

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Миљан С. Гомилановић

**РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ  
РАСПОЛОЖИВОСТИ КОНТИНУАЛНИХ  
СИСТЕМА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА  
ПРИМЕНОМ НЕУРО-ФАЗИ МОДЕЛА**

докторска дисертација

Београд, 2024

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Miljan S. Gomilanović

**DEVELOPMENT OF A MODEL FOR  
DETERMINING THE AVAILABILITY OF  
CONTINUOUS SYSTEMS AT OPEN PITS  
USING THE NEURO-FUZZY MODEL**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2024

## Ментори:

---

Проф. др Милош Танасијевић, редовни професор

Ужа научна област: Елементи машинских и енергетских система

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

Проф. др Угљеша Бугарић, редовни професор

Ужа научна област: Индустијско инжењерство

Универзитет у Београду, Машински факултет

## Чланови комисије:

---

Проф. др Дејан Ивезић, редовни професор

Ужа научна област: Елементи машинских и енергетских система

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

Проф. др Драган Игњатовић, редовни професор

Ужа научна област: Механизација у рударству и енергетици

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

Доц. др Дејан Петровић, доцент

Ужа научна област: Рударство и геологија

Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Датум одбране: \_\_\_\_\_

*Посвећено породици*

# РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ РАСПОЛОЖИВОСТИ КОНТИНУАЛНИХ СИСТЕМА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ПРИМЕНОМ НЕУРО-ФАЗИ МОДЕЛА

## САЖЕТАК

Расположивост представља један од основних показатеља употребног квалитета (*енг. quality of service*) техничких система. Условљена је поузданошћу и погодношћу за одржавањем. У овој дисертацији приказани су теоријски принципи инжењерства одржавања техничких система са становишта расположивости и сигурности функционисања (*енг. dependability*), посебно је истакнут проблем дефинисања расположивости у случају континуалних система површинске експлоатације. Паралелно је развијено и примењено више метода за одређивање расположивости применом експертних система, модела вештачке интелигенције и симулационих модела.

Континуални системи на производњи угља и откривке су производни технички системи са редном везом елемената. За рударске системе великих капацитета, као што су континуални системи, важно је предвидети расположивост система као кључни фактор неопходан у фази планирања и реализације производње.

За потребе потпуног приказа развијених модела, детаљно је урађена студија случаја континуалног система на угљу (I БТД систем) површинског копа Дрмно, Костолац. За креирање приказаних модела у дисертацији коришћени су подаци хибридног карактера, експертски добијени, прикупљени и обједињени подаци о застојима поменутог континуалног система у периоду од четири године.

Појединачно је развијено и приказано три модела: први се заснива на фази логичком закључивању, други модел користи комбинацију вештачких неуронских мрежа и фази логике и трећи представља симулациони модел базиран на дискретној симулацији. На овај начин добијена је могућност оцене расположивости на бази временске слике стања (*енг. time state picture*), експертских упитника (*енг. expert questionnaire*), добијена је могућност анализе расположивости и њене предикције у будућности.

**Кључне речи:** расположивост, континуални системи, фази логика, вештачке неуронске мреже, неуро-фази систем (ANFIS), симулација.

**Научне области које обухвата тема докторске дисертације,**

**Ужа научна област:** Рударство, Елементи машинских и енергетских система

**УДК број:** 622.64: 510.644.4(043.3)

# DEVELOPMENT OF A MODEL FOR DETERMINING THE AVAILABILITY OF CONTINUOUS SYSTEMS AT OPEN PITS USING THE NEURO-FUZZY MODEL

## ABSTRACT

Availability is one of the basic indicators of the quality of service of technical systems. It is conditioned by reliability and maintainability. This dissertation presents the theoretical principles of maintenance engineering of technical systems from the point of view of availability and dependability, the problem of defining availability in the case of continuous surface exploitation systems is particularly highlighted. Several methods for determining availability using expert systems, artificial intelligence models and simulation models were developed and applied in parallel.

Continuous systems for the production of coal and overburden are production technical systems with sequential connection of elements. For large-capacity mining systems, such as continuous systems, it is important to predict system availability as a key factor necessary in the planning and realization phase of production.

For the needs of a complete presentation of the developed models, a detailed case study of the coal continuous system (I ECC system) of the Drmno surface mine, Kostolac, was made. To create the presented models in the dissertation, data of a hybrid nature was used, expertly obtained, collected and consolidated data on the failures of the mentioned continuous system over a period of four years.

Three models were individually developed and presented: the first is based on fuzzy logic reasoning, the second model uses a combination of artificial neural networks and fuzzy logic, and the third is a simulation model based on discrete simulation. In this way, it was possible to assess availability based on the time state picture, expert questionnaires, and it was possible to analyze availability and predict it in the future.

**Key words:** availability, continuous systems, fuzzy logic, artificial neural networks, neuro-fuzzy system (ANFIS), simulation.

**Scientific fields covered by the topic of the doctoral dissertation,**

**Narrower scientific field:** Mining, Elements of mechanical and energy systems

**UDC:** 622.64: 510.644.4(043.3)

## Садржај

1. Увод .....	1
2. План истраживања и структура дисертације .....	3
3. Преглед истраживања из предметне области и области повезаних са темом у Србији и свету .....	5
3.1. Анализа научних радова везаних за системски приступ у инжењерству техничких система .....	5
3.2. Анализа научних радова везаних за експертне системе, фази логика и неуронска мрежа .....	6
4. Континуални системи површинске експлоатације .....	14
4.1. Континуална опрема .....	16
4.1.1. Роторни багер .....	16
4.1.2. Транспортна опрема континуалног дејства .....	23
4.1.3. Депоније угља .....	26
4.1.4. Дробилична постројења .....	27
5. Континуални систем (I БТД систем) на површинском копу Дрмно, Костолац .....	28
5.1. База података о отказима на површинском копу Дрмно, Костолац .....	29
6. Распоживост .....	31
6.1. Пропозиција индикатора расположивости .....	34
6.1.1. Номинација поузданости .....	34
6.1.2. Номинација погодности одржавања .....	35
7. Машинско учење, експертни системи и симулација .....	37
7.1. Машинско учење .....	37
7.1.1. Вештачке неуронске мреже .....	37
7.1.2. Развој вештачких неуронских мрежа .....	38
7.1.3. Развој модела вештачких неуронских мрежа .....	39
7.1.4. Основни појмови .....	39
7.1.5. Тренирање (учење) вештачке неуронске мреже .....	43
7.1.6. Класификација вештачких неуронских мрежа .....	45
7.2. Основе фази логике .....	46
7.2.1. Основни појмови фази теорије .....	46
7.3. Неуро-фази систем (енг. ANFIS-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) .....	53
7.4. Симулација .....	58
7.4.1. Метода Monte Carlo .....	58
8. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом фази логике .....	60
8.1. Фази скупови .....	61

8.1.1. Иницијални фази скупови синтетних индикатора расположивости .....	61
8.1.2. Иницијални фази скупови парцијалних индикатора расположивости.....	62
8.2. Фази композиције релација.....	64
8.2.1. Фази композиција за индикатор поузданости .....	65
8.2.2. Фази композиција за индикатор погодност одржавања.....	66
8.2.3. Фази композиција за индикатор расположивост.....	67
8.3. Идентификација фази броја .....	67
8.4 Резултати експертске процене.....	68
8.5. Одређивање парцијалног индикатора поузданости <b>R</b> .....	69
8.6. Одређивање парцијалног индикатора <b>M</b> - погодност одржавања.....	75
8.7. Одређивање расположивости делова система - <b>A</b> .....	80
8.8. Расположивост континуалног система.....	82
9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази система закључивања .....	88
10. Симулациони модел за одређивање расположивости континуалних система површинске експлоатације.....	97
11. Закључак.....	107
12. Литература .....	110
13. Прилози.....	120

## Списак слика

Слика 2.1. Алгоритам истраживања.....	4
Слика 4.1. Подсистеми површинске експлоатације .....	15
Слика 4.2. Групе параметара за дефинисање континуалних система површинске експлоатације .....	15
Слика 4.3. Различите класе роторних багера.....	18
Слика 4.4. Роторни багер SchRs 800.15/1.5 у раду .....	18
Слика 4.5. Роторни багер SRs 400.14/1 (приватна архива) .....	19
Слика 4.6. Роторни багер С 700 S на површинском копу поље Б Колубара (приватна архива) .....	19
Слика 4.7. Роторни багер SRs 1200 на површинском копу Поље Б Колубара (приватна архива) .....	20
Слика 4.8. Роторни багер SRs 1300 на површинском копу Дрмно (приватна архива) .....	20
Слика 4.9. Роторни багер SchRs 1760 на површинском копу Поље Д Колубара (приватна архива) .....	21
Слика 4.10. Роторни багер SchRs 1400 28/3 на површинском копу Поље Б Колубара (приватна архива) .....	21
Слика 4.11. Главне компоненте роторног багера.....	22
Слика 4.12. Рад са самоходним транспортером на површинском копу Гацко (приватна архива) .....	22
Слика 4.13. Рад са самоходним транспортером на површинском копу Дрмно (приватна архива) .....	23
Слика 4.14. Директно одлагање корисне минералне сировине (приватна архива) ....	23
Слика 4.15. Конструкција транспортера са траком.....	24
Слика 4.16. Транспортер са траком на угљу површински коп Дрмно (приватна архива) .....	25
Слика 4.17. Линијска депонија угља ПК Гацко (приватна архива) .....	26
Слика 5.1. Површински коп Дрмно (приватна архива).....	28
Слика 5.2. I БТД систем на површинском копу угља Дрмно Костолац (приватна архива) .....	29
Слика 5.3. Алгоритам формирања базе података .....	30
Слика 6.1. Временска слика стања техничког система .....	32
Слика 6.2. Однос поузданости $R(t)$ и расположивости $A(t)$ [10].....	34
Слика 6.3. Структура расположивости, приказ синтезних и парцијалних индикатора [56].....	36
Слика 7.1. Биолошки неурон (структура).....	39
Слика 7.2. Вештачки неурон .....	40
Слика 7.3. Графички приказ активационе функције одскочног типа.....	41

Слика 7.4. Графички приказ активационе функције сигмоидног типа.....	41
Слика 7.5. Графички приказ активационе функције експоненцијалног типа .....	42
Слика 7.6. Графички приказ активационе функције ReLu типа.....	42
Слика 7.7. Архитектура неуронске мреже.....	43
Слика 7.8. Троугаона функција припадности .....	47
Слика 7.9. Трапезоидна функција припадности .....	47
Слика 7.11. Звонаста функција припадности .....	48
Слика 7.12. Комплемент фази скупа $M$ .....	48
Слика 7.13. Унија фази скупова $M1$ и $M2$ .....	49
Слика 7.14. Пресек фази скупова $M1$ и $M2$ .....	49
Слика 7.15. Фази скупови који јесу ( $M$ и $M1$ ) и који нису фази бројеви ( $M2$ и $M3$ ).....	50
Слика 7.16. Звонаста функција $a = 0$ и $b = 1$ .....	54
Слика 7.17. Гаусова функција $a = 0$ и $b = 1$ .....	54
Слика 7.18. Сигмоидна функција $a = 1$ и $b = 0$ .....	55
Слика 7.19. ANFIS слојеви .....	56
Слика 7.20. Архитектура ANFIS модела.....	56
Слика 7.21. Хибридни алгоритам обуке ANFIS система.....	57
Слика 8.1. Алгоритам модела оцене расположивости .....	61
Слика 8.2. Фази скупови за $A$ -расположивост, $R$ -поузданост, $M$ - погодност одржавања .....	62
Слика 8.3. Фази скупови за парцијалне подиндикаторе поузданости и погодности одржавања.....	64
Слика 8.4. Изглед упитника – Фази модел .....	68
Слика 8.5. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи max-min композицију према $j$ -скали .....	73
Слика 8.6. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи max-min композицију према $j$ -скали....	73
Слика 8.7. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за трачне транспортере користећи max-min композицију према $j$ -скали.....	73
Слика 8.8. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за дробилично постројење користећи max-min композицију према $j$ -скали .....	74
Слика 8.9. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи min-max композицију према $j$ -скали .....	74
Слика 8.10. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи min-max композицију према $j$ -скали....	74
Слика 8.11. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за трачне транспортере користећи min-max композицију према $j$ -скали.....	75
Слика 8.12. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $R$ (поузданост) за дробилично постројење користећи min-max композицију према $j$ -скали .....	75

Слика 8.13. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи max-min композицију према $j$ -скали.....	77
Слика 8.14. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи max-min композицију према $j$ -скали.....	78
Слика 8.15. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за трачне транспортере користећи max-min композицију према $j$ -скали .....	78
Слика 8.16. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за дробилично постројење користећи max-min композицију према $j$ -скали.....	78
Слика 8.17. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи min-max композицију према $j$ -скали.....	79
Слика 8.18. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи min-max композицију према $j$ -скали.....	79
Слика 8.19. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за трачне транспортере користећи min-max композицију према $j$ -скали .....	79
Слика 8.20. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор $M$ (погодност одржавања) за дробилично постројење користећи min-max композицију према $j$ -скали.....	79
Слика 8.21. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи max-min композицију према $j$ -скали .....	80
Слика 8.22. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи max-min композицију према $j$ -скали .....	80
Слика 8.23. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за трачне транспортере користећи max-min композицију према $j$ -скали.....	81
Слика 8.24. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за дробилично постројење користећи max-min композицију према $j$ -скали.....	81
Слика 8.25. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи min-max композицију према $j$ -скали .....	81
Слика 8.26. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи min-max композицију према $j$ -скали .....	82
Слика 8.27. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за трачне транспортере користећи min-max композицију према $j$ -скали.....	82
Слика 8.28. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) за дробилично постројење користећи min-max композицију према $j$ -скали.....	82
Слика 8.29. Приказ резултата (max-min композиција) .....	83
Слика 8.30. Приказ резултата (min-max композиција) .....	83

Слика 8.31. Приказ резултата (обе композиције).....	84
Слика 8.32. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) континуалног система, max-min композиција .....	84
Слика 8.33. Расподела излазних вредности за $A$ (расположивост) континуалног система, min-max композиција .....	84
Слика 8.34. Тежишта и расипања излаза.....	87
Слика 9.1. Изглед упитника – ANFIS модел.....	89
Слика 9.2. Приказ расположивости I БТД система по годинама .....	90
Слика 9.3. Гаусова функција припадности .....	91
Слика 9.4. Вредност расположивости по кварталима (2016-2018. год.) добијене ANFIS моделом и и израчунате на основу емпиријских података за сваки део система .....	95
Слика 9.5. Вредност расположивости по кварталима (2019. год.) добијене ANFIS моделом и и израчунате на основу емпиријских података за сваки део система .....	95
Слика 10.1. Експериментална и теоријска функција расподеле машинских отказа...	98
Слика 10.2. Експериментална и теоријска функција расподеле електро отказа.....	99
Слика 10.3. Експериментална и теоријска функција расподеле осталих отказа.....	101
Слика 10.4. Експериментална и теоријска функција расподеле времена између отказа .....	102
Слика 10.5. Интезитет одржавања $\mu$ .....	102
Слика 10.6. Интензитет отказа $\lambda$ .....	103
Слика 10.7. Фреквенција расподела разматраних врста отказа .....	103
Слика 10.8. Алгоритам симулационог модела [56].....	105
Слика 10.9. Зависност расположивости од времена .....	106

## Списак табела

Табела 4.1. Упоредни параметри различитих класа роторних багера [63].....	17
Табела 8.1. Добијене оцене за парцијални индикатор <i>o</i> -преоптерећење.....	69
Табела 8.2. Оцене индикатора поузданости за роторни багер SRs 400.14/1.5.....	69
Табела 8.3. Оцене индикатора поузданости за самоходни транспортер BRs 2400 .....	70
Табела 8.4. Оцене индикатора поузданости за трачне транспортере .....	70
Табела 8.5. Оцене индикатора поузданости за дробилично постројење.....	70
Табела 8.6. Трансформација оцена у фази број .....	70
Табела 8.7. Коначна оцена за парцијалне индикаторе <i>o</i> , <i>c</i> и <i>b</i> за роторни багер SRs 400.14/1.5, у форми фази броја .....	71
Табела 8.8. Коначна оцена за парцијалне индикаторе <i>o</i> , <i>c</i> и <i>b</i> за самоходни транспортер BRs 2400, у форми фази броја .....	71
Табела 8.9. Коначна оцена за парцијалне индикаторе <i>o</i> , <i>c</i> и <i>b</i> за трачне транспортере .....	71
Табела 8.10. Коначна оцена за парцијалне индикаторе <i>o</i> , <i>c</i> и <i>b</i> за дробилично постројење.....	71
Табела 8.11. Прорачун max-min и min-max композиција за првих 12 и последњих 12 комбинација .....	72
Табела 8.12. Оцене добијене за парцијални индикатор поузданост користећи max-min композицију према <i>j</i> -скали .....	73
Табела 8.13. Оцене добијене за парцијални индикатор <i>R</i> (поузданост) делова система користећи min-max композицију према <i>j</i> -скали.....	74
Табела 8.14. Оцене индикатора погодности одржавања за роторни багер SRs 400.14/1.5 и самоходни транспортер BRs 2400.....	75
Табела 8.15. Оцене индикатора погодности одржавања за трачне транспортере и дробилично постројење .....	76
Табела 8.16. Коначна оцена за парцијалне индикаторе <i>t</i> , <i>e</i> , <i>u</i> , <i>d</i> , <i>m</i> , <i>s</i> , за роторни багер SRs 400.14/1.5, самоходни транспортер BRs 2400 у форми фази броја .....	76
Табела 8.17. Коначна оцена за парцијалне индикаторе <i>t</i> , <i>e</i> , <i>u</i> , <i>d</i> , <i>m</i> , <i>s</i> , за трачне транспортере и дробилично постројење у форми фази броја .....	77
Табела 8.18. Оцене добијене за парцијални индикатор погодност одржавања користећи max-min композицију према <i>j</i> -скали.....	77
Табела 8.19. Оцене добијене за парцијални индикатор погодност одржавања користећи min-max композицију .....	78
Табела 8.20. Оцене добијене за расположивост делова система користећи max-min композицију.....	80
Табела 8.21. Оцене добијене за расположивост делова система користећи min-max композицију.....	81
Табела 8.22. Резултати Best-fit методе .....	85
Табела 8.23. Нормализоване вредности резултата Best-fit методе.....	85

Табела 9.1. Приказ дела базе података о застојима I БТД система.....	89
Табела 9.2. Добијени резултати за расположивост I БТД система.....	89
Табела 9.3. IF-THEN правила за одређивање индикатора $R$ - поузданост.....	92
Табела 9.4. IF-THEN правила за одређивање индикатора $M$ - погодност одржавања	93
Табела 9.5. IF-THEN правила за одређивање $A$ - расположивости.....	94
Табела 9.6. Сумарни приказ разматраних модела за предикцију оцена парцијалних индикатора расположивости.....	94
Табела 10.1. Застоји I БТД система на површинском копу Дрмно за период од три године(2016-2018. године).....	97
Табела 10.2. Екпериментална и теоријска учесталост машинских отказа по интервалима.....	97
Табела 10.3. Експериментална и теоријска учесталост електро отказа по интервалима.....	98
Табела 10.4. Експериментална и теоријска учесталост осталих отказа по интервалима.....	100
Табела 10.5. Експериментална и теоријска учесталост времена трајања између отказа по интервалима.....	101

## 1. Увод

*Без муке се пјесна не испоја,  
без муке се сабља не сакова!*

Петар II Петровић Његош, Горски вијенац

Предмет истраживања докторске дисертације су континуални системи на експлоатацији угља, а конкретни модели ће бити реализовани на примеру I БТД система површинског копа Дрмно, Костолац.

Најопштија дефиниција система описује га као функционалну целину више међусобно повезаних елемената. Технички системи представљају специфичну подгрупу система које се карактеришу комплексношћу, бројним елементима и релацијама између њих, високим степеном интегрисаности, високом управљивошћу и могућношћу аутоматизације. У оквиру система експлоатације угља континуални системи представљају системе са највећом сложеностју. Карактеристични елементи ових система су роторни багери или багери ведричари и транспортери са траком. Поред ових основних елемената ови системи могу садржати и самоходне транспортере и косе мостове, а као последњи елемент у низу може бити дробилица, депонијска машина (комбинована машина - реклајмер) или утоварни бункер.

Основна функција ових система јесте откопавање, транспорт и депоновање угља што се може јединствено описати као производња угља. Ови системи, системи са континуалним радом обезбеђују континуални, непрекидни ток материјала од места откопавања до места депоновања што условљава високу функционалну повезаност његових елемената. Континуални системи на производњи угља су системи са редном везом елемената. Основни циљ континуалних система на производњи угља јесте реализација стабилне и поуздане производње одговарајућег капацитета.

Генерално се може рећи да континуални системи раде у тешким условима, где се од њих константно као носиоца производње очекује висока продуктивност, поузданост, расположивост и безбедност у раду. На континуалне системе делује више поремећаја од којих многи имају карактер случајног догађаја, односно, њихово дејство се не може поуздано предвидети ни у времену ни по интензитету. Ови поремећаји доводе до делимичног или потпуног отказа рада система па се може усвојити и да откази рада система имају случајан карактер. Ова основна претпоставка дефинише методологију и технике изучавања предмета дисертације.

Циљ истраживања је формирање (развој) нових модела за одређивање расположивости и побољшање прецизности процене расположивости ових система како би се унапредила ефикасност одржавања и смањили потенцијални застоји у раду.

Полазне хипотезе у овој докторској дисертацији су:

- Време настанка отказа, време трајања отказа и време обнављања континуалних система на производњи угља су случајне величине.
- Коришћењем теорије фази логике могуће је математички описати феномене који немају конвенционалне начине квантификације и на тај начин их интегрисати у алгоритам одређивања расположивости.

- Парцијални индикатори расположивости представљају феномене.
- Модел за одређивање расположивости се може добити коришћењем комбинације фази логике и вештачких неуронских мрежа.
- Развој симулационог модела на основу процењених расподела за одређивање расположивости.

Да би се развили модели оцене расположивости сложених техничких система као што су континуални системи неопходна је комбинација више метода.

Методе истраживања у овој дисертацији су:

- методе статистичке анализе,
- методе симулације,
- конвенционалне методе за рачунање расположивости,
- методе на бази примене фази логичког закључивања,
- методе синтезе на бази примене фази композиције,
- методе примене вештачке интелигенције (вештачке неуронске мреже).

Посебан предмет изучавања биће стања система који се у укупном времену посматрања манифестују као стања рада, отказа и обнављања. Параметри који описују ова стања заједно се називају параметри поузданости система и који својим вредностима описују понашање система у времену. Откази на континуалним системима на угљу имају негативне производно-економске ефекте и постоји стална тежња да се ти ефекти минимизирају што се и реализује кроз функцију одржавања и управљања.

Подаци на којима је рађена анализа односе се на машинске, електро и остале застоје на површинском копу Дрмно у периоду од четири године (2016., 2017., 2018. и 2019. година) на I БТД систему. На основу расположивих података добијених од Електропривреде Србије формирана је база података времена отказа, рада и обнављања система по појединим врстама отказа.

Основни циљ истраживања у овој дисертацији је да се идентификују битни параметри који утичу на расположивост система и применом одговарајуће методологије одреди расположивост система. Остварењем овог циља побољшаће се рад система и одржавање система, смањиће се трошкови одржавања и трошкови експлоатације.

У докторској дисертацији су приказани модели којима се може са довољно прецизности одредити расположивост комплексних система и који сагледавају показатеље расположивости кроз парцијалне индикаторе. Приказани модели омогућавају и коришћење различитих типова улазних података па се у зависности од њихове врсте, приступачности и обима могу користити сви модели.

## 2. План истраживања и структура дисертације

План истраживања докторске дисертације реализује се кроз неколико фаза: прикупљање релевантне литературе, класификација и селекција одабраних литературних извора, приказ досадашњих сазнања из области поузданости, расположивости система, статистичка анализа прикупљених података везаних за застоје, примена података за моделирање, интерпретација резултата истраживања, дискусија и закључци.

У докторској дисертацији биће обрађено више поглавља. У уводном делу биће описане полазне основе, односно опис проблема. У наставку уводног дела, биће дат приказ светских и домаћих искустава и трендова истраживања везаних за одређивање расположивости и за математичке моделе који су примењени у изради дисертације.

Садржај докторске дисертације:

1. Увод

У уводном поглављу дата је дефиниција континуалних система на површинским коповима и њихова основна функција.

2. План истраживања и структура дисертације

У поглављу 2. приказан је план истраживања, дат је алгоритам истраживања и садржај докторске дисертације са кратким описом сваког поглавља.

3. Преглед истраживања из предметне области и области повезаних са темом у Србији и свету

У поглављу 3. дат је преглед истраживања из предметне области и области повезаних са темом у Србији и свету.

4. Континуални системи површинске експлоатације

У поглављу 4. дат је детаљнији опис континуалних система и опис самих делова система површинске експлоатације.

5. Континуални систем (I БТД систем) на површинском копу Дрмно, Костолац

У овом поглављу приказан је I БТД систем површинског копа Дрмно на коме су развијани модели и његови елементи.

6. Расположивост

У поглављу 6. дат је теоретски део везан за појам расположивост.

7. Експертни системи и машинско учење

У поглављу 7. приказане су основе везане за фази логику, вештачке неуронске мреже, неуро-фази системе и симулације.

8. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом фази логике

У поглављу 8. приказан је модел за одређивање расположивости заснован на фази логичком закључивању.

9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази система закључивања

У поглављу 9. приказан је ANFIS модел за одређивање расположивости континуалних система.

10. Симулациони модел за одређивање расположивости континуалних система површинске експлоатације

У поглављу 10. дат је симулациони модел за одређивање расположивости.

11. Закључак

У поглављу 11. дат је закључак.

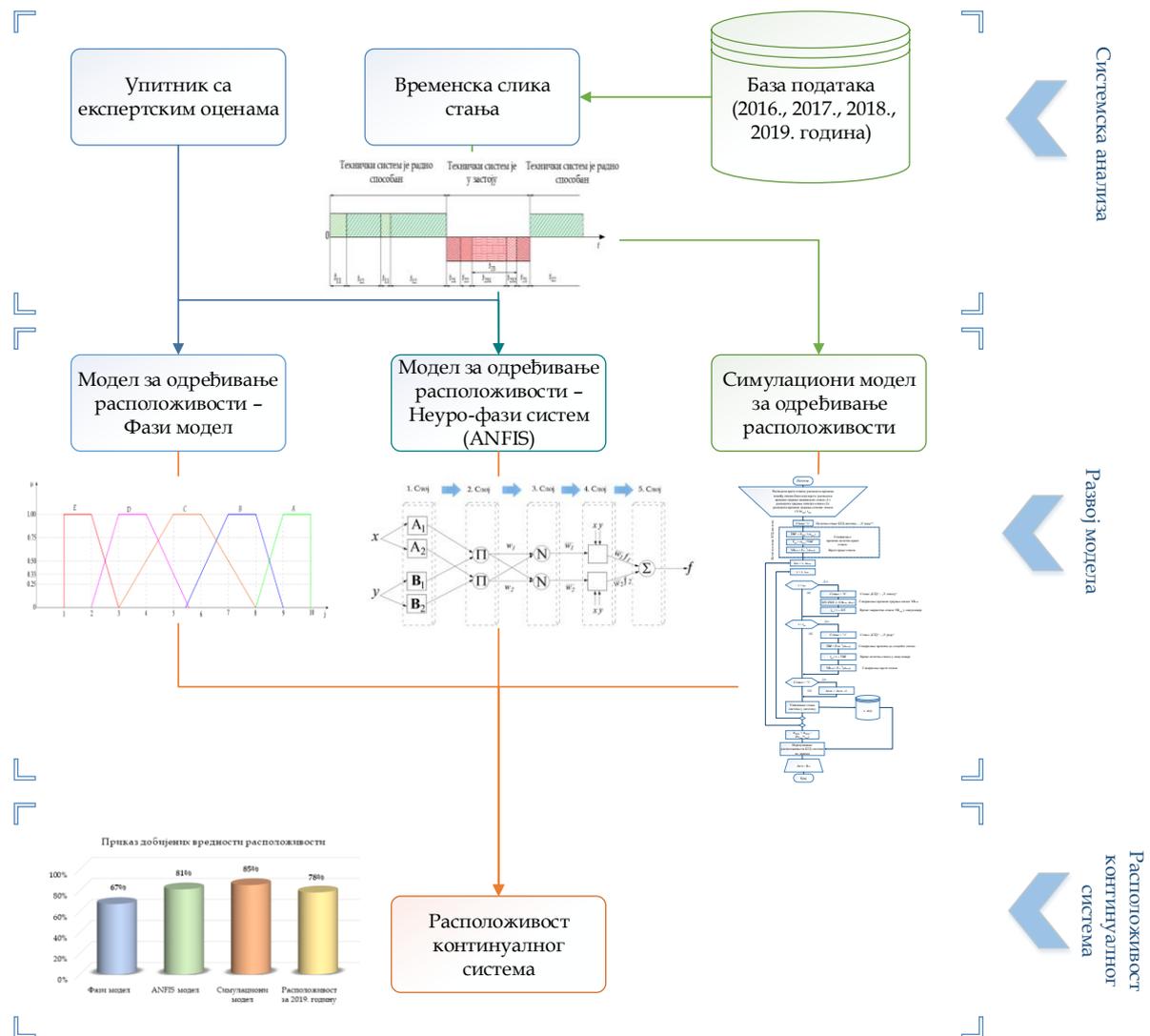
12. Литература

У поглављу 12. приказана је коришћена литература приликом израде ове докторске дисертације.

13. Прилози

У последњем поглављу дате су табеларно оцене експерата за фази и ANFIS модел и кодови у програмском језику Python.

На слици 2.1. приказан је алгоритам истраживања.



Слика 2.1. Алгоритам истраживања

### 3. Преглед истраживања из предметне области и области повезаних са темом у Србији и свету

Преглед и анализа досадашњих истраживања из предметне области у Србији и свету усмерена је ка научним радовима и докторским дисертацијама који се генерално могу сврстати у две шире групе а које обухватају резултате истраживања у области:

1. Системског приступа у инжењерству одржавања техничких система.
2. Експертних система, примене фази логике и неуронских мрежа.

#### 3.1. Анализа научних радова везаних за системски приступ у инжењерству техничких система

У наставку дат је преглед научних радова који су везани за системски приступ у инжењерству техничких система.

У докторској дисертацији Половина Д. [1], приказује приступ одређивању преосталих могућности роторних багера у наредним фазама експлоатације, истражујући и проблематику њихове ревитализације. Њен методолошки приступ се темељи на стручним проценама тренутног стања багера и његових компонената, користећи све доступне податке о том багеру. Анализа стручних процена спроведена је применом два математичка модела која се ослањају на језичке оцене. С обзиром на субјективну природу стручних процена, уводи се корективни фактор чија вредност зависи од дужине застоја роторног багера током претходног периода експлоатације. Обављена је детаљна хијерархијска декомпозиција роторног багера на основу његових конструкционих и функционалних целина.

У докторској дисертацији аутора Ђурић Р. [2], приказана је структурална анализа парцијалних индикатора расположивости, заједно с моделом синтезе тих парцијалних индикатора на нивоу расположивости. За овај модел улазни подаци су хибридног карактера (измерене вредности и експертске оцене). Разматрани парцијални индикатори расположивости у овом моделу су поузданост, погодност одражавања и функционалност техничких система. Интеграција и синтеза поменутих парцијалних индикатора је извршена применом теорије фази логике (max-min композиција). У овој дисертацији паралелно су развијена два приступа, на бази експертске оцене и на бази измерених улазних података. Модел обезбеђује оцену техничког система са аспекта доношења одлука у циљу процене преосталих могућности и оптимизације трошкова животног циклуса. У дисертацији приликом истраживања коришћена је помоћна механизација, булдозери.

Бугарић У. и остали у раду [3] дефинишу функцију поузданости трачних транспортера БТО система (роторни багер-трачни транспортери-одлагач) на површинском копу „Тамнава Источно поље“ РБ Колубара у зависности од дужине трачних транспортера и времена рада. Полазну основу за одређивање функције поузданости представља методологија анализе времена рада до отказа трачних транспортера која се заснива на чињеници да се време рада трачног транспортера до отказа може приказати композицијом експоненцијалне расподеле (време рада до наглих отказа) и нормалне расподеле (време рада до постепених отказа) као и чињеница да постоји линеарна зависност између дужине трачних транспортера и средњег времена рада до постепених отказа.

Бугарић У. и остали у раду [4] приказују модел за аналитичко одређивање расположивости роторног багера SchRs 800.15/1.5 као дела БТД система на површинском копу Дрмно. Примена ове методе за одређивање расположивости омогућава да се ефикасно одреде кључни фактори рада система у функцији времена. Моделирањем процеса рада у функцији времена, применом одговарајућих статистичких метода, дефинише се функционална зависност параметара попут расположивости, времена трајања отказа, времена трајања рада у функцији времена. Вредности параметара добијени статистичком анализом указују у којој фази животног века се роторни багер налази. У конкретном случају багер SchRs 800.15/1.5 сагласно кривој каде, се налази у фази експлоатације, што одговара реалном стању. Добијени параметри служе да се одреди расположивост роторног багера.

Јованчић П. у књизи објављеној 2014. године под називом „Одржавање рударских машина“ [5] која је намењена студентима Рударско-геолошког факултета смер Рударско инжењерство модула Механизација рудника даје све потребне информације везане за одржавање рударских машина. Уџбеник се састоји од 16 поглавља. У првих 15 поглавља аутор обрађује следећу тематику: основна начела о појму техничког система у рударству, о сигурности функционалности, о животном циклусу, управљању и контроли одржавања, организацији, технологији, логистици, моделирању, пројектовању, карактеристикама одржавања, управљањем резервним деловима, о монтажи рударских машина, о трибологији, о подмазивању, о запреминским ломовима и о информационим системима у одржавању.

### **3.2. Анализа научних радова везаних за експертне системе, фази логика и неуронска мрежа**

У наставку дат је преглед научних радова који су везани за примену експертних система, фази логике и неуронских мрежа.

Танасијевић М. у својој докторској дисертацији [6] приказује математички модел за процену сигурности функционисања роторног багера. У овој докторској дисертацији развијен је иновативан приступ за процену употребног квалитета роторног багера базиран на процени стандардизоване перформансе сигурности функционисања која представља најкомплекснији показатељ употребног квалитета техничких система. Овај модел сигурности функционисања апсорбује својства техничког система везана за конструкцијске и логистичке карактеристике, поузданост, погодност одржавања и логистичку подршку одржавању. Модел приказан у овој дисертацији заснива се на теорији фази логике при чему су коришћени квантитативни показатељи рада и квалитативни показатељи на бази експертске оцене. Овај модел омогућава апсорпцију експертских оцена датих у лингвистичком облику на бази знања и искуства запослених у фази конструисања, експлоатације и одржавања техничког система.

Аутори Танасијевић М. и др. у раду [7] представљају ефективност као свеобухватни концепт и меру нивоа употребног квалитета посматраног техничког система. Ефективност као концепт садржи низ парцијалних индикатора који се односе на време рада, време потребно за одржавање и функционална својства техничког система. У овом раду приказана је анализа и структурирање парцијалних индикатора. Модел је развијен за њихову синтезу до нивоа ефикасности. У раду су коришћени индикатори хибридног карактера, као измерене вредности и експертске

оцене. Приказан је фази модел закључивања за њихову обраду и интерграцију у ефективност. Овај модел даје могућност процене техничког система у смислу доношења одлука о преосталим могућностима и оптимизацији трошкова животног циклуса. Модел је примењен на примеру помоћних машина, булдозера. Обухваћена су два приступа. Први приступ се заснива на експертским оценама, а други на мерењу и статистичкој обради података.

Танасијевић М. и остали у раду [8] приказују модел сигурности функционисања сложених техничких система који обухвата парцијалне индикаторе поузданости, погодности одржавања и логистичке подршке одржавању. Парцијални индикатори сигурности функционисања су дефинисани као лингвистичке променљиве. У овом раду примењена је *max-min* композиција за утврђивање сигурности функционисања. Приказан је концепт за синтезу перформанси сигурности функционисања појединачних компоненти на горње нивое у сложеном техничком систему.

У раду аутора Јанковић И. и осталих [9] приказана је анализа расположивости и трошкова животног века помоћне механизације, булдозера. Параметри обухваћени анализом у овом раду подељени су на: техничке, економске, експлоатационе и анкетне. Сваки критеријум садржао је и подкритеријуме. Имајући у виду да подаци који су израчунати нису међусобно мерљиви (тачније не могу се међусобно упоредити) искоришћена је математичка вишекритеријумска метода АНР (метода аналитичких хијерархијских процеса, *енг. Analytic Hierarchy Process*). Аутори су показали да је вишекритеријумским разматрањем могуће доћи до резултата који показују своје предности и недостатке приликом избора помоћне механизације.

У раду [10] Ђенадић С. и остали су формирали модел за дефинисање расположивости помоћне механизације (булдозера) који се заснива на фази теорији и вишекритеријумској методи АНР (метода аналитичких хијерархијских процеса). База рада представља експертско оцењивање формираних парцијалних индикатора који улазе у структуру расположивости. Конвенционалне методе за израчунавање расположивости представљају математичку релацију времена са временске слике стања машине (време у раду, време у планском и непланском отказу и сл.). Структура расположивости се конструише у виду три парцијална индикатора, а то су: поузданост (*енг. Reliability*), погодност одржавања (*енг. Maintainability*) и подршка у одржавању (*енг. Supportability*). У експертско процењивање су узете оцене од четири експерта (аналитичара). У анализу су ушла два стања помоћне механизације (булдозера): када су булдозери у гарантном периоду (две године коришћења) и када су булдозери пред расходевањем (седам година коришћења). На основу добијених резултата формиран је фази модел. Вишекритеријумска метода је искоришћена за међусобни ранг поменутих парцијалних индикатора према значајности у структури расположивости за разматрану машину у дефинисаном тренутку. Студија случаја је урађена за булдозере на површинским коповима угља. Поређењем са конвенционалним начином процене расположивости извршена је верификација самог модела приказаног у овом раду.

Ивезић Д. и остали у раду [11] приказују концепт расположивости код помоћних рударских машина. У овом раду аутори су формирали експертски фази модел који анализира и интегрише парцијалне индикаторе расположивости

(поузданост, погодност одржавања и функционалност) три произвођача булдозера (Liebherr, Dressta, Caterpillar) који раде на површинским коповима угља (Дрмно, Тамнава Западно поље и Поље Д) у склопу Електропривреде Србије. На основу резултата процене извршено је поређење булдозера. У овом раду дати су закључци који могу бити корисни за побољшање погодности одржавања, логистике и током куповине нових булдозера.

Wang J., Yang J.B. и Sen P. у раду [12] примењују иновативну методологију анализе сигурности сложеног техничког система. Аутори предлажу декомпозицију структуре система на хијерархијске нивое. Методологија приказана у овом раду користи фази логику за описивање сваког отказа, за синтезу тако добијених информација користи се фази закључивање. Параметри вероватноће отказа, озбиљност отказа и вероватноћа последице отказа користе се за анализу отказа. Поменути параметри су описани лингвистичким променљивим које карактерише функција припадности дефинисаним категоријама. Wang J. и остали у овом раду предлажу примену методе ER (*енг. Evidential Reasoning*) како би се умањила несигурност у процени безбедности. Студија случаја је урађена за хидраулични систем дизалице у марици.

Крунић Д. и остали у радовима [13] и [14] су дефинисали математичке моделе оцене сигурности функционисања помоћне механизације (дозера) на површинским коповима угља Електропривреде Србије који омогућавају анализу и структурирање парцијалних индикатора поузданости, погодности одржавања и логистичке подршке одржавању и синтезу поменутих парцијалних индикатора на нивоу сигурности функционисања. Приказани модели у овим радовима се састоје из следећих фаза: пропозиција сигурности функционисања и парцијалних показатеља, фазификација улазних података, фази композиција парцијалних показатеља у укупну оцену сигурности функционисања и идентификација (дефазификација) укупне оцене сигурности функционисања. Добијени резултати модела оцене сигурности функционисања и показатеља рада булдозера упућују на потребну корекцију управљања механизацијом, на политику одржавања, идентификацију и дијагностику недостатака, критичних отказа.

Танасијевић и остали у раду [15] приказују могућност синтезне анализе сигурности функционисања на бази математичких модела. Приказују се два математичка модела. Први модел се заснива на бази вишекритеријумске оцене док се други модел заснива на бази теорије фази скупова. Приказани приступ је захвалан за сагледавање и апсорпцију информација везаних за употребни квалитет машине са становишта логистичких показатеља али и конструкцијских који се по дефиницији дају у виду нумеричких показатеља. Студија случаја извршена је за процену сигурности функционисања механичких система на роторном багеру.

