглашености је готово једнака и при побољшању од 15% или 20%. Ако побољшање нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ захтева знатно веће трошкове

---

---

онда је сасвим оправдано да се ниво квалитета и ниво препознавања КПМ повећа за 15%.

На основу добијених резултата јасно се уочава да највеће побољшање вредности све три посматране перформансе се остварује при повећању нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ за 5%. Разлика у вредности ових индикатора перформанси при побољшању од 15 и 20%, може се занемарити. Свако повећање нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ преко 20% неће значајно унапредити посматране перформансе. Респектујући ове резултате може се тврдити да и при повећању нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ за 25% или више процената, вредности посматраних индикатора перформанси се значајно не би повећале у односу на добијене вредности при повећању од 20%. Респектујући неопходне трошкове побољшања може се рећи да повећање од 5% има највећи утицај на вредности разматраних перформанси.

---

---

## 7. ЗАКЉУЧАК

У литератури проблеми оцене квалитета и дефинисања пословног модела су се разматрали као два одвојена проблема. Литературни извори нуде велики број радова у којима су приказани различити модели квалитета. Ови модели се међусобно разликују по броју и врсти критеријума према којима се оцењује квалитет. У пракси се најчешће користи EFQM модел који је настао на темељима добре праксе предузећа која послују у ЕУ. Постоји велики број радова у којима су сугерисани недостаци EFQM модела и предложена су решења за његово унапређење. Резултати прегледа литературе показују да је за успешно пословање неопходно да постоји добро дефинисан пословни модел. У предузећима која послују у Републици Србији, коришћење пословних модела у сврхе унапређења пословања је готово занемарљиво.

Респектујући горе изнете чињенице, у овој докторској дисертацији је разматран проблем унапређења пословања МСП које је засновано на интегрисаном предложеном моделу за оцену квалитета и предложеном оквиру пословног модела. У оквиру докторске дисертације су развијена три модела. Подаци на којима су тестирани и верификовани предложени модели су добијени из МСП-а која послују у Републици Србији.

Први модел је заснован на проширеном EFQM моделу. Проширења овог модела обухвата: (а) оцењивање релативне важности критеријума квалитета и њихове вредности је засновано на субјективним проценама доносилаца одлука, (б) моделирање лингвистичких исказа је засновано на примени теорије фази скупова, (в) одређивање вектора тежина је одређено на егзактан начин применом FAHP и FBWM методе, (г) ранг предузећа је одређен на егзактан начин применом FMOORA.

Модел је тестиран на подацима који потичу из 20 производних МСП-а (Petrović и остали, 2022). Резултати добијени применом проширеног EFQM модела су показали да тежина критеријума према којима се оцењује квалитет у значајној мери утичу на ранг предузећа. Стога, може да се закључи да је неопходно да се тежине критеријума одреде тако што се узима у обзир величина предузећа као и привредни сектор коме предузеће припада. На овај начин, менаџмент предузећа добија тачније податке о нивоу квалитета и може да предузме одговарајуће мере за његово побољшање. Добијени подаци могу представљати улаз у бенчмаркинг анализу.

Други модел који је предложен у овој докторској дисертацији обухвата (Nestić и остали, 2022a): (а) систематизацију КПМ које могу да се нашу у релевантној литератури, (б) класификацију КПМ-а у групе КПМ-а применом методе гранања и ограничавања. Важност овог модела може се објаснити чињеницом да на основу добијених резултата стратегијски менаџмент МСП-а може боље да дефинише сопствени пословни модел.

Унапређење пословања предузећа, које представља основни задатак како стратегијског тако и оперативног менаџмента, постиже се кроз побољшање перформанси квалитета. Као што је познато, у пракси се најчешће прате вредности једног, два или највише три индикатора перформанси квалитета. У овој докторској дисертацији разматрана су три индикатора перформанси квалитета која имају највећи значај за производна МСП.

---

---

(Nestić и остали, 2022б). У оквиру ове докторске дисертације развијен је модел помоћу кога се утврђује јачина утицаја нивоа квалитета и нивоа препознавања КПМ-а на вредности разматраних индикатора перформанси квалитета. Укупни ниво квалитета представља агрегирану отежану вредност критеријума. Модел је тестиран и верификован на 20 производних МСП-а који послују у Републици Србији. Применом регресионе и корелационе анализе је показано да постоји јака позитивна корелација између разматраних величина.

У уводу ове докторске дисертације дате су полазне хипотезе. Ове хипотезе су доказане кроз верификацију предложених модела. У наставку је изложена анализа постављених хипотеза истраживања.

*Хипотеза 1. Нивои квалитета и пословне изврсности укључују различите факторе, методе за оцењивање и стога су њихове вредности различите*

Разматрана хипотеза је доказана кроз примену предложеног модела (потпоглавље 5.1). Процене релативне важности критеријума и њихове вредности су моделиране применом TFN-а. Вектор тежина је одређен помоћу FANP и FBWM. Развијени модел је довољно флексибилан у смислу: (а) примене броја лингвистичких исказа за описивање релативне важности и вредности критеријума и (б) промене функције расподеле могућности и (в) промене домена фази бројева. Промена основних карактеристика фази бројева доводи до промене нивоа квалитета чиме је ова хипотеза доказана.

*Хипотеза 2. Нивои квалитета у пракси и нивои пословне зрелости се значајно разликују*

У литератури не постоји једнозначно објашњен термин пословне зрелости. Пословна зрелост може да се разматра са више аспеката. У овој докторској дисертацији пословна зрелост је разматрана као што је дефинисано у EFQM моделу. Применом модела приказаном у потпоглављу 5.1 добијају се резултати приказани у 6.1 који јасно показују да степен пословне зрелости кореспондира нивоу квалитета на посматраном узорку производних МСП-а па се може сматрати да ова хипотеза није тачна.

*Хипотеза 3. Пословни модели у пракси не укључују у довољној мери оријентисаност пословних процеса ка корисницима, уз респектовање неизвесности и брзих промена*

Прегледном релевантне литературе може се уочити да аутори немају јединствени став о КПМ-а које сачињавају пословне оквири. У докторској дисертацији (поглавље 5.2) извршена је идентификација КПМ-а из релевантне литературе и њихова систематизација. Препознавање КПМ-а од стране менаџмента је приказано у поглављу 6.3. На основу добијених резултата може да се тврди да је ова хипотеза доказана.

*Хипотеза 4. Могуће је интегрисати модел квалитета и пословни модел на основу процеса оријентисаних ка кориснику*

У овој докторској дисертацији развијен је модел (приказан у секцији 5.3) чијом применом може да се одреди утицај модела квалитета и пословног модела на унапређење процеса који су оријентисани ка кориснику (разматрани су индикатори перформанси квалитета као што су жалбе купаца). Добијени резултати који су приказани у потпоглављу 6.3 показују да модел који интегрише модел квалитета и пословни модел утиче на унапређење процеса који су оријентисани ка кориснику чиме је ова хипотеза доказана.

---

*Хипотеза 5. Применом статистичких метода, метода заснованих на фази приступу и оптимизацији као и ВНМ (Вештачке Неуронске Мреже), могу се утврдити кључни фактори успеха и КПИ*

Кључни индикатори перформанси квалитета су одређени применом развијеног фази модела (Nestić и остали, 2022б). Применом модела приказаних у потпоглављима 5.3 и 6.3 и верификованом у потпоглављу 6.3 показано је да на унапређење кључних индикатора перформанси имају велики утицај модели квалитета и пословни модели. Ова хипотеза је доказана на основу резултата који су добијени применом описаних модела.

*Хипотеза 6. Могуће је утврдити оптималну комбинацију фактора у интегрисаном моделу и максималан ниво унапређења за дате почетне услове*

Применом вештачких неуронских мрежа (потпоглавље 6.3) одређено је оптимално побољшање величина које утичу на кључне индикаторе перформанси квалитета чиме је хипотеза доказана.

*Хипотеза 7. Највећи утицај на пословање МСП имају перформансе пословних процеса*

Према резултатима модела који је приказан у потпоглављу 5.1 а верификован у потпоглављу 6.1 показано је да на пословање предузећа највећи утицај имају: менаџмент перформансама и трансформацијама и стратешке и оперативне перформансе чиме је ова хипотеза доказана.

Основни теоријски доприноси рада су: 1) унапређење EFQM модела, 2) систематизација и класификација КПМ у групе КПМ и 3) модел за одређивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП.

Предложени модел за оцену квалитета и рангирање предузећа је флексибилан у смислу: 1) промене релативне важности критеријума, промене броја предузећа, 2) промене карактеристика фази бројева којима се описују неизвесности и непрецизности у релативној важности и вредности критеријума, 3) примени различитих фази више-атрибутивних метода за одређивање вектора тежина и ранга предузећа. Овај модел може да се примени не само за производна МСП већ и за велика предузећа као и за све врсте предузећа која послују у различитим привредним секторима. Наведене карактеристике предложеног модела могу се означити као правци будућих истраживања. Осим тога правац будућих истраживања може бити развој адекватних софтверских решења, како би се олакшала примена развијених фази више-атрибутивних модела одлучивања.