Јанковић И. у докторској дисертацији [16] приказује модел управљања животним веком помоћне механизације који садржи два интерактивна модула, који као излаз дају оцену расположивости добијену на бази експертског модела, и трендове расположивости и трошкова рада добијене на бази статистичке обраде одговарајућих улазних података. Експертски модел заснован је на фази логичком закључивању са корекцијом исхода добијеног АНР методом. Провера експертског модела урађена је упоређивањем са резултатима добијеним статистичком анализом

временске слике стања. На основу модела приказаног у овој докторској дисертацији могу се донети закључци о врсти машина који најбоље одговарају конкретним условима радне средине без обзира на почетна инвестициона улагања. Метода која је примењена унапређује управљање животним веком и значајно утиче на смањење оперативних трошкова, може се одредити тренд пада расположивости и која је машина најекономичнија. Помоћне машине које су обухваћене у овој дисертацији су: булдозери, цевополагачи и хидраулични багери.

Крунић Д. у докторској дисертацији [17] приказује иновативан математичко-концепцијски модел за процену употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима угља (лигнита). Овај модел обухвата анализу и синтезу следећих индикатора: поузданост, погодност одржавања, функционалност, логистичка подршка одржавању, озбиљност отказа, учесталост појављивања отказа, детектабилност, ефективност, расположивост, сигурност функционисања, ризик, трошкове. Модел се базира на фази логици. Фази модел је формиран у три нивоа применом одговарајућих модела фази композиције (max-min, min-max, картезијански производ-уређени парови) на више нивое синтезе до укупне оцене употребног квалитета. Верификација модела је извршена преко студије случаја, евалуације употребног квалитета булдозера.

Гомилановић М. и остали [18] приказују модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом фази логики, (*eng. fuzzy inference system*). Примењени модел је формиран синтезом независних парцијалних индикатора расположивости. Модел је заснован на експертском систему за процену расположивости континуалних рударских система. Расположивост система, као комплексни параметар стања, декомпонован је на парцијалне индикаторе, поузданост и погодност одржавања, а фази композиције које су коришћене за интеграцију парцијалних индикатора су max-min и min-max композиције. Предност овог модела у односу на конвенционалне моделе је што узима у обзир утицај парцијалних индикатора расположивости, не захтева дугорочно праћење и евиденцију неопходну за одређивање временске слике стања система. Овај модел за одређивање расположивости има улогу да помогне одговорним лицима на површинском копу у планирању и контроли експлоатације, усвајању одговарајуће стратегије одржавања а све у циљу стабилне производње и смањењу трошкова. Представљени модел се може користити као алат за брзу процену расположивости система, на основу експертских судова и процена.

У докторској дисертацији [19] Ђенадић С. развија синтезни модел управљања ризиком код роторних багера који је утемељен на примени фази логики и експертских система (две вишекритеријумске методе). У овом моделу улазне величине се мапирају на фази скупове. Прва вишекритеријумска метода (АНР метода) је примењена за дефинисање коефицијента значајности парцијалних индикатора ризика док се друга (ТОПОСИС метода) користи у пропозицији модела као део фази закључивања. У овој дисертацији примењен је програмски језик Phython и презентовани модел је верификован на роторном багеру ознаке SRs 2000. На овом багеру анализирани су две форме ризика: по структурну стабилност багера и по прекид производног процеса. Резултати добијени из првог модела су приказани као ранг слабих места роторног багера са препорукама активности одржавања а резултати другог модела дефинишу тренутно стање роторног багера. У оба модела

ризика дисперзија је мања у односу на до сада коришћене моделе. У односу на традиционалне моделе оцене ризика овај синтетички модел има вишедимензионалан поступак пропозиције. Независно дефинише облик, диспозицију и положај фази скупова и лингвистичких променљиви и на тај начин смањује субјективност. Прецизност модела је повећана применом синтезе (композиције) парцијалних индикатора ризика на нивоу ризика применом TOPOSIS методе.

Последњих година објављени радови о употреби машинског учења у области рударства указују да вештачке неуронске мреже као метода машинског учења имају све већу примену у области рударства. Највећи број радова везан је за процес минирања, видети [20-30]. Поред радова везаних за процес минирања заступљени су и радови у којима се развијају модели за откривање геомеханичких аномалија [31-33], анализу расположивих ресурса [34-37], процену утицаја рударских радова на животну средину [38, 39]. Такође метода машинског учења примењује се и за процену ризика од клизања косина површинског копа [40], за визуелно откривање објеката на површинском копу који може класификовати раднике и рударску механизацију [41], или предвиђање здравствених ризика возача изазваних вибрацијама при камионском транспорту [42].

У раду [43] Гомилановић М. и коаутори се баве развојем модела за предвиђање расположивости континуалних система на површинским коповима применом вештачких неуронских мрежа. Главна идеја овог рада је унапређење аналитичког приступа чија је полазна претпоставка да расподеле дужине времена система у квару имају експоненцијалну расподелу. У овом раду коришћени су подаци везани за I БТД систем површинског копа Дрмно Костолац. Циљ овог рада је побољшање модела за предвиђање расположивости континуалних система на површинским коповима. На основу вредности  $RMSE$ ,  $MAE$  и  $R^2$  приказаних у овом раду се закључује да модел добијен користећи неуронску мрежу има већу моћ предвиђања у односу на аналитички приступ. На основу добијеног модела се креира и одговарајућа симулација која приказује у ком опсегу се налази расположивост система. На основу симулације се даје и прецизнија слика о расположивости континуалних система на површинским коповима.

Стојадиновић С. у докторској дисертацији [44] приказује резултате истраживања проблема разлетања комада при минирањима. Циљ ове дисертације је креирање применљивог модела за прогнозу максималних домета разлетелих комада и дефинисање сигурносних растојања при минирању. Комбинацијом теренских анализа, нумеричког моделирања балистичких трајекторија разлетелих комада и адаптивне природе вештачких неуронских мрежа развијен је концепт неуронумеричке спреге. Предложени концепт има потенцијал да уз додатна унапређења, постане општи модел за дефинисање сигурносних растојања приликом минирања.

Бисерчић А. у свом мастер раду [45] приказује иновативну методологију за предвиђање расположивости рударских система на површинским коповима. Овај мастер рад дефинише нове методологије за онлајн (*eng. online*) и офлајн (*eng. offline*) предвиђање поузданости и расположивости. Тачност ових методологија се процењује по томе колико добро апроксимирају реалну функцију интезитета (односно интезитета отказа и поправки у различитим временским прозорима кроз време) као и колико добро предвиђају врсте отказа који ће се десити. Крајњи резултат су три нове

методологије и приступ предвиђању расположивости и поузданости БТД система на површинском копу угља Дрмно.

У раду [46] аутора Милетић Ф. и осталих приказан је модел направљен као комбинација вештачких неуронских мрежа и фази логике тзв. ANFIS (*енг. Adaptive neuro fuzzy inference system*). Главни циљ овог рада је да се утврди зависност од тога како хабање резних елемената утиче на рад погона роторног багера.

У раду [47] Das A. и коаутори развијају модел за предвиђање потреса. Тренутно се за предвиђање вибрација тла услед минирања користе емпиријски модели. Ови модели су засновани на само неколико улазних варијабли, па стога не узимају у обзир додатне ефекте. Због недостатка експлицитног знања о сложенем процесу минирања, примена техника математичког и статистичког моделирања је ограничена. У овом раду развијен је ANN модел (*енг. Artificial Neural Network*), вештачка неуронска мрежа за предвиђање вибрација услед минирања користећи 248 записа прикупљених из три рудника угља са различитим условима у којима је вршено минирање. Утврђено је да је коефицијент корелације између измереног и излаза из модела износи 0.96, а просечни проценат грешке 11.85. Излаз ANN модела је упоређен са излазом три емпиријска модела који се широко користе за предвиђање брзина осциловања вибрација тла PPV (*енг. peak particle velocity*). Коефицијент корелације између PPV предвиђеног емпиријским моделом и измерених PPV података био је 0.63, а проценат релативне грешке 38.47. Овај резултат показује супериорност модела ANN у поређењу са емпиријским моделима.

Моњеџи М. и остали у раду [48] примењују методу вештачких неуронских мрежа за предвиђање разлетања комада приликом минирања на руднику бакра Сунгун (*Sungun*), Иран. Урађено је више модела ANN (вештачких неуронских мрежа) и уочено је да је модел обучен са алгоритмом за пропагацију уназад који има архитектуру 9-5-2-1 даје најбоље резултате. Разлетање комада је упоредо израчунато на основу доступних емпиријских модела. Статистичко моделирање је такође урађено да би се упоредила способност предвиђања вештачке неуронске мреже у односу на друге методе. Поређење резултата показало је апсолутну супериорност вештачке неуронске мреже. Такође је извршена анализа осетљивости да би се идентификовали најугицајнији инпути (улазни аргументи) на излазне резултате. Примећено је да су густина експлозива, пречник бушотине, мински чеп и успорења по минској бушотини најефикаснији параметри.

У раду [49] Jimmy Aurelio Rosales-Huamani и остали приказују модел заснован на вештачкој неуронској мрежи, која је изграђена користећи следеће улазне аргументе: карактеристике експлозива, геомеханичке параметре стенске масе, бушачко-минерске параметре. За обуку и валидацију модела, користили су податке из рудника бакра који се налази на северу Чилеа. Архитектура вештачке неуронске мреже је била надгледаног типа: улазни слој, скривени слој са 13 неурона и излазни слој који укључује сигмоидну активациону функцију са симетричним својствима за оптималну конвергенцију модела. Модел је у свом учењу добијао повратне информације са подацима о обуци док се не усаврши, а због добијених експерименталних резултата, представља валидну опцију предвиђања која се може користити у будућем минирању рудних лежишта сличних карактеристика коришћењем истих репрезентативних варијабли. На овај начин, коришћењем овог

модела могу се добити задовољавајући резултати који омогућавају да предвидимо лом у сличним сценаријима.

Јовановић И. у докторској дисертацији [50] користи методе меког рачунања (*eng. soft computing*) како би унапредила моделовање флотацијских процеса. Примењене су следеће методе меког рачунања: фази логика, хибридни ANFIS систем и вештачке неуронске мреже. Истраживање је рађено на примеру флотацијског постројења за прераду сулфидних минерала бакра „Велики Кривељ“ Бор. Као резултат ове дисертације дошло се до закључка да ове поменуте методе добро моделују процес флотацијске концентрације у механичким флотацијским ћелијама у смислу предвиђања искоришћења и садржаја бакра у концентрату као и бакра у жаловини. Дошло се до закључка да су се вештачке неуронске мреже показале као погоднија метода за моделовање од фази логике.

У раду аутора Qin J. и осталих [51] извршена је анализа стабилности косина површинског копа применом модела ANFIS са једном вредношћу (SVNN-ANFIS). Стабилност косина површинског копа има важан утицај на безбедан рад и економске бенефите рударске компаније. Резултати примене предложене методологије показују да је тачност обуке 99.20 %, док је тачност процеса тестирања 97.62 %. Овакав приступ пружа иновативан начин за процену стабилности косина површинског копа.

У раду [52] Zhou J. и остали извршена је предикција величине комада након процеса мињања применом ANFIS модела. Главни допринос рада је оптимизација премисе и консеквентних параметара ANFIS-а помоћу *frefy* алгоритма (FFA) и генетског алгоритма (GA). Овакав методолошки приступ је у потпуности иновативан у области бушења и мињања.

У раду аутора Bazzazi A.A. и осталих [53] примењен је ANFIS модел за предикцију пукотина која представља један од непожељних ефеката процеса мињања. Перформансе ANFIS модела су процењене на основу средње квадратног одступања (*eng. root mean squared error*) (RMSE), варијансе (*eng. the variance account for*) (VAF) и коефицијента корелације ( $R^2$ ). Резултати добијени у овом раду показали су да модел има одличне перформансе предвиђања.

AlRassas A.M. и остали у раду [54] развијају хибридни модел заснован на примени ANFIS технике и новог алгоритма оптимизације (*eng. the Aquila Optimizer - AO*). Циљ анализе је предикција производње нафте на два нафтна поља у Кини и Јемену. Развијени модел, под називом AO-ANFIS, процењен је коришћењем реалних скупова података прикупљених у експлоатацији. Поређења су извршена са традиционалним ANFIS моделом и неколико модификованих варијанти. Нумерички резултати и статистика потврдили су супериорност AO-ANFIS модела у односу на традиционални ANFIS и неколико модификованих варијанти.

Гомилановић М. и остали у раду [55] под називом приказују модел за одређивање фази оцена парцијалних индикатора расположивости континуалних система на површинским коповима угља применом неуро-фази система закључивања. Предност овог формираног модела јесте у томе што се не ослања на историјска искуства експерата и уобичајених предвиђених вредности за фази оцена парцијалних индикатора, већ се процена фази оцена парцијалних индикатора заснива на историјским подацима конкретног система (I БТД систем површинског копа Дрмно) за који је модел креиран. Као такав он може прецизније предвиђати

расположивост континуалних система на основу експертских оцена у одговарајућем временском периоду. Друга предност овог модела јесте што се расположивост процењује на кварталном нивоу што даје прецизнију слику јер користи мањи временски период са сличним карактеристикама и на тај начин обухвата и извесне спољне утицаје, коју су везани за кварталне метеоролошке услове. На основу приказаних вредности  $MAE$  и  $RMSE$  статистика долази се до закључка да модел који користи Гаусову функцију, има бољу могућност предикције у односу на друге приказане моделе који користе Сигмоидну и Звонасту функцију.

Гомилановић М. и остали у раду [56] приказују два модела за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима. Први модел је неуро-фази предиктивни модел, док је други симулациони модел. Неуро-фази предиктивни модел даје процену расположивости на бази функција припадности у односу на историјске податке о понашању машине у односу на расположивост. Симулациони модел користи теоријске и емпиријске расподеле времена трајања различитих отказа, времена рада између отказа, и расподеле врста отказа. Ове расподеле се одређују на основу експерименталних података и потом се верификују помоћу Колмогоров-Смирнов (К-С) теста. Овај рад је настао као резултат вишегодишњег теренског и теоријског истраживања расположивости континуалних система на површинским коповима, и заокружује циклус који се састоји од неколико објављених чланака на тему моделирања понашања ових система у реалном времену, уз уважавање мултидисциплинарности проблема.

Радови [18, 55, 56] су настали као резултат истраживања у оквиру предметне докторске дисертације.

## 4. Континуални системи површинске експлоатације

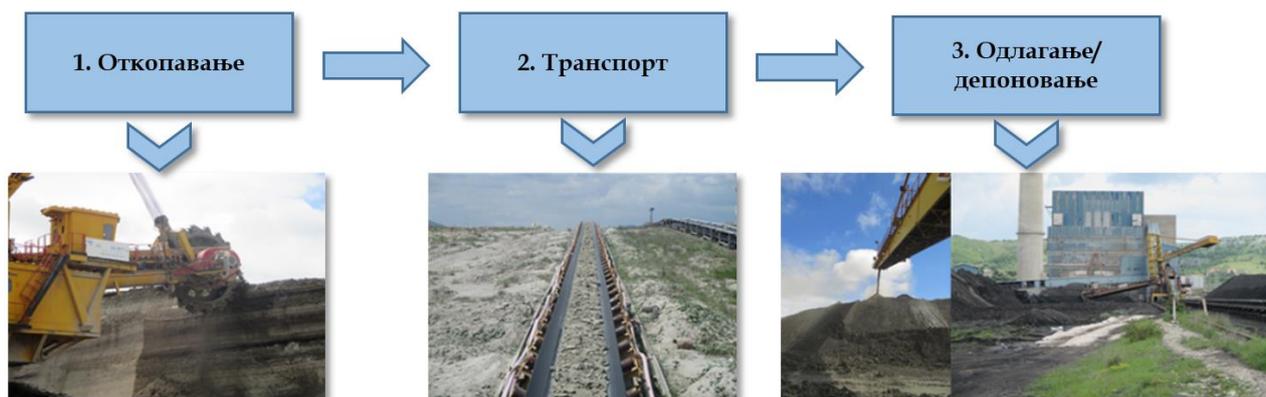
Површинска експлоатација лежишта минералних сировина обавља се у све сложенијим условима, поготову када су у питању површински копови угља. Сложени услови су последица дубљег залегања лежишта, присуства прослојака јаловине у угљеним слојевима, стрмијем залегању слојева што све утиче на повећање коефицијента откривке, као и промељивости квалитета. [57]. Потребно је уклонити све веће количине откривке како би се вршила експлоатација дубљих делова лежишта. Трошкови који се са повећањем дубине површинског копа значајно повећавају су трошкови транспорта а у случајевима смањења дубине последично се смањују трошкови [58]. Употреба висококапацитативних континуалних система смањује јединичне трошкове транспорта а самим тим и укупне трошкове експлоатације.

Континуални системи површинске експлоатације су системи код којих је ток материјала непрекидан. Механизација која се примењује је веома сложена и израђена по специјалним захтевима, јер се ови системи морају прилагодити специфичним условима рада [59].

Најчешћи континуални системи у површинској експлоатација су системи које чине роторни багер или багер ведричар, транспортери са траком и одлагач, у случају јаловинских система, или депонијска машина, у случају угљева [57].

Основна функција ових система када су у питању системи на угљу јесте откопавање, транспорт и депоновање угља што се може јединствено описати као производња угља. Ови системи, системи са континуалним радом обезбеђују континуални, непрекидни ток материјала од места откопавања до места депоновања што условљава високу функционалну повезаност његових елемената. Континуални системи на производњи угља су системи са редном везом елемената.

Континуални системи на јаловини имају основну функцију која се састоји од: откопавања јаловине, транспорта јаловине транспортерима са траком и одлагање јаловине одлагачима на унапред предвиђена одлагалишта. Континуални системи могу садржати више багера, више транспортера са траком у низу који могу имати различите конфигурације или обезбеђивати различите токове материјала применом скретних уређаја, обезбеђивати више производа или равних материјала. Структурно и конструктивно су комплексни и одражавају јаку међусобну зависност између елемената [60]. На основу дугогодишњег праћења и развоја површинских копова угља дошло се до закључка да су континуални системи са роторним багерима и транспортерима са траком најефикаснији утоварно-транспортни систем у овој области [61]. Кључну улогу имају на површинским коповима угља (лигнита) на којима се спроводи процес хомогенизације, који има за циљ да оствари постављене захтеве у погледу минималних трошкова, утицаја на животну средину и да мешањем више слојева са више етажа и различитом расподелом квалитета обезбеди оптималан квалитет производа [62]. На слици 4.1. дат је приказ подсистема површинске експлоатације.



Слика 4.1. Подсистеми површинске експлоатације

Багер са континуалним дејством откопава материјал у висинском или дубинском раду, предаје га систему транспортера са траком, директно или преко самоходног транспортера, који откопани материјал даље транспортује до одлагача/депонијске машине. Систем транспортера се састоји од етажних (нестационарних), везних (полустационарних или стационарних) и по потреби одлагалишних (нестационарних) транспортера [57].

Континуални утоварно-транспортни системи површинске експлоатације су комплексни системи. Њихово дефинисање, као и дефинисање њихових конструктивних, техничких и технолошких параметара представља сложен задатак. Он обухвата неколико различитих анализа [63]:

- услова радне средине са аспекта разних карактеристика лежишта (геолошких, инжењерско-геолошких, хидрогеолошких, квалитативних и других) на ширем простору,
- примене савремених средстава и технологија експлоатације у конкретним условима радне средине и у реалном времену,
- временске слике стања система експлоатације,
- економских параметара система.

На слици 4.2. Приказане су групе параметара за дефинисање континуалних система површинске експлоатације.



Слика 4.2. Групе параметара за дефинисање континуалних система површинске експлоатације

#### 4.1. Континуална опрема

Континуално откопавање материјала се обавља машинама које су по конструкцији изведене тако да немају прекиде у току материјала. Ради се о високо продуктивним системима што проистиче из начина њиховог рада и конструктивних карактеристика [57].

Предности машина са континуалним дејством су велики јединични капацитет, мања специфична потрошња енергије, висока продуктивност и ниски јединични трошкови откопавања у односу на машине са дисконтинуалним дејством [64].

Класификација откопно-утоварне опреме може се вршити према [65]: конструкцији радног органа, типу уређаја за транспорт, начину погона, начину копања и другим. Главни представници опреме за континуално откопавање површинској експлоатацији су:

- роторни багери,
- багери ведричари,
- комбајни.

##### 4.1.1. Роторни багер

Роторни багер представља самоходну машину континуираног дејства намењену за откопавање јаловине и корисне минералне сировине на површинским коповима са роторним точком са ведрицама као радним елементом [65].

Процес откопавање врши се ведрицама које су равномерно распоређене на ободу роторног точка. Обртањем роторног точка у вертикалној равни и његове стреле заједно са платформом у хоризонталној равни, ведрице се пуне и наиласком у зону истоварног сектора празне, при чему се материјал предаје пријемном транспортеру са траком на стрели багера и даље редом, зависно од броја транспортера на багеру, последњем истоварном транспортеру [66].

Роторни багер представља најраспрострањенију машину на површинским коповима угља (лигнита) за откопавање меких и средње тврдих материјала. Током историјског развоја роторних багера направљене су конструкције које на задовољавајући начин одговарају разноврсним рударско-техничким захтевима експлоатације. Конструкције роторних багера обезбеђују високе техничко-економске показатеље у раду, захваљујући низу техничко-експлоатационих предности у односу на друге врсте багера (висока сигурност у раду, мала специфична потрошња енергије  $0.15-0.5 \text{ kWh/m}^3$ , релативно мала уградња метала  $0.2-1.1 \text{ t.h/m}^3$ , и високи коефицијент корисног дејства радног органа  $0.8-0.9$  [63].

Код роторних багера када је у питању механизам за кретање најраспрострањенији је гусенични механизам. Поред гусеничног уређаја за кретање постоје и: корачајући, корачајући-шински и шинско-гусенични уређај за кретање. Ови уређаји за кретање немају широку примену.

Експанзија примене континуалне технологије рада основне механизације на површинским коповима проистекла је из примене све продуктивнијих роторних багера, па се може слободно рећи да је временом роторни багер постао најсавршенија и најраспрострањенија машина континуалног дејства у рударству [63].

Најпознатије компаније које се бавиле и које се и даље баве производњом роторних багера или производњом одређених целина и делова су:

- MAN Takraf (Немачка),
- Thyssen Krupp (Немачка),
- FAM Magdeburg (Немачка),
- Sandvik (Шведска)
- Orenstein&Koppel (O&K) (Немачка),

Као и домаћи произвођачи:

- Колубара-Метал (Србија),
- ГОША (Србија),

Водећи произвођачи су били Takraf-DDR, O&K (Orenstein&Koppel) и Krupp.

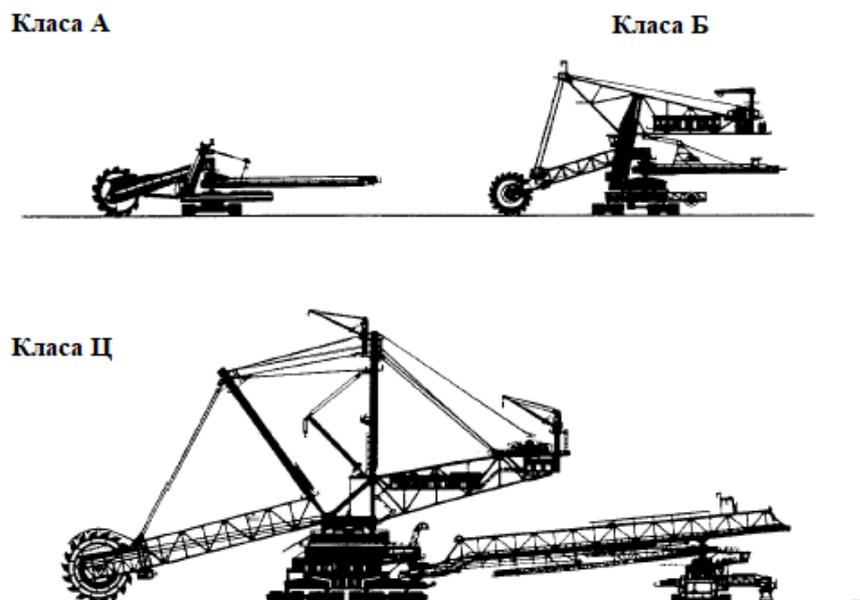
Ови произвођачи испоручили су преко 1000 багера разним површинским коповима у свету.

### Класификација

Роторни багери се различито класификују. Један од начина класификације је немачка класификација роторних багера. По овој класификацији роторни багери су подељени по конструктивним карактеристикама на следеће класе: А, Б и Ц (Слика 4.3.). У наредној табели (табела 4.1.) дати су упоредни параметри различитих класа роторних багера.

Табела 4.1. Упоредни параметри различитих класа роторних багера [63]

Класа роторног багера	А-Компактни роторни багер	Б-роторни багер са (С) рамом	Ц- Велики роторни багери
Капацитет (m <sup>3</sup> /h)	420-6000	3600-7500	7300-22700
Погонска маса (t)	55-1200	1200-3500	6000-14000
Пречник ротора (m)	4.2-12	8.4-12.5	17.3-21.6
Снага мотора на ротору (kW)	75-1000	750-1500	1500-5040
Момент на ротору (kNm)	75-2200	2000-7000	4500-12000



Слика 4.3. Различите класе роторних багера [63]

**Класа А-** Компактни (хидраулични) роторни багери су багери са релативно кратком стрелом у односу на пречник ротора, омогућавају велики капацитет у односу на масу и димензије багера и имају ниско тежиште. Недостаци код ове класе роторних багера огледају се у релативно мањем радном веку конструкције, а у технолошком смислу имају нижи коефицијент корисног дејства радног органа. Примери компактних роторних багера на површинским коповима у Србији су SchRs 800, SRs 400, C 700 S.



Слика 4.4. Роторни багер SchRs 800.15/1.5 у раду [4]



Слика 4.5. Роторни багер SRs 400.14/1 (приватна архива)



Слика 4.6. Роторни багер C 700 S на површинском копу поље Б Колубара (приватна архива)

**Класа Б-** Роторни багери са „Ц“ рамом имају спојену горњу градњу, централни стуб и носач баласта у облику латиничног слова „С“. Ова класа роторних багера се одликује повољним коефицијентом корисног дејства радног органа, са технолошке стране имају широку примену. За разлику од компактних роторних багера имају релативно високо тежиште. Користе се са и без претоварног уређаја. Највећи број багера на нашим површинским коповима, који припадају овој класи су: SRs 1200, SchRs 630, SRs 2000, SRs 1300.



Слика 4.7. Роторни багер SRs 1200 на површинском копу Поље Б Колубара (приватна архива)



Слика 4.8. Роторни багер SRs 1300 на површинском копу Дрмно (приватна архива)

**Класа „Ц“**- Овој класи припадају велики роторни багери. Велики багери имају носеће стубове котурача са ужадима са спуштеним носачем баласта који се веже за горњу обртну платформу. Ова класа роторних багера има релативно ниско тежиште, али и сложен транспортни пут откопаног материјала. Припадници ове класе роторних багера на нашим коповима су багер SchRs 1760 на површинском копу Поље Д и багер SchRs 1400 на површинском копу Поље Ц.



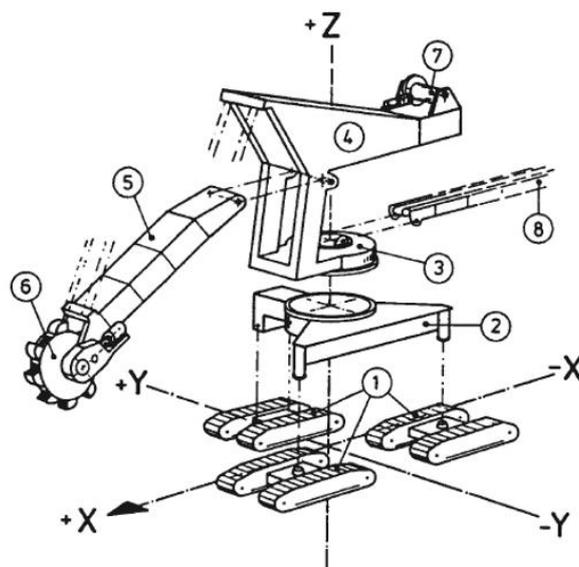
Слика 4.9. Роторни багер SchRs 1760 на површинском копу Поље Д Колубара (приватна архива)



Слика 4.10. Роторни багер SchRs 1400 28/3 на површинском копу Поље Б Колубара (приватна архива)

Величина, конструкција и облик роторног багера зависе, у првом реду, од захтеваног капацитета, начина утовара материјала и специфичних услова рада на површинском копу. На конструкцију и облик утичу дозвољени нагиб косина, чврстоћа материјала који се откопава и дозвољени специфични притисак на тло. Конструкција и облик морају бити прилагођени условима доброг и лаког одржавања. Конструкција роторног багера је представљена на слици 4.11. [67].

У основне уређаје на роторном багеру могу се сврстати радни, ескавациони уређај, транспортни уређај, уређај за транспорт материјала (транспортери на багеру), погонски уређај и уређај за управљање. У помоћне уређаје спадају: уређаји за подмазивање, уређаји за загревање, освету, уређаји за потребе техничког одржавања и ремонта итд. [65].



1. гусенични транспортни механизам, 2. доња градња, 3. ослоно-обртни део, 4. горња градња са противтегом, 5. стрела радног точка, 6. радни точак, 7. погонски систем за дизање и спуштање стреле радног точка, 8. истоварна стрела

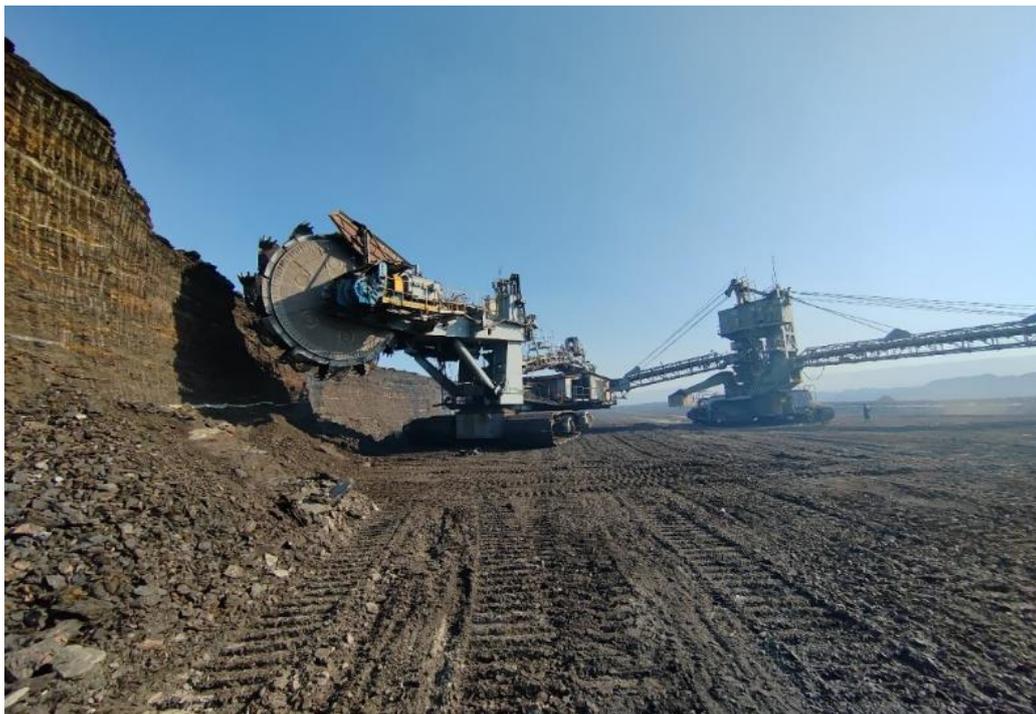
Слика 4.11. Главне компоненте роторног багера [65]

Роторни багери приликом откопавања најчешће корисну минералну сировину или јаловину предају транспортерима са траком-етажним транспортерима. Поред овог начина материјал може да се утовара у самоходни транспортер (нем. *Vandwagen*), транспортни мост или да се врши директно пребацивање материјала у откопан простор.

За роторне багере у површинској експлоатацији битно је да пратећа транспортна опрема може прихватити максималан капацитет багера са одговарајућом резервом. Искуствено се дошло до сазнања да се поузданост система повећава ако транспортери са траком који преузимају материјал имају већи капацитет од багера [68].



Слика 4.12. Рад са самоходним транспортером на површинском копу Гацко (приватна архива)



Слика 4.13. Рад са самоходним транспортером на површинском копу Дрмно (приватна архива)



Слика 4.14. Директно одлагање корисне минералне сировине (приватна архива)

#### 4.1.2. Транспортна опрема континуалног дејства

У рударству за континуални транспорт користе се следеће врсте транспортера:

- транспортери са траком,
- чланкасти транспортери,
- грабуљасти транспортери,
- спирални транспортери,
- вибрациони транспортери,
- елеватор (коси и вертикални транспорт),
- специјални цевасти транспортери (енг. *pipe conveyor*).

Од свих побројаних врста континуалног транспорта у површинској експлоатацији транспорт транспортерима са траком је најзаступљенији.

Континуална транспортна опрема даје најбоље резултате у комбинацији са континуалном опремом. У случају комбинације са дисконтинуалним багерима, ефикасност се повећава уколико се на транспортер материјал шаље преко дозиране дробилице и на тај начин бива непрекидно снабдеван. У неким случајевима је оправдано коришћење континуалног транспорта са дисконтинуалном откопном опремом, на пример када је због терена или дужине транспорта боље користити транспортере са траком [69]. Бројна литература обрађује транспортере са траком у комбинованим системима, видети [70, 71, 72].

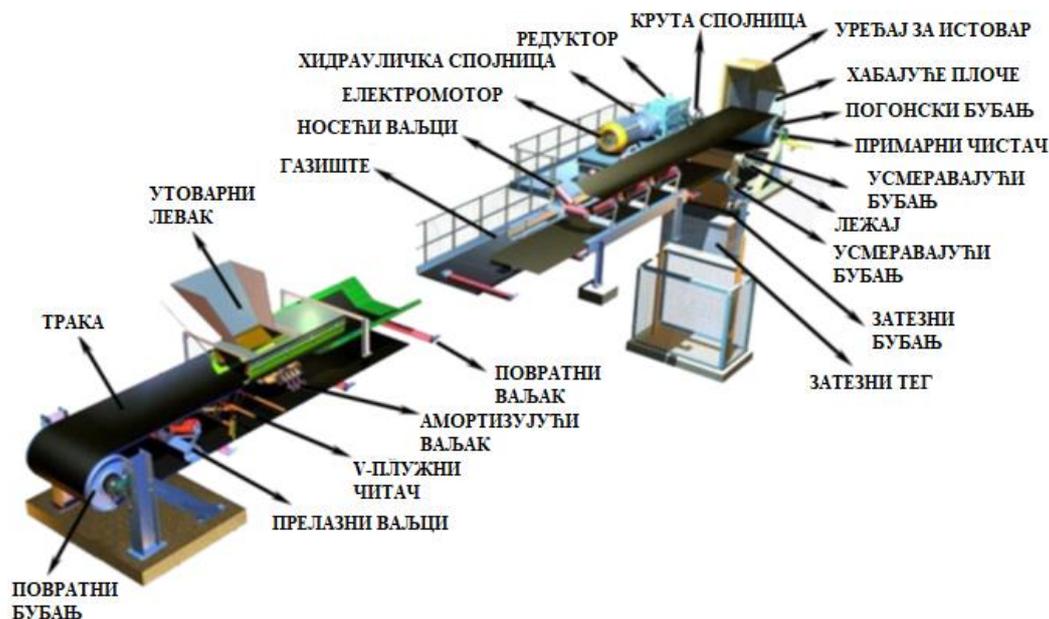
Исплативост континуалног транспорта над дисконтинуалним је доказана за различите дужине транспорта [63] и она се повећава са дужином трасе транспорта материјала.

Неки аутори [73, 74] напомињу да транспорт учествује у укупним трошковима експлоатације са око или чак и више од 50% и због тога је важно изабрати транспортну опрему у складу са откопном опремом.

Транспортери са траком транспортују материјал одговарајуће гранулације који откопавају откопне машине обично континуалног дејства. Оне врше утовар материјала на етажне транспортере који материјал даље предају збирним, везним или магистралним транспортерима и на крају на одлагалишне транспортере где га прихватају одлагачи који га одлажу на одлагалишта (спољашња или унутрашња).

Када је реч о транспорту минералних сировина на сличан начин се ток материјала одвија до депоније. Са напредовањем фронта радова на откопавању и одлагању, етажни транспортери се померају, паралелно или радијално. Везни транспортери могу бити променљиве дужине. Ови транспортери генерално задржавају свој правац и у односу на позицију циљне локације се продужавају или скраћују [57].

Приказ конструкција транспортера са траком дат је на слици 4.15.



Слика 4.15. Конструкција транспортера са траком [43, 75]



Слика 4.16. Транспортер са траком на угљу површински коп Дрмно (приватна архива)

Велика примена транспортера са траком заснива се на чињеници да овај вид транспорта има предности у односу на остала транспортна средства. Капацитет транспортера са траком се креће у широком опсегу од пар тона до преко 20000 тона на сат [76]. Транспортери са траком са глатким омотачем имају могућност да савладају нагибе до  $18^\circ$ , преко  $22^\circ$  са рељефним омотачем и падове до  $35^\circ$  са специјалним конструкцијама носеће траке. У транспортере са специјалном конструкцијом убрајамо „сендвич“ транспортере који могу да савладају нагибе скоро до вертикалног транспорта [77].

Транспортне дужине се крећу од неколико десетина метара до неколико километара. Један од најдужих транспортера са траком транспортује материјал на растојање око 27 km. Овај транспортер са траком транспортује угаљ са површинског копа Impumelelo у Јужној Африци [78].

Предности транспортера са траком [65]:

- континуалан транспорт,
- могућност остваривања великих капацитета,
- могућност савладавања великих успона,
- једноставна монтажа, демонтажа, продужавање и скраћивање, лако опслуживање и одржавање,
- мали број запослених,
- једноставна организација рада,
- знатно повољнији однос тежине корисног терета према сопственој тежини средства транспорта,
- мала потрошња енергије,
- постоји могућност потпуне аутоматизације.

Недостаци транспортера са гуменом траком [65]:

- зависност капацитета, а често и рада од климатских услова,
- релативно брзо хабање носеће површине траке,
- немогућност транспорта крупних комада,
- заустављање целе линије транспорта због квара на једном транспортеру,

- велики број претоварних места погонских и повратних станица код већих дужина транспорта.

#### 4.1.3. Депоније угља

Основна улога депоније угља у технолошком ланцу између даваоца сировине (површинског копа) и прерађивача (потрошача) у самом процесу јесте формирање тампон зоне која ће спречити прекид рада система услед краткотрајних проблема у раду. Такође депоније имају улогу да послуже као места на којима се може вршити процес хомогенизације, односно мешање угљева ради уједначавања квалитета [79].

По функцији депоније се деле на: претоварне, резервне и усредњавајуће.

Позиција депонија је следећа:

- на самом руднику,
- на постројењу за прераду,
- на продајним терминалима,
- на термоелектранама, топланама и
- код других крајних корисника.

Основни параметри депонија су:

- запремина,
- капацитет на одлагању,
- начин формирања депоније и откопавања материјал са ње,
- капацитет на утовару.

Подела депонија је на затворене и отворене, а по облику на кружне или линијске.



Слика 4.17. Линијска депонија угља ПК Гацко (приватна архива)

#### 4.1.4. Дробилнична постројења

Технолошка операција која се среће на готово свим рудницима угља је дробљење угља. Сам процес дробљења врши се у дробилничним постројењима. Задатак дробилнично постројења је да обезбеди крупноћу асортимана које тржиште (термоелектране, топлане или широка потрошња) тражи. Дробилица и дробилнична постројења се перманентно унапређују па се поред постојећих врста појављују и нове, прилагођене потребама корисника и параметрима угља.

У рударству уситњавање угља се најчешће своди на примарно и секундарно дробљење, ређе и терцијарно. Уситњавање се најчешће врши за две намене: уситњавање угља који се сагорева у термоелектрани и уситњавање угља који се користи у широкој потрошњи.

Технолошки процес који се одвија у дробилничном постројењу састоји се од следећих основних операција:

- уситњавање,
- класирање,
- транспорт,
- складиштење.

Уз ове основне технолошке операције постоји низ пратећих и помоћних операција као што су: помоћни транспорт, управљање процесом, издвајање металних предмета, отпашивање, праћење квалитета угља и др.

За дробилнична постројења најчешће се користе следећи типови дробилица: ударне дробилице, чекићне дробилице, дробилице са ваљцима, дробилице са назубљеним ваљцима и сајзери за дробљење угља.

Како је термоелектрана основни потрошач угља дробилнично постројење треба да се карактерише високом расположивошћу и високим степеном поузданости како би се обезбедио ток угља током целе године, 365 дана, у све три смене.



Слика 4.18. Дробилнично постројење РнТе Гацко-секундарне дробилица (приватна архива)

## 5. Континуални систем (I БТД систем) на површинском копу Дрмно, Костолац

Евалуација модела у овој дисертацији је извршена на континуалном систему на угљу (I БТД систему) површинског копа Дрмно, Костолац.

Експлоатација угља у Костолачком басену почела је 1870. године. Лежиште Дрмно припада општини Костолац, Браничевски округ. Географско-економски услови експлоатације угља су повољни. Лежиште се налази у северозападном ободном делу костолачког угљеносног басена и има површину око 54 km<sup>2</sup>. Почетак индустријске експлоатације лигнита у Костолицу представља и почетак индустријског доба у Србији јер је наша привреда добила сопствени извор угља. Угаљ лигнит представља основно енергетско гориво за термоелектране у Србији. Електропривреда Србије више од 67% електричне енергије производи у термоелектранама које као гориво користе угаљ. У Костолачком басену, површински коп Дрмно тренутно представља једини активни коп који производи 25% лигнита у Србији. За откопавање угља и јаловине, примењена је континуална технологија рада основне рударске опреме (роторни багер-трачни транспортери-одлагачи/дробилично постројење) [80]. На слици 5.1. приказан је површински коп Дрмно.



Слика 5.1. Површински коп Дрмно (приватна архива)

Континуални систем на угљу (I БТД систем) површинског копа Дрмно Костолац се састоји из следећих елемената:

- роторни багер SRs 400.14/1.5,
- самоходни транспортер BRs 2400,
- трачни транспортери,
- дробилично постројење.

На слици 5.2. дат је приказ опреме која чини I БТД систем на површинском копу угља Дрмно Костолац.



а) Роторни багер SRs 400.14/1.5



б) Самоходни транспортер BRs 2400



ц) Трачни транспортер на угљу



д) Дробилично постројење

Слика 5.2. I БТД систем на површинском копу угља Дрмно Костолац (приватна архива)

### 5.1. База података о отказима на површинском копу Дрмно, Костолац

Пре израде модела за одређивање расположивости прикупљени су подаци о понашању континуалних система на површинском копу Дрмно, Костолац. Подаци се прикупљају у оквиру посебне организационе целине – Диспечарско центра површинског копа Дрмно, а евиденција се води у папирној и дигиталној форми. Прикупљени подаци су обрађени и издвојени они који се односе на I БТД систем и структурирани у оквиру базе података времена рада и отказа.

На основу података добијених од Електропривреде Србије, у чијем саставу је површински коп Дрмно, формирана база података садржи времена трајања машинских (оштећење лежаја горње градње, пуцање гусенице, замена зуба итд.), електро (пробој кабла, прекид ТТ везе, прекид блокаде итд.) и осталих отказа (ремонт, сервис итд.) I БТД система у периоду од 4 године (2016., 2017., 2018. и 2019. година).

Приликом формирања базе извршена је контрола расположивих података у смислу тачности интервала времена рада и отказа као и тренутака њиховог настанка тако да они у бази података чине континуални низ ненегативних вредности. Такође, извршена је контрола сврставања у једну од три разматране врсте отказа на бази расположивог описа. Приликом прикупљања података и формирања базе вршене су

консултације са стручњацима са површинског копа у смислу потврђивања класификације података и временског трајања појединих застоја у случајевима када њихово трајање није одговарало датом опису.

На слици 5.3. приказан је алгоритам формирања базе податка која је даље коришћена у моделима.



Слика 5.3. Алгоритам формирања базе података

## 6. Распоживост

У литератури могу се пронаћи различита објашњења појма расположивост. „Распоживост (*енг. Availability*) представља вероватноћу да ће технички систем у било ком тренутку времена бити у стању да исправно ради, односно да се укључи у рад и остане у оквиру дозвољених одступања задатих функција у датом временском периоду и датим условима радне средине“ [81].

Према ISO-IEC стандарду перформансе расположивости се дефинишу као: „Способност техничког система да буде у стању у коме може да извршава захтевану функцију, под датим условима и у датом тренутку времена, односно у току датог интервала времена, а под претпоставком да је обезбеђено потребно снабдевање (спољни ресурси)“ [82].

Војни стандард (MIL-STD) дефинише расположивост као меру степена до којег је ставка у оперативном стању и може бити извршена на почетку мисије када је мисија позвана у непознатом (случајном) тренутку. Распоживост, коју мери корисник, зависи од тога колико често долази до кварова и колико је потребно корективно одржавање, колико често се спроводи превентивно одржавање, колико брзо се индиковани кварови могу изоловати и поправити, колико брзо се могу извршити задаци превентивног одржавања и како дуга одлагања логистичке подршке доприносе застоју [10, 83].

На основу временске слике стања [10, 84], на којој се времена у исправном стању смењују са временима у отказу може се приказати и израчунати расположивост [10, 16]. Постоје два основна стања: „у раду“ и „у отказу“. На слици 6.1. приказана је временска слика стања техничког система.

Време када је технички систем радно способан (у исправном стању) дели се на:

- време док технички систем чека да се укључи у рад ( $t_{11}$ ) и
- време када је технички систем у раду ( $t_{12}$ ).

Када је технички систем у отказу, време се дели на:

- организационо време ( $t_{21}$ ),
- логистичко време ( $t_{22}$ ) и
- активно време поправке (време за корективне поправке ( $t_{231}$ ) и време за превентивне поправке ( $t_{232}$ )).

Времена у отказу  $t_{21}$  и  $t_{22}$  односе се на: дефектажу, интервенције, набавку резервних делова, алата, радне снаге, административне послове, и сл. Активно време поправке обухвата сам процес оправке, монтаже, демонтаже, замене и слично [10, 81].



$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MDT} \quad (6.4)$$

- *MTBF*- средње време између отказа (*енг. Mean Time Between Failure*),
- *MDT*- средње време у отказу (*енг. Mean Down Time*).

Поузданост  $R(t)$  се дефинише на следећи начин: „Поузданост представља вероватноћу са одређеним нивоом поверења, да ће систем, машина успешно обавити функцију за коју је намењена, без отказа и унутар дефинисаних граница перформанси, узимајући у обзир претходно време коришћења система, у току задатог времена трајања задатка“ [84].

„Погодност одржавања  $M(t)$  везује се за одређени систем одржавања и одређену стратегију одржавања реализовану са одређеном концепцијом, технологијом, организацијом и која је условљена опремом, људством и другим чиниоцима логистичке подршке“ [90].

Распоживост  $A(t)$  се може одредити аналитички када је функција поузданости и погодности одржања експоненцијална [10].

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (6.5)$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (6.6)$$

- интезитет отказа:  $\lambda = \frac{1}{MTBF} = const.$
- интезитет одржавања:  $\mu = \frac{1}{MDT} = const.$

Функција распоживости  $A(t)$ :

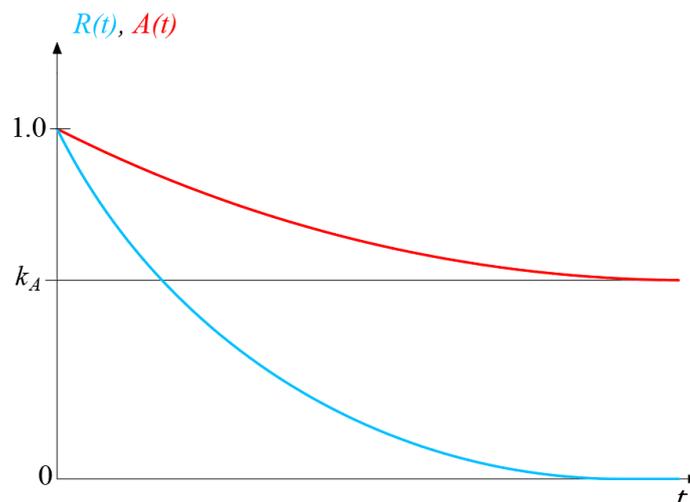
$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{-(\lambda + \mu) \cdot t} \quad (6.7)$$

Одакле се стационарна вредност распоживости добија:

$$A = k_A = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu}} \quad (6.8)$$

Величина  $k_A$  представља коефицијент распоживости и добија се када се рачуна  $A(t)$  за  $t \rightarrow \infty$ , односно када вредност распоживости постане стационарна [10].

На слици 6.2. приказан је однос поузданости и распоживости.



Слика 6.2. Однос поузданости  $R(t)$  и расположивости  $A(t)$  [10]

### 6.1. Пропозиција индикатора расположивости

Модел за одређивање расположивости биће представљен кроз хијерархијску структуру која се састоји од синтезних и парцијалних индикатора. У том смислу, расположивост ( $A$ ) биће дефинисана кроз парцијалне индикаторе који су сврстани у домен поузданости ( $R$ ) и домен погодности одржавања ( $M$ ), где су наведени домени – синтезни индикатори. Наведена структура расположивости је у складу са званичном дефиницијом расположивости и сигурности функционисања као свеобухватног показатеља расположивости [81, 84].

#### 6.1.1. Номинација поузданости

Парцијални индикатори поузданости треба да обухвате највећи део појава и утицајних чинилаца које доводе до отказа посматраног система. Отказ представља појаву при којој се радни параметри налазе ван утврђених радних и функционалних граница. Разлози за отказе између осталог укључују и грешке при пројектовању, производњи, неадекватном тестирању, могу настати услед људске грешке, старости, неадекватног одржавања или недостатка заштите од преоптерећења.

Поузданост нема званичну дефиницију у смислу структуре, односно нису дефинисани парцијални индикатори поузданости. Поузданост је потребно структурно дефинисати са циљем да се обухвате показатељи који ближе одређују:

- успешност обављања функције за коју је намењена посматрана машина без отказа и унутар задатих граница перформанси,
- претходно време коришћења,
- усаглашеност рада и прописан начин коришћења и сврху за коју је намењен, пре свега у односу спецификовани ниво оптерећења.

У наставку се даје предлог три парцијална индикатора поузданости као резултат емпиријске експертске анализе:

- Поузданост ( $R$ ):
- преоптерећење механизације ( $o$ )
  - старост механизације ( $c$ )
  - базични инжењеринг ( $b$ )

Најчешћи узрок појаве преоптерећења механизације представљају карактеристике радне средине које могу узимати и вредности ван познатих граница утврђених геолошким и другим специфичним истраживањима и испитивањима. Преоптерећење ремети вредност радног напона, самим тим повећава ризик и умањује поузданост. Други парцијални индикатор, старост механизације, специфично је везан за површинске копове лигните у Србији обзиром на дуг период површинске експлоатације у лигнитским басенима и да се на њима примењује опрема која је значајно старија од планираног века експлоатације. При томе треба имати у виду да је таква опрема у међувремену реконструисана и ревитализована. Старост је битна јер је код машина изражено динамичко оптерећење, које изазива замор материјала. Око 90 % ломова су ломови услед замора [84]. Базични инжењеринг као парцијални индикатор поузданости континуалних система на површинским коповима је карактеристичан услед појаве да се поједини делови система изворно пројектују за примену у једним условима радне средине а за касније намене само једним делом прилагођавају примени на конкретним површинским коповима. На тај начин поједини елементи система добијају универзалну примену иако би њихов инжењеринг изворно морао бити прилагођен конкретним захтевима.

Неадекватним базичним инжењерингом значајно се доприноси повећању ризика у раду јер нису квалитетно узети у обзир сви фактори који утичу на прорачун машине и са становишта чврстоће, функционалности итд.

### 6.1.2. Номинација погодности одржавања

Погодност одржавања представља скуп активности које утичу на време отклањања отказа или на време обављања других поступака одржавања. Погодност одржавања начелно се може посматрати кроз домен конструкцијске погодности одржавања и домен подршке (логистичке) погодност одржавања [82]. Конструкцијска погодност одржавања представља тзв. „унутрашње“ или „уграђено“ својство система. Логистичка погодност одржавања у највећој мери зависи од накнадно стечених радних услова и ограничења. За потребе развоја хијерархијске структуре, погодност одржавања биће посматрана интегрално кроз следећих 6 парцијалних индикатора према [81]:

Погодност одржавања( $M$ ):	- технологичност ( $t$ )
	- алати и опрема ( $e$ )
	- унификација ( $u$ )
	- дијагностика ( $d$ )
	- манипулативност ( $m$ )
	- стандардизација ( $s$ )

Технологичност представља меру прилагођености конструкције и њених делова процесу технологије израде[91]. „Облик машинског дела је технологичан ако је погодан за израду предвиђеном технологијом. Свака од технологија израде, на више или мање сложен начин може довести до жељеног облика машинског дела, који задовољава функцију и друге услове. Прихватљивији је онај облик до кога се долази на технолошки једноставнији и јефтинији начин“ [92]. Аналогно томе технологичност при одржавању техничког система може се дефинисати као мера приступачности местима одржавања, степена сложености операција расклапања или

склапања и замене појединих делова, односно мера могућности примене ефикасне технологије при поновном довођењу техничког система у функционално стање.

Алати и опрема су важан параметар квалитета одржавања. Висок степен стандардизације и унификације повећава расположивост. Скраћење трајања активности на одржавању се постиже адекватном дијагностиком – идентификацијом и лоцирањем насталог отказа. Манипулативност се односи на конструкцијске карактеристике техничког система које омогућавају његов транспорт и преношење са места рада до места одржавања.



Слика 6.3. Структура расположивости, приказ синтезних и парцијалних индикатора [56]

## 7. Машинско учење, експертни системи и симулација

### 7.1. Машинско учење

Машинско учење (*енг. Machine Learning - ML*) представља област вештачке интелигенције (*енг. Artificial Intelligence - AI*) која се бави изградњом рачунарских система који се обучавају из искуства. Последњих година машинско учење постало је веома популарно, како у академским круговима, тако и у индустрији, јер се ова дисциплина бави генерализацијом знања на основу претходног искуства, уопштавањем закључака стеченог на ограниченом броја узорака. Искуство је представљено узорком података који се обично назива тренинг скуп, па на основу тог скупа, алгоритми машинског учења граде математички модел способан да предвиђа или доноси одлуку [93].

Често предвиђања нису довољна сама по себи, јер могу бити погрешна па се приступа евалуацији модела, то јест утврђивању његовог квалитета. Евалуација модела може да се посматра из два угла, први се односи на моћ предвиђања, док се други односи на склоност ка претренирању. Претренираност подразумева ситуацију у којој се модел у великој мери прилагодио тренинг скупу, то јест узорку на којем се обучавао. Ово се лако уочава уколико модел показује лошије резултате приликом предвиђања на новом, до тада невиђеном скупу података који се обично назива тест скуп. Да би се прецизније дефинисало колика је моћ предвиђања модела уведене су разне евалуационе метрике, које зависе од саме природе проблема [93].

Машинско учење се може поделити у три групе алгоритама: надгледано учење (*енг. supervised learning*), ненадгледано учење (*енг. unsupervised learning*) и учење са поткрепљивањем (*енг. reinforcement learning*) [94]. Надгледано учење подразумева постојање циљног атрибута који се предвиђа. Примена алгоритама надгледаног учења је широко распрострањена у различитим индустријама. Ненадгледано учење, са друге стране, нема циљни атрибут који је потребно предвидети. Овај вид учења се бави проналажењем неке врсте структуре у подацима, а методе које на тај начин уче су обично направљене полазећи од конкретне врсте структуре која се тражи [94]. Учење са поткрепљивањем јесте учење које се одвија у више етапа, где се модел награђује након сваке етапе уколико је преузео тачан потез. Примена овог учење углавном је присутна у индустрији игара [95].

#### 7.1.1. Вештачке неуронске мреже

Вештачке неуронске мреже (*енг. Artificial Neural Networks - ANN*) представљају најпопуларнију и најпримењенију методу машинског учења чије су примене многобројне и свакодневно померају домете вештачке интелигенције и рачунарства. Вештачке неуронске мреже се обучавају кроз искуство, баш као што функционише и учење људи.

Сама реч „вештачке“ показује да је инспирација за структуру и логику рада ових мрежа настала покушајем имитације рада природних неуронских веза.

За реализацију првих вештачких неуронских мрежа довољне су биле анатомска грађа и физиолошке функције мозга, које дају информације о структури, начину преноса импулса и меморисању жељених догађаја [96, 97].

Овако сложен систем одлуке доноси на бази одређене логике, али и искуства које је добијено у различитим фазама учења [98, 99, 100, 101, 102]. У фазама учења неуронска мрежа користи памћење да меморише одређене податке од интереса и да у конкретної ситуацији, на бази тог знања, одређених правила, донесе коначну одлуку [103].

Поред вештачких неуронских мрежа, постоје и разни други напредни системи који имају својство да решавају проблеме на основу правила која нису довољно чврсто постављена, као што су фази логика, генетски алгоритми, адаптивне меморије, асоцијативне меморије и слично.

### 7.1.2. Развој вештачких неуронских мрежа

Од када су амерички научници Ворен Макалох (*Warren McCulloch*) и Волтер Питс (*Walter Pitts*) 1943. године представили математички модел биолошког неурона, креће развијање вештачких неуронских мрежа [102, 104, 105]. Након тога велики број истраживача прихвата нову дисциплину. Циљ развоја вештачке неуронске мреже јесте покушај да се разуме и симулира рад људског мозга, у смислу детекције надражаја (сигнала), преноса истог, поступка доношења одлука и начина памћења, односно заборављања [102]. Применом вештачких неуронских мрежа покушава се направити систем који је способан да учи и доноси интелигентне одлуке као човек [102, 106, 107].

Око 1950. године амерички психолог Френк Розенблат (*Frank Rosenblatt*) проналази једнослојну неуронску мрежу познату под називом перцептон (*eng. perceptron*) [97, 108]. Заједно са Чарлсом Вајтменом (*Charles Wightman*) 1958. године Розенблат је развио први неурорачунар, тачније направили су алгоритам за препознавање шаблона, који је заснован на двослојној мрежи користећи основне математичке операције сабирање и одузимање.

Седамдесетих година појављују се самоорганизујуће мреже, њихове побољшане верзије, додатни слојеви за перцептоне, то јест за алгоритам надгледаног учења бинарних класификатора, где бинарни класификатор представља функцију која одлучује да ли улаз припада некој одређеној класи [97, 102].

Осамдесетих година прошлог века амерички научник Џон Хопфилд (*eng. John Hopfield*) прави велики допринос повезујући неуронске мреже са физичким системима и величинама. Барт Коско (*Bart Kosko*) амерички професор електротехнике деведесетих година прошлог века доказује да неуронске мреже и фази логика дефинишу исту групу проблема чиме се започиње интезивна примена ове логике у рачунарским системима. Тих година сви већи амерички универзитети уводе у наставу изучавање вештачких неуронских мрежа. Данас скоро да нема области где се примењује вештачка интелигенција, а да није анализирана примена вештачких неуронских мрежа [97, 109, 110, 111].

Развијањем вештачких неуронских мрежа постало је могуће решити проблеме који пре нису били решиви. Примена самих вештачких неуронских мрежа је велика. Неке од примена су: у финансијама (предвиђање на берзи, кредитни рејтинг, прогноза цена, процена власништва), у медицини (медицинске дијагнозе, откривање медицинских феномена, процена дужине лечења пацијента), у продаји и маркетингу (прогноза продаје), индустрији (управљање процеса, контрола квалитета), у науци и

образовању (моделирање физичких система, предвиђање успеха студената), у рударству (моделу везани за процес минирања, модели везани за процену утицаја рударских радова на животну средину, одређивање расположивости рударске механизације), у осталим делатностима (спортско клађење, развој игрица, прогноза времена...).

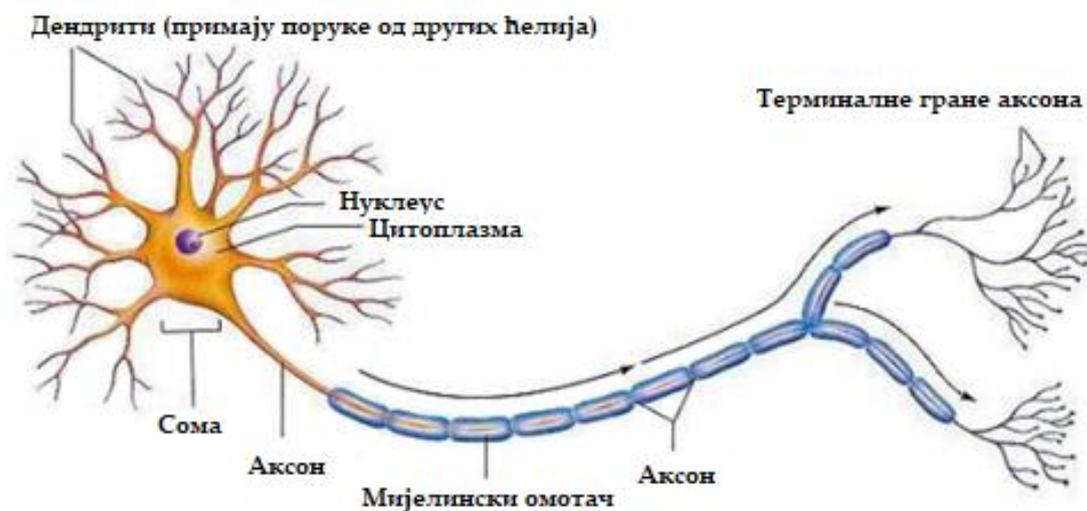
### 7.1.3. Развој модела вештачких неуронских мрежа

Развој модела вештачких неуронских мрежа представља сложен процес који обухвата следеће кораке [112] :

1. Одређивање улазних и излазних величина.
2. Избор система за генерисање потребних улазно/излазних података за обуку, валидацију и тестирање перформанси неуронске мреже.
3. Генерисање довољног броја улазно/излазних података.
4. Претпроцесирање експерименталних података.
5. Избор вештачке неуронске мреже, архитектуре и типа активационих функција.
6. Избор алгоритма учења, типа машинског учења (надгледано или ненадгледано).
7. Тренирање, обучавање мреже (оптимизација параметара вештачке неуронске мреже).
8. Валидација квалитета обучености мреже.
9. Тестирање „перформанси“ добијених модела.

### 7.1.4. Основни појмови

**Неурон** представља основну компоненту вештачке неуронске мреже и као такав има своје улазне аргументе и излазни аргумент. Код биолошког неурона улази су дендрити. Биолошки неурони имају велики број дендрита и они се са неуроном спајају преко синапси. Аксон представља неуронски излаз, који се даље грана на аксонске огранке, којима се информације даље прослеђују новим дендритима. Биолошки неурон и међусобна повезаност неурона приказана је на слици 7.1.



Слика 7.1. Биолошки неурон (структура)[97]

У уџбенику *Neural Networks and Learning Machines* [113] професора Сајмона Хејкина (Simon Haykin)  $k$ -ти вештачки неурон дефинише на следећи начин:

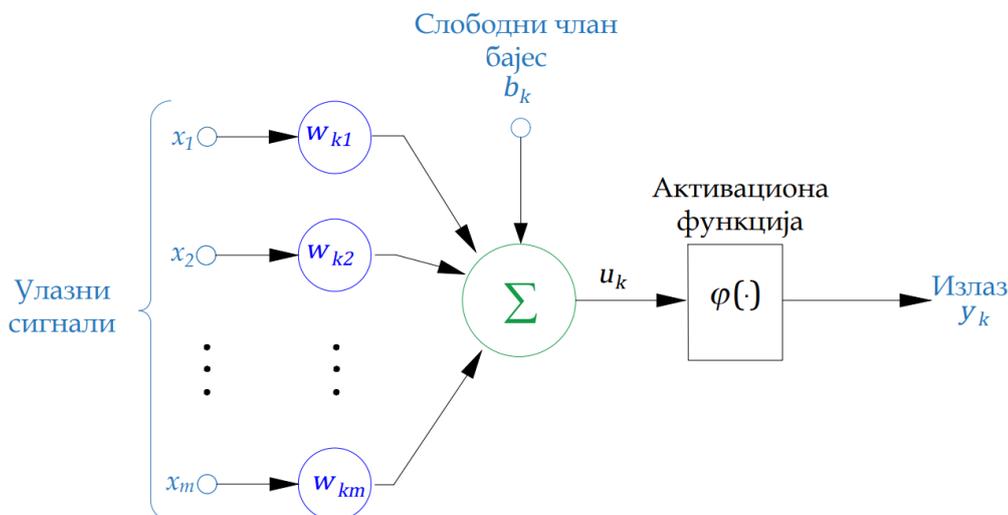
$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{k,j} x_j \quad (7.1)$$

и

$$y_k = \varphi(u_k + b_k) \quad (7.2)$$

Неурон као улазне аргументе прима улазне сигнале  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . Са  $u_k$  је означена линеарна комбинација улазних аргумената  $x_1, x_2, \dots, x_m$  са одговарајућим коефицијентима  $w_{k,1}, w_{k,2}, \dots, w_{k,m}$  које називамо и тежинама неурона. Слободни члан или бајес (bias)  $b_k$  представља вредност која се додаје на линеарну комбинацију  $u_k$  пре примене активационе функције.

На слици 7.2. приказан је вештачки неурон.



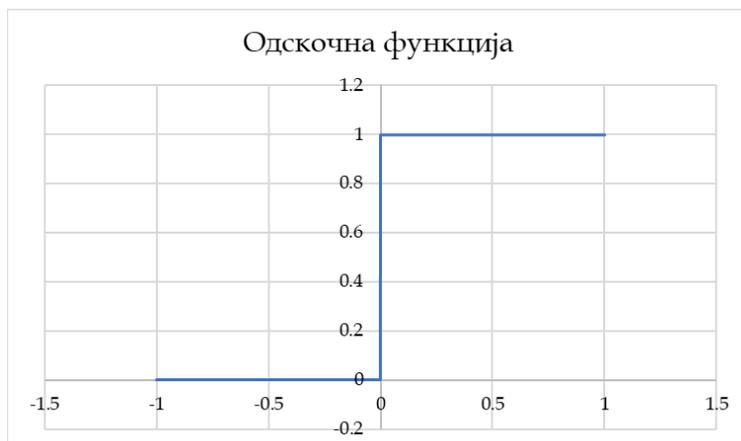
Слика 7.2. Вештачки неурон [113]

**Активациона функција неурона** представља математичку функцију којом неурон, уколико реагује на информацију коју је добио, мења улазни сигнал, и као такав га предаје осталим неуронима. Дефинише се на улазу у саму мрежу и директно зависи од проблема који се решава. У савременим вештачким неуронским мрежама, за функције преноса се најчешће користе [100, 102, 114, 115]:

- одскочна (Хевисајдова) функција,
- ReLu функција,
- логичке функције са прагом,
- сигмоидне функције,
- експоненцијалне функције.

*Одскочна (Хевисајдова) функција* је функција чија се вредност у тренутку  $t$  промени са вредности 0 на 1. Промена се посматра као тренутна и као таква не може се у потпуности реализовати реалним системима. Стањима 0, односно 1, симболично се означава стање неурона као неактивно, односно активно. Модел са овом функцијом се први пут појавио 1943. године у раду америчких научника Мекалека (*Warren McCulloch*) и Питса (*Walter Pitts*). Показало се да овај модел представља скромно али за неке проблеме ефикасно решење, нарочито ако се има у виду поједностављење математичког модела употребом одскочне функције [102].

$$g(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (7.3)$$

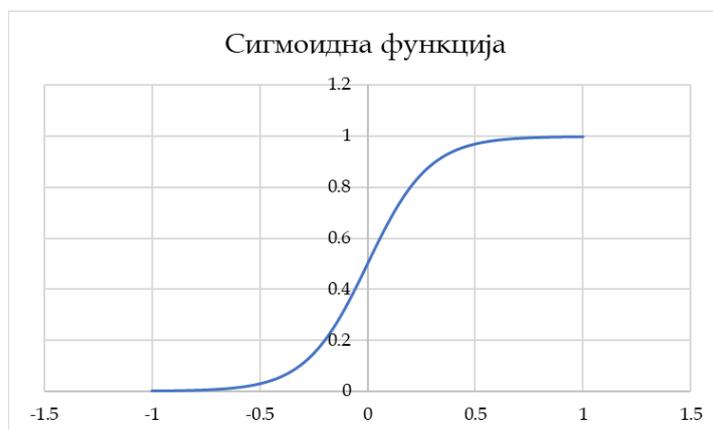


Слика 7.3. Графички приказ активационе функције одскочног типа

Сигмоидна функција, слика 7.4. Сигмоидна функција је дефинисана са:

$$g(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (7.4)$$

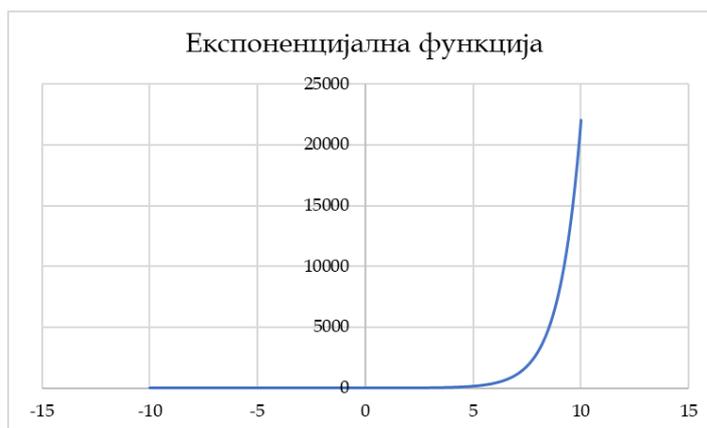
Њена најважнија карактеристика је да се променом параметра  $\alpha$  мења нагиб криве, па на тај начин долази до директне модификације излазног сигнала. Тиме се активација једног неурона чини динамичном, а самим тим и способном да, у различитим почетним условима, креира различите излазне сигнале [102].



Слика 7.4. Графички приказ активационе функције сигмоидног типа

Експоненцијална функција. Експоненцијална функција дефинише се на следећи начин:

$$g(x) = e^x \quad (7.5)$$



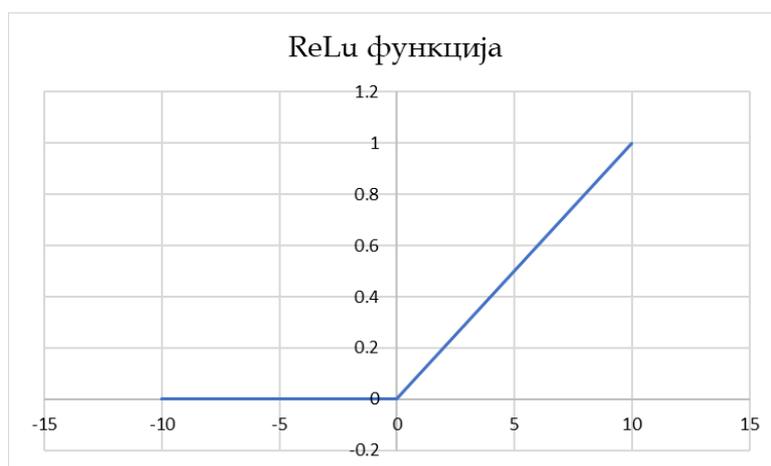
Слика 7.5. Графички приказ активационе функције експоненцијалног типа

*ReLU функција* је функција која је једноставнија за имплементацију и мање захтевна у рачунском смислу, јер само треба имплементирати линеарну функцију, за разлику од сигмоидне и  $\tanh$  функције, које се рачунају сложеније. Примећено је велико побољшање перформанси у односу на сигмоидну и  $\tanh$  активацију у пракси [116, 117]. Претпоставља се да је узрок то што ReLu функција има линеарну форму која се не засићује, то јест нема хоризонталну асимптоту у 1, за разлику од сигмоидне и  $\tanh$  функције.

Са друге стране постоји шанса да се ReLu неурони током тренинга „угасе“ или „умру“ (енг. *dead neurons*), то јест да пређу непоправљиво у стање где је излаз увек 0, због тога што је функција константна лево од нуле, па је градијент 0. Овај проблем се превазилази добрим иницијализовањем мреже, као и довољно малим кораком учења [116].

*ReLU функција* дефинисана је на следећи начин:

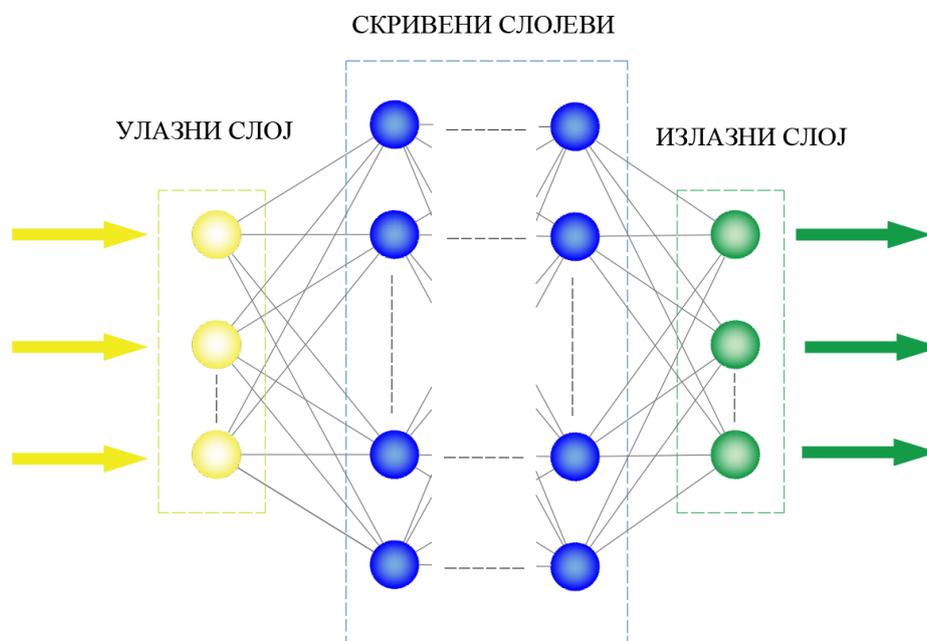
$$g(x) = \begin{cases} x, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (7.6)$$



Слика 7.6. Графички приказ активационе функције ReLu типа

**Архитектура мреже** представља начин везивања неурона у целој мрежи. Због великог броја неурона, свака мреже организована је у слојеве [97, 118]. Сваки слој је целина за себе и неурони унутар једног слоја обављају тачно одређену функцију. Сви слојеви су повезани међусобно. Излази једног слоја су улази следећег. Вештачке неуронске мреже се класификују у три слоја: улазни, скривени и излазни слој [97, 98, 115]. Најчешће су неурони улазног слоја означени са  $i$  (енг. *input*), скривеног са  $h$  (енг.

*hidden*) и излазног са *o* (енг. *output*). Улазни и излазни слој представљају слојеве којима се улазни подаци уводе или узимају из мреже док скривени слој представља слој који се налази између улазног и излазног слоја и помоћу кога се тражена функција реализује. Овај слој може имати више подслојева у зависности од потребе и комплексности мреже [97]. На слици 7.7. приказан је пример архитектуре вештачке неуронске мреже.



Слика 7.7. Архитектура неуронске мреже

### 7.1.5. Тренирање (учење) вештачке неуронске мреже

Тренирање вештачке неуронске мреже се постиже минимизацијом функције грешке. Избор функције грешке вештачке неуронске мреже зависи од типа података и од типа и инстанце проблема који се решава.

Функција грешке је функција облика  $l(y, \hat{y})$ , где је  $y$  стварна вредност, а  $\hat{y}$  вредност предвиђена моделом, очекивана. Функција грешке  $l(y, \hat{y})$  углавном зависи од резидуала  $r = y - \hat{y}$ , па је уобичајено представљање у облику  $l(y, \hat{y}) = l(r) = l(y - \hat{y})$  [116, 119].

У пракси најчешће коришћене функције грешке су *RMSE* и *MAE*.

Квадратни корен средње вредности квадрата *RMSE* (енг. *Root Mean Square*) се дефинише на следећи начин:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad (7.7)$$

где су  $y_1, y_2, \dots, y_n$  стварне вредности, а  $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n$  вредности предвиђене моделом.

Средња апсолутна грешка *MAE* (енг. *Mean Absolute Error*) представља меру грешке између упарених опсервација које изражавају исти феномен и дефинише се на следећи начин:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (7.8)$$

где су  $y_1, y_2, \dots, y_n$  стварне вредности, а  $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n$  вредности предвиђене моделом.

Пожељно је да вредности функција грешака буду што мање како би вештачка неуронска мрежа била тачнија (имала већу моћ предвиђања). Да би се избегла претренираност мреже, предвиђање се тестира након сваког циклуса подешавањем тежина (ероћа) на одвојеном тесту података (валидационом скупу података) [120]. Процес тренирања се зауставља када се добије минимална грешка при валидацији.

Претренираност модела наступа у оним случајевима када се модел „превише“ прилагоди подацима на којима је обучаван. Другим речима, то су они случајеви када модел изузетно добро предвиђа вредности за оне податке који су коришћени у процесу његове израде, али његове перформансе значајно опадају када се предвиђају вредности за податке који нису коришћени у процесу израде модела.

Тежине се углавном оптимизују коришћењем градијента грешке. Тренинг вештачке неуронске мреже се врши помоћу пропагације унатраг. Пропагација унатраг (*eng. backpropagation*) је начин израчунавања градијента вештачке неуронске мреже у односу на тежине помоћу рекурзивне примене правила извода сложене функције.

Интуитивно, од улаза се подаци трансформишу кроз слојеве све до излаза, и тај процес се назива пропагација унапред (*eng. feedforward*), а затим се парцијални изводи пропагирају уназад кроз слојеве. Излаз се рачуна помоћу функција које су задате архитектуром мреже, а затим се парцијални извод рачуна тако што се правилном извода сложене функције надовезује парцијални извод на парцијални извод из следећег слоја [116, 121].

Уобичајени начин за минимизацију грешке тренинга је ажурирање параметара (тежина веза) супротно од смера градијента. Градијент је вектор који садржи парцијалне изводе функције по свим димензијама улазних променљивих. Градијент такође описује правац максималног раста функције, па се приликом минимизације иде у супротном смеру [116].

Уколико се неким дендритом шаље више информација неурону, тежински коефицијент синаптичке везе тог дендрита је све већи, и обрнуто (што одговара биолошким неуронским мрежама и Хебовом учењу (*eng. Hebb*)). На овај начин неурон учи са које стране се појављује информације од значаја и који „пут их доноси“.

Уколико се неким путем скоро никад не шаљу информације он полако „ишчезава“, чиме се његов значај смањује и све је мања вероватноћа да ће се појава неке информације у њему моћи да промени коначну одлуку. Екситацијом или инхибицијом неких веза међу неуронима прави се разлика између мање-више битних информација, добро или погрешно научених или слично. Човек своје искуство и знање стиче целог живота, на тај начин све више учвршћује везе које дефинишу информације од интереса, док процес заборављања подразумева слабљење или уништење неуронских веза за слабо коришћене податке.

Код вештачких неуронских мрежа обучавање се врши скупом улазних параметара у зависности од проблема који се решава [122, 123]. Овај скуп треба да буде

што је већи могућ, да би мрежа имала више прилике да пронађе законитости и да сличности ојача синаптичким тежинама. Из тог разлога овај скуп се често назива тренинг скупом, и требало би да садржи све репрезентативне узорке за које се мрежа жели обучити. Изостављање неког узорка може произвести да мрежа није у стању да на одговарајући улазни сигнал одреагује како треба, или да се делимично прилагоди и покуша да „разуме“ шта се од ње заправо тражи. Због реалне претпоставке да се никад не може направити такав тренинг скуп који би садржао све могуће комбинације, а нарочито за сложене проблеме који се решавају, процедура учења, одабир тренинг скупа и начин контроле резултата у току рада, има велику улогу у раду мреже. Како се ови кораци подводе под фазу учења, директно се намеће став о важности и софистицираности ове фазе у креирању вештачке неуронске мреже [97, 124].

Сваки пут током тренирања мреже кад се пар прикаже мрежи, излаз који предвиђа мрежа се упоређује са жељеном вредношћу излаза, и на основу одступања (грешке) мрежа подешава тежине све док се не добије жељена вредност. Овај процес је итеративан. Број ових процеса представља број епоха (*енг. epoch*). Ова процедура тренирања се зове правило учења поновног проласка грешке. Алгоритам поновног проласка грешке покушава да нађе минималну грешку у области тежине користећи приступ поступног смањења (*енг. Gradient Descent*) [120].

Стопа учења (*енг. Learning Rate*) представља величину корака у којима алгоритам мења тежине. Овај параметар у великој мери одређује напредак процедуре обучавања (тренирања). Ако се за стопу учења постави ниска вредност тежине конвергирају ка оптималним условима тачно али спорије, и постоји могућност да мрежа остане заглављена у локалном минимуму. Уколико је са друге стране постављена висока стопа учења, систем превише осцилује. Уводи се појам моментум, како би се осциловање ублажило [120].

Досадашња искустава из праксе показују да се стопа учења може кретати, зависно од конкретног проблема у опсегу од 0.001 до 10.

#### 7.1.6. Класификација вештачких неуронских мрежа

Вештачке неуронске мреже могу се класификовати неколико категорија сходно параметру по коме се класификација врши. Неки од параметара који фундаментално утичу на организацију и рад мреже су [97, 100, 124, 125, 126, 127]:

- број слојева (једнослојне, вишеслојне вештачке неуронске мреже),
- врста веза између неурона (слојевите, потпуно повезане, лествичасте и целуларне),
- врста обучавања вештачких неуронских мрежа (обучавање са учитељем или надгледно обучавање (*енг. supervised training*), делимично надгледано обучавање и обучавање без учитеља или ненадгледано обучавање (*енг. unsupervised training*),
- смер простирања информација (простирање информација унапред (*енг. feedforward*)- често се у литератури користи термин и рекурентне мреже, простирање информација уназад (*енг. backward*)- у литератури се често називају рекурентне мреже),
- врста података која се обрађује.

За више информација о вештачким неуронским мрежама видети [128, 129, 130, 131, 132, 133].