Предложени модел за класификацију селектованих КПМ у групе КПМ је флексибилан у смислу: 1) промене броја група КПМ, 2) промени карактеристике фази бројева којима се описују неизвесности и непрецизности које егзистирају у моделу и 3) примена различитих хеуристичких алгоритама за класификацију КПМ што омогућава анализу осетљивости добијеног решења. Наведене карактеристике представљају правце будућих истраживања.

Предложени модел за одређивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП је флексибилан у смислу: 1) промене броја и врсте предузећа, 2) промене разматраних перформанси. У оквиру будућих истраживања модел се може применити на велика предузећа која послују у различитим привредним секторима.

---

---

# ЛИТЕРАТУРА

1. Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Umar, A. M., Linus, O. U., ... & Kiru, M. U. (2019). Comprehensive review of artificial neural network applications to pattern recognition. *IEEE access*, 7, 158820-158846.
2. Adebajo, D. (2001). TQM and business excellence: is there really a conflict?. *Measuring Business Excellence*, 5(3), 37-40..
3. Afuah, A. (2004) *Business Models: A Strategic Management Approach*. McGraw-Hill/Irwin, New York.
4. Ahmadi, H. B., Kusi-Sarpong, S., & Rezaei, J. (2017). Assessing the social sustainability of supply chains using Best Worst Method. *Resources, Conservation and Recycling*, 126, 99-106.
5. Akkaya, G., Turanoğlu, B., & Öztaş, S. (2015). An integrated fuzzy AHP and fuzzy MOORA approach to the problem of industrial engineering sector choosing. *Expert Systems with Applications*, 42(24), 9565-9573.
6. Al-Debei, M. M., & Avison, D. (2010). Developing a unified framework of the business model concept. *European Journal of Information Systems*, 19(3), 359-376.
7. Aleksić, A., & Tadić, D. (2023). Industrial and Management Applications of Type-2 Multi-Attribute Decision-Making Techniques Extended with Type-2 Fuzzy Sets from 2013 to 2022. *Mathematics*, 11(10), 2249.
8. Aleksic, A., Puskaric, H., Tadic, D., & Stefanovic, M. (2017). Project management issues: vulnerability management assessment. *Kybernetes*, 46(7), 1171-1188.
9. Allahviranloo, T., Lotfi, F. H., Kiasary, M. K., Kiani, N. A., & Alizadeh, L. (2008). Solving fully fuzzy linear programming problem by the ranking function. *Applied mathematical sciences*, 2(1), 19-32.
10. Alt, R., & Zimmermann, H. D. (2001). Preface: introduction to special section–business models. *Electronic markets*, 11(1), 3-9.
11. Amoozad Mahdiraji, H., Arzaghi, S., Stauskis, G., & Zavadskas, E. K. (2018). A hybrid fuzzy BWM-COPRAS method for analyzing key factors of sustainable architecture. *Sustainability*, 10(5), 1626.
12. Anderson, J. C., Rungtusanatham, M., & Schroeder, R. G. (1994). A theory of quality management underlying the Deming management method. *Academy of management Review*, 19(3), 472-509.
13. Arabsheybani, A., Paydar, M. M., & Safaei, A. S. (2018). An integrated fuzzy MOORA method and FMEA technique for sustainable supplier selection considering quantity discounts and supplier's risk. *Journal of cleaner production*, 190, 577-591.
14. Arslankaya, S., & Çelik, M. T. (2021). Green supplier selection in steel door industry using fuzzy AHP and fuzzy Moora methods. *Emerging Materials Research*, 10(4), 357-369..
15. Baas, S. M., & Kwakernaak, H. (1977). Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets. *Automatica*, 13(1), 47-58.
16. Bačanin Džakula, N. (2015). *Unapređenje hibridizacijom metaheuristika inteligencije rojeva za rešavanje problema globalne optimizacije*, Doktorska disertacija Beograd, Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu
17. Bagchi, S., & Tulsikie, B. (2000, October). E-business models: integrating learning from strategy development experiences and empirical research. In *20th Annual International Conference of the Strategic Management Society* (pp. 15-18).



- 
- 
18. Bagnoli, C., Massaro, M., Dal Mas, F., & Demartini, M. (2018). Defining the concept of business model: Searching for a business model framework. *International Journal of Knowledge and Systems Science*, 9(3), 48-64.
  19. Bakır, M., & Atalık, Ö. (2021). Application of fuzzy AHP and fuzzy MARCOS approach for the evaluation of e-service quality in the airline industry. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 4(1), 127-152.
  20. Ban, A. I., Ban, O. I., Bogdan, V., Popa, D. C. S., & Tuse, D. (2020). Performance evaluation model of Romanian manufacturing listed companies by fuzzy AHP and TOPSIS. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(4), 808-836.
  21. Banduka, N., Tadic, D., Macuzic, I., & Crnjac, M. (2018) Extended process failure mode and effect analysis (PFMEA) for the automotive industry: The FSQC-PFMEA. *Advances in Production Engineering and Management*, 13(2), 206-215.
  22. Bandyopadhyay, P. K., & Leonard, D. (2016). The value of using the Baldrige performance excellence framework in manufacturing organizations. *The Journal for Quality and Participation*, 39(3), 10-14.
  23. Bayrakdaroğlu, A., & Yalçın, N. (2013). A fuzzy multi-criteria evaluation of the operational risk factors for the state-owned and privately-owned commercial banks in turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 19(2), 443-461.
  24. Bellman, R., Clark, C. E., Malcolm, D. G., Craft, C. J., & Ricciardi, F. M. (1957). On the construction of a multi-stage, multi-person business game. *Operations Research*, 5(4), 469-503.
  25. Bergman, B., & Klefsjö, B. (2010). *Quality from customer needs to customer satisfaction*. Studentlitteratur AB.
  26. Beskese, A., Demir, H. H., Ozcan, H. K., & Okten, H. E. (2015). Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 73, 3513-3521.
  27. Bhatti, S. H., Santoro, G., Khan, J., & Rizzato, F. (2021). Antecedents and consequences of business model innovation in the IT industry. *Journal of Business Research*, 123, 389-400.
  28. Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner production*, 45, 9-19.
  29. Boral, S., Howard, I., Chaturvedi, S. K., McKee, K., & Naikan, V. N. A. (2020). An integrated approach for fuzzy failure modes and effects analysis using fuzzy AHP and fuzzy MAIRCA. *Engineering Failure Analysis*, 108, 104195.
  30. Boulding, W., Kalra, A., Staelin, R., & Zeithaml, V. A. (1993). A dynamic process model of service quality: from expectations to behavioral intentions. *Journal of marketing research*, 30(1), 7-27.
  31. Boulter, L., Bendell, T., & Dahlgard, J. (2013). Total quality beyond North America: A comparative analysis of the performance of European Excellence Award winners. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(2), 197-215..
  32. Boys, K., Karapetrovic, S., & Wilcock, A. (2004). Is ISO 9004 a path to business excellence? Opinion of Canadian standards experts. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21(8), 841-860.
  33. Brauers, W. K., & Zavadskas, E. K. (2009). Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector. *Technological and economic development of economy*, 15(2), 352-375.
  34. Brousseau, E., & Penard, T. (2007). The economics of digital BMs: A framework for analyzing the economics of platforms. *Review of network Economics*, 6(2), 81-114.

- 
- 
35. Brown, A., Van Der Wiele, T., & Loughton, K. (1998). Smaller enterprises' experiences with ISO 9000. *International journal of quality & reliability management*, 15(3), 273-285.
  36. Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
  37. Budler, M., Župič, I., & Trkman, P. (2021). The development of business model research: A bibliometric review. *Journal of Business Research*, 135, 480-495.
  38. Calabrese, A., Costa, R., Levialdi, N., & Menichini, T. (2019). Integrating sustainability into strategic decision-making: A fuzzy AHP method for the selection of relevant sustainability issues. *Technological Forecasting and Social Change*, 139, 155-168.
  39. Calvo-Mora, A., Picón, A., Ruiz, C., & Cauzo, L. (2014). The relationships between soft-hard TQM factors and key business results. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(1), 115-143.
  40. Cantrell, L. J., & Linder, J. (2000). Changing business models: Surveying the landscape. *Accenture Institute for Strategic Change*, 15(1), 142-149.
  41. Carvalho, A. M., Sampaio, P., Rebenisch, E., & Saraiva, P. (2021). 35 years of excellence, and perspectives ahead for excellence 4.0. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(11-12), 1215-1248.
  42. Celik, E., Erdogan, M., & Gumus, A. T. (2016). An extended fuzzy TOPSIS–GRA method based on different separation measures for green logistics service provider selection. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13, 1377-1392.
  43. Chakraborty, S. (2011). Applications of the MOORA method for decision making in manufacturing environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54, 1155-1166.
  44. Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
  45. Chen, M. F., & Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. *Mathematical and computer modelling*, 40(13), 1473-1490.
  46. Chen, S. H., & Hsieh, C. H. (2000). Representation, ranking, distance, and similarity of LR type fuzzy number and application. *Australian Journal of Intelligent Processing Systems*, 6(4), 217-229.
  47. Cheng, C. H. (1998). A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method. *Fuzzy sets and systems*, 95(3), 307-317.
  48. Chesbrough, H., & Rosenbloom, R. S. (2002). The role of the BM in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and corporate change*, 11(3), 529-555.
  49. Chou, Y. C., Yen, H. Y., Dang, V. T., & Sun, C. C. (2019). Assessing the human resource in science and technology for Asian countries: Application of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *Symmetry*, 11(2), 251.
  50. Chroner, D., Johansson, J., & Malmstrom, M. (2015). Business model management typologies-cognitive mapping of business model landscapes. *International Journal of Business and Management*, 10(3), 67.
  51. Clauss, T. (2017). Measuring business model innovation: conceptualization, scale development, and proof of performance. *R&D Management*, 47(3), 385-403.
  52. Conti, T. A. (2007). A history and review of the European Quality Award Model. *The TQM magazine*, 19(2), 112-128.
  53. Corredor, P., & Goñi, S. (2010). Quality awards and performance: is there a relationship?. *The TQM Journal*, 22(5), 529-538.
  54. Cosenz, F., & Noto, G. (2018). A dynamic business modelling approach to design and experiment new business venture strategies. *Long Range Planning*, 51(1), 127-140.

- 
- 
55. Crosby, P.B. (1984), *Quality without Tears*, McGraw-Hill, New York, NY.
  56. Crosby, P.B. (2005). Crosby's 14 steps to improvement. *Quality Progress*, 38(12), 60-64.
  57. Cvetić T., Stefanović M., Komatina N., Đorđević A. (2019). Orijentisanost poslovnih modela u Republici Srbiji: Studija slučaja, 46. *Nacionalna konferencija o kvalitetu - Festival kvaliteta 2019*, Kragujevac, Srbija, ISBN 978-866335-059-5, 85-92.
  58. Dahlgaard, J. J., Chen, C. K., Jang, J. Y., Banegas, L. A., & Dahlgaard-Park, S. M. (2013). Business excellence models: Limitations, reflections and further development. *Total Quality Management & Business Excellence*, 24(5-6), 519-538.
  59. Dale, B. G., Zairi, M., Van der Wiele, A., & Williams, A. R. T. (2000). Quality is dead in Europe—long live excellence—true or false?. *Measuring business excellence*, 4(3), 4-10.
  60. Demil, B., & Lecocq, X. (2010). Business model evolution: in search of dynamic consistency. *Long range planning*, 43(2-3), 227-246.
  61. Deming, W. E. (1981). Improvement of quality and productivity through action by management. *National productivity review*, 1(1), 12-22.
  62. Demir, A., Maroof, L., Sabbah Khan, N. U., & Ali, B. J. (2021). The role of E-service quality in shaping online meeting platforms: a case study from higher education sector. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(5), 1436-1463.
  63. Doganova, L., & Eyquem-Renault, M. (2009). What do business models do?: Innovation devices in technology entrepreneurship. *Research policy*, 38(10), 1559-1570.
  64. Dong, J. Y., & Wan, S. P. (2019). A new method for solving fuzzy multi-objective linear programming problems. *Iranian journal of fuzzy systems*, 16(3).
  65. Dong, J., Wan, S., & Chen, S. M. (2021). Fuzzy best-worst method based on triangular fuzzy numbers for multi-criteria decision-making. *Information Sciences*, 547, 1080-1104.
  66. Dongare, A. D., Kharde, R. R., & Kachare, A. D. (2012). Introduction to artificial neural network. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(1), 189-194.
  67. Đorđević, A., Stefanovic, M., Petrović, T., Erić, M., Klochkov, Y., & Mišić, M. (2023). JavaScript MEAN stack application approach for real-time nonconformity management in SMEs as a quality control aspect within Industry 4.0 concept. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, DOI: 0.1080/0951192X.2023.2228274
  68. Dožić, S., Lutovac, T., & Kalić, M. (2018). Fuzzy AHP approach to passenger aircraft type selection. *Journal of air transport management*, 68, 165-175.
  69. Dromey, R. G. (1995). A model for software product quality. *IEEE Transactions on software engineering*, 21(2), 146-162.
  70. Dubois, D., & Prade, H. (1998). An introduction to fuzzy systems. *Clinica Chimica Acta*, 270(1), 3-29.
  71. Durmić, E., Stević, Ž., Chatterjee, P., Vasiljević, M., & Tomašević, M. (2020). Sustainable supplier selection using combined FUCOM–Rough SAW model. *Reports in mechanical engineering*, 1(1), 34-43.
  72. Ecer, F., & Pamucar, D. (2020). Sustainable supplier selection: A novel integrated fuzzy best worst method (F-BWM) and fuzzy CoCoSo with Bonferroni (CoCoSo'B) multi-criteria model. *Journal of cleaner production*, 266, 121981.
  73. Emovon, I., Okpako, O. S., & Edjokpa, E. (2021). Application of fuzzy MOORA method in the design and fabrication of an automated hammering machine. *World Journal of Engineering*, 18(1), 37-49.
  74. Ersöz, F., Kinci, C. H., & Ersöz, T. (2018). A model proposal for course selection with the fuzzy MOORA approach. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 369-377.
  75. Ertay, T., Kahraman, C., & Kaya, İ. (2013). Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey. *Technological and economic development of economy*, 19(1), 38-62.
- 
-

- 
- 
76. Escrig, A. B., & de Menezes, L. M. (2015). What characterizes leading companies within business excellence models? An analysis of “EFQM Recognized for Excellence” recipients in Spain. *International Journal of Production Economics*, 169, 362-375.
  77. Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2019). *Managing for quality and performance excellence*. 11. ed. Cengage Learning.
  78. Ferri, F., D’Andrea, A., & Grifoni, P. (2012). IBF: an integrated business framework for virtual communities. *Journal of Electronic Commerce in Organizations*, 10(1), 1-13.
  79. Fleszar, K. (2022). A branch-and-bound algorithm for the quadratic multiple knapsack problem. *European Journal of Operational Research*, 298(1), 89-98.
  80. Fonseca, L. (2022). The EFQM 2020 model. A theoretical and critical review. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(9-10), 1011-1038.
  81. Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: the EFQM 2020 model and industry 4.0 relationships and implications. *Sustainability*, 13(6), 3107.
  82. Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2018). Sustainable business model innovation: A review. *Journal of cleaner production*, 198, 401-416.
  83. Grönroos, C. (1984). A service quality model and its marketing implications. *European Journal of marketing*, 18(4), 36-44.
  84. Grzegorzewski, P. (2004). Distances between intuitionistic fuzzy sets and/or interval-valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric. *Fuzzy sets and systems*, 148(2), 319-328.
  85. Gul, M., & Ak, M. F. (2020). Assessment of occupational risks from human health and environmental perspectives: a new integrated approach and its application using fuzzy BWM and fuzzy MAIRCA. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34(8), 1231-1262.
  86. Guo, S., & Qi, Z. (2021). A fuzzy best-worst multi-criteria group decision-making method. *IEEE Access*, 9, 118941-118952.
  87. Guo, S., & Zhao, H. (2017). Fuzzy best-worst multi-criteria decision-making method and its applications. *Knowledge-Based Systems*, 121, 23-31..
  88. Gupta, H., & Barua, M. K. (2017). Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, 152, 242-258.
  89. Gupta, T. K., Mangal, D., Srivastava, V. S., Gupta, V. P., & Patel, R. V. (2022). A Frame Work for Ranking the Factors Affecting Customer Service Quality by MOORA Approach. In *Recent Trends in Industrial and Production Engineering: Select Proceedings of ICCEMME 2021* (pp. 197-215). Springer Singapore.
  90. Gürbüz, T., Albayrak, Y. E., & Alaybeyoğlu, E. (2014). Criteria weighting and 4P's planning in marketing using a fuzzy metric distance and AHP hybrid method. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 7(sup1), 94-104.
  91. Gutiérrez, L. G., Torres, J. T., & Morales, V. J. G. (2010). Un estudio empírico del impacto de las iniciativas actuales de gestión de la calidad sobre la innovación y flexibilidad organizativa. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 39(148), 677-709.
  92. Hafezalkotob, A., & Hafezalkotob, A. (2017). A novel approach for combination of individual and group decisions based on fuzzy best-worst method. *Applied Soft Computing*, 59, 316-325.
  93. Haker, P. T. (1988). *Art and science of decision making: The analytic hierarchy process*. Philadelphia: University of Pennsylvania.
  94. Hasheminasab, H., Hashemkhani Zolfani, S., Bitarafan, M., Chatterjee, P., & Abhaji Ezabadi, A. (2019). The role of façade materials in blast-resistant buildings: an evaluation based on fuzzy Delphi and fuzzy EDAS. *Algorithms*, 12(6), 119.