## 7.2. Основе фази логике

Фази логика (*енг. Fuzzy logic*, у преводу: расплнута, непрецизна, нејасна, неодређена, маглопита и сл. логика) настала је на уопштавању класичне логике. За разлику од класичне логике, у којој одреднице имају јасно дефинисане вредности „тачно“ или „нетачно“, фази логика допушта да вредности одредница могу узимати извесне континуалне вредности између „тачно“ и „нетачно“ [134]. У класичној логици, уобичајено је да се припадност елемента означава са 1 или 0, у зависности од тога да ли елемент припада том скупу или не. Самим тим, границе припадности код ових скупова су јасно одређене. Код фази скупова припадност елемента неком скупу није бинарна вредност, већ она може имати „већу“ или „мању“ припадност, и као таква се креће у интервалу од 0 до 1 [135].

Математичар Лотфи Задех (*Lotfi A. Zadeh*) је у свом раду, под називом „Fuzzy sets“, 1965. године први увео појам фази логике. Кроз овај појам Задех је успео да повеже језик и интелигенцију користећи математику, па се фази логика често назива и умеће рачунања речима [6, 136]. С тим у вези, Задех је творац и принципа некомпатибилности који гласи:

*„Што се ближе посматра реалан проблем, његово решење постаје све више фази.“*

У годинама након тога теорија фази скупова је проналазила примену у многим процесима у којима влада неизвесност и вишезначност феномена којима су они одликовани јер фази логика има толеранцију за непрецизне податке, и као таква флексибилна је на подручја примене и представља интуитивну црту људског резонувања [19, 137].

Примена фази логике, фази алгебре, фази скупова присутна је у свим људским делатностима где је наука пронашла свој допринос. Фази логика представља део вештачке интелигенције. Концепт Industry 4.0 у великој мери се ослања на фази логичко закључивање у циљу формирања виртуалне реалности [136].

### 7.2.1. Основни појмови фази теорије

Нека је  $X$  универзални скуп, тада се фази скуп  $M$  се дефинише са [6, 138, 139]:

$$M = \{(x, \mu_M(x)) \mid x \in X\} \quad (7.9)$$

где је  $\mu_M$  функција припадности елемента  $x$  фази скупу  $M$ .

У случају када је  $X$  коначан скуп облика  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , уобичајено је да се фази скуп  $M$  представља као унија елемената  $x_1, x_2, \dots, x_n$  на следећи начин [6, 19, 136]:

$$M = \left\{ \frac{\mu_M(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_M(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_M(x_n)}{x_n} \right\}. \quad (7.10)$$

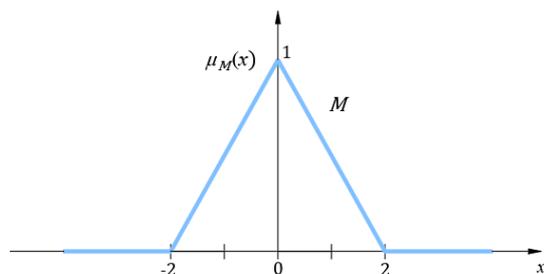
У случају када скуп  $X$  није коначан, фази скуп  $M$  се представља [6, 19, 136]:

$$M = \int_{x \in X} \frac{\mu_M(x)}{x}. \quad (7.11)$$

У класичној теорији скупова функције припадности  $\mu_M$  узима вредности 0 или 1 у зависности од тога да ли се одговарајући елемент налази у скупу  $M$  или не, то јест

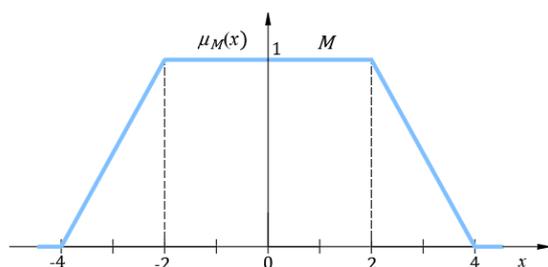
$$\mu_M(x) = \begin{cases} 1, & \text{ако и само ако } x \in M \\ 0, & \text{ако и само ако } x \notin M \end{cases} \quad (7.12)$$

Функција припадности  $\mu_M$  у теорији фази скупова представља ниво припадности елемента одређеном скупу  $M$  и као такав може да узме било коју вредност из затвореног интервала  $[0, 1]$ . Користе се различити типови функција за дефинисање припадности, а најчешће примењене су троугаона, трапезоидна, праволинијска, звонаста, Гаусова и сигмоидна. У наставку су приказане и дефинисане наведене коришћене функције [138, 139].



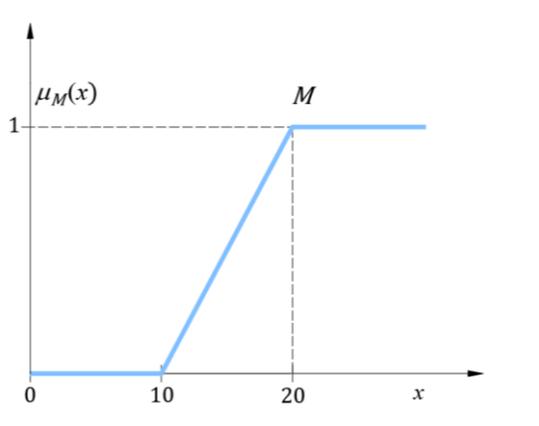
$$M = \int_{-2}^0 \frac{(2+x)}{2x} + \int_0^2 \frac{(2-x)}{2x} \quad (7.13)$$

Слика 7.8. Троугаона функција припадности



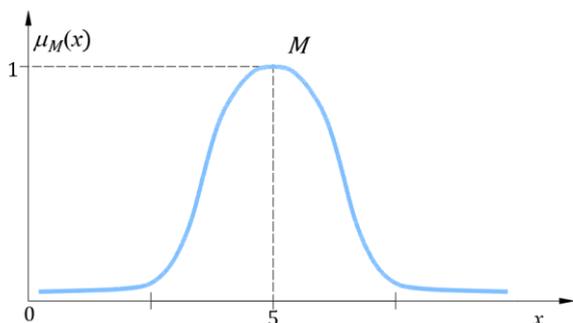
$$M = \int_{-4}^{-2} \frac{(4+x)}{2x} + \int_{-2}^2 \frac{1}{x} + \int_2^4 \frac{(4-x)}{2x} \quad (7.14)$$

Слика 7.9. Трапезоидна функција припадности



$$M = \int_0^{10} \frac{0.1 \cdot x}{x} + \int_{10}^{20} \frac{1}{x} \quad (7.15)$$

Слика 7.10. Праволинијска функција припадности



$$M = \int_x \frac{e^{-0.5 \cdot (x-5)^2}}{x} \quad (7.16)$$

Слика 7.11. Звонаста функција припадности

У наставку дефинишемо основне појмове фази скупова.

1. Висина  $\text{hgt}(M)$  фази скупа  $M$  се дефинише са:

$$\text{hgt}(M) = \sup_{x \in X} \mu_M(x), \quad (7.17)$$

при чему за коначне скупове  $X$  важи:

$$\text{hgt}(M) = \max_{x \in X} \mu_M(x). \quad (7.18)$$

Уколико је  $\text{hgt}(M) = 1$  за фази скуп  $M$  кажемо да је нормализован.

2. За фази скуп кажемо да је конвексан уколико за свако  $x_1, x_2 \in X$  и  $\lambda \in [0,1]$  важи:

$$\mu_M(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min\{\mu_M(x_1), \mu_M(x_2)\}. \quad (7.19)$$

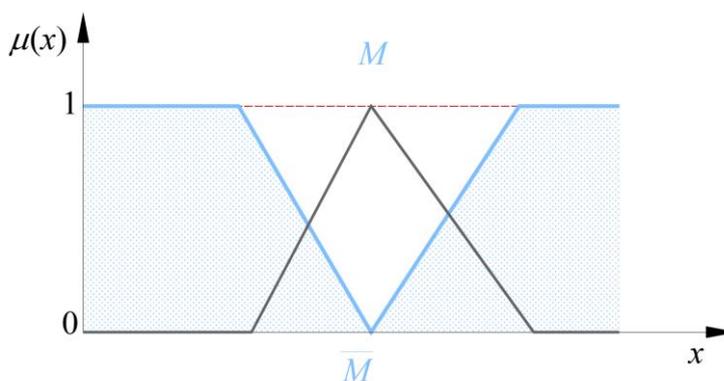
3. Број елемената, то јест кардиналност, фази скупа  $M$  над коначним универзалним скупом  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  је одређен са:

$$|M| = \mu_M(x_1) + \mu_M(x_2) + \dots + \mu_M(x_n). \quad (7.20)$$

У наставку дефинишемо основне операције над фази скуповима:

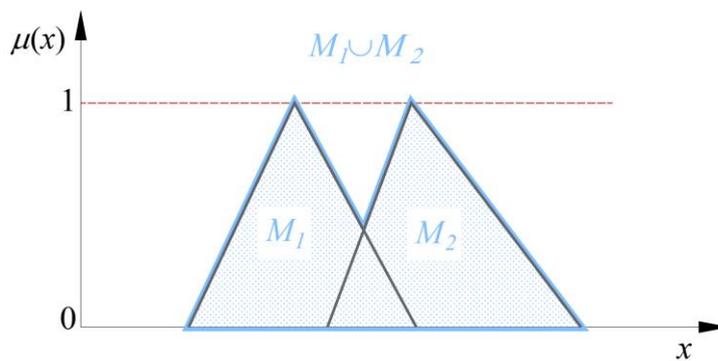
1. *Комплемент фази скупа  $M$*  јесте фази скуп код кога је функција припадности одређена са:

$$\mu_{\bar{M}}(x) = 1 - \mu_M(x). \quad (7.21)$$

Слика 7.12. Комплемент фази скупа  $M$ 

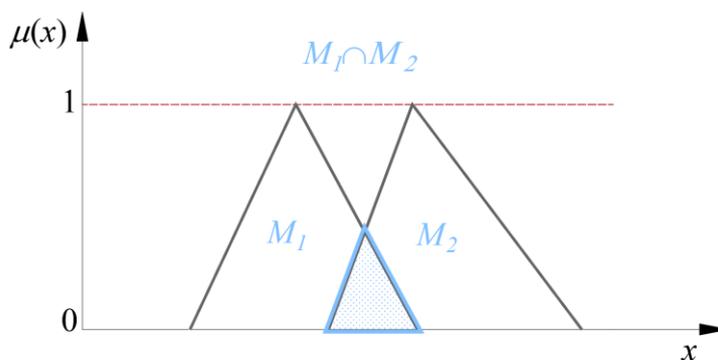
2. *Унија фази скупова  $M_1, M_2$*  јесте фази скуп код кога је функција припадности одређена са:

$$\mu_{M_1 \cup M_2}(x) = \max\{\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(x)\}. \quad (7.22)$$

Слика 7.13. Унија фазних скупова  $M_1$  и  $M_2$ 

3. Пресек фазних скупова  $M_1, M_2$  јесте фазни скуп код кога је функција припадности одређена са:

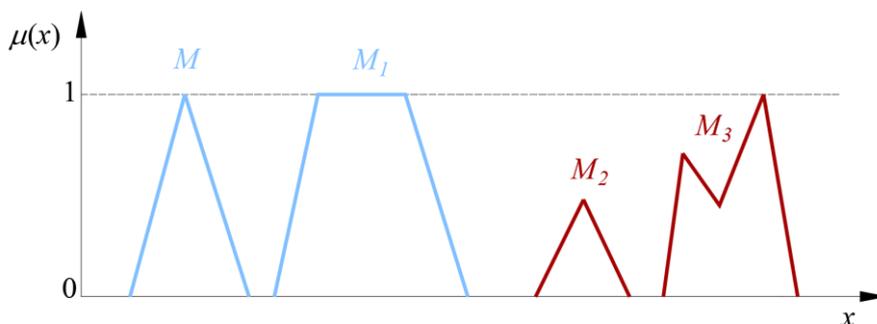
$$\mu_{M_1 \cap M_2}(x) = \min\{\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(x)\}. \quad (7.23)$$

Слика 7.14. Пресек фазних скупова  $M_1$  и  $M_2$

## Фази број

Фази број јесте један од основних концепата фази система. За фази скуп  $M$  над скупом реалних бројева кажемо да је један фази број ако је одговарајућа функција припадности  $\mu_M$  конвексна, нормална и део по део непрекидна [136, 138].

На слици 7.15. приказани су фази скупови који испуњавају услове да буду фази бројеви и они који то не испуњавају.



Слика 7.15. Фази скупови који јесу ( $M$  и  $M_1$ ) и који нису фази бројеви ( $M_2$  и  $M_3$ )

## Лингвистичка вредност и лингвистичка променљива

Важан концепт у фази логици представљају лингвистичке променљиве (енг. *linguistic variable* - LV) са кључном улогом у домену фази експертских система и многих других апликација. За променљиву кажемо да је лингвистичка променљива уколико су њене дозвољене вредности речи природног језика и назива се фази променљивом. Основној лингвистичкој вредности често се додају лингвистички модификатори (веома, добро, средње, прихватљиво и сл.) и везници (и, или и др.) тако да се добијају сложени лингвистички изрази. Лингвистичким променљивим могу да се доделе једна или више лингвистичких вредности које се повезују са нумеричким вредностима преко функције припадности и класе [140].

Лингвистички модификатори и везници дефинишу се у зависности од намене и употребе. У вези са тим треба бити врло опрезан јер при комбиновању лингвистичке променљиве и модификатори могу изгубити своју основну улогу с обзиром на језичке манипулације и двосмисленост појмова. Овај проблем се решава дефинисањем фази променљивих (давањем назива фази скуповима) на начин који најбоље описује посматране феномене.

Деловање лингвистичких модификатора на функцију припадности јесте произвољно и може се класификовати на следећи начин [141]:

- јак модификатор (појачава значење функције припадности при чему се смањује број елемената у том фази скуп),
- слаб модификатор (слаби функцију припадности при чему се повећава број елемената у том фази скуп),
- једнако дејство (додатно слаби функцију припадности).

Избор модификатора који иду уз лингвистичке променљиве зависи од њихове даље употребе. Често се користи велики број различитих модификатора. Основни недостатак примене великог броја модификатора и везника односи се на језичке манипулације првенствено са аспекта двосмислености. Сложеним комбиновањем се

може изгубити основна улога функција припадности. Препорука је да се дефинишу фази скупови (називи), тако да најбоље апсорбују анализирани феномен [6, 19].

Приказивање лингвистичких вредности врши се у поступку фази пропозиције која представља најзахтевнији корак у формирању коначне оцене на бази фази скупова и то због комплексности систематизовања знања, искуства, измерених вредности и слично.

#### Фази релације

Фази релације описују непрецизне односе између две величине. Наиме, нека су  $X$  и  $Y$  два универзална скупа. Тада је бинарна фази релација  $R$  дефинисана са:

$$R = \{(x, y), \mu_R(x, y) \mid (x, y) \in X \times Y\}, \quad (7.24)$$

где је  $\mu_R(x, y)$  дводимензионална функција припадности [19, 142].

Најчешће коришћене бинарне фази релације су:

- $x$  је близу  $y$  (бројеви),
- $x$  зависи од  $y$  (догађаји),
- $x$  личи на  $y$  (објекти),
- ако је  $x$  велико у је мало (управљање, фази системи закључивања) [19].

#### Композиције фази релација

Фази композиција представља начин комбиновања две или више фази релација у једну и као таква се може посматрати као процес креирања нове фази релације на основу датих фази релација.

„Генерално посматрано, фази композиција је свеобухватног карактера јер представља поступак интеграције и синтезе парцијалних утицаја. Продукт може, али не мора да има својство комутације. У том смислу може али не мора бити дефинисан редослед чланова производа. У зависности од жељене функције циља дефинише се исход композиције [19, 143]:

Најзаступљеније методе композиције фази релација су: MAX-MIN, MIN-MAX, MAX-PROIZVOD и IF-THEN.

Једна од најчешће примењиваних композиција јесте MAX-MIN фази композиција која се назива и песимистичка фази композиција јер из скупа најлошијих комбинација исхода, проналази најбоље могуће решење [6, 19].

Композиција max-min типа две бинарне фази релације  $R \in F(X \times Y)$  и  $S \in F(Y \times Z)$  је нова бинарна фази релација  $R \circ S \in F(X \times Z)$ .

$$\mu_{R \circ S}(x, z) = \max_{y \in Y} \{ \min \{ \mu_R(x, y), \mu_S(y, z) \} \mid (x, z) \in X \times Z \}. \quad (7.25)$$

Ова композиција назива се и MAX-MIN производ, јер у матричном облику рачунање подсећа на матрично множење са разликом у томе да се множење и сабирање мењају са  $\vee$  и  $\wedge$ , респективно [19, 136].

Композиција која је супротна MAX-MIN композицији јесте MIN-MAX фази композиција. Ова композиција назива се још и оптимистичка композиција јер из скупа најбољих могућих исхода налази најлошије [19, 143]. Поменути композиција има следећи облик:

$$\mu_{R \circ S}(x, z) = \min_{y \in Y} \{ \max\{\mu_R(x, y), \mu_R(y, z)\} \mid (x, z) \in X \times Z \}. \quad (7.26)$$

Фази композиција IF-THEN (ако-онда) је позната и под називом фази импликација или логички оператор, и као таква представља један од основних облика фази композиције. Ова композиција се често приказује у облику „Ако је  $a$  вредност  $X$ , онда је  $b$  вредност  $Y$ “ где су  $X$  и  $Y$  лингвистички описане вредности над извесним универзалним скуповима. У оваквој поставци израз „ $a$  је вредност  $X$ “ чини претпоставку која претходи, док у односу на њу доносимо закључак „ $b$  је вредност  $Y$ “ [19]. Другим речима, „Ако је испуњен скуп услова, онда се може произвести последица“ [19, 142].

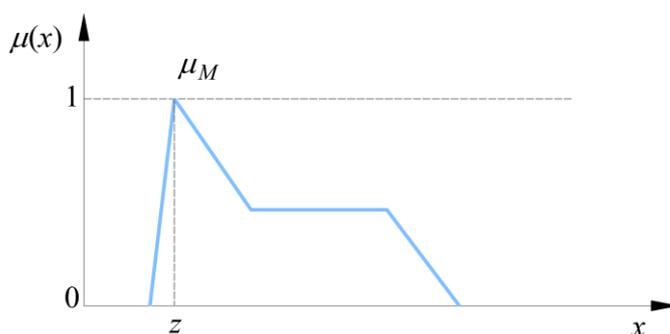
### Дефазификација

Дефазификација представља процес превођења резултата фази модела у реалан број. Овај процес има јако битну улогу јер су „резултати фази закључивања јаснији и међусобно упоредиви ако се претворе у реалан број“ [19, 144].

У наставку наводимо методе дефазификације које се најчешће примењују. За више информација погледати [19, 139, 142, 145].

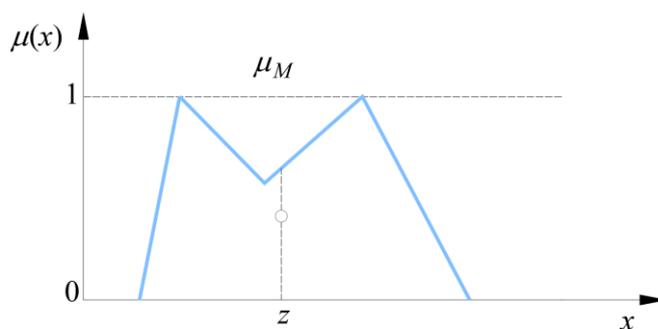
- Метода принципа максималне функције припадности (*енг. Max-membership principle*) [19] која за оцену узима онај реални број  $z$  за који се достиже максимална вредност функције припадности  $\mu_M$  решења фази скупа  $M$ . Другим речима, то је број  $z$  за који важи:

$$\mu_M(z) \geq \mu_M(x) \text{ за свако } x \in X. \quad (7.27)$$



- Метода тежишта (*енг. Centroid method*) [19, 144, 145] или метода центра површи јесте метода која је највише заступљена и која за оцену узима онај реални број  $z$  за који важи:

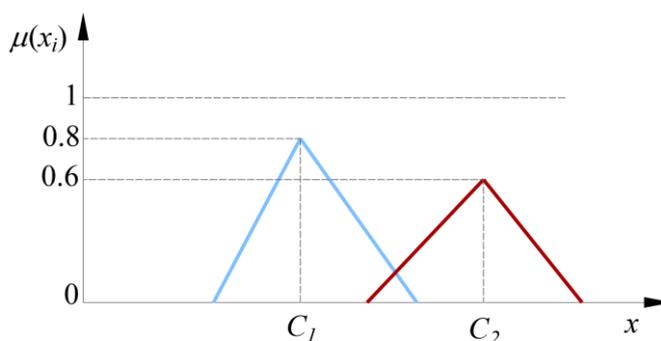
$$z = \frac{\int \mu_M(x)x}{\int \mu_M(x)}. \quad (7.28)$$



- Метода средње пондерисане вредности (енг. *Weighted average method*) или „Сугено дефазификација“ се користити само за симетричне функције припадности и за оцену узима онај реални број  $z$  за који важи:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{C_i}(x_i) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{C_i}(x_i)} \quad (7.29)$$

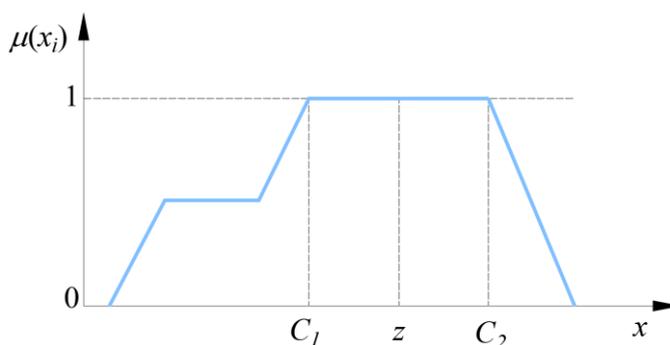
Приметимо да у овом случају „свака функција припадности пондерише се својом максималном вредношћу скупа“ [19, 144, 145].



- Метода средње вредности максимума (енг. *Mean-max membership*) [19, 144, 145]  
Ова метода се ослања на тренутне максималне функције припадности које не морају бити јединствене. Могу бити представљене као опсег или тачка [19].

$$z = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (7.30)$$

где су  $C_1$  и  $C_2$  почетна и крајња тачка опсега максималне функције припадности.



### 7.3. Неуро-фази систем (енг. ANFIS-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)

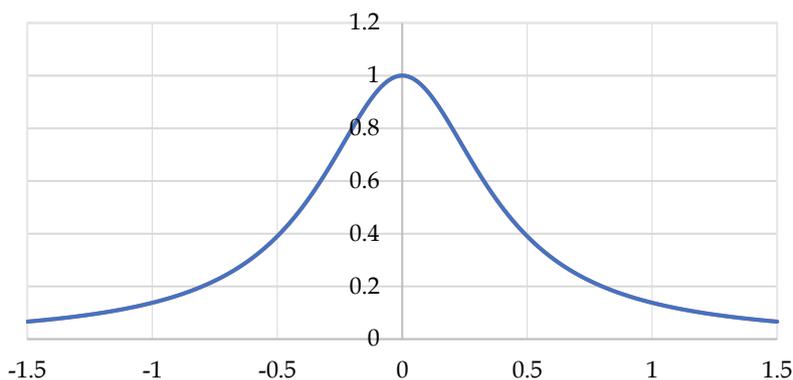
ANFIS системи представљају синергију вештачких неуронских мрежа и фази логике (фази систем закључивања). Предност ових система огледа се у комбинацији позитивних особина вештачке неуронске мреже (способност учења) и фази логике (коришћење експертског знања).

Сама структура ANFIS система је слична структури вештачких неуронских мрежа, где се на основу улазно-излазног скупа података формира одговарајући фази систем закључивања и израчунавају параметри функција припадности. Структура ANFIS модела састоји се из пет слојева (слика 7.19.).

У првом слоју се се врши трансформација улазних података у систем одговарајућих фази скупова. Уобичајено је да се функције припадности дефинишу са звонастом функцијом (енг. *Bell-shaped membership function*) [55]:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-a}{b}\right)^2}. \quad (7.31)$$

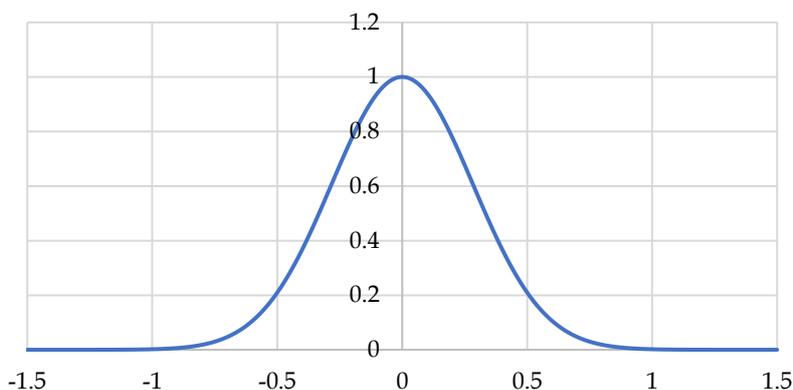
Звонаста функција

Слика 7.16. Звонаста функција  $a = 0$  и  $b = 1$ 

Гаусовом функцијом (енг. *Gaussian membership function*):

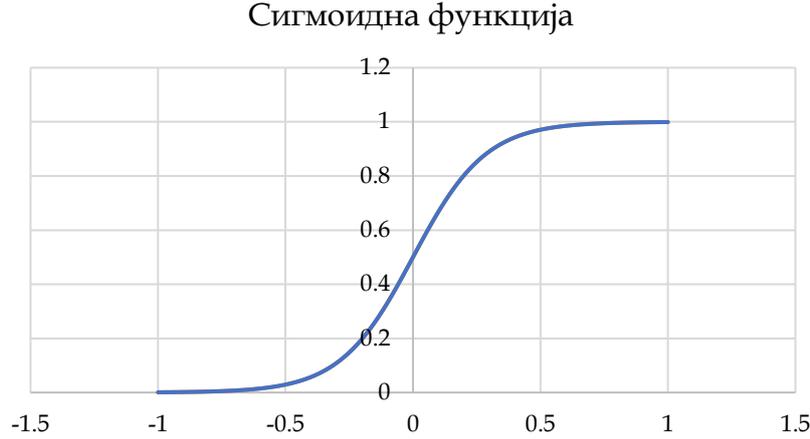
$$\mu_A(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2\right]. \quad (7.32)$$

Гаусова функција

Слика 7.17. Гаусова функција  $a = 0$  и  $b = 1$ 

или сигмоидном функцијом (енг. *Sigmoid membership function*):

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + \exp(-ax + b)} \quad (7.33)$$



Слика 7.18. Сигмоидна функција  $a = 1$  и  $b = 0$

где су  $a$  и  $b$  реални параметри и  $b \neq 0$  које је потребно проценити. Сходно томе, излазни подаци првог слоја су одређени са:

$$O_{1d,i} = \mu_{A_{d,i}}(x), \quad i = 1, 2, 3, \quad (7.34)$$

где је  $x$  улазни аргумент првог слоја, а  $(A_{d_1}, A_{d_2}, A_{d_3})$  одговарајуће лингвистичке променљиве које одговарају фази скупу  $d$ .

Следећи слој ANFIS модела комбинује излазне аргументе претходног слоја, па су излазни подаци одређени са:

$$O_{2,d_1,d_2,i,j} = \omega_{2,d_1,d_2,i,j} = \mu_{A_{d_1,i}}(x) \cdot \mu_{A_{d_2,j}}(y), \quad i, j = 1, 2, 3. \quad (7.35)$$

Наредни слој обухвата процес нормализације вредности добијених у другом слоју па су излазни подаци одређени са:

$$O_{3,d_1,d_2,i,j} = \bar{\omega}_{d_1,d_2,i,j} = \frac{\omega_{d_1,d_2,i,j}}{\sum_{d_1 \neq d_2} \sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^3 \omega_{d_1,d_2,i,j}}, \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (7.36)$$

Следећи слој јесте слој који комбинује нормализоване вредности из претходног слоја и полиноме првог реда. Наиме, важи следећа једнакост:

$$O_{4,d_1,d_2,i,j} = \bar{\omega}_{d_1,d_2,i,j} f_{d_1,d_2,i,j} = \bar{\omega}_{d_1,d_2,i,j} (p_{d_1,d_2,i,j}x + q_{d_1,d_2,i,j}y + r_{d_1,d_2,i,j}), \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (7.37)$$

У последњем слоју се врши сабирање нормализованих вредности претходног слоја користећи следећу формулу:

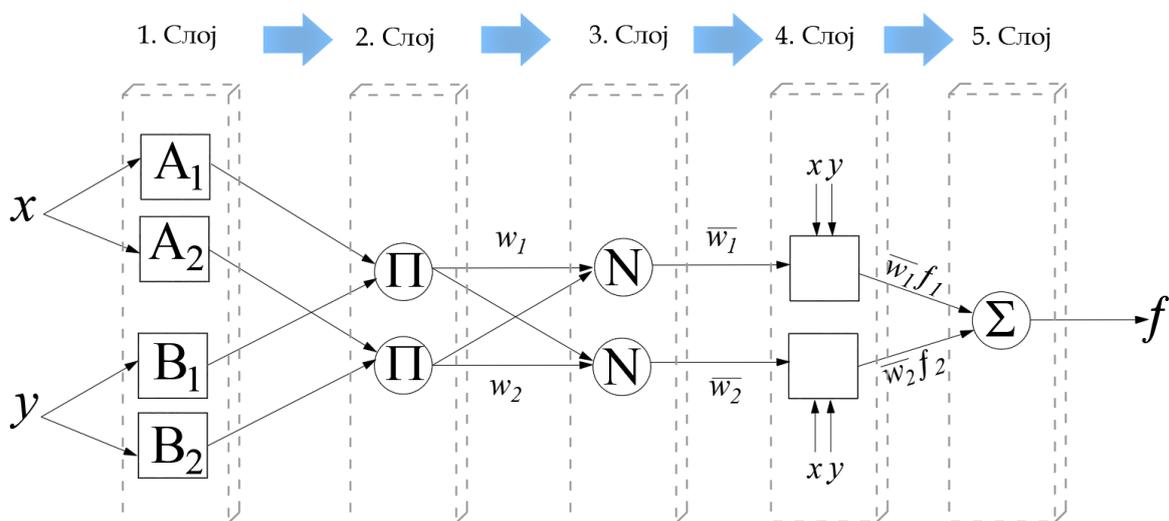
$$O_{5,d_1,d_2,i,j} = \sum_{i,j,d_1,d_2} \bar{\omega}_{d_1,d_2,i,j} f_{d_1,d_2,i,j} = \frac{\sum_{d_1,d_2,i,j} \omega_{d_1,d_2,i,j} f_{d_1,d_2,i,j}}{\sum_{d_1,d_2,i,j} \omega_{d_1,d_2,i,j}} \quad (7.38)$$

На слици 7.19. дат је приказ ANFIS слојева.



Слика 7.19. ANFIS слојеви [55]

На слици 7.20. приказана је архитектура ANFIS модела.



Слика 7.20. Архитектура ANFIS модела [55, 56]

Код ANFIS модела за опис АКО-ОНДА правила најчешће се користи систем са два улаза у једним излазом:

- Правило 1: АКО је  $x$   $A_1$  и  $y$  је  $B_1$  ОНДА је  $f_1 = p_1 x_1 + q_1 y + r_1$
- Правило 2: АКО  $x$   $A_2$  и  $y$  је  $B_2$  ОНДА је  $f_2 = p_2 x_2 + q_2 y + r_2$

где су:

$A_1, A_2, B_1, B_2$  – фази скупови улаза  $x$  и  $y$

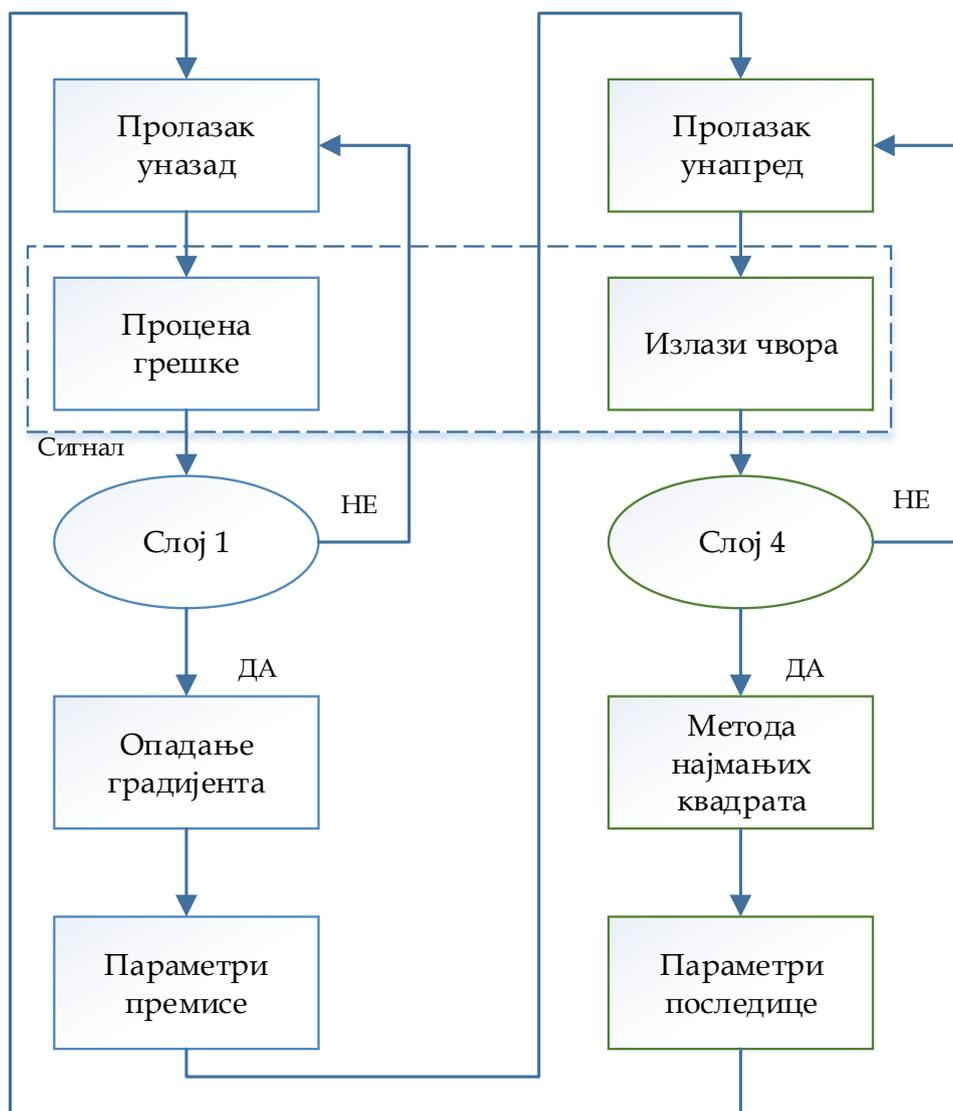
$p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2$  – параметри излазних функција.

Тренирање неуро-фази система врши се најбоље применом хибридног алгоритма (слика 7.21). Суштина овог приступа огледа се у простирању унапред до четвртог слоја, где се методом најмањих квадрата врши процена последичних параметара. При простирању назад, до првог слоја, врши се пренос података о величини грешке, чиме се ажурирају параметри премисе, методом по правцу пада градијента (енг. *Gradient descent*). Када су постављени параметри улазних функција припадности, излаз из ANFIS модела израчунава се на следећи начин[55]:

$$f = \frac{w_1}{w_1 + w_2} \cdot f_1 + \frac{w_2}{w_1 + w_2} \cdot f_2 = \bar{w}_1 \cdot f_1 + \bar{w}_2 \cdot f_2 \quad (7.39)$$

Користећи да је  $f_1 = x \cdot p_1 + y \cdot q_1 + r_1$  и  $f_2 = x \cdot p_2 + y \cdot q_2 + r_2$ , добија се да је:

$$f = (\bar{w}_1 \cdot x) \cdot p_1 + (\bar{w}_1 \cdot y) \cdot q_1 + (\bar{w}_1) \cdot r_1 + (\bar{w}_2 \cdot x) \cdot p_2 + (\bar{w}_2 \cdot y) \cdot q_2 + (\bar{w}_2) \cdot r_2 \quad (7.40)$$



Слика 7.21. Хибридни алгоритам обуке ANFIS система [55]

Процена непознатих параметара који конфигуришу у описаном моделу се врши извесним корекцијама како би се стварна и процењена вредност жељеног параметра у највећој мери подударала. Као основна мера за одређивање се користи *RMSE* статистика.

Процес тренирања (обучавања) заснива се на одређивању вредности параметара, подешених према подацима за обуку [146]. Алгоритам простирања грешке уназад (*енг. Back-propagation method*) представља основни начин обучавања система. Овај алгоритам настоји да грешку између мрежног и жељеног излаза сведе на минимум. Недостаци овог алгоритма су нешто веће време потребно за обучавање и склоност „заборављању“ у локалном минимуму [147]. Да би се отклонили недостаци *back-propagation* алгоритма, развијен је хибридни модел учења, који се заснива на комбинацији *back-propagation* алгоритма са методом најмањих квадрата [148].

#### 7.4. Симулација

Симулација је техника која уз помоћ коришћења рачунара имитира (симулира) рад читавог процеса или система [87].

Рачунар на случајан начин генерише и бележи појављивање различитих догађаја који описују функционисање система на начин сличан оном у реалности. Захваљујући својој изузетној брзини, рачунар може симулирати и године рада система за само неколико секунди. Евидентирање перформанси симулираних операција система за различите конфигурације омогућава процену и упоређивање алтернатива пре него што се одлучи за најпогоднију [87, 149].

Симулација представља изузетно разноврсну технику, прилагодљиву за виртуелно истраживање било ког типа стохастичког система, што је чини једном од најпопуларнијих метода операционих истраживања [87]. Од посебне важности су две категорије симулација: континуална и дискретна.

Континуална симулација представља онај тип симулација код којих се стање система континуално (непрекидно) мења, док се дискретна симулација карактерише променама стања система у случајним временским моментима који су резултат реализације дискретних догађаја (коначних или бесконачних).

##### 7.4.1. Метода Monte Carlo

Метода Монте Карло (*енг. Monte Carlo*) први пут је представљена 1949. године у студији „Метода Монте Карло“ аутора N. Metropolis и S.Ulam.

Назив ове методе потиче од познатог казина у Монаку. Употреба случајности и итеративних процеса у овој методи аналогна је активностима које се дешавају у казину. Теоријске основе методе Монте Карло биле су познате много раније у математичкој статистици, али због потребе за израчунавањем великог броја специфичних случајева и одговарајућом статистичком обрадом обимног нумеричког материјала, ефикасна примена ове методе постала је могућа тек појавом рачунара [150, 151].

Применом методе Монте Карло могу се, на пример, апроксимирати вредности одређених интеграла, решавати системи једначина, одређивати сопствене вредности и инверзне матрице матрица, симулирати случајни процеси [87].

Да би се одредила нека величина  $\mu$  потребно је пронаћи случајну променљиву  $X$  чије је то математичко очекивање. Процена вредности величине  $\mu$  се врши применом следеће формуле:

$$\mu \approx \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n, \quad (7.41)$$

где су  $x_1, x_2 \dots x_N$  међусобно независне реализоване вредности случајне променљиве  $X$ . Оправдање за овакву процену величине  $\mu$  се налази у Централној граничној теореми (ЦГТ) која тврди да средња вредност као статистичка оцена за математичко очекивање даје задовољавајуће резултате за велики број узорака  $N$  [152].

Једна од важнијих симулација, која заузима битно место у овој дисертацији је генерисање случајних бројева према задатој расподели вероватноћа методом инверзне трансформације. Ова метода се заснива на познавању кумулативне функције расподеле случајне променљиве  $X$  која је дефинисана са:

$$F(x) = P(X \leq x). \quad (7.42)$$

Даљи процес генерисања случајних бројева се заснива на генерисању низа случајних бројева  $r_1, r_2 \dots r_N$  из интервала  $(0, 1)$ , односно из расподеле која је у складу са униформном  $U(0, 1)$  расподелом, и решавању једначина  $F(x_1) = r_1, F(x_2) = r_2, \dots F(x_N) = r_N$ . Решења  $x_1, x_2 \dots x_N$  представљају генерисане вредности независних случајних променљивих из расподеле  $X$  [87].

У неким ситуацијама се уместо познавања кумулативне функције расподеле обележја  $X$  може користити и познавање емпиријске кумулативне расподеле генерисане на основу доступних података разматраног обележја.

## 8. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом фази логике

Модел за одређивање расположивости на бази фази логике посматраног техничког система има алгоритамску структуру, и састоји се од више целина, слика 8.1. Први сегмент сконцентрисан је око пропозиције индикатора расположивости. У том смислу потребно је дефинисати лингвистичке променљиве које се односе на индикаторе, односно потребно је дефинисати њихове називе и њихову структуру. Операционализација је урађена тако што је експертима дат упитник, на основу којег су дали стручно мишљење о различитим индикаторима расположивости; затим је урађена статистичка обрада добијених података; и коначно су резултати статистичке обраде фазификовани. На овај начин су експертска мишљења преведена у форму фази бројева која се даље позиционирају у односу на лингвистичке променљиве.