- 
- 
95. Hedman, J., & Kalling, T. (2003). The business model concept: theoretical underpinnings and empirical illustrations. *European journal of information systems*, 12(1), 49-59.
  96. Heras, I., Dick, G. P., & Casadesus, M. (2002). ISO 9000 registration's impact on sales and profitability: a longitudinal analysis of performance before and after accreditation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19(6), 774-791.
  97. Ionică, A., Băleanu, V., Edelhauser, E., & Irimie, S. (2010). TQM and business excellence. *Annals of the University of Petroșani, Economics*, 10(4), 125-134.
  98. ISO 25010:2011 (2011) *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models*, 1<sup>st</sup> edition, International Organization for Standardization
  99. ISO 9000:2000 (2000) *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*, 2<sup>nd</sup> edition, International Organization for Standardization
  100. ISO 9000:2015 (2015) *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*, 4<sup>th</sup> edition, International Organization for Standardization
  101. ISO 9001:2015 (2015) *Quality management systems — Requirements*, 5<sup>th</sup> edition, International Organization for Standardization
  102. ISO/IEC 9126:2001 (2001) *Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model*, 1<sup>st</sup> edition, International Organization for Standardization
  103. Jafarzadeh Ghouschi, S., Khazaeili, M., Amini, A., & Osgooei, E. (2019). Multi-criteria sustainable supplier selection using piecewise linear value function and fuzzy best-worst method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(2), 2309-2325.
  104. Jankalová, M. (2012). Business Excellence evaluation as the reaction on changes in global business environment. *Procedia-social and behavioral sciences*, 62, 1056-1060.
  105. Jankalová, M., & Jankal, R. (2020). How to characterize business excellence and determine the relation between business excellence and sustainability. *Sustainability*, 12(15), 6198.
  106. Johnson, M. W., Christensen, C. M., & Kagermann, H. (2008). Reinventing your business model. *Harvard business review*, 86(12), 50-59.
  107. Joyce, A., & Paquin, R. L. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1474-1486.
  108. Juran, J. M. (2003). *Juran on leadership for quality*. Simon and Schuster.
  109. Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). *Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence*. McGraw-Hill Education.
  110. Kahraman, C., Süder, A., & Kaya, İ. (2014). Fuzzy multicriteria evaluation of health research investments. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(2), 210-226.
  111. Karabašević, D., Stanujkić, D., & Urošević, S. (2015). The MCDM Model for Personnel Selection Based on SWARA and ARAS Methods. *Management (1820-0222)*, 20(77).
  112. Karande, P., & Chakraborty, S. (2012). Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection. *Materials & Design*, 37, 317-324.
  113. Karimi, H., Sadeghi-Dastaki, M., & Javan, M. (2019). A fully fuzzy best-worst multi attribute decision making method with triangular fuzzy number: A case study of maintenance assessment in the hospitals. *Applied Soft Computing*, 86, 105882.
  114. Khorshidi, M., Erkeyman, B., Albayrak, Ö., Kılıç, R., & Demir, H. İ. (2022). Solar power plant location selection using integrated fuzzy DEMATEL and fuzzy MOORA method. *International Journal of Ambient Energy*, 43(1), 7400-7409.
  115. Komatina, N., Tadić, D., Aleksić, A., & Banduka, N. (2022). The integrated PFMEA approach with interval type-2 fuzzy sets and FBWM: A case study in the automotive

- 
- industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 236(6), 1201-1212.
- 116.Konczal, E.F., 1975. Models are for Managers, not Mathematicians. *Journal of Systems Management* 26(1), 12-15.
- 117.Kumar, P., Raju, N. V. S., & Kumar, M. V. (2016). Quality of quality definitions-an analysis. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 5(3), 142-148.
- 118.Kurniawan, V. R. B., & Puspitasari, F. H. (2021, February). A fuzzy BWM method for evaluating supplier selection factors in a SME paper manufacturer. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1071, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- 119.Kusumawardani, R. P., & Agintiara, M. (2015). Application of fuzzy AHP-TOPSIS method for decision making in human resource manager selection process. *Procedia computer science*, 72, 638-646.
- 120.Ladhari, R. (2009). A review of twenty years of SERVQUAL research. *International journal of quality and service sciences*, 1(2), 172-198.
- 121.Lee, A. H., Chen, W. C., & Chang, C. J. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert systems with applications*, 34(1), 96-107.
- 122.Leśniak, A., Kubek, D., Plebankiewicz, E., Zima, K., & Belniak, S. (2018). Fuzzy AHP application for supporting contractors' bidding decision. *Symmetry*, 10(11), 642..
- 123.Liang, F., Brunelli, M., & Rezaei, J. (2020). Consistency issues in the best worst method: Measurements and thresholds. *Omega*, 96, 102175.
- 124.Liang, X., Chen, T., Ye, M., Lin, H., & Li, Z. (2021). A hybrid fuzzy BWM-VIKOR MCDM to evaluate the service level of bike-sharing companies: A case study from Chengdu, China. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126759..
- 125.Lin, E. Y. H. (1998). A bibliographical survey on some well-known non-standard knapsack problems. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 36(4), 274-317.
- 126.Liou, T. S., & Wang, M. J. J. (1992). Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy sets and systems*, 50(3), 247-255.
- 127.Liu, H. C., Fan, X. J., Li, P., & Chen, Y. Z. (2014). Evaluating the risk of failure modes with extended MULTIMOORA method under fuzzy environment. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 34, 168-177.
- 128.Lootsma, F. A. (2013). *Fuzzy logic for planning and decision making* (Vol. 8). Springer Science & Business Media.
- 129.Lopez, F. J. D., Bastein, T., & Tukker, A. (2019). Business model innovation for resource-efficiency, circularity and cleaner production: What 143 cases tell us. *Ecological Economics*, 155, 20-35.
- 130.Lüdeke-Freund, F., Carroux, S., Joyce, A., Massa, L., & Breuer, H. (2018). The sustainable business model pattern taxonomy-45 patterns to support sustainability-oriented business model innovation. *Sustainable Production and Consumption*, 15, 145-162.
- 131.Lüdeke-Freund, F., Gold, S., & Bocken, N. M. (2019). A review and typology of circular economy business model patterns. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 36-61.
- 132.Mabrouk, N. (2021). Green supplier selection using fuzzy Delphi method for developing sustainable supply chain. *Decision Science Letters*, 10(1), 63-70.
- 133.MacInnes, I. (2005). Dynamic business model framework for emerging technologies. *International Journal Of Services Technology And Management*, 6(1), 3.
- 134.Macuzi c, I., Tadi c, D., Aleksi c, A., & Stefanovi c, M. (2016). A two step fuzzy model for the assessment and ranking of organizational resilience factors in the process industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 122-130.
-

- 
- 
135. Magretta, J. (2002). Why business models matter. *Harvard business review*, 80(5), 86-92.
136. Mallick, J., Singh, C. K., AlMesfer, M. K., Kumar, A., Khan, R. A., Islam, S., & Rahman, A. (2018). Hydro-geochemical assessment of groundwater quality in Aseer Region, Saudi Arabia. *Water*, 10(12), 1847.
137. Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from 1994 to 2014. *Expert systems with Applications*, 42(8), 4126-4148.
138. Marković, V., Stajić, L., Stević, Ž., Mitrović, G., Novarlić, B., & Radojičić, Z. (2020). A novel integrated subjective-objective mcdm model for alternative ranking in order to achieve business excellence and sustainability. *Symmetry*, 12(1), 164.
139. Martello, S., & Toth, P. (1990). *Knapsack problems: algorithms and computer implementations*. John Wiley & Sons, Inc..
140. Martello, S., Pisinger, D., & Toth, P. (2000). New trends in exact algorithms for the 0–1 knapsack problem. *European Journal of Operational Research*, 123(2), 325-332.
141. Mavi, R. K., Goh, M., & ZARBakhshnia, N. (2017). Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 91, 2401-2418.
142. Mazzarol, T., Clark, D., Reboud, S., & Limnios, E. M. (2018). Developing a conceptual framework for the co-operative and mutual enterprise business model. *Journal of Management & Organization*, 1-31.
143. McGann, S., & Lyytinen, K. (2002, June). Capturing the dynamics of eBusiness models: the ebusiness analysis framework and the electronic trading infrastructure. In: *15th Annual Bled Electronic Commerce Conference*. Bled, Slovenia, 36-54
144. Mi, X., Tang, M., Liao, H., Shen, W., & Lev, B. (2019). The state-of-the-art survey on integrations and applications of the best worst method in decision making: Why, what, what for and what's next?. *Omega*, 87, 205-225.
145. Mitchell, T. M. (1997). Artificial neural networks. *Machine learning*, 45(81), 127.
146. Mittal, V. K., Sindhwani, R., Shekhar, H., & Singh, P. L. (2019). Fuzzy AHP model for challenges to thermal power plant establishment in India. *International Journal of Operational Research*, 34(4), 562-581.
147. Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: toward a unified perspective. *Journal of business research*, 58(6), 726-735.
148. Morrison, D. R., Jacobson, S. H., Sauppe, J. J., & Sewell, E. C. (2016). Branch-and-bound algorithms: A survey of recent advances in searching, branching, and pruning. *Discrete Optimization*, 19, 79-102.
149. Moslem, S., Gul, M., Farooq, D., Celik, E., Ghorbanzadeh, O., & Blaschke, T. (2020). An integrated approach of best-worst method (BWM) and triangular fuzzy sets for evaluating driver behavior factors related to road safety. *Mathematics*, 8(3), 414.
150. Müller, J. M. (2019). Business model innovation in small-and medium-sized enterprises: Strategies for industry 4.0 providers and users. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(8), 1127-1142.
151. Murray-Smith, D. J. (2012). *Modelling and simulation of integrated systems in engineering: issues of methodology, quality, testing and application*. Elsevier.
152. Nestić, S., Aleksić, A., Lafuente, J. G., Cvetić, T., & Đurić, G. (2022). The Allocation of Business Model Components under Presence of Uncertainties by the Branch-and-Bound Method. *Mathematical Problems in Engineering*, ID 2958519.
153. Nestić, S., Lampón, J. F., Aleksić, A., Cabanelas, P., & Tadić, D. (2019). Ranking manufacturing processes from the quality management perspective in the automotive industry. *Expert Systems*, 36(6), e12451.
- 
-

- 
- 
154. Nielsen, C., & Lund, M. (2014). An introduction to business models. In *The basics of business models* (pp. 8-20). Ventus.
155. Nunkoo, R., Teeroovengadum, V., Ringle, C. M., & Sunnassee, V. (2020). Service quality and customer satisfaction: The moderating effects of hotel star rating. *International Journal of Hospitality Management*, *91*, 102414.
156. Nylén, D., & Holmström, J. (2015). Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation. *Business Horizons*, *58*(1), 57-67.
157. O'Brien, J., & O'Hanlon, T. (2000). Business excellence-Business excellence-The best thing ever. *Quality World*, *26*(5), 16-19.
158. Ojasalo, K., & Ojasalo, J. (2015). *Adapting business model thinking to service logic: an empirical study on developing a service design tool*. The Nordic School, 309.
159. Omrani, H., Alizadeh, A., & Emrouznejad, A. (2018). Finding the optimal combination of power plants alternatives: A multi response Taguchi-neural network using TOPSIS and fuzzy best-worst method. *Journal of cleaner production*, *203*, 210-223.
160. Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, *156*(2), 445-455.
161. Osterwalder A, Pigneur Y (2002) An e-BM Ontology for Modeling e-Business. In: *Electronic Commerce Conference – eReality: Constructing the eEconomy*. Bled. Slovenia, 75-91
162. Osterwalder, A. (2004). *The business model ontology a proposition in a design science approach* (Doktorska disertacija, Université de Lausanne, Faculté des hautes études commerciales).
163. Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2004). An ontology for e-BMs. Value creation from e-BMs in: Wendy Currie (ed) "*Value Creation from E-BMs*, Butterworth-Heinemann, 2003, 1, 65-97.
164. Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2004). An ontology for e-business models. chapter in: *Value creation from e-business models* (ed. Wendy Currie), 1, 65-97.
165. Osterwalder, A., Pigneur, Y., Oliveira, M. A. Y., & Ferreira, J. J. P. (2011). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. *African journal of business management*, *5*(7), 22-30.
166. Paksoy, T., Pehlivan, N. Y., & Kahraman, C. (2012). Organizational strategy development in distribution channel management using fuzzy AHP and hierarchical fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 2822-2841.
167. Papadimitriou, C. H., & Steiglitz, K. (1998). *Combinatorial optimization: algorithms and complexity*. Courier Corporation.
168. Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of marketing*, *49*(4), 41-50.
169. Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). Servqual: A multiple-item scale for measuring consumer perception. *Journal of retailing*, *64*(1), 12.
170. Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Malhotra, A. (2005). ES-QUAL: A multiple-item scale for assessing electronic service quality. *Journal of service research*, *7*(3), 213-233.
171. Parida, V., Sjödin, D., & Reim, W. (2019). Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises. *Sustainability*, *11*(2), 391.
172. Park, J. H., Lim, K. M., Park, J. S., & Kwun, Y. C. (2008, February). Distances between interval-valued intuitionistic fuzzy sets. In *Journal of physics: Conference series* (Vol. 96, No. 1, p. 012089). IOP Publishing.
- 
-



- 
- 
173. Petrovic, O., Kittl, C., & Teksten, R. D. (2001). Developing Business Models for Ebusiness. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.1658505
174. Petrović, R. (1977). *Specijalne metode u optimizaciji sistema*. Tehnička knjiga, Beograd.
175. Petrović, T., Vesić Vasović, J., Komatina, N., Tadić, D., Klipa, Đ., & Đurić, G. (2022). A Two-Stage Model Based on EFQM, FBWM, and FMOORA for Business Excellence Evaluation in the Process of Manufacturing. *Axioms*, *11*(12), 704.
176. Pisinger, D., & Toth, P. (1998). Knapsack problems. *Handbook of Combinatorial Optimization: (1–3)*, 299-428.
177. Pomerol, J. C., & Barba-Romero, S. (2000). *Multicriterion decision in management: principles and practice* (25). Springer Science & Business Media.
178. Prakash, A., & Mohanty, R. P. (2013). Understanding service quality. *Production Planning & Control*, *24*(12), 1050-1065.
179. Raidl, G. R., & Puchinger, J. (2008). Combining (integer) linear programming techniques and metaheuristics for combinatorial optimization. *Hybrid metaheuristics: An emerging approach to optimization*, 31-62.
180. Rantala, T., Ukko, J., Saunila, M., & Havukainen, J. (2018). The effect of sustainability in the adoption of technological, service, and business model innovations. *Journal of Cleaner Production*, *172*, 46-55.
181. Rayport J, Jaworski B (2004) *Introduction to e-commerce*. McGraw-Hill/Irwin MarketspaceU, Boston
182. Raza, S. A., Umer, A., Qureshi, M. A., & Dahri, A. S. (2020). Internet banking service quality, e-customer satisfaction and loyalty: the modified e-SERVQUAL model. *The TQM Journal*, *32*(6), 1443-1466.
183. Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49-57..
184. Rezaei, J., Ortt, R., & Scholten, V. (2013). An improved fuzzy preference programming to evaluate entrepreneurship orientation. *Applied Soft Computing*, *13*(5), 2749-2758.
185. Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. *Expert Systems with Applications*, *42*(23), 9152-9164.
186. Richardson, J. (2008). The business model: an integrative framework for strategy execution. *Strategic Change*, *17*, 133-144.
187. Ritter, T., & Lettl, C. (2018). The wider implications of business-model research. *Long range planning*, *51*(1), 1-8.
188. Roy, M. K., Ray, A., & Pradhan, B. B. (2014). Non-traditional machining process selection using integrated fuzzy AHP and QFD techniques: a customer perspective. *Production & Manufacturing Research*, *2*(1), 530-549.
189. Roy, P. K., & Shaw, K. (2021). Developing a multi-criteria sustainable credit score system using fuzzy BWM and fuzzy TOPSIS. *Environment, Development and Sustainability*, 1-32.
190. Ruiz-Carrillo, J. I. C., & Fernández-Ortiz, R. (2005). Theoretical foundation of the EFQM model: the resource-based view. *Total Quality Management & Business Excellence*, *16*(1), 31-55.
191. Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, *48*(1), 9-26.
192. Saaty, T. L. (2013). The modern science of multicriteria decision making and its practical applications: The AHP/ANP approach. *Operations Research*, *61*(5), 1101-1118.
193. Saebi, T., & Foss, N. J. (2015). Business models for open innovation: Matching heterogeneous open innovation strategies with business model dimensions. *European Management Journal*, *33*(3), 201-213.
- 
-