Други део модела је фази композиција (*max-min*, *min-max*), где се дефинише међузависност између индикатора и исхода. На овај начин се синтетизују парцијални индикатори расположивости у расположивост. Излазни резултат задржава фази (лингвистичку) форму.

Последњи део модела је идентификација, где се излазни резултат пресликава (*Best fit method* и метода тежишта) у форму која је применљива у инжењерској пракси.



Слика 8.1. Алгоритам модела оцене расположивости

## 8.1. Фази скупови

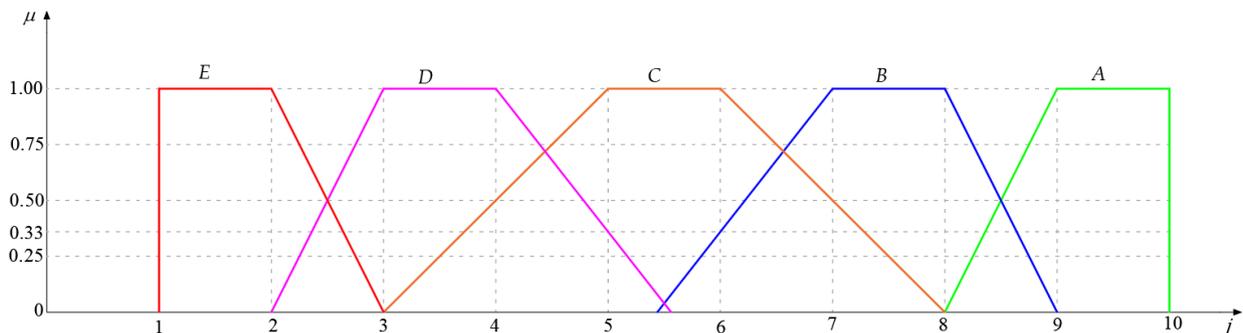
### 8.1.1. Иницијални фази скупови синтетних индикатора расположивости

Лингвистички описи синтетних индикатора расположивости захтевају припадајуће фази скупове, односно лингвистичке променљиве. Синтетни индикатори су дефинисани са пет лингвистичких променљивих у општој форми, на следећи начин:

Расположивост (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- E - нерасположив</li> <li>- D - ниска расположивост</li> <li>- C - средња расположивост</li> <li>- B - висока расположивост</li> <li>- A - веома висока расположивост</li> </ul>
-------------------	---

Поузданост ( $R$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>E</math> - непоуздан</li> <li>- <math>D</math> - ниска поузданост</li> <li>- <math>C</math> - средња поузданост</li> <li>- <math>B</math> - висока поузданост</li> <li>- <math>A</math> - веома висока поузданост</li> </ul>
Погодност одржавања ( $M$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>E</math> - веома ниска погодност одржавања</li> <li>- <math>D</math> - ниска погодност одржавања</li> <li>- <math>C</math> - средња погодност одржавања</li> <li>- <math>B</math> - висока погодност одржавања</li> <li>- <math>A</math> - веома висока погодност одржавања</li> </ul>

На слици 8.2. приказан је облик и распоред фази скупова у зависности од функције припадности  $\mu$  (где је  $\mu = 0 \dots 1$ ) и еквивалента мерне јединице  $j$  (где је  $j = 1 \dots 10$ ). У случају фази скупова синтезних индикатора  $A, R, M$  (слика 8.2) искључиво су коришћени трапезоидни фази скупови. Разлог зашто у овом случају нису коришћени троугласти треба тражити у природи синтезних индикатора који нису склони јасно дефинисаним појавама којима се описују, односно представљају израчунате вредности (компоноване) а не директно добијене (задате).



Слика 8.2. Фази скупови за  $A$ -расположивост,  $R$ -поузданост,  $M$ - погодност одржавања

Одговарајући фази скупови ( $FS$ ) који су коришћени за оцену расположивости, поузданости и погодности одржавања су дефинисани у општем облику са:

$$FS = (\mu_{(j=1)}, \mu_{(j=2)}, \dots, \mu_{(j=9)}, \mu_{(j=10)}) \quad (8.1)$$

Односно, за сваку лингвистичку променљиву  $A, B, C, D, E$ :

$$\begin{aligned}
 E &= (1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \\
 D &= (0, 0, 1, 1, 0.33, 0, 0, 0, 0, 0), \\
 C &= (0, 0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0, 0), \\
 B &= (0, 0, 0, 0, 0, 0.33, 1, 1, 0, 0), \\
 A &= (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1).
 \end{aligned} \quad (8.2)$$

### 8.1.2. Иницијални фази скупови парцијалних индикатора расположивости

У случају фази скупова парцијалних индикатора поузданости ( $o, c, b$ ) и погодности одржавања ( $t, e, u, d, m$  и  $s$ ) (Слика 8.3), коришћени су трапезоидни фази скупови за описе ближи средњим  $j$  - вредностима а за крајње  $j$  - вредности су

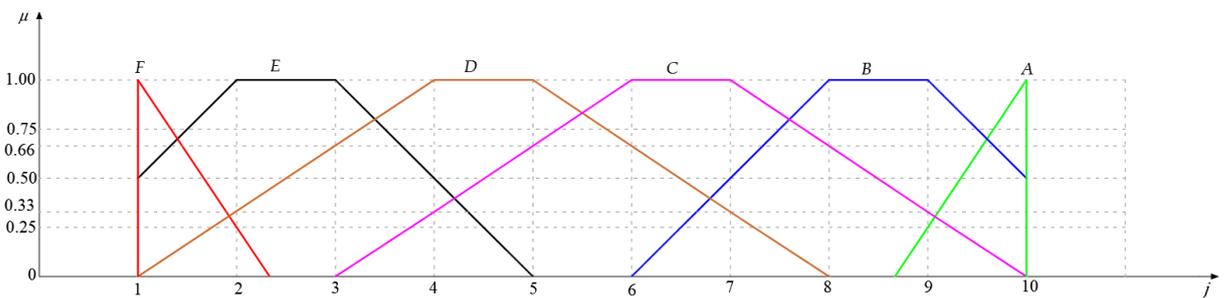
коришћени троугласти фази скупови. Конкретно, трапезоидни фази скупови коришћени су за појаве које нису јасно дефинисане (нпр. средње развијен базични инжењеринг) и које су лингвистички неизвесније, док су троугласти фази бројеви коришћени за јасно дефинисане појаве (нпр. није извршена унификација).

У случају подиндикатора (парцијалних индикатора) у примени је шест лингвистичких променљивих, дефинисаних на следећи начин:

- преоптерећење механизације - *o* описан са - услови радне средине су такви да их ангажована опрема углавном не испуњава (ознака *F*), техничке карактеристике опреме су углавном одговарајуће условима радне средине (ознака *E*), техничке карактеристике одговарају условима радне средине (ознака *D*), техничке карактеристике веома одговарају условима радне средине (ознака *C*), техничке карактеристике механизације су оптимизоване за услове радне средине (ознака *B*), техничке карактеристике опреме су значајно изнад захтева радне средине (ознака *A*),
- старост механизације - *s* описан са - машина за отпис, веома висок ниво отказа (ознака *F*), машина на истеку века, висок ниво интензитета отказа (ознака *E*), машина у фази појаве учесталих отказа (ознака *D*), машина у фази експлоатације, средњи ниво интензитета отказа (ознака *C*), машина у фази уходавања (ознака *B*), нова машина, низак ниво интензитета отказа (ознака *A*),
- базични инжењеринг - *b* описан са - неразвијен базични инжењеринг (ознака *F*), слабо развијен базични инжењеринг (ознака *E*), средње развијен базични инжењеринг (ознака *D*), добро развијен базични инжењеринг (ознака *C*), веома добро развијен базични инжењеринг (ознака *B*) и одличан базични инжењеринг (ознака *A*),
- технологодност - *t* описана са - веома сложена технологодност (ознака *F*), сложена технологодност (ознака *E*), прихватљива технологодност (ознака *D*), адекватна технологодност (ознака *C*), добра технологодност (ознака *B*), веома погодна технологодност (ознака *A*),
- алати и опрема - *e* описани са - изузетно неразвијена опремљеност (ознака *F*), неразвијена опремљеност (ознака *E*), средња опремљеност (ознака *D*), добра опремљеност (ознака *C*), висок ниво опремљености (ознака *B*), веома висок ниво опремљености (ознака *A*),
- унификација - *u* описана са - није извршена унификација (ознака *F*), мало присутна унификација (ознака *E*), углавном присутна унификација (ознака *D*), присутна унификација (ознака *C*), унификација на задовољавајућем нивоу (ознака *B*), потпуна унификација (ознака *A*),
- дијагностика - *d* описана са - одсутна дијагностика (ознака *F*), неразвијена дијагностика (ознака *E*), ограничена дијагностика (ознака *D*), добро развијена дијагностика (ознака *C*), веома добро развијена дијагностика (ознака *B*), одлично развијена дијагностика (ознака *A*),
- манипулативност - *m* описана са - отежана манипулативност (ознака *F*), слаба манипулативност (ознака *E*), прихватљива манипулативност (ознака *D*), добра манипулативност (ознака *C*), адекватна манипулативност (ознака *B*), веома погодна манипулативност (ознака *A*),

- стандардизација –  $s$  описана са – изостаје стандардизација (ознака  $F$ ), низак ниво стандардизације (ознака  $E$ ), делимично присутна стандардизација (ознака  $D$ ), присутна стандардизација (ознака  $C$ ), адекватна стандардизација (ознака  $B$ ), потпуна стандардизација (ознака  $A$ ).

За разлику од синтетних индикатора који су дефинисани са пет лингвистичких променљивих (фази скупови  $A \dots E$ ), парцијални индикатори су дефинисани са 6 лингвистичких променљивих (фази скупови  $A \dots F$ ). Овакав приступ је коришћен јер су парцијални индикатори иницијалног карактера и они се директно оцењују од стране експерата а синтетни индикатори се добијају индиректно путем одговарајућег рачуна.



Слика 8.3. Фази скупови за парцијалне подиндикаторе поузданости и погодности одржавања

Лингвистичке променљиве су представљене на слици 8.3., у координатном систему  $\mu$ - $j$ , на начин као и код синтетних индикатора.

Одговарајући фази скупови поменутих лингвистичких променљиви дефинисани су са ( у складу са сликом 8.3.):

$$\begin{aligned}
 \mu_F &= (1, 0.25, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \\
 \mu_E &= (0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0), \\
 \mu_D &= (0, 0.33, 0.66, 1, 1, 0.66, 0.33, 0, 0, 0), \\
 \mu_C &= (0, 0, 0, 0.33, 0.66, 1, 1, 0.66, 0.33, 0), \\
 \mu_B &= (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5), \\
 \mu_A &= (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.25, 1).
 \end{aligned}
 \tag{8.3}$$

## 8.2. Фази композиције релација

Фази композиција има за циљ синтезу парцијалних оцена расположивости, и представља вид логичког закључивања. Начелно се користи IF-THEN логика, када се постављају логичке путање и даје исход. У овом случају то би могло да се представи кроз поједностављен пример: **IF** ( $R =$  ниска поузданост **AND**  $M =$  висока погодност одржавања) **THEN** ( $A =$  средња расположивост). Наведени приступ се користи на свим хијерархијским нивоима модела.

У овом примеру биће коришћене две композиције, *max-min* и *min-max*. Првонаведена користи приступ да је исход композиције једнак најбољем од најлошијих парцијалних показатеља а друго наведеном се користи инверзна логика. *Max-min* композиција такође се назива и песимистичка композиција и често се

користи у фази алгебри као модел синтезе, за више информација видети [12, 141, 153], док се min-max назива и оптимистичном композицијом. Њихово упоредно посматрање има за циљ сагледавање екстремних понашања композиција (због којих се називају песимистичка и оптимистичка), па се очекује да ће у случају када се ове две композиције слично понашају и остале композиције дати сличне резултате.

### 8.2.1. Фази композиција за индикатор поузданости

Нека су парцијални индикатори поузданости,  $o$ ,  $c$  и  $b$  приказани у форми лингвистичких променљивих у зависности од функције припадности  $\mu$  и мерне јединице  $j = 1 \dots 10$ , на следећи начин:

$$\begin{aligned}\mu_o &= (\mu_o^1, \mu_o^2, \mu_o^3, \mu_o^4, \mu_o^5, \mu_o^6, \mu_o^7, \mu_o^8, \mu_o^9, \mu_o^{10}) \\ \mu_c &= (\mu_c^1, \mu_c^2, \mu_c^3, \mu_c^4, \mu_c^5, \mu_c^6, \mu_c^7, \mu_c^8, \mu_c^9, \mu_c^{10}) \\ \mu_b &= (\mu_b^1, \mu_b^2, \mu_b^3, \mu_b^4, \mu_b^5, \mu_b^6, \mu_b^7, \mu_b^8, \mu_b^9, \mu_b^{10})\end{aligned}\quad (8.4)$$

У следећем кораку се на њима изводи фази композиција у форми:

$$\text{IF } (\mu_o \text{ AND } \mu_c \text{ AND } \mu_b) \text{ THEN } \mu_R \quad (8.5)$$

Уколико се посматрају  $n = 3$  парцијална индикатора  $o, c, b$  могуће је направити  $C = j^n = 10^3 = 10000$  комбинација одговарајућих функција припадности:

$$\begin{aligned}\mu_R^C &= (\mu_o^j \times \mu_c^j \times \mu_b^j), \\ \text{где је: } j &= (1 \dots 10), C = 10000.\end{aligned}\quad (8.6)$$

Свака од ових комбинација представља једну могућу процену поузданости и могу се одредити следеће две вредности, исход  $\bar{o}$  и минимална вредност функција припадности парцијалних индикатора за сваку класу појединачно  $m$ :

$$\bar{o}_j = \left\lfloor \frac{j_o + j_c + j_b}{3} \right\rfloor, \quad (8.7)$$

и

$$m^{j_o, j_c, j_b} = \min\{\mu_o^j, \mu_c^j, \mu_b^j\}. \quad (8.8)$$

Јасно је да  $\bar{o}_j$  узима вредности из скупа  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$  и да као такве представљају заокружене вредности израза (8.3).

Према томе, свакој од наведених вредности се може придружити број  $\mu_R$  који представља максималну вредност (8.4) свих оних комбинација за које је  $\bar{o}$  једнако  $j_R$ , за  $j_R = 1 \dots 10$ , то јест:

$$\mu_R^{j_R} = \max\{m^{j_o, j_c, j_b} : \bar{o}_{j_o, j_c, j_b} = j_R\}. \quad (8.9)$$

На тај начин, добија се оцена за поузданост  $R$ :

$$\mu_R = (\mu_R^1, \mu_R^2, \mu_R^3, \mu_R^4, \mu_R^5, \mu_R^6, \mu_R^7, \mu_R^8, \mu_R^9, \mu_R^{10}). \quad (8.10)$$

Наведени поступак представља *max-min* фази композицију. У случају *min-max*, мењају се оператори у (8.4) и (8.5), тако да се у првонаведеном уместо *min* уводи *max* а у другонаведеном уместо *max* уводи *min* оператор.

### 8.2.2. Фази композиција за индикатор погодност одржавања

Нека су парцијални индикатори (6 индикатора) приказани у форми лингвистичких променљивих у зависности од функције припадности  $\mu$  и мерне јединице  $j = 1 \dots 10$ , на следећи начин:

$$\begin{aligned} & \mu_t(\mu_t^1, \mu_t^2, \mu_t^3, \mu_t^4, \mu_t^5, \mu_t^6, \mu_t^7, \mu_t^8, \mu_t^9, \mu_t^{10}), \\ & \mu_e(\mu_e^1, \mu_e^2, \mu_e^3, \mu_e^4, \mu_e^5, \mu_e^6, \mu_e^7, \mu_e^8, \mu_e^9, \mu_e^{10}), \\ & \mu_u(\mu_u^1, \mu_u^2, \mu_u^3, \mu_u^4, \mu_u^5, \mu_u^6, \mu_u^7, \mu_u^8, \mu_u^9, \mu_u^{10}), \\ & \mu_d(\mu_d^1, \mu_d^2, \mu_d^3, \mu_d^4, \mu_d^5, \mu_d^6, \mu_d^7, \mu_d^8, \mu_d^9, \mu_d^{10}), \\ & \mu_m(\mu_m^1, \mu_m^2, \mu_m^3, \mu_m^4, \mu_m^5, \mu_m^6, \mu_m^7, \mu_m^8, \mu_m^9, \mu_m^{10}), \\ & \mu_s(\mu_s^1, \mu_s^2, \mu_s^3, \mu_s^4, \mu_s^5, \mu_s^6, \mu_s^7, \mu_s^8, \mu_s^9, \mu_s^{10}), \end{aligned} \quad (8.11)$$

У следећем кораку се на њима изводи фази композиција у форми:

$$\text{IF } (\mu_t \text{ AND } \dots \text{ AND } \mu_s) \text{ THEN } \mu_R \quad (8.12)$$

Уколико се посматрају парцијални индикатори  $t, e, u, d, m$  и  $s$  могуће је направити  $C = 10^6 = 1000000$  комбинација одговарајућих функција припадности:

$$\begin{aligned} \mu_M^C &= (\mu_t^j \times \mu_e^j \times \mu_u^j \times \mu_d^j \times \mu_m^j \times \mu_s^j), \\ & \text{где је: } j = (1 \dots 10), C = 1000000. \end{aligned} \quad (8.13)$$

Свака од ових комбинација представља једну могућу процену погодности одржавања и могу се придружити одговарајуће вредности исхода и минималне вредности класе:

$$\bar{o}_j = \frac{[j_t + j_e + j_u + j_d + j_m + j_s]}{6}, \quad (8.14)$$

и

$$m^{j_t, j_e, j_u, j_d, j_m, j_s} = \min\{\mu_t^j, \mu_e^j, \mu_u^j, \mu_d^j, \mu_m^j, \mu_s^j\}. \quad (8.15)$$

Величина  $\bar{o}_j$  узима вредности из скупа  $\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$ , те се свакој од наведених вредности може придружити број  $\mu_M^l$  који представља максималну вредност  $m^j$  свих оних комбинација за које је  $\bar{o}_j$  једнако  $l$ , за  $l \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$ , то јест:

$$\mu_M^l = \max\{m^j : \bar{o}_j = l\}. \quad (8.16)$$

На тај начин, добија се оцена за погодност одржавања:

$$\mu_M = (\mu_M^1, \mu_M^2, \mu_M^3, \mu_M^4, \mu_M^5, \mu_M^6, \mu_M^7, \mu_M^8, \mu_M^9, \mu_M^{10}). \quad (8.17)$$

Као и у случају поузданости, код *min-max* композиције међусобом се мењају оператори (8.15) и (8.16).

### 8.2.3. Фази композиција за индикатор расположивост

Расположивост представља коначну синтезну оцену у приказаном моделу и која се састоји од поузданости (8.10) и погодности одржавања (8.17).

У следећем кораку се на њима се на њима изводи фази композиција у форми:

$$\text{IF } (\mu_R \text{ AND } \mu_M) \text{ THEN } \mu_A \quad (8.18)$$

У наставку се наводе примери IF-THEN логичког размишљања:

IF (R/средња поузданост) AND (M/ниска погодност одржавања) THEN (A/средња расположивост),

IF (R/висока поузданост) AND (M/веома висока погодност одржавања) THEN (A/веома висока расположивост),

IF (R/ниска поузданост) AND (M/висока погодност одржавања) THEN (A/средња расположивост).

Уколико се посматрају парцијални индикатори  $R$ ,  $M$  могуће је направити  $C = 7^2 = 49$  комбинација одговарајућих функција припадности:

$$\mu^j (\mu_R^j, \mu_M^j), \quad j, \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}. \quad (8.19)$$

Свака од ових комбинација представља једну могућу процену расположивости и могу се придружити следеће две вредности исхода и минималне вредности класе:

$$\bar{o}_j = \frac{[j]}{2}, \quad (8.20)$$

и

$$m^j = \min\{\mu_R^j, \mu_M^j\}. \quad (8.21)$$

Величина  $\bar{o}_j$  узима вредности из скупа  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ , те се свакој од наведених вредности може придружити број  $\mu_A^l$  који представља максималну вредност  $m^j$  свих оних комбинација за које је  $\bar{o}_j$  једнако  $l$ , за  $l \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ , то јест:

$$\mu_A^l = \max\{m^j : \bar{o}_j = l\}. \quad (8.22)$$

На тај начин, добија се оцена за расположивост  $A$ :

$$\mu_A = (\mu_A^1, \mu_A^2, \mu_A^3, \mu_A^4, \mu_A^5, \mu_A^6, \mu_A^7, \mu_A^8, \mu_A^9, \mu_A^{10}). \quad (8.23)$$

Као и у случају поузданости, код min-max композиције међусобом се мењају оператери (8.21) и (8.22).

### 8.3. Идентификација фази броја

Користећи best-fit метод [18], за трансформацију оцене припадности (8.23) у припадност фази скупу  $(A, B, C, D, E)$  који је одређен према слика 8.3. користи се специфично растојање:

$$d_i = d(\mu, \mu_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} (\mu^j - \mu_{i,j})^2}, \quad (8.24)$$

$$\mu_i = (\mu_{i,1}, \mu_{i,2}, \mu_{i,3}, \mu_{i,4}, \mu_{i,5}, \mu_{i,6}, \mu_{i,7}, \mu_{i,8}, \mu_{i,9}, \mu_{i,10}),$$

за  $\mu_i \in \{\mu_E, \mu_D, \mu_C, \mu_B, \mu_A\}$ .

Мале вредности  $d_i$  указују на близину лингвистичкој променљивој  $\mu_i$ . Сходно томе, нека је  $d_{min}$  минимална вредност добијених растојања  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$  тада свакој од њих могу се придружити нормализоване реципрочне вредности релативних дистанци које су одређене са:

$$\mu_i = \frac{\frac{d_{min}}{d_i}}{\frac{d_{min}}{d_1} + \frac{d_{min}}{d_2} + \frac{d_{min}}{d_3} + \frac{d_{min}}{d_4} + \frac{d_{min}}{d_5}}, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}, \quad (8.25)$$

и презентују припадност одговарајућој оцени:

$$A = \{(\mu_1, E), (\mu_2, D), (\mu_3, C), (\mu_4, B), (\mu_5, A)\}. \quad (8.26)$$

На крају, се врши трансформација лингвистичког описа у нумеричку вредност методом тежишта фази броја (8.23). Ова трансформација се врши рачунањем:

$$Z = \frac{1\mu_1 + 2\mu_2 + 3\mu_3 + 4\mu_4 + 5\mu_5}{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5}. \quad (8.27)$$

На овај начин (8.27) добија се оцена у интервалу од 1 до 5, као идентификација на скали  $A \dots E$ .

#### 8.4 Резултати експертске процене

Одређивање расположивости система и његових парцијалних индикатора је обрађено кроз резултате добијених путем упитника који се односе на експертску процену парцијалних индикатора расположивости. Упитник је садржао детаљне описе самих парцијалних индикатора. Оцене се дају у смислу функције припадности унапред дефинисаних лингвистичких променљивих (лоше ( $F$ ) – одлично( $A$ )). У наредним табелама дати су резултати експертских процена за сваки део континуалног система (роторни багер, самоходни транспортер, трачне транспортере и дробилично постројење). Изглед упитника за Фази модел приказан је на слици 8.4.

Упитник за I БТД систем - Фази модел								
Део система:								
Експерт:								
Синтезни индикатори	Подиндикатори	Опис подиндикатора	Оцене					
			F	E	D	C	B	A
R- поузданост	o	o - преоптерећење механизације						
	c	c - старост механизације						
	b	b - базични инжењеринг						
M- погодност одржавања	t	t - техничност						
	e	e - алати и опрема						
	u	u - унификација						
	d	d - дијагностика						
	s	s - стандардизација						

Слика 8.4. Изглед упитника – Фази модел

У експертској процени анкетирано је 10 експерата из области континуалних система у површинској експлоатацији.

Резултати експертске процене за сваки део континуалног система дати су у прилогу на крају дисертације.

### 8.5. Одређивање парцијалног индикатора поузданости $R$

Одређивање оцене индикатора биће приказано на примеру парцијалног индикатора  $o$ -оптерећење за роторни багер SRs 400.14/1.5. из добијених оцене од стране експерата, које су приказане у табели (Табела 8.1.).

Табела 8.1. Добијене оцене за парцијални индикатор  $o$ -преоптерећење

Експерт	F	E	D	C	B	A
1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0
7	0	1	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0
10	0	1	0	0	0	0

Аритметичке средине за сваку од оцена су добијене на следећи начин:

$$F = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{10} = 0.00$$

$$E = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1}{10} = 0.40$$

$$D = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0}{10} = 0.10$$

$$C = \frac{1 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0}{10} = 0.40$$

$$B = \frac{0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{10} = 0.10$$

$$A = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{10} = 0.00$$

Одакле произилази да је оцена индикатора  $o$  преоптерећење једнака:

$$o = \left( \frac{0.00}{F}, \frac{0.40}{E}, \frac{0.10}{D}, \frac{0.40}{C}, \frac{0.10}{B}, \frac{0.00}{A} \right).$$

На исти начин рачунају се оцене осталих индикатора за преостале делове система. Добијене оцене приказане су у следећим табелама.

На основу достављених резултата добијене су следеће процене за сваки анализирани део континуалног система.

Табела 8.2. Оцене индикатора поузданости за роторни багер SRs 400.14/1.5

Роторни багер SRs 400.14/1.5 - оцене						
	F	E	D	C	B	A
$o$	0.0000	0.4000	0.1000	0.4000	0.1000	0.0000
$c$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9000	0.1000
$b$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Табела 8.3. Оцене индикатора поузданости за самоходни транспортер BRs 2400

Самоходни транспортер BRs 2400 - оцене						
	F	E	D	C	B	A
<i>o</i>	0.0000	0.0000	0.1000	0.9000	0.0000	0.0000
<i>c</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
<i>b</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Табела 8.4. Оцене индикатора поузданости за трачне транспортере

Трачни транспортери - оцене						
	F	E	D	C	B	A
<i>o</i>	0.0000	0.1000	0.5000	0.4000	0.0000	0.0000
<i>c</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
<i>b</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

Табела 8.5. Оцене индикатора поузданости за дробилично постројење

Дробилично постројење - оцене						
	F	E	D	C	B	A
<i>o</i>	0.0000	0.5000	0.2000	0.3000	0.0000	0.0000
<i>c</i>	0.0000	0.0000	0.1000	0.5000	0.4000	0.0000
<i>b</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2400	1.0000

Одређивање коначне оцене индикатора биће приказано на примеру парцијалног индикатора *o* за роторни багер SRs 400.14/1.5.

Имајући у виду да је добијена оцена индикатора *o* преоптерећење једнака:

$$o = \left( \frac{0.00}{F}, \frac{0.40}{E}, \frac{0.10}{D}, \frac{0.40}{C}, \frac{0.10}{B}, \frac{0.00}{A} \right).$$

Њена трансформација у фази број јесте линеарна комбинација оцена (8.3) чији су одговарајући коефицијенти добијене вредности 0.00, 0.40, 0.10, 0.40, 0.10 и 0.00. Другим речима одговарајући фази број је једнак:

$$0.00 \cdot \mu_F + 0.40 \cdot \mu_E + 0.10 \cdot \mu_D + 0.40 \cdot \mu_C + 0.10 \cdot \mu_B + 0.00 \cdot \mu_A.$$

Уобичајено је да се овај прорачун врши табеларно као што је приказано у табели 8.6.

Табела 8.6. Трансформација оцена у фази број

Оцена \ <i>j</i> -скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	0.00 x 1	0.00 x 0.25	0.00 x 0	0.00 x 0						
E	0.40 x 0.5	0.40 x 1	0.40 x 1	0.40 x 0.5	0.40 x 0	0.40 x 0				
D	0.10 x 0	0.10 x 0.33	0.10 x 0.66	0.10 x 1	0.10 x 1	0.10 x 0.66	0.10 x 0.33	0.10 x 0	0.10 x 0	0.10 x 0
C	0.40 x 0	0.40 x 0	0.40 x 0	0.40 x 0.33	0.40 x 0.66	0.40 x 1	0.40 x 1	0.40 x 0.66	0.40 x 0.33	0.40 x 0
B	0.10 x 0	0.10 x 0	0.10 x 0	0.10 x 0	0.10 x 0	0.10 x 0	0.10 x 0.5	0.10 x 1	0.10 x 1	0.10 x 0.5
A	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0	0.00 x 0.25	0.00 x 1
Σ	0.2000	0.4330	0.4660	0.4320	0.3640	0.4660	0.4830	0.3640	0.2320	0.0500

На исти начин рачунају се коначне оцене осталих индикатора за преостале делове система. Добијене коначне оцене приказане су у следећим табелама.

Табела 8.7. Коначна оцена за парцијалне индикаторе *o*, *c* и *b* за роторни багер SRs 400.14/1.5, у форми фази броја

		Роторни багер SRs 400.14/1.5 – фази број									
Поиндикатори\j-скала		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>o</i>		0.2000	0.4330	0.4660	0.4320	0.3640	0.4660	0.4830	0.3640	0.2320	0.0500
<i>c</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.9000	0.9250	0.5500
<i>b</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000

Табела 8.8. Коначна оцена за парцијалне индикаторе *o*, *c* и *b* за самоходни транспортер BRs 2400, у форми фази броја

		Самоходни транспортер BRs 2400– фази број									
Поиндикатори\j-скала		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>o</i>		0.0000	0.0330	0.0660	0.3970	0.6940	0.9660	0.9330	0.5940	0.2970	0.0000
<i>c</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000
<i>b</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000

Табела 8.9. Коначна оцена за парцијалне индикаторе *o*, *c* и *b* за трачне транспортере

		Трачни транспортери– фази број									
Поиндикатори\j-скала		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>o</i>		0.0500	0.2650	0.4300	0.6820	0.7640	0.7300	0.5650	0.2640	0.1320	0.0000
<i>c</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000
<i>b</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000

Табела 8.10. Коначна оцена за парцијалне индикаторе *o*, *c* и *b* за дробилично постројење

		Трачни транспортери– фази број									
Поиндикатори\j-скала		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>o</i>		0.2500	0.5660	0.6320	0.5490	0.3980	0.4320	0.3660	0.1980	0.0990	0.0000
<i>c</i>		0.0000	0.0330	0.0660	0.2650	0.4300	0.5660	0.7330	0.7300	0.5650	0.2000
<i>b</i>		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000

Приликом прорачуна max-min и min-max композиција за наведене делове система потребно је посматрати  $10^3 = 1000$  комбинација припадности за парцијалне индикаторе *o*, *c* и *b*.

8. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима  
применом фази логике

Табела 8.11. Прорачун max-min и min-max композиција за првих 12 и последњих 12 комбинација

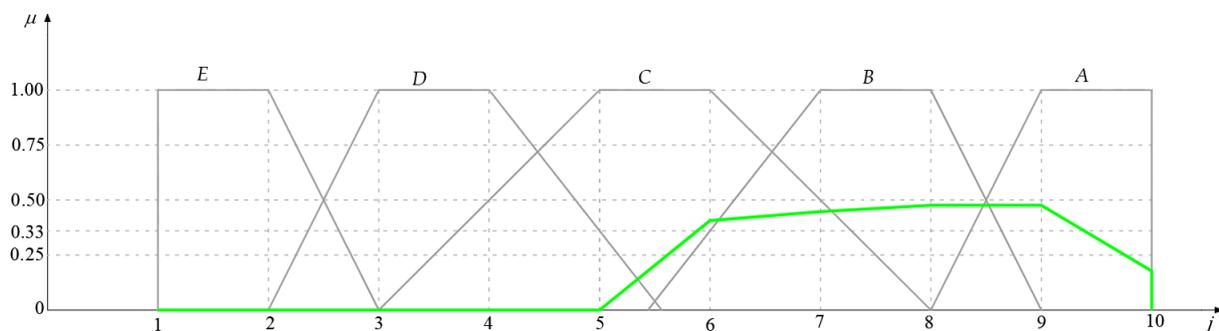
комб	ō	μ	min										max																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																			
1-1-1	1	(0.20, 0.00, 0.00)	0.00																			0.20																			
1-1-2	2	(0.20, 0.00, 0.00)		0.00																			0.20																		
1-1-3	2	(0.20, 0.00, 0.00)		0.00																			0.20																		
1-1-4	2	(0.20, 0.00, 0.00)		0.00																			0.20																		
1-1-5	3	(0.20, 0.00, 0.00)			0.00																			0.20																	
1-1-6	3	(0.20, 0.00, 0.00)			0.00																			0.20																	
1-1-7	3	(0.20, 0.00, 0.00)			0.00																			0.20																	
1-1-8	4	(0.20, 0.00, 0.00)				0.00																			0.23																
1-1-9	4	(0.20, 0.00, 0.25)				0.00																			0.25																
1-1-10	4	(0.20, 0.00, 1.00)				0.00																			1.00																
1-2-1	2	(0.20, 0.00, 0.00)		0.00																			0.20																		
1-2-2	2	(0.20, 0.00, 0.00)		0.00																			0.20																		
		⋮																																							
10-9-9	10	(0.05, 0.93, 0.25)												0.05																								0.93			
10-9-10	10	(0.05, 0.93, 1.00)												0.05																								1.00			
10-10-1	7	(0.05, 0.55, 0.00)										0.00																									0.55				
10-10-2	8	(0.05, 0.55, 0.00)										0.00																									0.55				
10-10-3	8	(0.05, 0.55, 0.00)										0.00																									0.55				
10-10-4	8	(0.05, 0.55, 0.00)										0.00																									0.55				
10-10-5	9	(0.05, 0.55, 0.00)											0.00																								0.55				
10-10-6	9	(0.05, 0.55, 0.00)											0.00																								0.55				
10-10-7	9	(0.05, 0.55, 0.00)											0.03																								0.55				
10-10-8	10	(0.05, 0.55, 0.00)												0.05																							0.55				
10-10-9	10	(0.05, 0.55, 0.25)												0.05																							0.55				
10-10-10	10	(0.05, 0.55, 1.00)												0.05																							1.00				
		<b>max</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.43</b>	<b>0.47</b>	<b>0.48</b>	<b>0.48</b>	<b>0.23</b>																												
		<b>min</b>												<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>											<b>0.45</b>	<b>0.55</b>							

На основу добијених оцена у форми фази броја оцене добијене користећи  $\max$ - $\min$  и  $\min$ - $\max$  композицију за наведене делове система су приказане у следећој табели (Табела 8.12.).

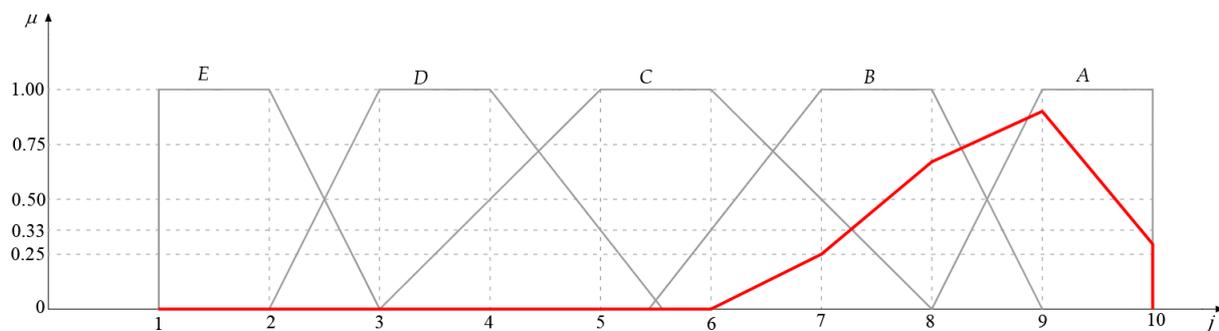
Табела 8.12. Оцене добијене за парцијални индикатор поузданост користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали

$R$ -поузданост \ $j$ -скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роторни багер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4330	0.4660	0.4830	0.4830	0.2320
Самоходни транспортер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.6940	0.9660	0.2970
Трачни транспортери	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.2650	0.7640	0.7300	0.1320
Дробилично постројење	0.0000	0.0000	0.0000	0.0660	0.2650	0.5660	0.6320	0.5490	0.3660	0.0990

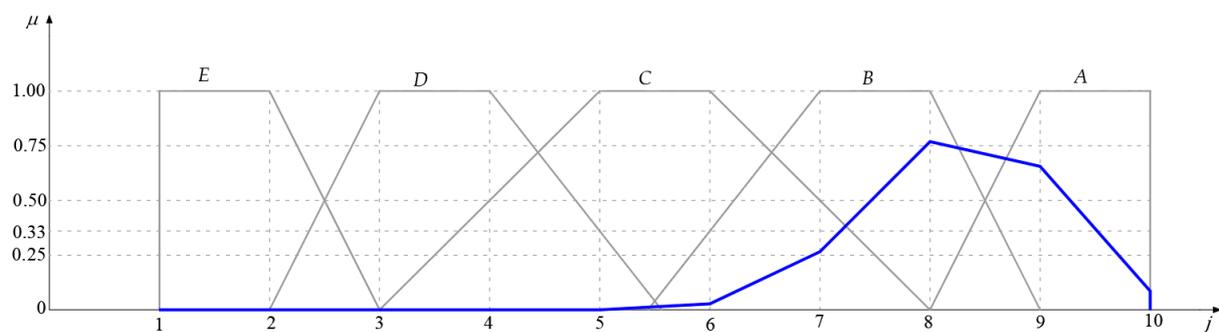
У наставку су приказане различитим бојама расподеле излазних вредности за синтезне парцијалне индикаторе за сваки део система према  $j$ -скали.