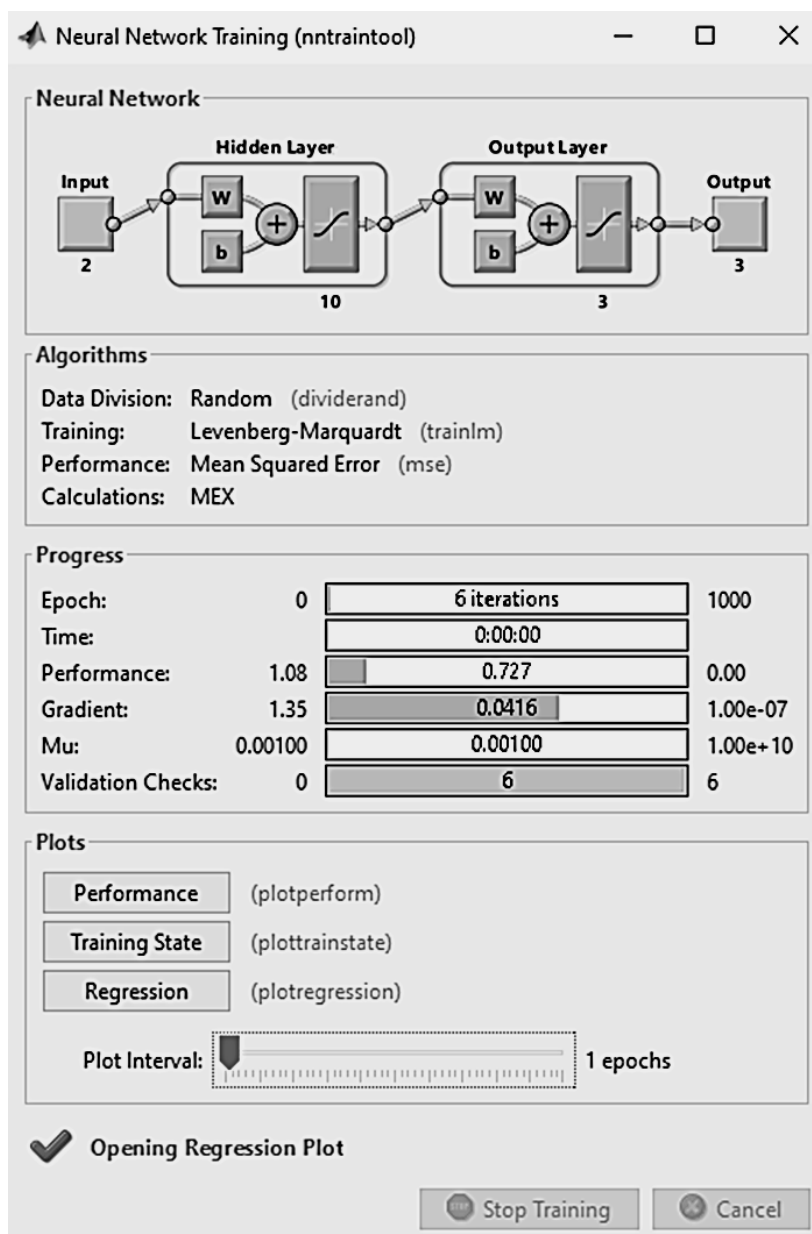
- 
- 194.Sagnak, M., Berberoglu, Y., Memis, İ., & Yazgan, O. (2021). Sustainable collection center location selection in emerging economy for electronic waste with fuzzy Best-Worst and fuzzy TOPSIS. *Waste Management*, 127, 37-47.
- 195.Samuelsson, P., & Nilsson, L. E. (2002). Self-assessment practices in large organisations: Experiences from using the EFQM excellence model. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19(1), 10-23.
- 196.Seth, N., Deshmukh, S. G., & Vrat, P. (2005). Service quality models: a review. *International journal of quality & reliability management*, 22(9), 913-949.
- 197.Sfreddo, L. S., Vieira, G. B. B., Vidor, G., & Santos, C. H. S. (2021). ISO 9001 based quality management systems and organisational performance: a systematic literature review. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(3-4), 389-409.
- 198.Shafer, S. M., Smith, H. J., & Linder, J. C. (2005). The power of business models. *Business horizons*, 48(3), 199-207.
- 199.Sharma, V., Rai, S., & Dev, A. (2012). A comprehensive study of artificial neural networks. *International Journal of Advanced research in computer science and software engineering*, 2(10).
- 200.Singh, P. K., & Sarkar, P. (2020). A framework based on fuzzy Delphi and DEMATEL for sustainable product development: A case of Indian automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118991.
- 201.Smith, G. F. (1993). The meaning of quality. *Total Quality Management*, 4(3), 235-244.
- 202.Soner, O., Celik, E., & Akyuz, E. (2022). A fuzzy best–worst method (BWM) to assess the potential environmental impacts of the process of ship recycling. *Maritime Policy & Management*, 49(3), 396-409.
- 203.Sott, M. K., Furstenau, L. B., Kipper, L. M., Rodrigues, Y. P. R., Lopez-Robles, J. R., Giraldo, F. D., & Cobo, M. J. (2021). Process modeling for smart factories: using science mapping to understand the strategic themes, main challenges and future trends. *Business Process Management Journal*, 27(5), 1391-1417.
- 204.Sreeja, K., & Hemalatha, K. G. (2016). A Review on Business Excellence Models. *Asian Journal of Management*, 7(3), 236-244.
- 205.Stewart, D. W., & Zhao, Q. (2000). Internet marketing, business models, and public policy. *Journal of public policy & marketing*, 19(2), 287-296.
- 206.Suárez, E., Calvo-Mora, A., Roldán, J. L., & Perriñez-Cristóbal, R. (2017). Quantitative research on the EFQM excellence model: A systematic literature review (1991–2015). *European Research on Management and Business Economics*, 23(3), 147-156.
- 207.Sulistyo, B., Amani, H., Widaningrum, S., Mohammad, M., & Ibrahim, R. (2021). Comparative Study of Business Excellence Frameworks and Awards in Southeast Asian Countries. *International Journal of Business and Society*, 22(3), 1123-1142.
- 208.Tadić, D., Aleksić, A. (2013). Ocena i rangiranje faktora kapaciteta za oporavak preduzeća pomoću modifikovanog analitičkog hijerarhijskog procesa, *Ekonomski Horizonti*, (3)1, 181-196.
- 209.Tadic, D., Aleksic, A., Mimovic, P., Puskaric, H., & Misita, M. (2018). A model for evaluation of customer satisfaction with banking service quality in an uncertain environment. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(11-12), 1342-1361.
- 210.Tadic, D., Aleksic, A., Popovic, P., Arsovski, S., Castelli, A., Joksimovic, D., & Stefanovic, M. (2017). The evaluation and enhancement of quality, environmental protection and seaport safety by using FAHP. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(2), 261-275.
- 211.Tadić, D., Aleksić, A., Stefanović, M., & Arsovski, S. (2014). Evaluation and ranking of organizational resilience factors by using a two-step fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *Mathematical Problems in Engineering*, (2014), ID 418085
-

- 
- 
212. Tadic, D., Gumus, A. T., Arsovski, S., Aleksic, A., & Stefanovic, M. (2013). An evaluation of quality goals by using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodology. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 25(3), 547-556.
213. Tadic, D., Milanovic, D. D., Misita, M., & Tadic, B. (2011). New integrated approach to the problem of ranking and supplier selection under uncertainties. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 225(9), 1713-1724.
214. Talwar, B. (2011a). Business excellence models and the path ahead.... *The TQM Journal*, 23(1), 21-35.
215. Talwar, B. (2011b). Comparative study of framework, criteria and criterion weighting of excellence models. *Measuring Business Excellence*, 15(1), 49-65.
216. Taran, Y., Boer, H., & Lindgren, P. (2015). A business model innovation typology. *Decision Sciences*, 46(2), 301-331.
217. Teece, D. J. (2018). Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. *Research policy*, 47(8), 1367-1387.
218. The EFQM Model (2021). Revised 2nd edition. Brussels, Belgium: The Art of Service - EFQM Publishing.
219. Timmers, P. (1998). Business models for electronic markets. *Electronic markets*, 8(2), 3-8.
220. Tkáč, M., & Verner, R. (2016). Artificial neural networks in business: Two decades of research. *Applied Soft Computing*, 38, 788-804.
221. Upward, A., & Jones, P. (2016). An ontology for strongly sustainable business models: Defining an enterprise framework compatible with natural and social science. *Organization & Environment*, 29(1), 97-123.
222. van de Kaa, G., van Heck, E., de Vries, H. J., van den Ende, J., & Rezaei, J. (2013). Supporting decision making in technology standards battles based on a fuzzy analytic hierarchy process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 61(2), 336-348.
223. Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations. Development, applications*. New York, NY, Braziller
224. Walczak, S. (2019). Artificial neural networks. In *Advanced methodologies and technologies in artificial intelligence, computer simulation, and human-computer interaction* (pp. 40-53). IGI global.
225. Wan, S., & Purba, H. H. (2021). A Systematic Literature Review of Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA). *Journal of Technology Management for Growing Economies*, 12(1), 1-13.
226. Wang, C. N., Nguyen, N. A. T., Dang, T. T., & Lu, C. M. (2021). A compromised decision-making approach to third-party logistics selection in sustainable supply chain using fuzzy AHP and fuzzy VIKOR methods. *Mathematics*, 9(8), 886.
227. Wang, Y. M., & Chin, K. S. (2011). Fuzzy analytic hierarchy process: A logarithmic fuzzy preference programming methodology. *International journal of approximate reasoning*, 52(4), 541-553.
228. Wang, Y. M., & Elhag, T. M. (2007). A fuzzy group decision making approach for bridge risk assessment. *Computers & Industrial Engineering*, 53(1), 137-148.
229. Watson, G. (2004). The legacy of Ishikawa. *Quality progress*, 37(4), 54.
230. Wirtz, B. W., Pistoia, A., Ullrich, S., & Göttel, V. (2016). Business models: Origin, development and future research perspectives. *Long range planning*, 49(1), 36-54.
231. Wirtz, B., & Daiser, P. (2018). Business model innovation processes: A systematic literature review. *Journal of Business Models*, 6(1), 40-58.
- 
-

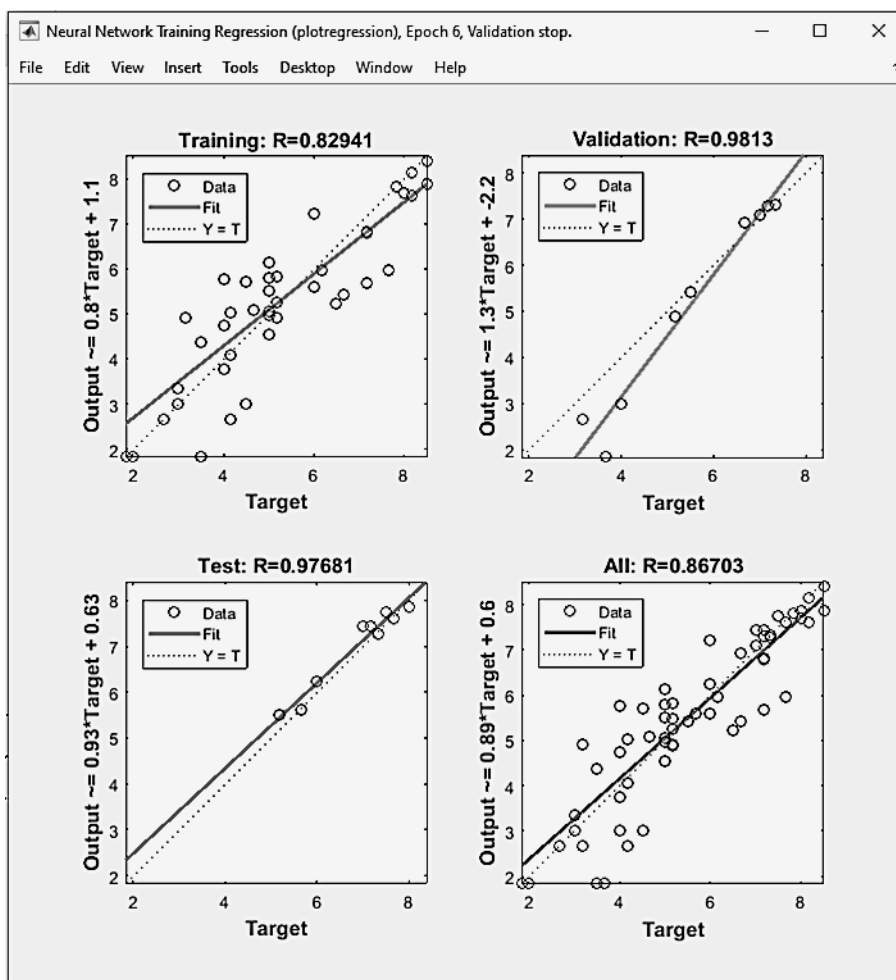
- 
- 
232. Wolpert, D. H., & Macready, W. G. (1997). No free lunch theorems for optimization. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 1(1), 67-82.
233. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
234. Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Stević, Ž., & Mardani, A. (2020). Modelling procedure for the selection of steel pipes supplier by applying fuzzy AHP method. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 39-53.
235. Zimmermann, H. J. (2010). Fuzzy set theory. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 2(3), 317-332.
236. Zott, C., & Amit, R. (2010). Business model design: an activity system perspective. *Long range planning*, 43(2-3), 216-226.
237. Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The business model: recent developments and future research. *Journal of management*, 37(4), 1019-1042.

# ПРИЛОГ

У оквиру овог Прилога су дати резултати вештачких неуронских мрежа приказани у верификацији модела за испитивање утицаја усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе МСП у потпоглављу 6.3. На слици П1 приказана је фаза тренинга мреже док је на слици П2 приказана корелација између реалних вредности и вредности које је предложила мрежа.



Слика П1 Приказ извршеног тренинга неуронске мреже за разматрани проблем



**Слика П2.** Корелације између реалних вредности и вредности које је предложила мрежа

Тежине додељене на првом скривеном слоју мреже су:  $w_1 = 3.022$ ;  $w_2 = -3.2542$ ;  $w_3 = 2.8239$ ;  $w_4 = 4.4508$ ;  $w_5 = -2.365$ ;  $w_6 = 4.7403$ ;  $w_7 = 4.1025$ ;  $w_8 = 1.52$ ;  $w_9 = -1.5296$ ;  $w_{10} = 3.2017$ ;  $w_{11} = -1.2289$ ;  $w_{12} = -2.544$ ;  $w_{13} = -3.2038$ ;  $w_{14} = -2.7507$ ;  $w_{15} = 0.90505$ ;  $w_{16} = 4.6366$ ;  $w_{17} = 2.5023$ ;  $w_{18} = 1.1968$ ;  $w_{19} = 2.7913$ ;  $w_{20} = 2.7729$

Вредности биаса на првом скривеном слоју мреже су:  $b_1 = -4.3995$ ;  $b_2 = -4.8654$ ;  $b_3 = 1.9333$ ;  $b_4 = -3.0293$ ;  $b_5 = -2.9414$ ;  $b_6 = 0.99101$ ;  $b_7 = -1.4801$ ;  $b_8 = 2.5443$ ;  $b_9 = 5.1132$ ;  $b_{10} = 4.9397$

Тежине додељене на излазном слоју мреже су:  $w_1 = 1.745$ ;  $w_2 = -2.8156$ ;  $w_3 = -1.4939$ ;  $w_4 = -3.9387$ ;  $w_5 = -0.16212$ ;  $w_6 = -1.0653$ ;  $w_7 = 0.76764$ ;  $w_8 = 0.19312$ ;  $w_9 = -0.0047236$ ;  $w_{10} = 0.96804$ ;  $w_{11} = -0.81576$ ;  $w_{12} = -3.5153$ ;  $w_{13} = -1.587$ ;  $w_{14} = -0.010025$ ;  $w_{15} = 3.1783$ ;  $w_{16} = -0.30639$ ;  $w_{17} = 1.0898$ ;  $w_{18} = 0.87774$ ;  $w_{19} = 0.63859$ ;  $w_{20} = -0.33763$ ;  $w_{21} = 1.9282$ ;  $w_{22} = -3.2616$ ;  $w_{23} = -1.3975$ ;  $w_{24} = -0.092181$ ;  $w_{25} = -0.87219$ ;  $w_{26} = -0.6359$ ;  $w_{27} = 1.2452$ ;  $w_{28} = 1.1462$ ;  $w_{29} = -0.91336$ ;  $w_{30} = -0.22506$

Вредности биаса на другом излазном слоју мреже су:  $b_1 = -3.0479$ ;  $b_2 = 0.091777$ ;  $b_3 = 0.27813$

У табели П1 приказани су улазни подаци за тренинг мреже, циљне вредности и излазне вредности добијене након тренинга.

**Табела П1.** Вредности разматраних индикатора перформанси након тренинга мреже

Ред. бр. Пред-узећа	Ниво квалитета	Препознавање пословног модела	Циљне вредности разматраних индикатора перформанси			Излазне вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености	Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
1	6.327	0.56	7.167	7.000	7.333	7.3003	7.1004	7.3116
2	6.883	0.71	7.170	6.500	7.667	6.795	5.2282	5.9651
3	6.523	0.60	6.170	5.167	5.000	5.9542	4.8986	4.9752
4	7.640	0.77	1.833	2.667	3.000	1.833	2.667	3
5	6.317	0.65	5.000	4.167	3.167	6.1214	5.0269	4.9239
6	6.623	0.69	6.000	5.167	5.000	7.2113	5.2612	5.503
7	5.820	0.48	7.997	7.667	7.333	7.8543	7.6121	7.279
8	6.363	0.60	6.003	5.167	5.667	6.2349	5.489	5.604
9	5.527	0.42	7.833	8.167	8.500	7.8033	8.1355	8.3885
10	7.523	0.75	2.000	4.167	4.500	1.833	2.6671	3.0003
11	6.983	0.73	3.000	3.500	5.000	3.3488	4.3792	5.0546
12	6.787	0.73	3.500	4.000	5.000	7.2458	5.757	5.7809
13	6.007	0.52	7.500	7.167	7.000	7.749	7.4401	7.4432
14	7.433	0.67	3.500	5.000	6.000	1.8334	4.5505	5.5952
15	6.843	0.73	7.170	6.667	7.167	6.8186	5.4217	5.678
16	6.143	0.54	7.997	8.167	8.500	7.6813	7.6197	7.862
17	7.270	0.81	3.667	3.167	4.000	1.833	2.6671	3
18	6.753	0.67	6.663	5.167	5.500	6.9273	4.8819	5.4133
19	7.103	0.65	4.167	4.667	5.167	4.0729	5.0676	5.8233
20	7.020	0.71	4.000	4.000	4.500	3.7578	4.7411	5.7128

У табелама П2-П5 приказане су излазне вредности разматраних индикатора перформанси квалитета при повећањима улазних вредности (нивоа квалитета и процента препознавања пословног модела) за 5%, 10%, 15% и 20% респективно.