Слика 8.5. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали

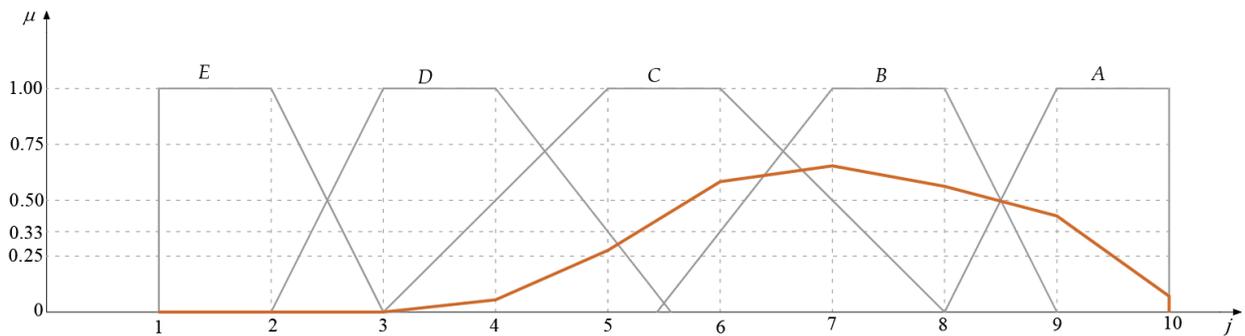


Слика 8.6. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали



Слика 8.7. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за трачне транспортере користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали

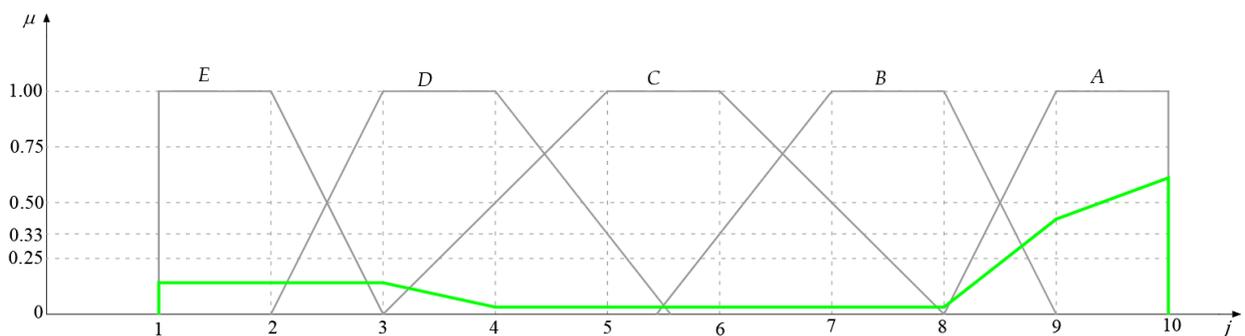
8. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом фази логике



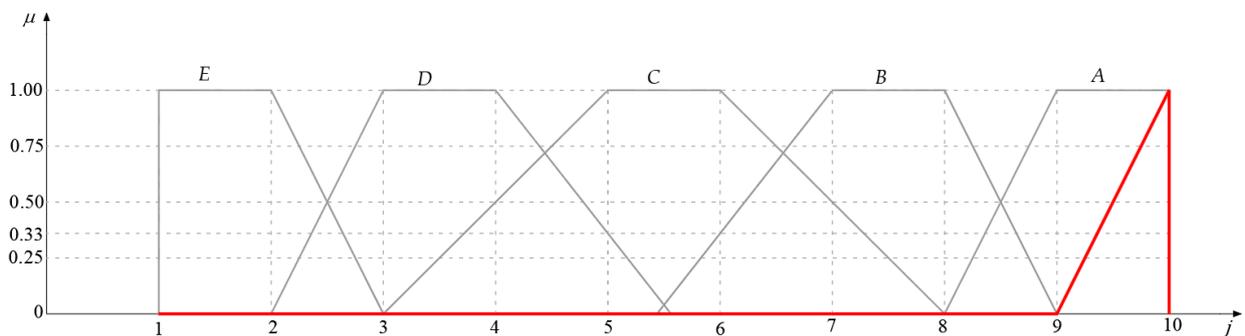
Слика 8.8. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за дробилично постројење користећи тах-тiп композицију према j-скали

Табела 8.13. Оцене добијене за парцијални индикатор R (поузданост) делова система користећи min-таx композицију према j-скали

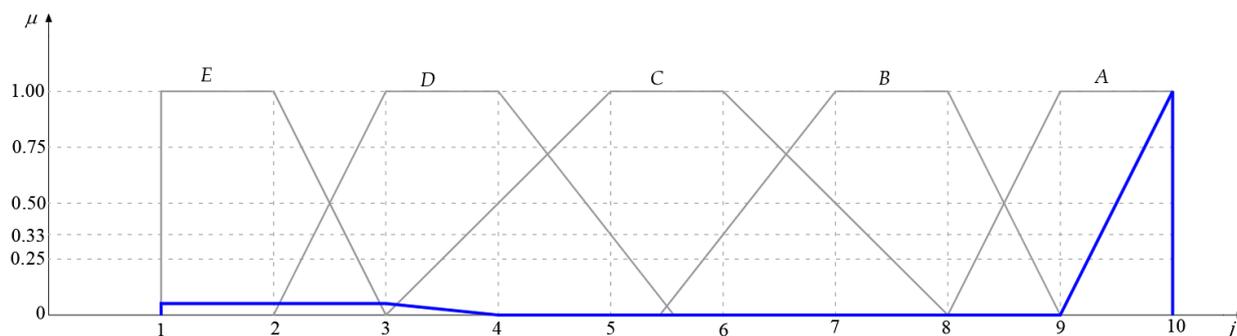
R-поузданост \ j-скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роторни багер	0.2000	0.2000	0.2000	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.4500	0.5500
Самоходни транспортер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Трачни транспортери	0.0500	0.0500	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Дробилично постројења	0.2500	0.2500	0.1980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0330	0.2000	0.2000	0.2500



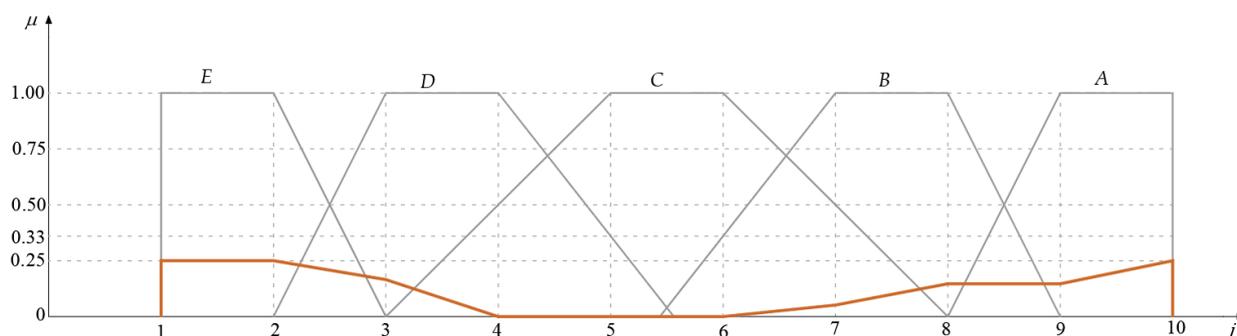
Слика 8.9. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи min-таx композицију према j-скали



Слика 8.10. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи min-таx композицију према j-скали



Слика 8.11. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за трачне транспортере користећи min-max композицију према j-скали



Слика 8.12. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор R (поузданост) за дробилично постројење користећи min-max композицију према j-скали

### 8.6. Одређивање парцијалног индикатора M - погодност одржавања

На сличан начин као у претходном случају одређују се оцене индикатора погодности одржавања.

Табела 8.14. Оцене индикатора погодности одржавања за роторни багер SRs 400.14/1.5 и самоходни транспортер BRs 2400

M	Роторни багер SRs 400.14/1.5 - оцене					
	F	E	D	C	B	A
t	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2000	0.8000
e	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
u	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8000	0.2300
d	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8000	0.2000
m	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
s	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
M	Самоходни транспортер BRs 2400 - оцене					
	F	E	D	C	B	A
t	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
e	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9000	0.1000
u	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7000	0.3000
d	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8000	0.2000
m	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
s	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9000	0.1000

Табела 8.15. Оцене индикатора погодности одржавања за трачне транспортере и дробилично постројење

<i>M</i>	Трачни транспортери - оцене					
	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
<i>t</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.9000
<i>e</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.9000	0.0000
<i>u</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9000	0.1000
<i>d</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7000	0.3000
<i>m</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
<i>s</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.9000	0.0000
<i>M</i>	Дробилично постројење - оцене					
	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
<i>t</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3000	0.7000
<i>e</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.2000	0.8000	0.0000
<i>u</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
<i>d</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9000	0.1000
<i>m</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.9000
<i>s</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000

Табела 8.16. Коначна оцена за парцијалне индикаторе *t, e, u, d, m, s*, за роторни багер SRs 400.14/1.5, самоходни транспортер BRs 2400 у форми фази броја

Подиндикатори \ <i>j</i> скала	Роторни багер- фази број									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>t</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.2000	0.4000	0.9000
<i>e</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000
<i>u</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4000	0.8000	0.8575	0.6300
<i>d</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4000	0.8000	0.8500	0.6000
<i>m</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000
<i>s</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000
Подиндикатори \ <i>j</i> скала	Самоходни транспортер- фази број									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>t</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000
<i>e</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.9000	0.9250	0.5500
<i>u</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3500	0.7000	0.7750	0.6500
<i>d</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4000	0.8000	0.8500	0.6000
<i>m</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000
<i>s</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.9000	0.9250	0.5500

Табела 8.17. Коначна оцена за парцијалне индикаторе  $t, e, u, d, m, s$ , за трачне транспортере и дробилично постројење у форми фази броја

		Трачни транспортери - фази број									
Подиндикатори \ $j$ скала		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.1000	0.3250	0.9500
$e$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0330	0.0660	0.1000	0.5500	0.9660	0.9330	0.4500
$u$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.9000	0.9250	0.5500
$d$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3500	0.7000	0.7750	0.6500
$m$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000
$s$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0330	0.0660	0.1000	0.5500	0.9660	0.9330	0.4500

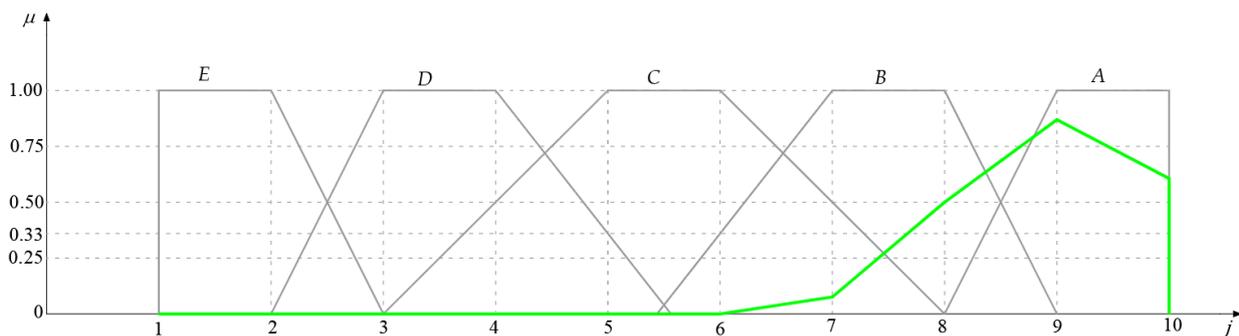
  

		Дробилично постројење - фази број									
Подиндикатори \ $j$ скала		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1500	0.3000	0.4750	0.8500
$e$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0660	0.1320	0.2000	0.6000	0.9320	0.8660	0.4000
$u$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000
$d$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.9000	0.9250	0.5500
$m$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.1000	0.3250	0.9500
$s$		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000

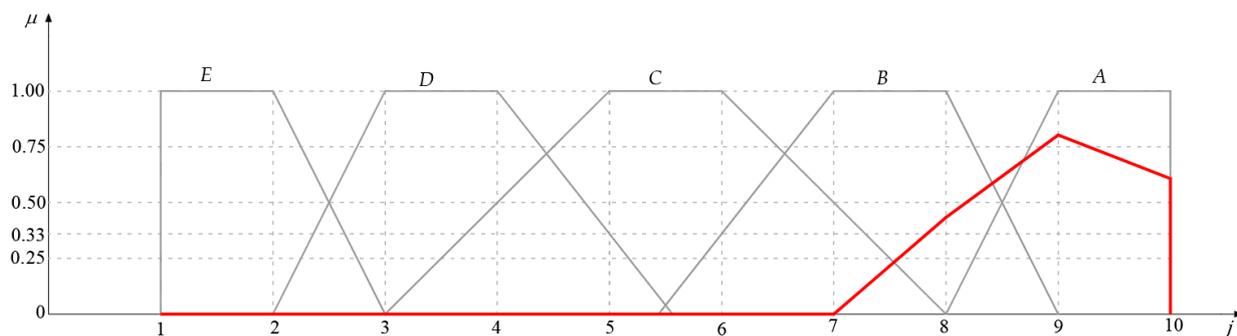
На основу добијених оцена у форми фази броја оцене добијене користећи  $\max$ - $\min$  и  $\min$ - $\max$  композицију за наведене делове система су приказане у следећој табели.

Табела 8.18. Оцене добијене за парцијални индикатор погодност одржавања користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали

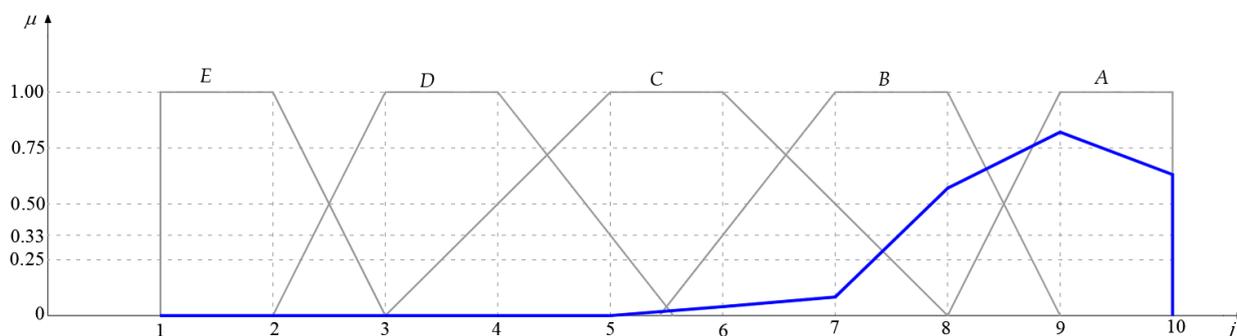
$M$ - погодност одржавања ( $\max$ - $\min$ ) \ $j$ -скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роторни багер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.5000	0.8500	0.6300
Самоходни транспортер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.7750	0.6500
Трачни транспортери	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0330	0.1000	0.5500	0.7750	0.6500
Дробилично постројење	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.2000	0.6000	0.8500	0.5500



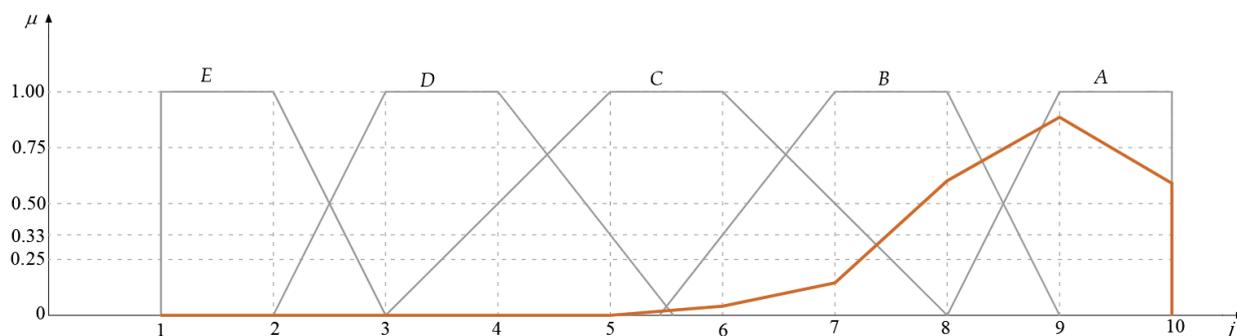
Слика 8.13. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор  $M$  (погодност одржавања) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали



Слика 8.14. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор  $M$  (погодност одржавања) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали



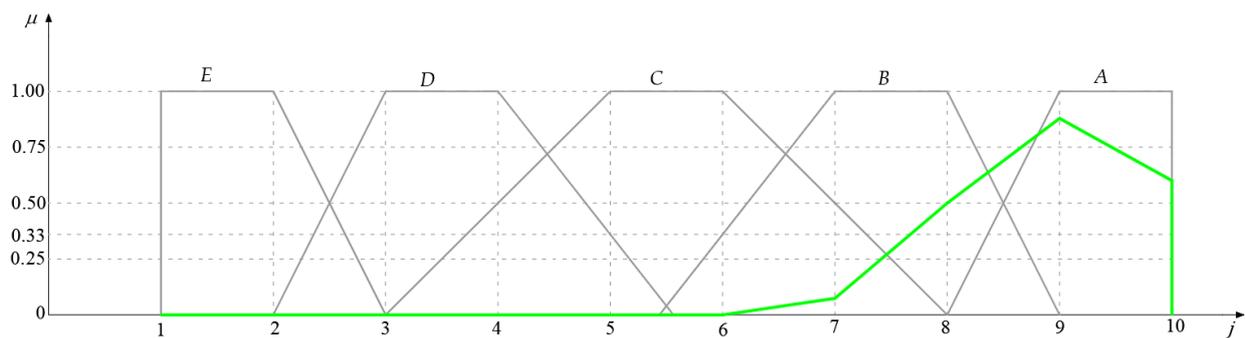
Слика 8.15. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор  $M$  (погодност одржавања) за трачне транспортере користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали



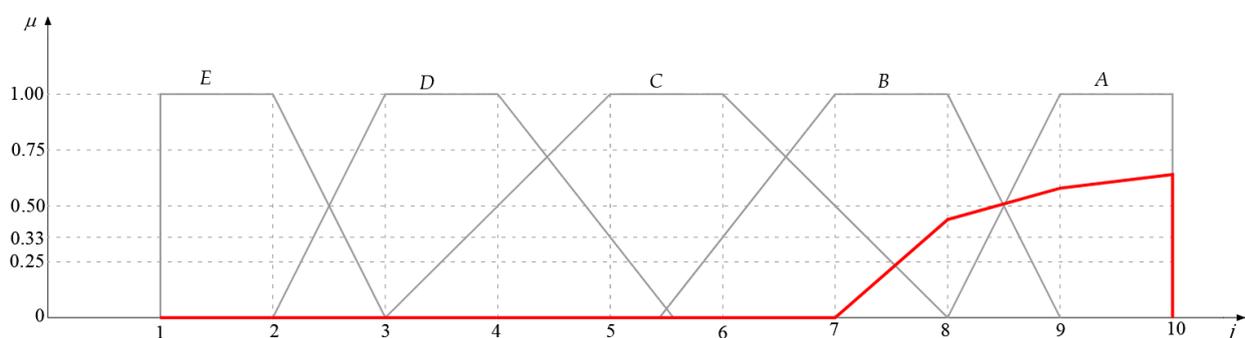
Слика 8.16. Распедела излазних вредности за парцијални индикатор  $M$  (погодност одржавања) за дробилично постројење користећи  $\max$ - $\min$  композицију према  $j$ -скали

Табела 8.19. Оцене добијене за парцијални индикатор погодност одржавања користећи  $\min$ - $\max$  композицију

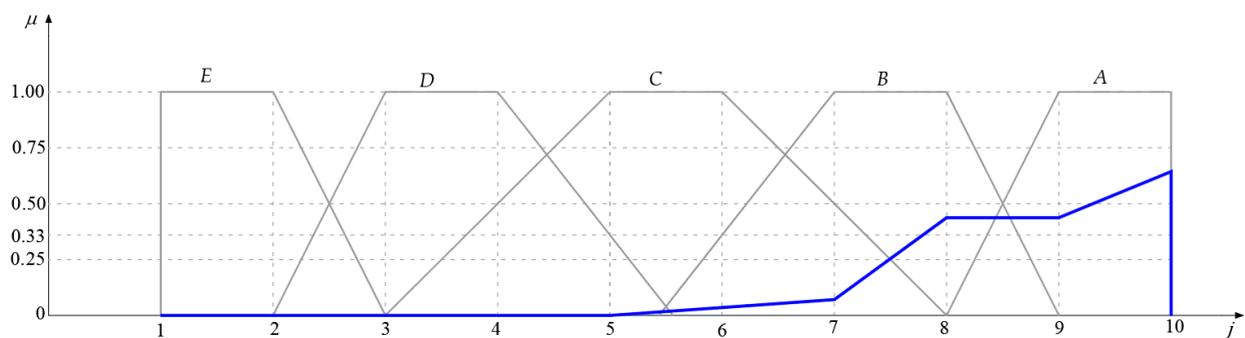
$M$ - погодност одржавања ( $\min$ - $\max$ ) $j$ -скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роторни багер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2000	0.5000	0.5000	0.6300
Самоходни транспортер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4500	0.5500	0.6500
Трачни транспортери	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0330	0.1000	0.4500	0.4500	0.6500
Дробилично постројење	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3000	0.4000	0.5000	0.5500



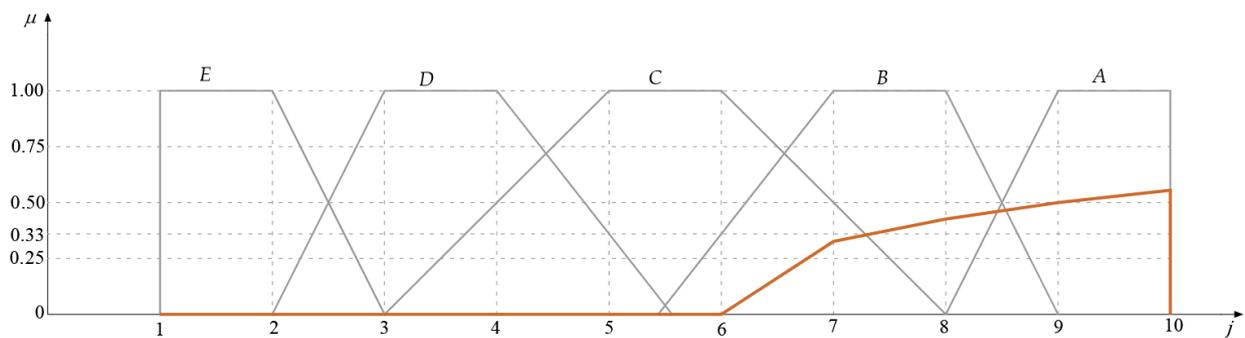
Слика 8.17. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор М (погодност одржавања) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи min-max композицију према j-скали



Слика 8.18. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор М (погодност одржавања) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи min-max композицију према j-скали



Слика 8.19. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор М (погодност одржавања) за трачне транспортере користећи min-max композицију према j-скали



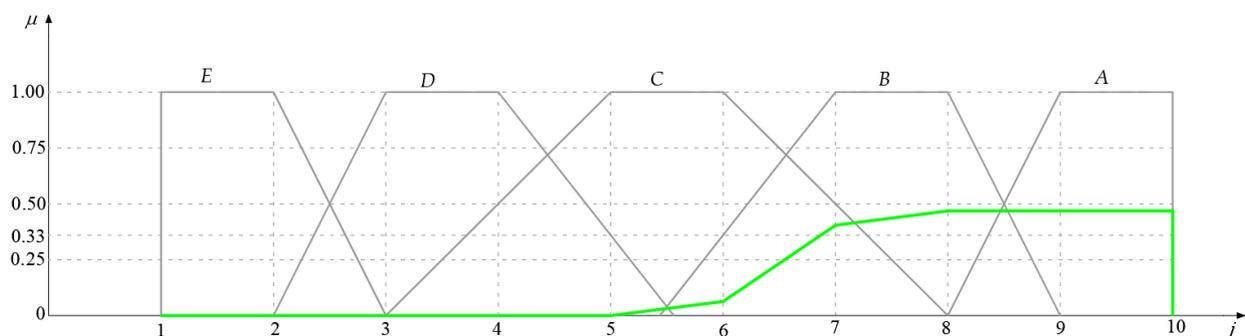
Слика 8.20. Расподела излазних вредности за парцијални индикатор М (погодност одржавања) за дробилично постројење користећи min-max композицију према j-скали

### 8.7. Одређивање расположивости делова система -А

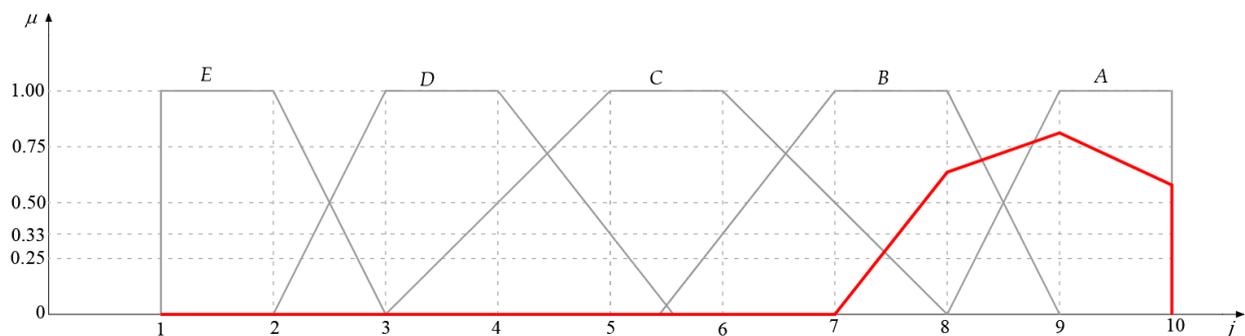
На основу добијених оцена у форми фази броја оцене добијене користећи max-min и min-max композицију за наведене делове система су приказане у следећим табелама.

Табела 8.20. Оцене добијене за расположивост делова система користећи max-min композицију

Расположивост- А (max-min) √j-скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роторни багер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.4330	0.4830	0.4830	0.4830
Самоходни транспортер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6940	0.7750	0.6500
Трачни транспортери	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.1000	0.7640	0.7300	0.6500
Дробилично постројење	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.2650	0.5660	0.6320	0.5490	0.3660

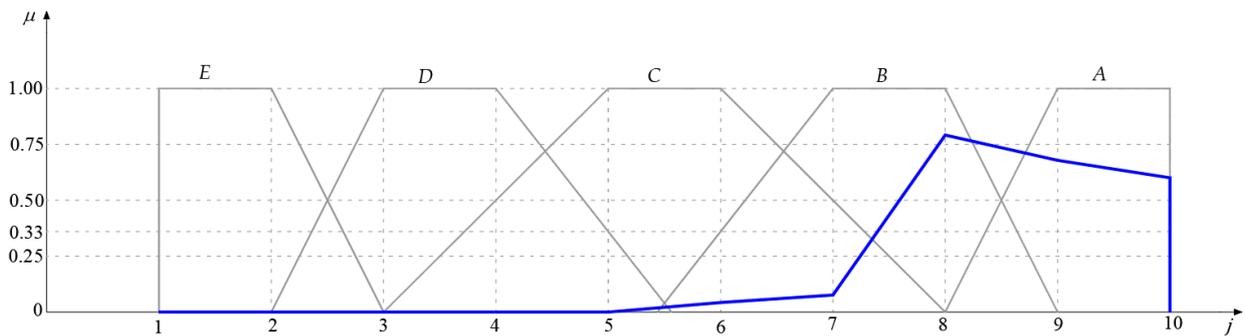


Слика 8.21. Расподела излазних вредности за A (расположивост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи max-min композицију према j-скали

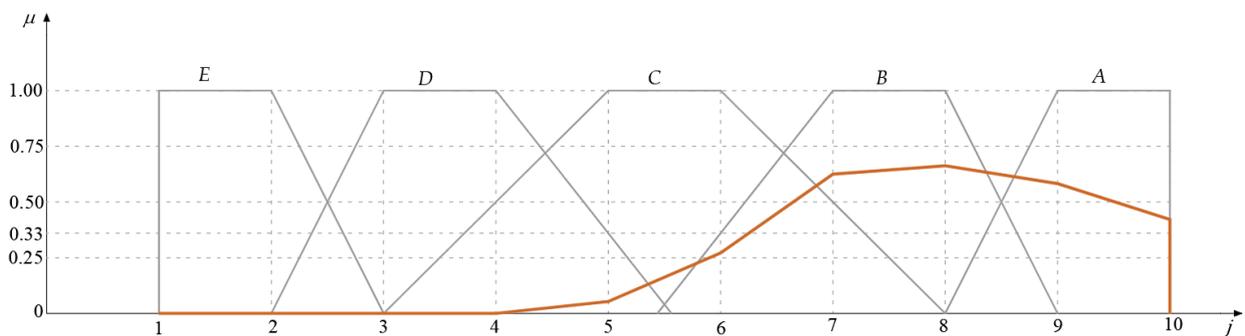


Слика 8.22. Расподела излазних вредности за A (расположивост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи max-min композицију према j-скали

8. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом фази логике



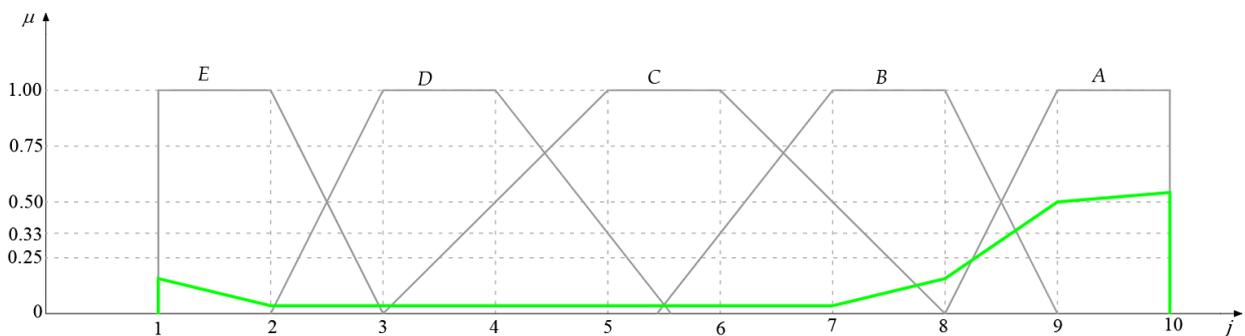
Слика 8.23. Расподела излазних вредности за А (расположивост) за трачне транспортере користећи тах-тiп композицију према j-скали



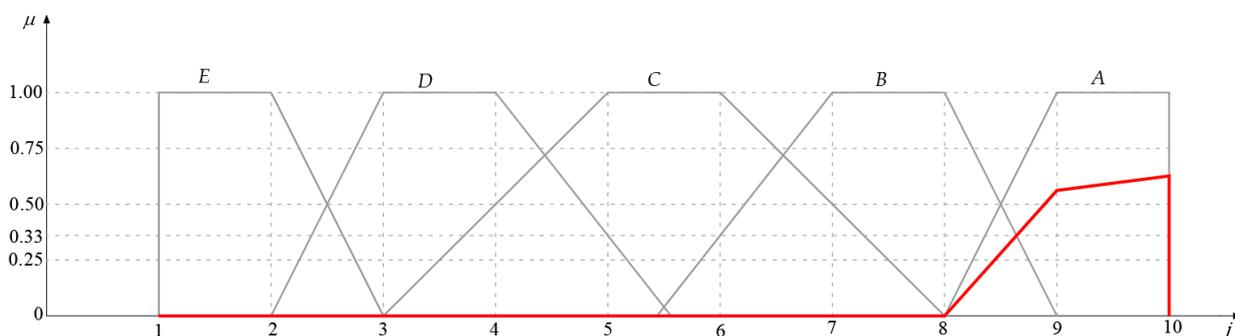
Слика 8.24. Расподела излазних вредности за А (расположивост) за дробилично постројење користећи тах-тiп композицију према j-скали

Табела 8.21. Оцене добијене за расположивост делова система користећи min-max композицију

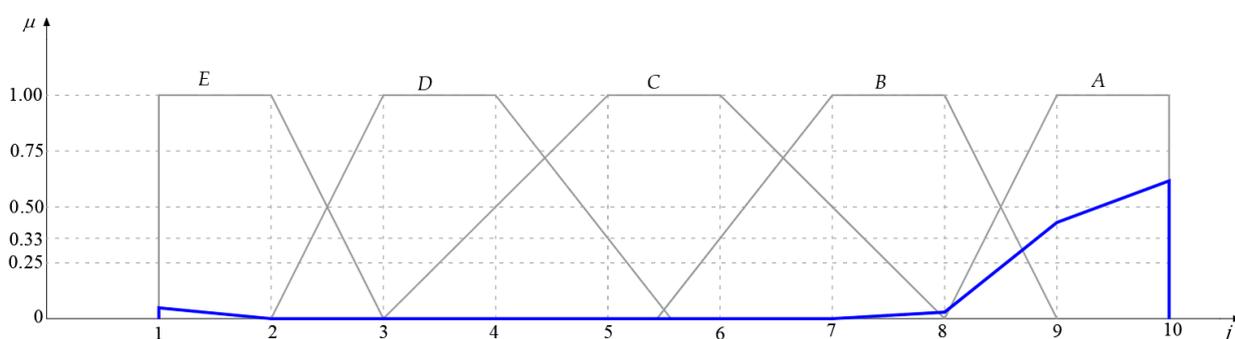
Расположивост- А (min-max) j-скала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Роторни багер	0.2000	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.2000	0.5000	0.5500
Самоходни транспортер	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5500	0.6500
Трачни транспортери	0.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0330	0.4500	0.6500
Дробилично постројење	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2000	0.2000	0.4000	0.5000



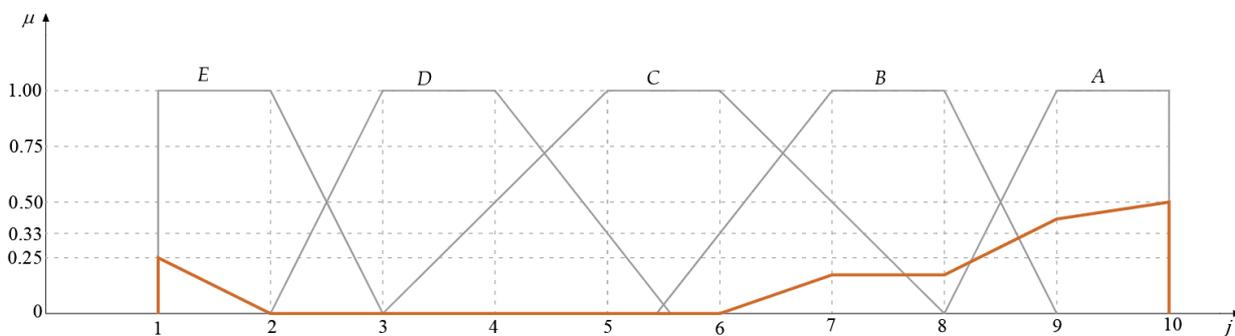
Слика 8.25. Расподела излазних вредности за А (расположивост) за роторни багер SRs 400 14/1.5 користећи min-max композицију према j-скали



Слика 8.26. Расподела излазних вредности за А (расположивост) за самоходни транспортер BRs 2400 користећи min-max композицију према j-скали



Слика 8.27. Расподела излазних вредности за А (расположивост) за трачне транспортере користећи min-max композицију према j-скали

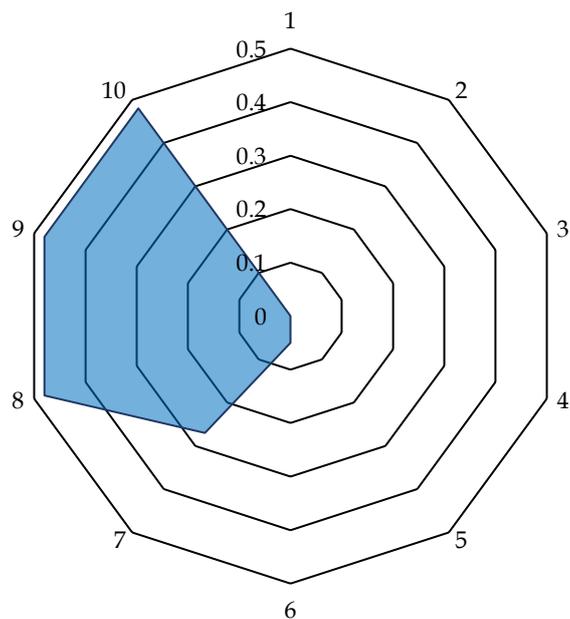


Слика 8.28. Расподела излазних вредности за А (расположивост) за дробилично постројење користећи min-max композицију према j-скали

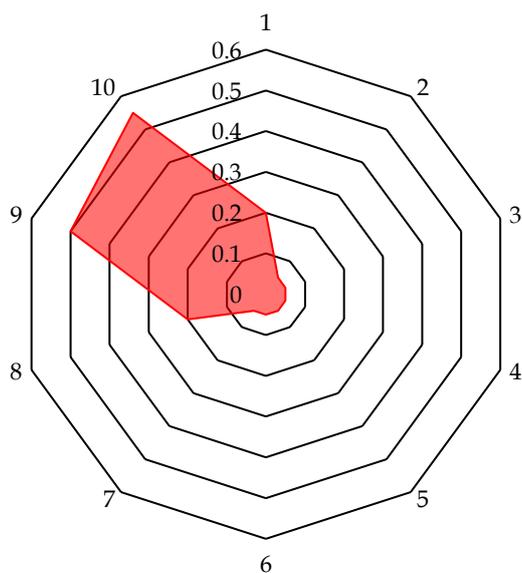
### 8.8. Распоживост континуалног система

На основу добијених оцена расположивости делова система (роторни багер, самоходни транспортер, трачни транспортери, дробилично постројење) укупна оцена расположивости добијена је користећи max-min композицију и min-max композицију:

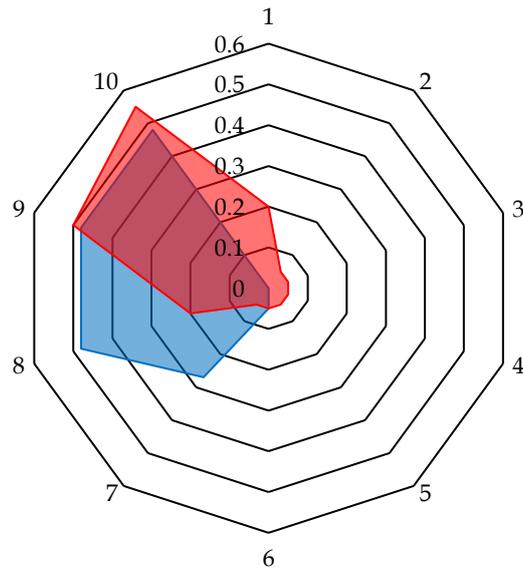
max-min	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0500	0.2650	0.4830	0.4830	0.4830
min-max	0.2000	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.2000	0.5000	0.5500



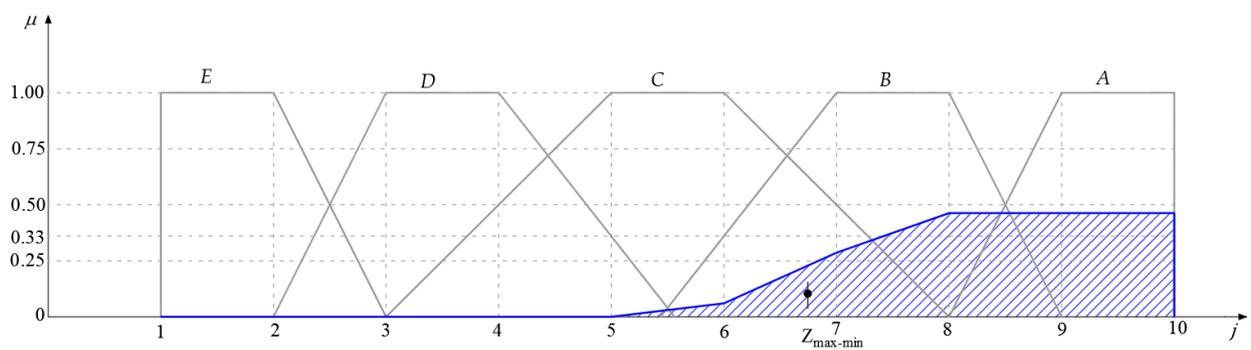
Слика 8.29. Приказ резултата (max-min композиција)



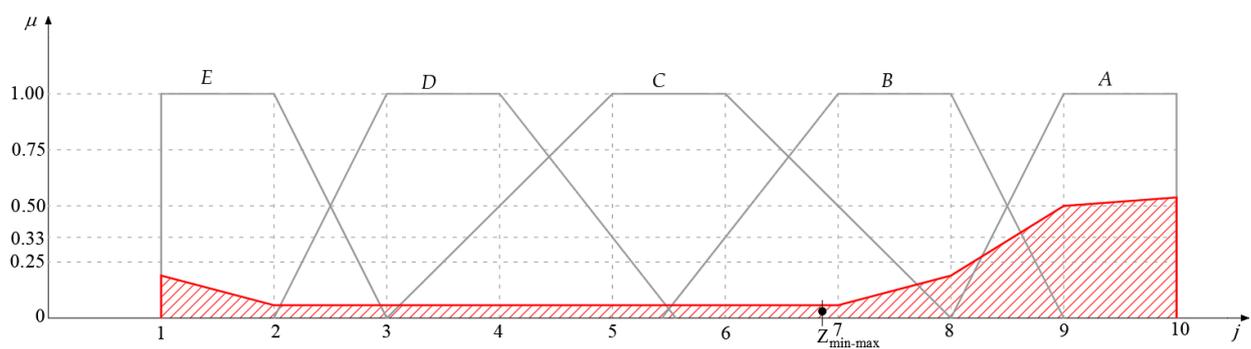
Слика 8.30. Приказ резултата (min-max композиција)



Слика 8.31. Приказ резултата (обе композиције)



Слика 8.32. Расдела излазних вредности за А (расположивост) континуалног система, max-min композиција



Слика 8.33. Расдела излазних вредности за А (расположивост) континуалног система, min-max композиција

Примена методе Best fit биће приказана на оцени добијеној мах-мин композицијом.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= d(\max - \min, E) \\
 &= \sqrt{(0.00 - 1)^2 + (0.00 - 1)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.05 - 0.0)^2 + (0.27 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2} \\
 &= 1.6651 \\
 d_2 &= d(\max - \min, D) \\
 &= \sqrt{(0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 1)^2 + (0.00 - 1)^2 + (0.00 - 0.33)^2 + (0.05 - 0.0)^2 + (0.27 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2} \\
 &= 1.6975 \\
 d_3 &= d(\max - \min, C) \\
 &= \sqrt{(0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0.5)^2 + (0.00 - 1)^2 + (0.05 - 1)^2 + (0.27 - 0.5)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2} \\
 &= 1.7052 \\
 d_4 &= d(\max - \min, B) \\
 &= \sqrt{(0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.05 - 0.33)^2 + (0.27 - 1)^2 + (0.48 - 1)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2} \\
 &= 1.1630 \\
 d_5 &= d(\max - \min, A) \\
 &= \sqrt{(0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.00 - 0)^2 + (0.05 - 0.0)^2 + (0.27 - 0)^2 + (0.48 - 0)^2 + (0.48 - 1)^2 + (0.48 - 1)^2} \\
 &= 0.9168
 \end{aligned}$$

На сличан начин добија се вредност Best-fit методе и за мин-мак композицију.