**Табела П2.** Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси при повећању од 5%

Ред. бр. Пред-узећа	Ниво квалитета	Препознавање пословног модела	Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
1	6.64335	0.588	6.2607	5.1815	5.177
2	7.22715	0.7455	1.833	2.6906	3.0452
3	6.84915	0.63	6.2461	4.7181	5.0679
4	8.022	0.8085	1.833	2.667	3
5	6.63285	0.6825	7.0929	5.0916	5.4031
6	6.95415	0.7245	4.7573	4.7713	5.4872
7	6.111	0.504	7.9197	7.8474	7.8658
8	6.68115	0.63	6.1104	4.5643	4.7992
9	5.80335	0.441	7.972	8.1275	8.3494
10	7.89915	0.7875	1.833	2.667	3

**Табела П2.** (наставак 1) Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси при повећању од 5%

Ред. бр. Пред-узећа	Ниво квалитета	Препознавање пословног модела	Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
11	7.33215	0.7665	1.833	2.6672	3.0005
12	7.12635	0.7665	1.833	2.6771	3.0106
13	6.30735	0.546	7.6092	7.5157	7.7204
14	7.80465	0.7035	1.833	2.6675	3.0018
15	7.18515	0.7665	1.833	2.67	3.0039
16	6.45015	0.567	6.9213	6.3721	6.4223
17	7.6335	0.8505	1.833	2.6671	3
18	7.09065	0.7035	2.4326	4.5853	5.639
19	7.45815	0.6825	1.8331	3.6405	4.6047
20	7.371	0.7455	1.833	2.6685	3.0039

**Табела П3.** Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси при повећању од 10%

Ред. бр. Пред-узећа	Ниво квалитета	Препознавање пословног модела	Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
1	6.960	0.616	6.2357	5.1957	5.4676
2	7.571	0.781	1.833	2.667	3
3	7.175	0.660	2.3915	5.0706	5.9635
4	8.404	0.847	1.833	2.667	3
5	6.949	0.715	5.545	4.9718	5.7994
6	7.285	0.759	1.833	2.6681	3.0023
7	6.402	0.528	7.8844	7.902	8.0621
8	6.999	0.660	5.7799	4.9283	5.7024
9	6.080	0.462	7.9896	8.1274	8.3584
10	8.275	0.825	1.833	2.667	3
11	7.681	0.803	1.833	2.667	3
12	7.466	0.803	1.833	2.667	3
13	6.608	0.572	6.7754	5.9411	5.8422
14	8.176	0.737	1.833	2.667	3.0001
15	7.527	0.803	1.833	2.667	3
16	6.757	0.594	6.3649	5.2039	5.2205
17	7.997	0.891	1.833	2.6672	3
18	7.428	0.737	1.833	2.6688	3.0051
19	7.813	0.715	1.833	2.6671	3.0004
20	7.722	0.781	1.833	2.667	3



**Табела П4.** Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси при повећању од 15%

Ред. бр. Пред-узећа	Ниво квалитета	Препозн-авање пословн-ог модела	Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
1	7.27605	0.644	1.9426	5.6025	6.3362
2	7.91545	0.8165	1.833	2.667	3
3	7.50145	0.69	1.833	3.0476	3.7503
4	8.786	0.8855	1.833	2.667	3
5	7.26455	0.7475	1.833	2.6755	3.0177
6	7.61645	0.7935	1.833	2.667	3
7	6.693	0.552	7.6758	7.4422	7.3449
8	7.31745	0.69	1.8346	3.9964	5.0397
9	6.35605	0.483	7.991	8.1341	8.3915
10	8.65145	0.8625	1.833	2.667	3
11	8.03045	0.8395	1.833	2.667	3
12	7.80505	0.8395	1.833	2.667	3
13	6.90805	0.598	6.6676	5.6831	5.7287
14	8.54795	0.7705	1.833	2.667	3.0001
15	7.86945	0.8395	1.833	2.667	3
16	7.06445	0.621	5.6705	5.4825	5.8588
17	8.3605	0.9315	1.833	2.6674	3
18	7.76595	0.7705	1.833	2.667	3
19	8.16845	0.7475	1.833	2.667	3
20	8.073	0.8165	1.833	2.667	3

**Табела П5.** Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси при повећању од 20%

Ред. бр. Пред-узећа	Ниво квалитета	Препозн-авање пословн-ог модела	Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
1	7.5924	0.672	1.833	3.6562	4.657
2	8.2596	0.852	1.833	2.667	3
3	7.8276	0.72	1.833	2.667	3.0002
4	9.168	0.924	1.833	2.667	3
5	7.5804	0.78	1.833	2.667	3
6	7.9476	0.828	1.833	2.667	3
7	6.984	0.576	7.6211	7.4542	7.4563
8	7.6356	0.72	1.833	2.6676	3.002
9	6.6324	0.504	7.9833	8.1058	8.3183
10	9.0276	0.9	1.833	2.667	3
11	8.3796	0.876	1.833	2.667	3
12	8.1444	0.876	1.833	2.667	3
14	8.9196	0.804	1.833	2.667	3.0001
15	8.2116	0.876	1.833	2.667	3
16	7.3716	0.648	1.8403	5.7425	6.5269

**Табела П5.** (наставак 1) Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси при повећању од 20%

Ред. бр. Пред-узета	Ниво квалитета	Препознавање пословног модела	Предвиђене вредности разматраних индикатора перформанси		
			Жалбе купаца	Трошкови лошег квалитета	Време затварања неусаглашености
17	8.724	0.972	1.833	2.6679	3
18	8.1036	0.804	1.833	2.667	3
19	8.5236	0.78	1.833	2.667	3
20	8.424	0.852	1.833	2.667	3

---

## БИОГРАФИЈА АУТОРА

Тијана Петровић (девојачко Цветић) рођена је 18. јула 1991. године у Крагујевцу. Основну и средњу школу завршила је у Крагујевцу. Основне академске студије завршила је 2014. године на Факултету за менаџмент у Зајечару, Мегатренд Универзитет Београд, са просечном оценом у току студија 7.72. Друге основне академске студије завршила је са просечном оценом у току студија 8,52 на Високој школи за пословну економију и предузетништво, Београд. Мастер академске студије завршила је 2015. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу као редован студент са просечном оценом 8,86.

На докторске академске студије уписала се 2015. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, одредивши се за смер Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент. Положила је све испите предвиђене планом и програмом студија са просечном оценом 9,66 и одобрена јој је израда докторске дисертације под насловом „Утицај усаглашености модела квалитета и пословног модела на перформансе малих и средњих предузећа“.

У досадашњем научно-истраживачком раду проучавала је проблеме унапређења квалитета комбинујући системе менаџмента квалитетом и моделе пословне изврности применом и унапређењем метода вишекритеријумске оптимизације. До сада је објавила око 40 научних радова, од чега је 4 рада објављено у часописима индексираним на *SCI* листи, 1 рад у националном часопису међународног значаја, 4 рада објављених у часописима од националног значаја и 4 рада у националним часописима, док је преко 20 радова објављено у зборницима националних и међународних конференција.

Током своје каријере, учествовала је у реализацији неколико научно-истраживачких пројеката. Као истраживач-сарадник, од 2018. године, ангажована је на научно-истраживачком пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја: ТР-35033 - „Одрживи развој технологија и опреме за рециклажу моторних возила”. Од априла 2023. године запослена је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу у звању виши стручни сарадник.

**ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, Тијана Петровић, изјављујем да докторска дисертација под насловом:

УТИЦАЈ УСАГЛАШЕНОСТИ МОДЕЛА КВАЛИТЕТА И ПОСЛОВНОГ МОДЕЛА  
НА ПЕРФОРМАНСЕ МАЛИХ И СРЕДЊИХ ПРЕДУЗЕЋА

која је одбрањена на Факултету инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,

У Крагујевцу, 14. 08. 2023. године,

Тијана Петровић

потпис аутора

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ  
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, Тијана Петровић, изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:

УТИЦАЈ УСАГЛАШЕНОСТИ МОДЕЛА КВАЛИТЕТА И ПОСЛОВНОГ МОДЕЛА  
НА ПЕРФОРМАНСЕ МАЛИХ И СРЕДЊИХ ПРЕДУЗЕЋА

истоветне.

У Крагујевцу, 14. 08. 2023. године,

Тијана Петровић

потпис аутора



припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада<sup>2</sup>

у Крагујевцу, 14. 08. 2023. године,

Тјана Петровић<sup>н</sup>

потпис аутора

---

<sup>2</sup> Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>