Табела 8.22. Резултати Best-fit методе

	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
max-min	1.6651	1.6975	1.7052	1.1630	0.9168
min-max	1.4654	1.5885	1.6875	1.4911	0.7399

Рачунање нормализованих вредности биће приказано на примеру мах-мин композиције где је  $d_{min} = 0.9168$

$$\begin{aligned}
 \mu_1 &= \frac{\frac{d_{min}}{d_1}}{\frac{d_{min}}{d_1} + \frac{d_{min}}{d_2} + \frac{d_{min}}{d_3} + \frac{d_{min}}{d_4} + \frac{d_{min}}{d_5}} = \frac{\frac{0.9168}{1.6651}}{\frac{0.9168}{1.6651} + \frac{0.9168}{1.6975} + \frac{0.9168}{1.7052} + \frac{0.9168}{1.1630} + \frac{0.9168}{0.9168}} = 0.1612 \\
 \mu_2 &= \frac{\frac{d_{min}}{d_2}}{\frac{d_{min}}{d_1} + \frac{d_{min}}{d_2} + \frac{d_{min}}{d_3} + \frac{d_{min}}{d_4} + \frac{d_{min}}{d_5}} = \frac{\frac{0.9168}{1.6975}}{\frac{0.9168}{1.6651} + \frac{0.9168}{1.6975} + \frac{0.9168}{1.7052} + \frac{0.9168}{1.1630} + \frac{0.9168}{0.9168}} = 0.1581 \\
 \mu_3 &= \frac{\frac{d_{min}}{d_3}}{\frac{d_{min}}{d_1} + \frac{d_{min}}{d_2} + \frac{d_{min}}{d_3} + \frac{d_{min}}{d_4} + \frac{d_{min}}{d_5}} = \frac{\frac{0.9168}{1.7052}}{\frac{0.9168}{1.6651} + \frac{0.9168}{1.6975} + \frac{0.9168}{1.7052} + \frac{0.9168}{1.1630} + \frac{0.9168}{0.9168}} = 0.1574 \\
 \mu_4 &= \frac{\frac{d_{min}}{d_4}}{\frac{d_{min}}{d_1} + \frac{d_{min}}{d_2} + \frac{d_{min}}{d_3} + \frac{d_{min}}{d_4} + \frac{d_{min}}{d_5}} = \frac{\frac{0.9168}{1.1630}}{\frac{0.9168}{1.6651} + \frac{0.9168}{1.6975} + \frac{0.9168}{1.7052} + \frac{0.9168}{1.1630} + \frac{0.9168}{0.9168}} = 0.2307 \\
 \mu_5 &= \frac{\frac{d_{min}}{d_5}}{\frac{d_{min}}{d_1} + \frac{d_{min}}{d_2} + \frac{d_{min}}{d_3} + \frac{d_{min}}{d_4} + \frac{d_{min}}{d_5}} = \frac{\frac{0.9168}{0.9168}}{\frac{0.9168}{1.6651} + \frac{0.9168}{1.6975} + \frac{0.9168}{1.7052} + \frac{0.9168}{1.1630} + \frac{0.9168}{0.9168}} = 0.2927
 \end{aligned}$$

На сличан начин се добијају вредности функције припадности и за мин-мак композицију.

Табела 8.23. Нормализоване вредности резултата Best-fit методе

	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$
max-min	0.1612	0.1581	0.1574	0.2307	0.2927
min-max	0.1738	0.1603	0.1509	0.1708	0.3442

Мах-мин композиција се користи када аналитичар има интерес да издвоји позитивне исходе, док се мин-макс композиција користи када се желе издвојити негативни исходи [18, 154].

Тежиште оцене  $Z$  добијене мах-мин композицијом добија се на следећи начин:

$$Z_{max-min} = \frac{\mu_1 + 2\mu_2 + 3\mu_3 + 4\mu_4 + 5\mu_5}{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5} = \frac{0.1612 + 2 \cdot 0.1581 + 3 \cdot 0.1574 + 4 \cdot 0.2307 + 5 \cdot 0.2927}{0.1612 + 0.1581 + 0.1574 + 0.2307 + 0.2927} = 3.3357$$

На сличан начин добија се и тежиште оцене за мин-макс композицију:

$$Z_{min-max} = \frac{0.1738 + 2 \cdot 0.1603 + 3 \cdot 0.1509 + 4 \cdot 0.1708 + 5 \cdot 0.3442}{0.1738 + 0.1603 + 0.1509 + 0.1708 + 0.3442} = 3.3513$$

Из овога се закључује да на скали од 1 до 5 разматрани систем има тежиште оцене за мах-мин композицију 3.3357, а за мин-макс композицију има тежиште 3.3513. Уобичајено је да се расположивост приказује у облику процента па се тај облик може постићи када се тежиште оцене подели са дужином посматране скале, што је у овом случају број 5. На основу добијених вредности може се закључити да је расположивост у моделу који користи мах-мин композицију 66.7% а у моделу који користи мин-макс композицију 67%.

Једна од начина за одређивање расипања које се јавља код излазних резултата јесте стандардна девијација која се обрачунава по формули:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\mu_i - \mu_{sr})^2}{N - 1}} \quad (8.28)$$

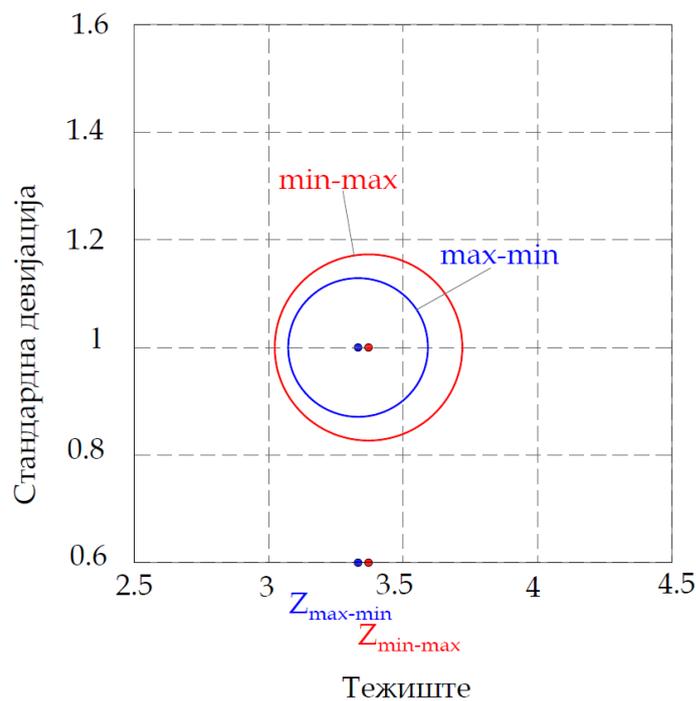
где је  $N$ - број оцена, а  $\mu_{sr}$  средња вредност вредности  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ . У случају мах-мин композиције вредност стандардне девијације износи:

$$S_{max-min} = \sqrt{\frac{(0.1612 - 0.2)^2 + (0.1581 - 0.2)^2 + (0.1574 - 0.2)^2 + (0.2307 - 0.2)^2 + (0.2927 - 0.2)^2}{5 - 1}} = 0.0604$$

а за мин-макс композицију износи:

$$S_{min-max} = \sqrt{\frac{(0.1738 - 0.2)^2 + (0.1603 - 0.2)^2 + (0.1509 - 0.2)^2 + (0.1708 - 0.2)^2 + (0.3442 - 0.2)^2}{5 - 1}} = 0.0811$$

На слици 8.34. дат је приказ резултата тежишта и расипања резултата.



Слика 8.34. Тежишта и расипања излаза

Имајући у виду да се max-min композиција користи у случајевима када аналитичар има тенденцију да издвоји исходе позитивне природе, што је уобичајено да се означава оптимистичним сценаријом, док min-max композиција тежи издвајању исхода негативне природе, што се означава песимистичним сценаријом. Закључује се да су оцене блиске просечним вредностима.

## 9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази система закључивања

Структура ANFIS система је слична структури вештачких неуронских мрежа, где се на основу улазно-излазног скупа података формира одговарајућа фази пропозиција и параметри функција припадности којима се дефинишу фази бројеви.

ANFIS структура која је кориштена у овом моделу има пет слојева као што је већ поменуто и детаљније описано у поглављу 7.3.

Одређивање расположивости континуалних система и његових парцијалних индикатора је обрађено кроз резултате добијених путем упитника који се односе на експертску процену парцијалних индикатора расположивости и на историјске податке о временима застоја и рада, а који обухватају временски период од 2016. до 2019. године.

У оквиру овог модела расположивост се разлаже на исте парцијалне подиндикаторе као у фази моделу (Слика 6.3.) који се процењују експертском проценом, упитником. Процењује се сваки део I БТД система (роторни багер, самоходни транспортер, трачни транспортери и дробилично постројење) исто као у претходно описаном фази моделу. У експертској процени анкетирано је 10 експерата из области континуалних система у површинској експлоатацији који су дали процене за подиндикаторе расположивости у одређеном кварталу и обухватају период од 2016. до 2019. године за сваки део БТД система. Подаци из периода од 2016. до 2018. године су се користили за тренирање ANFIS модела (480 података - тренинг скуп података), док су подаци из 2019. године (160 података - тест скуп података) служили за тестирање добијеног модела. Експертима су у упитнику понуђене оцене у распону од *F* (најгора оцена) до *A* (најбоља оцена). Изглед упитника приказан је на слици 9.1. Треба напоменути да је сам опис оцена парцијалних подиндикатора исти као у претходном моделу, с тим што је у овом упитнику од експерта захтевано да процене врши на кварталном нивоу у унапред одређеном временском периоду за сваки део I БТД система, за разлику од фази модела где оцена нема временску категорију, тј. временску зависност. Тако добијене оцене су кориштене као улазни подаци овог модела. Експертске оцене за парцијалне подиндикаторе расположивости система у периоду од 2016. до 2019. године (тренинг и тест скуп података) приказани су у прилогу на крају докторске дисертације.

9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази система закључивања

Упитник за I БТД систем - ANFIS модел								
Део система:								
Експерт:								
Година:								
Квартал:								
Синтезни индикатори	Подиндикатори	Опис подиндикатора	Оцене					
			F	E	D	C	B	A
R- поузданост	o	o - преоптерећење механизације						
	c	c - старост механизације						
	b	b - базични инжењеринг						
M- погодност одржавања	t	t - технологичност						
	e	e - алати и опрема						
	u	u - унификација						
	d	d - дијагностика						
	m	m - манипулативност						
	s	s - стандардизација						

Слика 9.1. Изглед упитника – ANFIS модел

Пре израде модела формирана је база података (описана у поглављу 5.1.) везана за времена трајања машинских, електро и осталих отказа I БТД система у периоду од 4 године (2016., 2017., 2018., 2019. година). Подаци из ове базе се користе за одређивање историјских расположивости на кварталном нивоу, а као такви се користе као излазни подаци ANFIS модела. У табели 9.1. приказан је део базе података. Подаци су преузети од Електропривреде Србије и садржали су информације о застојима на конкретном систему у наведеном временском периоду.

Табела 9.1. Приказ дела базе података о застојима I БТД система

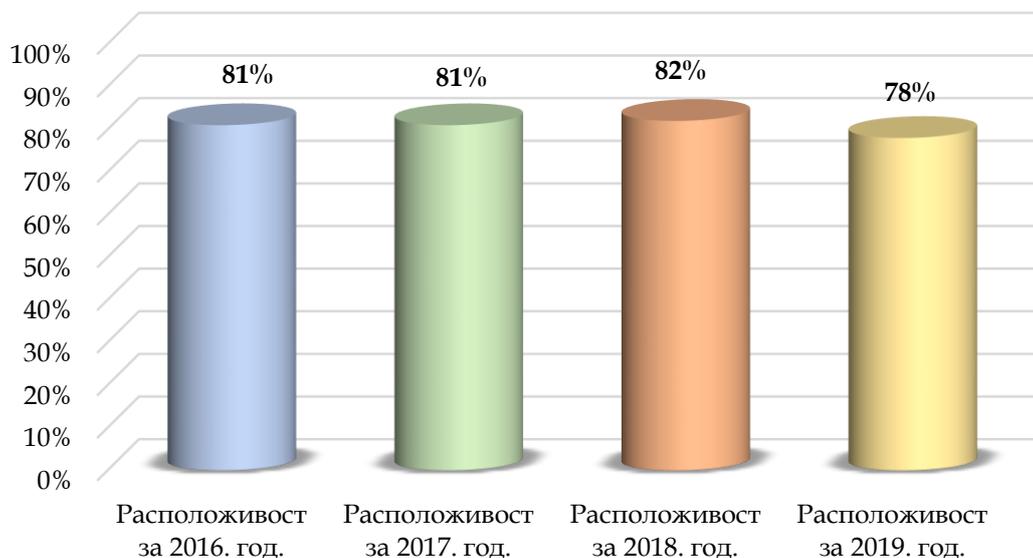
Датум	Месец	Година	Систем	Објекат	Застој	Почетак застоја	Крај застоја	Време у застоју	Укупно време у застоју (мин.)	Напомена	Смена
1.1.2016	Јануар	2016	I БТД	РБ SRs-400	Електро	10:00:00	10:50:00	00:50	50	/	1
1.1.2016	Јануар	2016	I БТД	Дроб. пост	Остали	13:00:00	14:30:00	01:30	90	/	1
1.1.2016	Јануар	2016	I БТД	РБ SRs-400	Електро	19:00:00	19:10:00	00:10	10	/	2

На основу расположивих података квартално је утврђивана расположивост система и добијене вредности су приказане у табели 9.2. На слици 9.2. дат је приказ расположивости по годинама за I БТД систем које су прорачунате на основу историјских података као количник времена у раду и укупног времена.

Табела 9.2. Добијени резултати за расположивост I БТД система

Година	Квартал	Расположивост	Година	Квартал	Расположивост
2016	1	0.8300	2018	1	0.8039
	2	0.8203		2	0.8425
	3	0.8018		3	0.8365
	4	0.8008		4	0.7790
Година	Квартал	Расположивост	Година	Квартал	Расположивост
2017	1	0.8079	2019	1	0.8100
	2	0.7825		2	0.7500
	3	0.8370		3	0.7831
	4	0.8177		4	0.7758

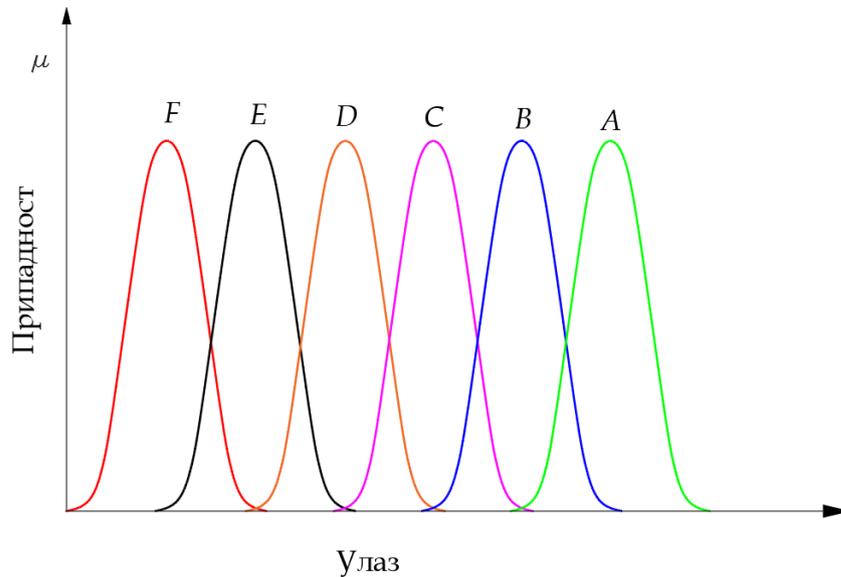
Приказ расположивости I БТД система по годинама



Слика 9.2. Приказ расположивости I БТД система по годинама

Добијени ANFIS модел је као улазне параметре примао резултате анкете за свих 9 парцијалних подиндикатора за сваки део I БТД система, док је излаз представљао одговарајућу расположивост у кварталу за који се односе резултати анкете, а која је добијена на основу историјских података преузетих од Електропривреде Србије.

У првом кораку је извршена фазификација која представља трансформацију оцена парцијалних индикатора, користећи функције припадности, у одговарајућу  $j$ -скалу за  $j=10$ . Процес фазификације је исти као и у претходно описаном фази моделу, с тим што се за функције припадности не користе унапред предефинисани фази скупови, већ се уместо њих користе функције припадности, чији се параметри процењују у оквиру процеса тренирања модела. Функције припадности које су коришћене су звонаста (енг. *Bell-shaped membership function*), Гаусова (енг. *Gaussian membership function*) и сигмоидина (енг. *Sigmf membership function*) функција. На слици 9.3. дат је приказ Гаусове функције припадности. Детаљнији опис функција припадности дат у поглављу 7.3.



Слика 9.3. Гаусова функција припадности

Користећи IF-THEN (АКО-ОНДА) правила прво је на основу парцијалних подиндикатора  $o$ ,  $c$ ,  $b$  одређен синтезни индикатор  $R$ , а на основу парцијалних подиндикатора  $t$ ,  $e$ ,  $u$ ,  $d$ ,  $m$ ,  $s$  синтезни индикатор  $M$ . У другом кораку су, користећи IF-THEN правила, синтезни индикатори  $R$  и  $M$  служили за одређивање расположивости  $A$ . Сви наведени подиндикатори су описани са шест лингвистичких променљиви, док су расположивост, поузданост и погодност одржавања описани са пет лингвистичких променљивих, на исти начин као што је описано у претходном фази моделу.

IF-THEN правила која су се користила у овом ANFIS моделу су приказана у следећим табелама. Тако на пример вредности које су приказане у првој врсти ове табеле се интерпретирају на следећи начин:

Ако је парцијални подиндикатор  $o - F$  (услови радне средине су такви да их ангажована опрема углавном не испуњава) и ако је парцијални подиндикатор  $c - F$  (машина за отпис, веома висок ниво отказа) и ако је парцијални подиндикатор  $b - F$  (неразвијен базични инжењеринг) онда је индикатор  $R$  непоуздан-  $E$ .

9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима  
применом неуро-фази система закључивања

Табела 9.3. IF-THEN правила за одређивање индикатора  $R$  - поузданост

<b><math>a</math></b>	<b><math>c</math></b>	<b><math>b</math></b>	<b><math>R</math></b>
$F$	$F$	$F$	$E$
$E$	$E$	$E$	$D$
$D$	$D$	$D$	$C$
$C$	$C$	$C$	$B$
$B$	$B$	$B$	$A$
$B$	$C$	$B$	$A$
$C$	$B$	$C$	$B$
$C$	$B$	$B$	$A$
$B$	$C$	$D$	$B$
$C$	$C$	$B$	$B$
$D$	$C$	$D$	$C$
$E$	$B$	$E$	$C$
$C$	$D$	$B$	$A$
$E$	$E$	$D$	$D$
$C$	$C$	$A$	$A$
$D$	$C$	$B$	$B$
$B$	$B$	$A$	$A$
$B$	$C$	$D$	$B$
$A$	$B$	$A$	$A$
$D$	$B$	$B$	$A$
$D$	$E$	$A$	$B$
$A$	$C$	$C$	$A$
$A$	$C$	$D$	$B$
$A$	$B$	$B$	$A$
$A$	$E$	$D$	$B$
$A$	$B$	$C$	$A$
$B$	$C$	$E$	$B$
$B$	$D$	$D$	$B$
$B$	$E$	$E$	$C$
$B$	$B$	$A$	$A$
$A$	$A$	$A$	$A$
$F$	$E$	$E$	$D$
$F$	$D$	$D$	$C$
$F$	$C$	$C$	$B$
$F$	$A$	$A$	$A$
$F$	$E$	$D$	$D$
$E$	$D$	$C$	$C$
$D$	$C$	$B$	$B$
$C$	$B$	$A$	$A$

9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима  
применом неуро-фази система закључивања

Табела 9.4. IF-THEN правила за одређивање индикатора  $M$  – погодност одржавања

$t$	$e$	$u$	$d$	$m$	$s$	$M$
$F$	$F$	$F$	$F$	$F$	$F$	$E$
$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	$E$	$D$
$D$	$C$	$C$	$C$	$B$	$B$	$B$
$D$	$C$	$C$	$C$	$C$	$C$	$B$
$D$	$C$	$A$	$C$	$B$	$B$	$A$
$C$	$B$	$B$	$B$	$C$	$B$	$A$
$B$	$C$	$B$	$B$	$B$	$B$	$A$
$B$	$D$	$D$	$C$	$C$	$C$	$B$
$C$	$C$	$D$	$B$	$B$	$B$	$B$
$D$	$C$	$D$	$C$	$D$	$B$	$B$
$E$	$D$	$C$	$B$	$B$	$C$	$B$
$C$	$B$	$B$	$B$	$B$	$B$	$A$
$B$	$D$	$C$	$C$	$B$	$B$	$B$
$C$	$C$	$B$	$B$	$D$	$C$	$B$
$B$	$B$	$B$	$B$	$B$	$A$	$A$
$B$	$A$	$C$	$C$	$C$	$B$	$A$
$C$	$C$	$B$	$C$	$B$	$B$	$A$
$C$	$C$	$C$	$C$	$B$	$B$	$B$
$C$	$D$	$C$	$C$	$D$	$C$	$B$
$C$	$C$	$B$	$B$	$C$	$D$	$B$
$C$	$A$	$B$	$C$	$D$	$C$	$B$
$B$	$C$	$D$	$D$	$D$	$B$	$B$
$D$	$D$	$D$	$D$	$D$	$D$	$C$
$C$	$C$	$C$	$C$	$C$	$C$	$B$
$B$	$B$	$B$	$B$	$B$	$B$	$A$
$A$						
$E$	$E$	$E$	$D$	$D$	$D$	$C$
$D$	$D$	$D$	$C$	$C$	$C$	$B$
$C$	$C$	$C$	$B$	$B$	$B$	$A$
$B$	$B$	$B$	$A$	$A$	$A$	$A$
$F$	$E$	$D$	$C$	$B$	$A$	$B$
$E$	$E$	$D$	$C$	$B$	$A$	$B$
$D$	$E$	$D$	$C$	$B$	$A$	$B$
$C$	$E$	$D$	$C$	$B$	$A$	$B$
$B$	$E$	$D$	$C$	$B$	$A$	$A$
$A$	$E$	$D$	$C$	$B$	$A$	$A$

Табела 9.5. IF-THEN правила за одређивање  $A$  – расположивости

$R$	$M$	$A$
$D$	$D$	$D$
$D$	$C$	$C$
$D$	$B$	$C$
$D$	$A$	$B$
$C$	$D$	$C$
$B$	$D$	$C$
$C$	$C$	$C$
$B$	$B$	$B$
$A$	$A$	$A$
$E$	$D$	$D$
$C$	$B$	$B$
$B$	$A$	$A$
$C$	$A$	$B$

У овом моделу коришћена функција грешке је  $RMSE$ . Квадратни корен средње вредности квадрата  $RMSE$  (енг. *Root Mean Square Error*) се дефинише на следећи начин:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad (9.1)$$

где су  $y_1, y_2, \dots, y_n$  стварне вредности, а  $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n$  вредности предвиђене моделом.

Пожељно је да вредности функција грешака буду што мање како би модел имао већу моћ предвиђања.

Критеријум за завршетак обучавања је базиран на узастопном посматрању вредности грешака на тренинг и тест скупу података. Тренутак када се перформансе на тест скупу података престају побољшавати је био критеријум који је за циљ имао избегавање претренираности модела. Додатно посматран је и критеријум смањења између итерација током одређеног броја епоха. Конкретно, разматрано је смањење вредности грешака у три узастопне епохе.

Сумарни приказ разматраних модела за предикцију оцена парцијалних индикатора расположивости система дат је у табели 9.6.

Табела 9.6. Сумарни приказ разматраних модела за предикцију оцена парцијалних индикатора расположивости

ANFIS параметри	ANFIS (1)	ANFIS (2)	ANFIS (3)
Број улаза	9	9	9
Тип функције	Гаусова функција	Звонаста функција	Сигмоидна функција
Број функција припадности	6×6×6×6×6×6×6×6×6	6×6×6×6×6×6×6×6×6	6×6×6×6×6×6×6×6×6
Тренинг скуп податка	480	480	480
Тест скуп података	160	160	160
Број итерација	10	10	10
Број фази правила	39 (R)+36 (M)+13 (A)	39 (R)+36 (M)+13 (A)	39 (R)+36 (M)+13 (A)
<b>RMSE (тренинг скуп података)</b>	0.00004	0.00001	0.00002
<b>RMSE (тест скуп података)</b>	0.0014	0.0015	0.0015

## 9. Модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази система закључивања

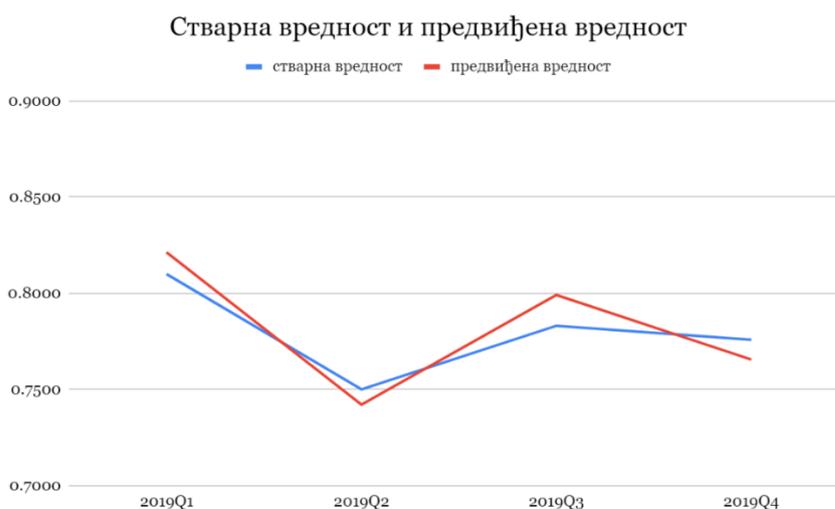
\*480 података - тренинг скуп података, дати као прилог ове докторске дисертације (4 дела система x 3 године x 4 квартала x 10 експерата)

\*160 података - тест скуп података, дати као прилог ове докторске дисертације (4 дела система x 1 година x 4 квартала x 10 експерата)

На основу приказаних вредности *RMSE* статистике приказане у табели 9.6. долази се до закључка да модел, који користи Гаусову функцију (енг. *Gaussian membership function*) за одређивање припадности, има бољу могућност предикције у односу на друге моделе, који за одређивање припадности користе звонасту (енг. *Bell shaped function*) и сигмоидну (енг. *Sigm function*). За модел који користи Гаусову функцију израчунат је коефицијент детерминације за тренинг ( $R^2= 0.9995$ ) и тест скуп података ( $R^2= 0.6978$ ). Резултати су приказани на следећим дијаграмима (Слика 9.4, Слика 9.5.).



Слика 9.4. Вредност расположивости по кварталима (2016-2018. год.) добијене ANFIS моделом и и израчунате на основу емпиријских података за сваки део система



Слика 9.5. Вредност расположивости по кварталима (2019. год.) добијене ANFIS моделом и и израчунате на основу емпиријских података за сваки део система

Напомена за слике 9.3. и 9.4.:

\*2016Q<sub>1</sub> - ознака квартала (у овом случају први квартал 2016. године) за 2016. годину.

Користећи добијени ANFIS модел и оцене парцијалних подиндикатора које су коришћене у претходном фази моделу, а које би требало да илуструју тренутно стање система, добија се предвиђање расположивости које износи: 0.81. Улазне вредности за вредност расположивости су биле у интервалу од 0 до 1 тако да вредност од 0.81 одговара 81%.

## 10. Симулациони модел за одређивање расположивости континуалних система површинске експлоатације

На основу података добијених од Електропривреде Србије и површинског копа Дрмно формирана је база података везана за електро (пробој кабла, прекид ТТ везе итд.), машинске (оштећење лежаја горње градње, пуцање гусеница, замена зуба итд.) и остале застоје (ремонт, сервис итд.) I БТД система у периоду од три године (2016-2018. година). У табели 9.1. у претходном поглављу дат је приказ дела базе података о застојима која је коришћена и за модел у овом поглављу. У табели 10.1. дат је приказ броја отказа за пречишћене узорке са одговарајућим перцентилима I БТД система на површинском копу Дрмно за период од три године (2016-2018. година). Изглед опреме I БТД система приказан је у поглављу 5., Слика 5.2.

Табела 10.1. Застоји I БТД система на површинском копу Дрмно за период од три године(2016-2018. године)

Р.бр.	Систем	Врста застоја	Величина узорка	Перцентили
1.	I БТД систем	Електро застоји	908	98.5
2.	I БТД систем	Машински застоји	1238	96
3.	I БТД систем	Остали застоји	2030	100
4.	I БТД систем	Сви (ЕМО) застоји	5212	95

Приликом израде симулационог модела сви откази су разврстани у једну од три врсте отказа (машински, електро и остали). Као и у случају ANFIS модела симулациони модел је развијен на подацима од три године (2016., 2017. и 2018. година).

У табели 10.2. дат је приказ експерименталних и теоријских учесталости машинских отказа по интервалима.

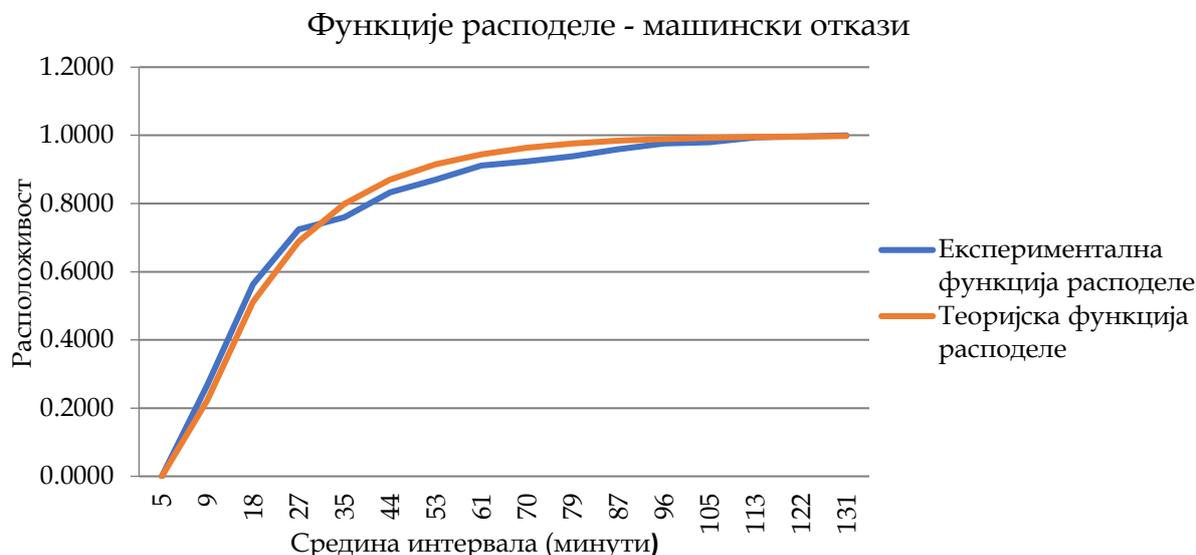
Табела 10.2. Екпериментална и теоријска учесталост машинских отказа по интервалима

Редни број интервала	Доња граница интервала	Горња граница интервала	Релативна учесталост	Експериментална функција расподеле	Теоријска учесталост	Теоријска функција расподеле	КС тест
1	5	14	0.2682	0.2682	0.2230	0.2230	0.0452
2	14	22	0.2948	0.5630	0.2890	0.5120	<b>0.0510</b>
3	22	31	0.1607	0.7237	0.1765	0.6885	0.0353
4	31	40	0.0363	0.7601	0.1109	0.7994	0.0393
5	40	48	0.0727	0.8328	0.0706	0.8700	0.0372
6	48	57	0.0372	0.8700	0.0454	0.9153	0.0454
7	57	66	0.0412	0.9111	0.0293	0.9447	0.0335
8	66	74	0.0129	0.9241	0.0191	0.9637	0.0396
9	74	83	0.0145	0.9386	0.0124	0.9761	0.0375
10	83	92	0.0210	0.9596	0.0081	0.9843	0.0247
11	92	100	0.0162	0.9758	0.0053	0.9896	0.0138
12	100	109	0.0040	0.9798	0.0035	0.9931	0.0133
13	109	118	0.0137	0.9935	0.0023	0.9954	0.0019
14	118	126	0.0032	0.9968	0.0015	0.9970	0.0002
15	126	135	0.0032	1.0000	0.0010	0.9980	0.0020

Расподела времена трајања машинских отказа, која је разматрана у 96 перцентилу података, је у складу са Вејбуловом расподелом са параметрима  $\gamma = 5$ ,  $\beta = 0.9511$  и  $\eta = 18.4311$ . Прецизније емпиријска функција расподеле је одређена са:

$$F_m(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 5}{18.4311}\right)^{0.9511}\right) \quad (10.1)$$

Број машинских отказа на којима је развијен овај модел износио је 1238 отказа. Тестирање хипотезе о расподели података вршено је уз помоћ Колмогоров-Смирнов теста чија је вредност статистике  $\sqrt{n} D_n$  једнака 1.7944, па са нивоом значајности 0.001 не може се одбацити нулта хипотеза која тврди да су подаци у складу са Вејбуловом расподелом. На следећој слици су приказане експериментална и теоријска функција расподеле машинских отказа.



Слика 10.1. Експериментална и теоријска функција расподеле машинских отказа

У табели 10.3. дат је приказ експерименталних и теоријских учесталости електро отказа по интервалима.

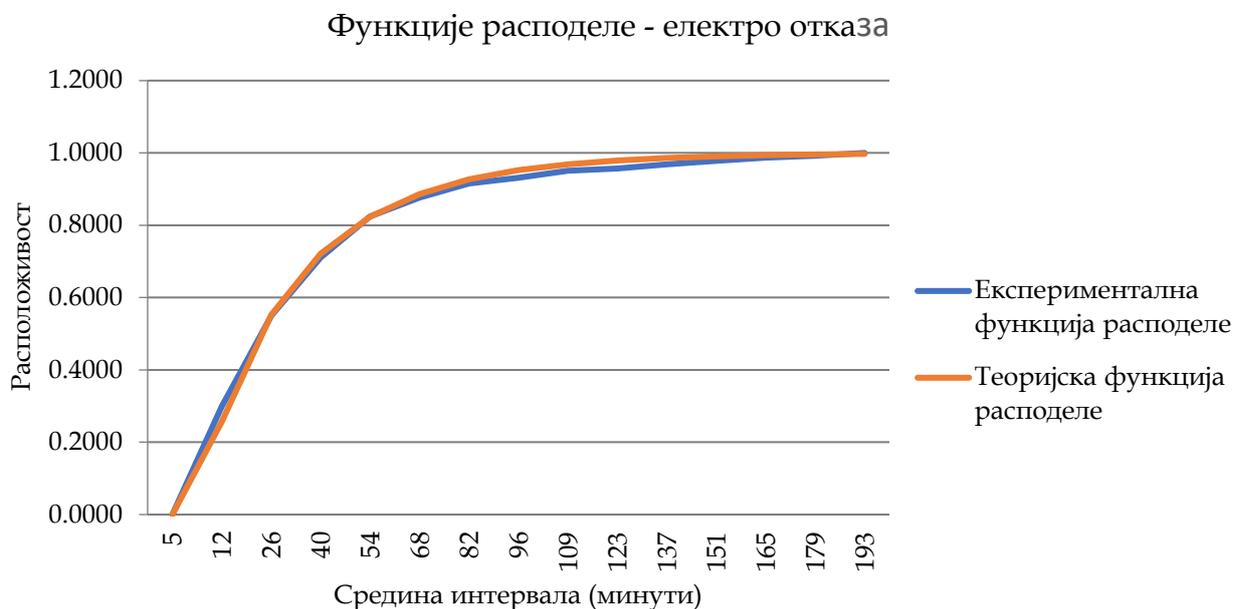
Табела 10.3. Експериментална и теоријска учесталост електро отказа по интервалима

Редни број интервала	Доња граница интервала	Горња граница интервала	Релативна учесталост	Експериментална функција расподеле	Теоријска учесталост	Теоријска функција расподеле	КС тест
1	5	20	0.2996	0.2996	0.2571	0.2571	<b>0.0425</b>
2	20	35	0.2500	0.5496	0.2956	0.5527	0.0031
3	35	50	0.1608	0.7104	0.1688	0.7215	0.0111
4	50	65	0.1145	0.8249	0.1020	0.8235	0.0014
5	65	80	0.0518	0.8767	0.0633	0.8867	0.0101
6	80	95	0.0385	0.9152	0.0399	0.9267	0.0115
7	95	110	0.0165	0.9317	0.0255	0.9522	0.0204
8	110	125	0.0187	0.9504	0.0164	0.9686	0.0182
9	125	140	0.0066	0.9570	0.0107	0.9793	0.0222
10	140	155	0.0110	0.9681	0.0070	0.9863	0.0182
11	155	170	0.0099	0.9780	0.0046	0.9909	0.0129
12	170	185	0.0088	0.9868	0.0030	0.9939	0.0071
13	185	200	0.0055	0.9923	0.0020	0.9959	0.0036
14	200	215	0.0077	1.0000	0.0013	0.9973	0.0027

Расподеле времена трајања електро отказа, која је разматрана у 98.5 перцентилу података, је у складу са Вејбуловом расподелом са параметрима  $\gamma = 5$ ,  $\beta = 0.9066$  и  $\eta = 28.6022$ . Прецизније емпиријска функција расподеле је одређена са:

$$F_e(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x - 5}{28.6022}\right)^{0.9066}\right) \quad (10.2)$$

Број електро отказа на којима је развијен овај модел износио је 908 отказа. Тестирање хипотезе о расподели података вршено је уз помоћ Колмогоров-Смирнов теста чија је вредност статистике  $\sqrt{n} D_n$  једнака 1.2804, па са нивоом значајности 0.05 не може се одбацити нулта хипотеза која тврди да су подаци у складу са Вејбуловом расподелом. На следећој слици су приказане експериментална и теоријска функција расподеле електро отказа.



Слика 10.2. Експериментална и теоријска функција расподеле електро отказа

У табели 10.4. дат је приказ експерименталних и теоријских учесталости осталих отказа по интервалима.

Табела 10.4. Експериментална и теоријска учесталост осталих отказа по интервалима

Редни број интервала	Доња граница интервала	Горња граница интервала	Релативна учесталост	Експериментална функција расподеле	Теоријска учесталост	Теоријска функција расподеле	КС тест
1	5	53	0.3803	0.3803	0.3910	0.3910	0.0107
2	53	101	0.2837	0.6640	0.2381	0.6291	<b>0.0350</b>
3	101	149	0.1384	0.8025	0.1450	0.7741	0.0284
4	149	198	0.0823	0.8847	0.0883	0.8624	0.0223
5	198	246	0.0433	0.9281	0.0538	0.9162	0.0119
6	246	294	0.0217	0.9498	0.0328	0.9490	0.0008
7	294	342	0.0172	0.9670	0.0200	0.9689	0.0019
8	342	390	0.0069	0.9739	0.0122	0.9811	0.0072
9	390	438	0.0113	0.9852	0.0074	0.9885	0.0032
10	438	486	0.0054	0.9906	0.0045	0.9930	0.0023
11	486	534	0.0015	0.9921	0.0027	0.9957	0.0036
12	534	583	0.0015	0.9936	0.0017	0.9974	0.0038
13	583	631	0.0015	0.9951	0.0010	0.9984	0.0033
14	631	679	0.0020	0.9970	0.0006	0.9990	0.0020
15	679	727	0.0020	0.9990	0.0004	0.9994	0.0004
16	727	775	0.0010	1.0000	0.0002	0.9996	0.0004

Расподела времена трајања осталих отказа, која је разматрана у 100 перцентилу података, је у складу са експоненцијалном расподелом са параметрима  $\gamma = 5$ ,  $\lambda = 0.0103$ . Прецизније емпиријска функција расподеле је одређена са:

$$F_o(x) = 1 - \exp(-0.0103 \cdot (x - 5)) \quad (10.3)$$

Број осталих отказа на којима је развијен овај модел износио је 2030 отказа. Тестирање хипотезе о расподели података вршено је уз помоћ Колмогоров-Смирнов теста чија је вредност статистике  $\sqrt{n} D_n$  једнака 1.5761, па са нивоом значајности 0.01 не може се одбацити нулта хипотеза која тврди да су подаци у складу са експоненцијалном расподелом. На следећој слици су приказане експериментална и теоријска функција расподеле осталих отказа.



У табели 10.5. дат је приказ експерименталних и теоријских учесталости времена трајања између отказа по интервалима.

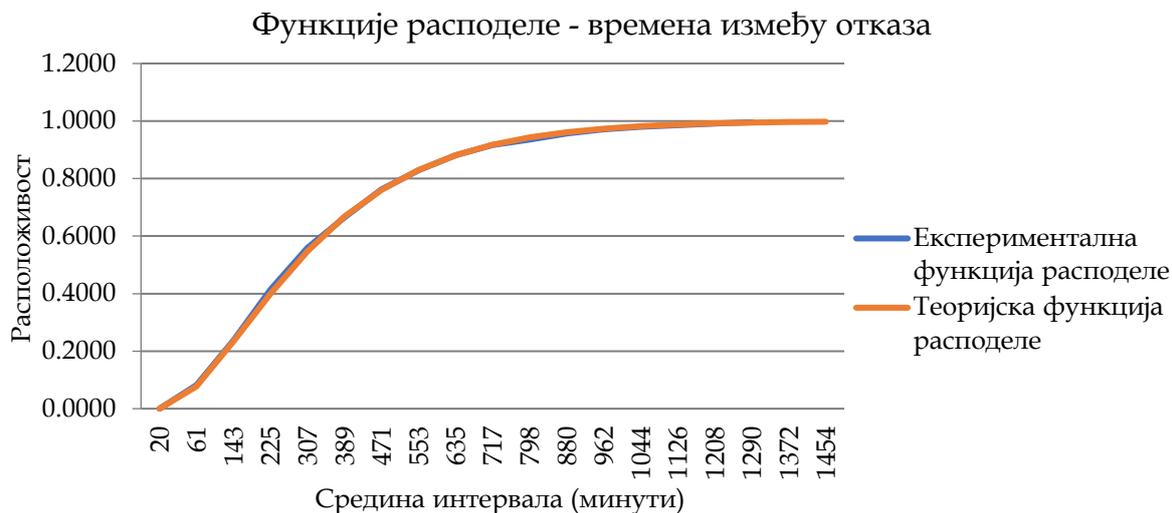
Табела 10.5. Експериментална и теоријска учесталост времена трајања између отказа по интервалима

Редни број интервала	Доња граница интервала	Горња граница интервала	Релативна учесталост	Експериментална функција расподеле	Теоријска учесталост	Теоријска функција расподеле	КС тест
1	20	102	0.0819	0.0819	0.0780	0.0780	0.0040
2	102	184	0.1556	0.2375	0.1560	0.2339	0.0036
3	184	266	0.1765	0.4140	0.1660	0.3999	<b>0.0141</b>
4	266	348	0.1450	0.5591	0.1476	0.5475	0.0116
5	348	430	0.1061	0.6652	0.1202	0.6677	0.0025
6	430	512	0.0967	0.7619	0.0930	0.7607	0.0012
7	512	594	0.0670	0.8289	0.0696	0.8302	0.0014
8	594	676	0.0524	0.8812	0.0508	0.8810	0.0002
9	676	758	0.0351	0.9163	0.0364	0.9174	0.0011
10	758	839	0.0198	0.9361	0.0257	0.9431	0.0070
11	839	921	0.0211	0.9572	0.0180	0.9611	0.0039
12	921	1003	0.0140	0.9712	0.0124	0.9735	0.0023
13	1003	1085	0.0092	0.9804	0.0086	0.9821	0.0017
14	1085	1167	0.0054	0.9858	0.0058	0.9879	0.0021
15	1167	1249	0.0048	0.9906	0.0040	0.9919	0.0013
16	1249	1331	0.0052	0.9958	0.0027	0.9946	0.0012
17	1331	1413	0.0023	0.9981	0.0018	0.9964	0.0017
18	1413	1495	0.0019	1.0000	0.0012	0.9976	0.0024

Расподела времена трајања између отказа, која је разматрана у 95 перцентилу података, је у складу са Ерланговом расподелом са параметрима  $\gamma = 20$ ,  $k = 2$  и  $\lambda = 0.0057$ . Прецизније емпиријска функција расподеле је одређена са:

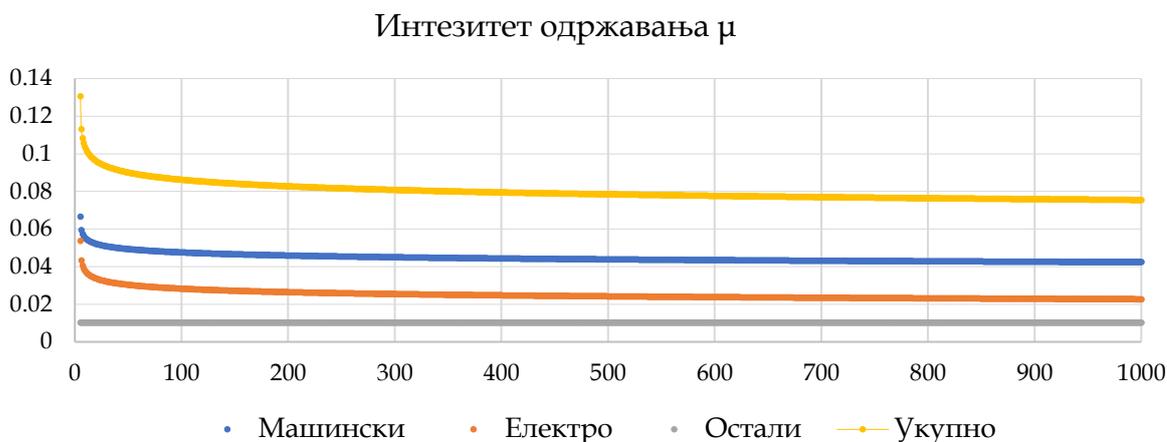
$$F(x) = 1 - (1 + 0.0057 \cdot (x - 20)) \exp(-0.0057 \cdot (x - 20)) \quad (10.4)$$

Број времена између отказа на којима је развијен овај модел износио је 5212. Тестирање хипотезе о расподели података вршено је уз помоћ Колмогоров-Смирнов теста чија је вредност статистике  $\sqrt{n} D_n$  једнака 1.0192, па са нивоом значајности 0.2 не може се одбацити нулта хипотеза која тврди да су подаци у складу са Ерланговом расподелом. На следећој слици су приказане експериментална и теоријска функција расподеле времена између отказа.



Слика 10.4. Експериментална и теоријска функција расподеле времена између отказа

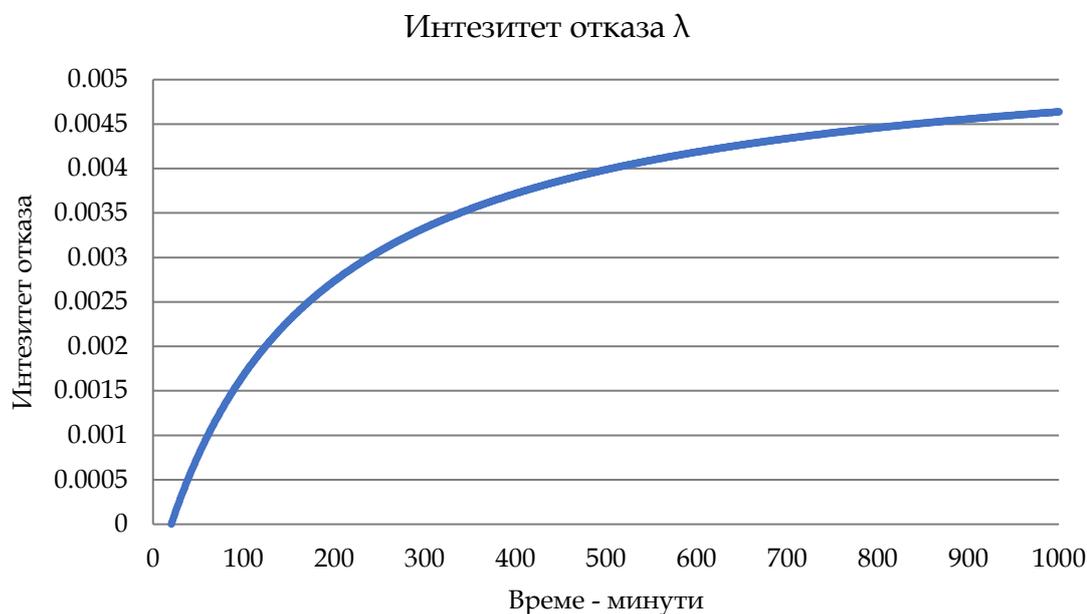
За време трајања машинских и електро отказа параметар ( $\beta$ ) Вејбулове расподеле је близак јединици, али мањи од 1, што указује да опрема, делови итд. (машински и електро) имају приближно константан интензитет одржавања, што је већ случај код осталих отказа (експоненцијална расподела), што значи да је укупни интензитет БТД система приближно константан кад  $t \rightarrow \infty$  тј., да се може сматрати да је функција погодности одржавања целог БТД система – експоненцијална и представља Поасонов (енг. Poisson's) процес обнављања.



Слика 10.5. Интезитет одржавања  $\mu$

Добијена расподела за времена између отказа, Ерланг реда  $k = 2$ , указује да се са временом интензитет отказа повећава (слика 10.6) тј. да се БТД систем налази на крају периода „експлоатације“ и почетка периода „застаревање“ (II и III период криве

каде „bath-tub“). Јер је за  $k = 1$  (експоненцијална расподела) систем у II периоду „експлоатација“.



Слика 10.6. Интензитет отказа  $\lambda$

На следећој слици (Слика 10.7) приказане су фреквенције расподела разматраних врста отказа. На основу приказаних фреквенција расподела разматраних врста отказа се у оквиру симулационог модела генеришу врсте отказа ( $F_{v0}$ ). Уколико је случајно генерисан број у интервалу од 0 до 0.2170 сматра се да је генерисан као електро отказ, а ако је у интервалу од 0.2170 до 0.5211 сматра се да је генерисан као машински отказ. Ако се генерисани број налази у интервалу од 0.5211 до 1 сматра се да је генерисан као остали отказ.



Слика 10.7. Фреквенција расподела разматраних врста отказа

Алгоритам развијеног симулационог модела приказан је на слици 10.8. Добијене теоријске расподеле, коришћењем К-С теста, користе се за генерисање времена трајања отказа и времена између отказа на следећи начин. За машинске и електро отказе користи се Вејбулова дистрибуција (Слика 10.1 и 10.2), док се за остале кварове користи експоненцијална дистрибуција (Слика 10.3). За генерисање типа кварова користи се емпиријска расподела, приказана на слици 10.7. Времена између кварова се генеришу коришћењем Ерлангове дистрибуције приказане на слици 10.4.

Симулациони експеримент се изводи за временски период од годину дана ( $t_{sim}$ ), док се време симулације ( $t$ ) рачуна у секундама. Број симулационих ( $N_{sim}$ ) експеримената је сто.

На почетку, за  $t=0$ , почетно стање система је дефинисано као стање БТД система „у раду“ (Стање=“1”), такође у том тренутку је време ( $t_{bf}$ ) и тип ( $VR_{flr}$ ) првог квара генерисан.

Док се симулациони експеримент изводи, модел наизменично упоређује време симулације ( $t$ ) са временом почетка квара ( $t_{bf}$ ) и краја отказа ( $t_{ef}$ ).

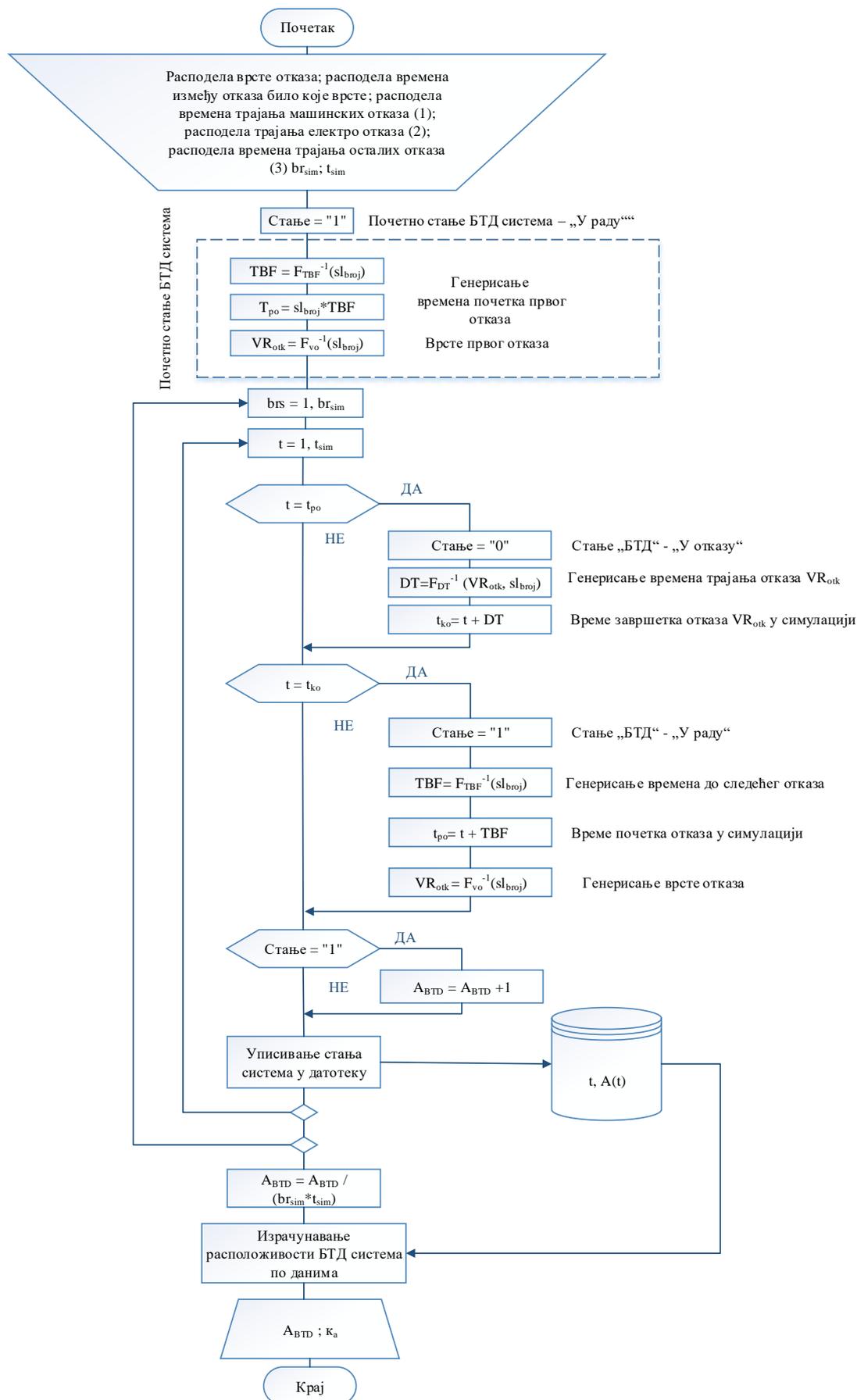
Ако је време симулације ( $t$ ) једнако времену почетка квара ( $t_{bf}$ ), стање БТД система се мења у „застој“ (Стање=“0”) и време потребно за поправку се генерише према тренутном типу квара и његовој дистрибуцији времена трајања отказа. Другим речима, генерише се време када се квар заврши ( $t_{ef}$ ).

Ако је време симулације ( $t$ ) једнако времену када се квар заврши ( $t_{ef}$ ), стање БТД система се мења у „у раду“ (Стање=“1”). Такође се генерише тип квара ( $VR_{flr}$ ) и време следећег квара, што значи да се генерише време почетка следећег квара ( $t_{bf}$ ).

Након што се провери расположивост БТД система, ако је стање БТД система „1“ („у раду“) тада се променљива  $A_{BTD}$  повећава за један. Такође тренутно време симулације и одговарајуће стање БТД система се уписују у датотеку.

Када се изведу сви  $N_{sim}$  симулациони експерименти израчунавају се просечна расположивост БТД система  $A_{BTD}$  и стационарна вредност расположивости БТД система  $k_a$  као и промена расположивости БТД система у времену.

10. Симулациони модел за одређивање расположивости континуалних система површинске експлоатације



Слика 10.8. Алгоритам симулационог модела [56]

где су:

$t_{sim}$  – време трајања симулације (s),

$br_{sim}$  – број симулација,

Стање – стање БТД система: 1 – „у раду“ ; 0 – „у отказу“ ,

$Sl_{broj}$  – случајни број генерисан по равномерној расподели у интервалу [0, 1],

$brs$ - текућа симулација,

$t_{sim}$  – симулационо време,

TBF – време између отказа (текуће),

DT – време трајања отказа (текуће),

$t_{ko}$  – време завршетка отказа (у симулацији),

$t_{po}$  – време почетка отказа (у симулацији),

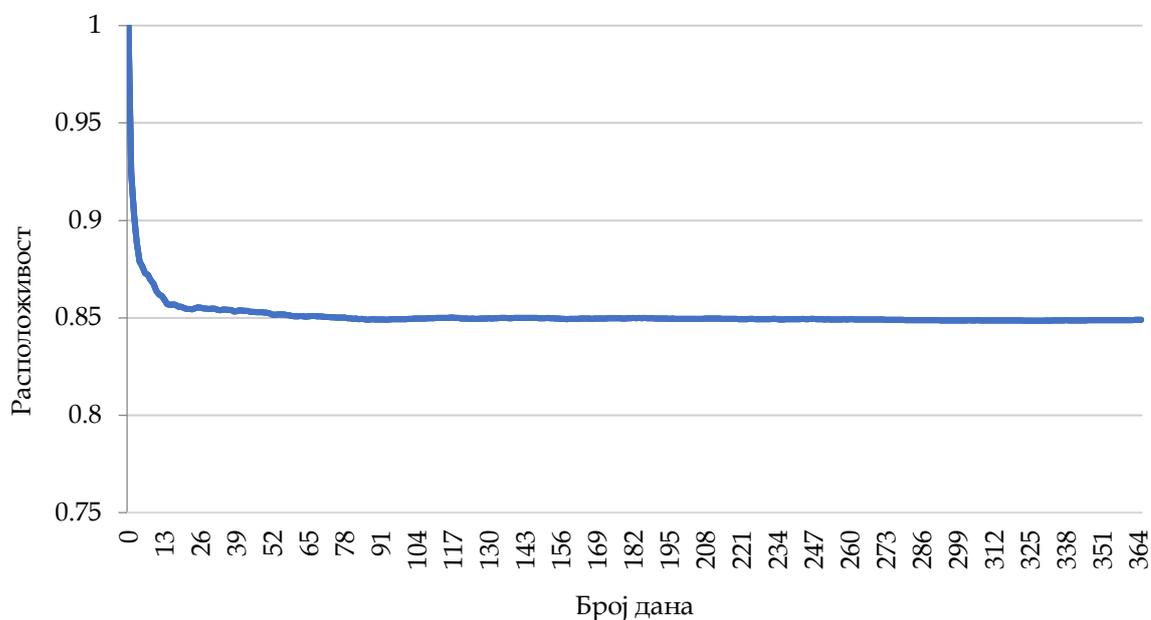
$VR_{otk}$  – врста отказа: 1 - машински; 2 - електро; 3- остали,

$A_{BTД}$  – расположивост БТД система,

$A(t)$  – расположивост система у временском тренутку  $t$ ,

$k_a$  – стационарна вредност расположивости.

На следећој слици је приказана зависност расположивости од времена, добијена као резултат симулационог модела.



Слика 10.9. Зависност расположивости од времена

На основу симулационог модела средња вредност расположивости износи 0.8513 односно 85.13%, а стационарана вредност износи 0.8489 односно 84.89%.

## 11. Закључак

У овој докторској дисертацији је дефинисан, урађен модел за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима угља који се састоји од три комплементарна и кохерентна модела (модел на бази фази логичког закључивања, неуро-фази предиктивни модел и симулациони модел). Истраживање је обухватало:

- прикупљање и анализу историјских података везаних за застоје I БТД система у периоду од четири године,
- декомпозицију расположивости на парцијалне индикаторе и креирање хијерархијског уређења између њих,
- прикупљање експертских оцена парцијалних индикатора, као и креирању модела базираних на фази логичком закључивању,
- креирање неуро-фази предиктивног модела на бази експертских оцена,
- процене о расподелама времена у отказу и времена у раду БТД система у периоду од четири године, креирању симулационог модела на основу процењених расподела.

Циљ истраживања био је формирање (развој) нових модела за одређивање расположивости система како би се унапредила ефикасност одржавања и смањили потенцијални застоји у раду.

Полазне хипотезе у овој докторској дисертацији су:

- Време настанка отказа, време трајања отказа и време обнављања континуалних система на производњи угља су случајне величине.
- Коришћењем теорије фази логике могуће је математички описати феномене који немају конвенционалне начине квантификације и на тај начин их интегрисати у алгоритам одређивања расположивости.
- Парцијални индикатори расположивости представљају феномене.
- Модел за одређивање расположивости се може добити коришћењем комбинације фази логике и вештачких неуронских мрежа.
- Развој симулационог модела на основу процењених расподела за одређивање расположивости.

Један од главних доприноса ове дисертације се огледа у декомпоновању расположивости на синтезне и парцијалне индикаторе.

Расположивост као феномен представља меру употребног квалитета техничког система, која зависи од низа парцијалних показатеља који се односе на време у раду и време у отказу система. Традиционални модели за израчунавање расположивости рачунају се на основу временске слике стања неког техничког система.

Значај расположивости континуалних система на површинским коповима је вишеструка и огледа се у повећању капацитативних, енергетских и економских параметара рада ових система. Процена расположивости је кључна у фази планирања и пројектовања рада система и при контроли рада као критеријум ефикасности. Правилна процена расположивости омогућава добро планирање расположивих техничких ресурса и њихову оптимизацију у погледу ефеката рада и ефеката одржавања, што у крајњем има за последицу и повећање економичности система.

У односу на традиционалне моделе за рачунање расположивости, приказани модели доприносе на следећи начин:

Модел на бази фази логичког закључивања експлицитно дефинише индикаторе који утичу на расположивост, док је поступак пропозиције вишедимензионалан. Један од главних доприноса ове дисертације се огледа у декомпоновању расположивости на синтезне и парцијалне индикаторе чије су оцене улазни параметри модела као и на пажљиво бираном облику фази скупова како би се повећала прецизност фази модела. Композиција (синтеза) парцијалних индикатора која је изведена применом предефинисаних „IF – THEN“ правила закључивања дефинише везу између парцијалних индикатора. Модел је као композицију користио две уобичајено коришћене композиције (max-min и min-max) са циљем приказа поступка. Добијени резултати су показали сагласност између ова два модела што је показано и приближним вредностима расипања.

Неуро-фази предиктивни модел (ANFIS) се ослања на претходно дефинисана правила пропозиције и хијерархијску структуру расположивости кроз њено декомпоновање на синтезне и парцијалне индикаторе. У овом моделу се, за разлику од модела на бази фази логичког закључивања, не користе унапред предефинисани фази скупови, већ се њихов облик добија коришћењем извесних функција припадности. Процене параметара и облика функција се врше у оквиру процеса тренирања неуро-фази модела. Улаз овог модела су експертске оцене парцијалних индикатора расположивости на кварталном нивоу, док је излаз израчуната расположивост на кварталном нивоу за разматрани период. Предност овог модела се огледа у прецизности предикције расположивости. Показано је да ANFIS модел даје процену расположивости континуалних система која је најближа историјским подацима везаним за конкретан БТД систем на површинском копу угља Дрмно.

Симулациони модел одређује расположивост на основу претпоставке о расподели времена различитих врста отказа, времена рада између отказа као и расподеле врсте отказа добијених на основу експерименталних податка чија је верификација урађена уз помоћ К-С (Колмогоров-Смирнов) теста. Предност симулационог модела у односу на поменута два модела се огледа у смислу вредности и промене расположивости, интензитета отказа и одржавања у времену, што говори о експлоатационом стању система.

Расположивост на основу фази модела износи 67%, док је добијена расположивост користећи ANFIS модел једнака 81%. Вредност расположивости добијена на основу симулационог модела износи 85%. Како је вредност расположивости за 2019. годину, која је добијена на основу историјских података, једнака 78%, закључује се да су сви наведени модели примењиви и дају приближну слику стања расположивости. Употребу модела би требало вршити у зависности од приступачности и обима улазних података.

Препоруке за даља истраживања и побољшања:

- Сви приказани модели се користе за предвиђање (*eng. forecasting*) расположивости на основу извесних улазних података (историјски подаци и анкете) па је остављена могућност да се даље истраживање усмери на предвиђањима уназад (*eng. backcasting*). Истраживања усмерена на предвиђање уназад би дала одговоре на питања који парцијални индикатори и у којој мери повећање њихових перформанси доприносе максимизацији расположивости.
- Перформансе приказаних модела заснивају на количини података на основу којих су модели развијани. Како би се још више унапредили ови модели потребно је обезбедити већу количину података, која се заснива на дуготрајнијем праћењу застоја континуалних система и учесталијем процесу анкетирања експерата из ове области.

Праћење и анализа расположивости представља неодвојив део управљања експлоатацијом и одржавањем рударске механизације. С обзиром на доступност података, расположивост може бити дефинисана на основу временске слике стања или на основу парцијалних показатеља (поузданост и погодност одржавања).

Сходно наведеном, расположивост може бити одређена применом експертних система уз примену теорије фази логике, неуро-фази система или применом симулационих модела. Применом вештачких неуронских мрежа, оцена расположивости може добити и предиктивни карактер.

На основу добијених резултата, полазне хипотезе су потврђене и циљ докторске дисертације је остварен.

Ова дисертација доприноси процени, разумевању и оптимизацији расположивости континуалних система на површинским коповима угља, представљајући кораке ка унапређењу предикције расположивости и ефикасности ових кључних индустријских система. Приказани модели примењиви су и у другим областима индустрије где се примењују континуални производни системи.

## 12. Литература

- [1] Половина, Д., Методологија утврђивања преосталих могућности роторног багера у експлоатацији и ревитализацији, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2010.
- [2] Бурић, Р., Концепт расположивости при дефинисању ефикасног одржавња помоћне механизације на површинским коповима, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2016.
- [3] Bugaric, U., Tanasijevic, M., Polovina, D., Ignjatovic, D., Jovancic, P., Reliability Of Rubber Conveyor Belts As a Part Of The Overburedn Removal System – Case Study: Tamnava-East Field Open Cast Mine, ISSN 1330-3651 (Print) ISSN 1848-6339 (Online), UDC621.867.2-418:620.169.1
- [4] Bugaric, U., Tanasijevic, M., Gomilanović, M., Petrović, A., Ilić, M., Analytic determination of the availability of a rotary excavator as a part of coal mining system-Case study: Rotary excavator SchRs 800.15/1,5 of the Drmno open pit, Mining and Metallurgy Engineering Bor, 3-4, 2020, Bor (2020), ISSN 2406-1395, UDC 622.
- [5] Јованчић, П., Одржавање рударских машина, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2014, ISBN: 978-86-7352-250-0.
- [6] Танасијевић, М., Сигурност функционисања механичких компоненти роторног багера, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2007.
- [7] Tanasijevic, M., Jovancic, P., Ivezic, D., Bugaric, U. and Đurić, R., A Fuzzy-Based Decision Support Model for Effectiveness Evaluation- a Case Study of the Examination of Bulldozers, International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice, 2019, vol. 26, 6, pp. 878-897, doi: <https://doi.org/10.23055/ijietap.2019.26.6.3304>.
- [8] Tanasijevic, M., Ivezic, D., Jovancic, P., Catic, D., Zlatanovic, D., Study of Dependability Evaluation for Multi-hierarchical Systems Based on MaxMin Composition, Quality and reliability engineering international, 2013, vol. 29, no. 3, pp. 317-326, <https://doi.org/10.1002/qre.1383>.
- [9] Jankovic, I., Djenadic, S., Ignjatovic, D., Jovancic, P., Subaranovic, T., and Ristic, I., Multi-Criteria Approach for Selecting Optimal Dozer Type in Open-Cast Coal Mining, Energies, MDPI, 2019, 12(12), 2245, <https://doi.org/10.3390/en12122245>
- [10] Djenadic, S., Ignjatovic, D., Tanasijevic, M., i drugi, Development of the Availability Concept by Using Fuzzy Theory with AHP Correction, a Case Study: Bulldozers in the Open-Pit Lignite Mine, 2019, Energies, MDPI, 12(21), 4044, <https://doi.org/10.3390/en12214044>.
- [11] Ivezic, D., Tanasijevic, M., Jovancic, P. and Đuric, R., A Fuzzy Expert Model for Availability Evaluation, 2019, 20<sup>th</sup> International Carpathian Control Conference (ICCC), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/CarpathianCC.2019.8766031.
- [12] Wang, J., Yang, J.B., Sen, P., Safety analyses and synthesis using fuzzy sets and evidential reasoning. Reliability Engineering and System Safety, 1995, vol.47, no.2, pp. 103-118, [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(94\)00053-Q](https://doi.org/10.1016/0951-8320(94)00053-Q).

- [13] Јагодић Крунић Д., Танасијевић М., Вујић С., Фази логички модел оцене сигурности функционисања механизације на површинским коповима, Рударски гласник, Рударски институт Београд, Академија инжењерских наука Србије, Београд, 2018, стр. 99-106, YU ISSN 0035-9637.
- [14] Јагодић Крунић Д., Танасијевић М., Вујић С., Примена фази логичког моделовања код оцене сигурности функционисања механизације на површинским коповима, Рударски гласник, Рударски институт Београд, Академија инжењерских наука Србије, Београд, 2018, стр. 107-119, YU ISSN 0035-9637.
- [15] Tanasijević, M., Ivezić, D., Ivković, S., Model analize i sinteze performanse sigurnosti funkcionisanja, *Journal of Applied Engineering Science*, 2007, vol.5, no. 17, pp. 15-24.
- [16] Јанковић, И., Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита, докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, 2020.
- [17] Крунић, Јагодић, Д., Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита, докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, 2021.
- [18] Gomilanovic, M., Tanasijevic, M. and Stepanovic ,S., Determining the Availability of Continuous Systems at Open Pits Applying Fuzzy Logic, *Energies*, 2022, 15(18):6786. <https://doi.org/10.3390/en1518678>
- [19] Ђенадић, С., Развој синтезног модела управљања ризиком код роторних багера, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2022.
- [20] Oraee, K.; Asi, B., Prediction of Rock Fragmentation in Open Pit Mines, using Neural Network Analysis, Fifteen international symposium on mine planning and equipment selection (MPES 2006), 2006.
- [21] Kulatilake, P.; Qiong, W.; Hudaverdi, T.; Kuzu, C., Mean particle size prediction in rock blast fragmentation using neural networks, *Engineering Geology*, 2010, vol. 114, issues 3-4, pp. 298-311, doi:10.1016/j.enggeo.2010.05.008.
- [22] Shi, X.; Zhou, J.; Wu, B.b.; Huang, D.; Wei, W., Support vector machines approach to mean particle size of rock fragmentation due to bench blasting prediction, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 22, issues 2, 2012, pp. 432-441, doi: 10.1016/S1003-6326(11)61195-3.
- [23] Sayadi, A., Monjezi, M., Talebi, N., Khandelwal, M., A comparative study on the application of various artificial neural networks to simultaneous prediction of rock fragmentation and backbreak *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 5, issues 4, 2013, pp. 318-324, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2013.05.007>.
- [24] Mohamad, E.T., Armaghani, D.J., Hajihassani, M., Faizi, K., Marto, A., A simulation approach to predict blasting-induced flyrock and size of thrown rocks, *Electron J Geotech Eng*, vol. 18, 2013, pp. 365-374.
- [25] Saadat, M., Khandelwal, M., Monjezi, M., An ANN-based approach to predict blast-induced ground vibration of Gol-E-Gohar iron ore mine, Iran, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 6, issue 1, 2014, pp. 67-76, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2013.11.001>.

- [26] Marto, A, Hajihassani, M., Jahed Armaghani, D., Tonnizam Mohamad, E., Makhtar, A.M., A novel approach for blast-induced flyrock prediction based on imperialist competitive algorithm and artificial neural network, *The Scientific World Journal*, vol. 2014, 2014, <https://doi.org/10.1155/2014/643715>.
- [27] Enayatollahi, I., Bazzazi, A.A., Asadi, A., Comparison between neural networks and multiple regression analysis to predict rock fragmentation in open-pit mines, *Rock mechanics and rock engineering*, vol. 47, 2014, pp. 799-807, doi:10.1007/s00603-013-0415-6.
- [28] Dhekne, P., Pradhan, M., Jade, R., Artificial Intelligence and Prediction of Rock Fragmentation, In *Mine Planning and Equipment Selection*, Springer, 2014, pp. 891-898, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02678-7\\_86](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02678-7_86).
- [29] Taheri, K., Hasanipanah, M., Golzar, S.B., Majid, M.Z.A., A hybrid artificial bee colony algorithm-artificial neural network for forecasting the blast-produced ground vibration, *Engineering with Computers*, vol. 33, issue 3, 2017, pp. 689-700, <https://doi.org/10.1007/s00366-016-0497-3>.
- [30] Dhekne, P., Pradhan, M., Jade, K., Mishra, R., Boulder prediction in rock blasting using neural network, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, 12, pp. 47-61, ISSN 1819-6608.
- [31] Xiong, Y., Zuo, R., Recognition of geochemical anomalies using a deep autoencoder network, *Comput.Geosci.*, vol. 86, issue C, 2016, pp. 75-82, doi: 10.1016/j.cageo.2015.10.006.
- [32] Li, W., Wu, G., Du, Q., Transferred Deep Learning for Anomaly Detection in Hyperspectral Imagery, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 14, no. 5, 2017, 14, pp. 597-601, doi: 10.1109/LGRS.2017.2657818.
- [33] Zhang, S., Xiao, K., Carranza, E.J.M., Yang, F., Zhao, Z., Computers and Geosciences Intergration of auto-encoder network with density-based spatial clustering for geochemical anomaly detection for mineral exploration, *Comput. Geosci.*, vol. 130, issue C, 2019, pp. 43-56, doi: 10.1016/j.cageo.2019.05.011.
- [34] Brown, W.M., Gedeon, T.D., Groves, D.I., Barnes, R.G., Artificial neural networks: A new method for mineral prospectivity mapping, *Aust.J. Earth Sci.*, vol. 47, issue 4, 2000, pp. 757-770, doi: 10.1046/j.1440-0952.2000.00807.x.
- [35] Leite, E.P., de Souza Filho, C.R., Artificial neural networks applied to mineral potential mapping for copper-gold mineralizations in the Carajás Mineral Province, Brazil, *Geophys. Prospect.*, vol. 57, issue 6, 2009, pp. 1049-1065, doi:10.1111/j.1365-2478.2008.00779.x.
- [36] Oh, H., Lee, S., Application of Artificial Neural Network for Gold-Silver Deposits Potential Mapping: A Case Study of Korea, *Nat. Resour. Res.* Vol. 19, 2010, pp. 103-124, doi:10.1007/s11053-010-9112-2.
- [37] Xiong, Y., Zuo, R., John, E., Carranza, M., Mapping mineral prospectivity through big data analytics and a deep learning algorithm, *Ore Geology Reviews*, vol. 102, 2018, pp. 811-817, doi:10.1016/j.oregeorev.2018.10.006.
- [38] Hosseini, S., Monjezi, M., Bakhtavar, E. & Mousavi, A., Prediction of Dust Emission Due to Open Pit Mine Blasting Using a Hybrid Artificial Neural Network, *Natural Resources Research* (2021), 30, 2021 doi:10.1007/s11053-021-09930-5.

- [39] Lal, B., Shankar Tripathy, S., Prediction of dust concentration in open cast coal mine using artificial neural network, *Atmospheric Pollution Research*, vol. 3, issue 2, 2012, pp. 211-218, doi:10.5094/APR.2012.023.
- [40] Jiang, S., Lian, M., Lu, C., Gu, Q., Ruan, S., Xie, X., Ensemble Prediction Algorithm of Anomaly Monitoring Based on Big Data Analysis Platform of Open-Pit Mine Slope, *Complexity* 2018, 2018, 5, pp. 1-13, doi: 10.1155/2018/1048756 Research.
- [41] Bewley, A., Upcroft, B., Background Appearance Modeling with Applications to Visual Object Detection in an Open-Pit Mine, *Journal of field of robotics*, vol. 34, issue 1, 2017, pp. 53-73, doi:10.1002/rob.21667.
- [42] Rahimdel, M.J., Mirzaei, M., Sattarvand, J., Ghodrati, B., Nasirabad, H.M., Artificial neural network to predict the health risk caused by whole body vibration of mining trucks, *Journal of Theoretical and Applied Vibration and Acoustics*, vol. 3, issue 1, no. 1, 2017, pp. 1-14, doi: 10.22064/tava.2016.43016.1047.
- [43] Gomilanovic, M., Stanic, N., Milijanovic, D., Stepanovic, S., Milijanovic, A., Predicting the availability of continuous mining systems using LSTM neural network, *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 14, issue 2, 2022, doi:10.1177/16878132221081584.
- [44] Стојадиновић, С., Спрега неуронских мрежа и нумеричких модела за дефинисање сигурносних растојања код разлетања комада при минирању, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, 2013.
- [45] Бисерчић, А., Методологија за предвиђање расположивости рударских система на површинским коповима, мастер рад, Београд, Машински факултет, Универзитет у Београду, 2021.
- [46] Miletic, F., Jovancic, P., Milovancevic, M., Ignjatovic, D., Adaptive neuro-fuzzy prediction of operation of the bucket wheel drive based on wear of cutting elements, *Advances in Engineering Software*, vol. 146, 2020, 102824, pp. 7-12, <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2020.102824>.
- [47] Das, A., Sinha, S., Ganguly, S., Development of a blast-induced vibration prediction model using an artificial neural network, *Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 119, no. 2, 2019, pp. 187-200, <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2019/v119n2a11>.
- [48] Monjezi, M., Mehrdanesh, A., Malek, A., and Khandelwal, M., Evaluation of effect of blast design parameters on flyrock using artificial neural networks, *Neural Computing and Applications*, vol. 23, no. 2, 2013, pp. 349-356, <https://doi.org/10.1007/s00521-012-0917-2>.
- [49] Jimmy Aurelio Rosales-Huamani, Robert Saenz Perez-Alvardo, Uwe kojias-Villanueva and Jose Luis Castillo-Sequera, Design of Predictive model of a rock breakage by blasting using Artificial Neural Networks, *Symmetry*, 2020, 12 no. 9, 1405. <https://doi.org/10.3390/sym12091405>.
- [50] Јовановић, И., Модел интелигентног система адаптивног управљања процесом прераде руде, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2015.

- [51] Qin, J.; Du, S.; Ye, J.; & Yong R. (2022) SVNN-ANFIS approach for stability evaluation of open-pit mine slopes. *Expert Systems with Applications* 198:116816. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.116816.
- [52] Zhou, J.; Li, C.; Arslan C.A.; Hasanipah M.; Amnieh H.B. (2019) Performance evaluation of hybrid FFA-ANFIS and GA-ANFIS models to predict particle size distribution of a muck-pile after blasting. *Engineering with Computers*. <https://doi.org/10.1007/s00366-019-00822-0>.
- [53] Bazzazi A.A.; Esmaeili M. Prediction of backbreak in open pit blasting by adaptive neuro-fuzzy inference system (anfis) model. *Arch. Min. Sci.*, Vol. 57 (2012), No 4, p. 865–876
- [54] AlRassas, A.M.; Al-qaness, M.A.A.; Ewees, A.A.; Ren, S.; Abd Elaziz, M.; Damaševičius, R.; Krilavičius, T. Optimized ANFIS Model Using Aquila Optimizer for Oil Production Forecasting. *Processes* 2021, 9, 1194. <https://doi.org/10.3390/pr9071194>
- [55] Gomilanovic, M.; Tanasijevic, M.; Stepanovic, S.; Miletic, F. A Model for Determining Fuzzy Evaluations of Partial Indicators of Availability for High-Capacity Continuous Systems at Coal Open Pits Using a Neuro-Fuzzy Inference System. *Energies* 2023, 16, 2958. <https://doi.org/10.3390/en16072958>.
- [56] Gomilanovic M, Bugaric U, Bankovic M, Stanic N, Stepanovic S. Determining the Availability of Continuous Systems in Open Pits Using ANFIS and a Simulation Model. *Energies*. 2024; 17(5):1138. <https://doi.org/10.3390/en17051138>
- [57] Банковић, М., Оптимизација утоварно-транспортних система у функцији планирања површинског копа, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2018.
- [58] Thompson, R.J., *Surface strip coal mining handbook*, South African Colliery Managers Association, 2005.
- [59] DeLilla, E., *Continous surface mining equipment: how to achieve success*, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 1995, 171A.
- [60] Shishvan, M., Benndorf, J., Performance optimization of complex continuous mining system using stochastic simulation, *Proceedings of Engineering Optimization 2014, the 4th International Conference on Engineering Optimization*, 2014, pp. 273-278, doi: 10.1201/b17488-50.
- [61] Kawalec, W., Short-term scheduling and blending in a lignite open pit mine with BWEs, *13th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, 2004, Wroclaw, pp. 53-59.
- [62] Benndorf, J., Application of efficient methods of conditional simulation for optimising coal blending strategies in large continuous open pit mining operations, *International Journal of Coal Geology*, vol. 112, 2013, pp.141-153, <https://doi.org/10.1016/j.coal.2012.10.008>.
- [63] Павловић, В., Игњатовић, Д., Селективна површинска експлоатација угља континуалним системима, Београд, Универзитет у Београду-Рударско-геолошки факултет, 2012.
- [64] Симоновић, М., Багери I, Београд, Рударско-геолошки факултет, 1987.

- [65] Игњатовић, Д., Рударске машине-скрипта 2 део, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2011.
- [66] Петровић, Б., Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2016.
- [67] Бошковић, С., Оптимизација параметара реза роторног багера при откопавању материјала са повећаном чврстоћом, Докторска дисертација, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2016.
- [68] Durst, W., Vogt, W., Bucket wheel excavator, Trans Tech Publications, 1988.
- [69] Стевановић, Д., Малбашевић, В., Чебашек, В., Оптимизација система транспорта јаловине на површинском копу Бувач, Техника, 4, стр. 545-552.
- [70] Bazzazi, A. A., Osanloo, M., Karimi, B., A new fuzzy multi criteria decision making model for open pit mines equipment selection. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, vol. 28, no. 3, 2011, pp. 279-300, doi: 10.1142/S0217595911003247.
- [71] Dzakpata, I., Knights, P., Kizil, M. S., Nehring, M., Aminossadati, S. M., Truck and shovel versus in-pit conveyor systems: a comparison of the valuable operating time, 2016 Coal Operators Conference, The University of Wollongong, 2016, pp. 463-476.
- [72] Basçetin, A., A decision support system for optimal equipment selection in open pit mining: analytical hierarchy process, Istanbul University, Mining Engineering Department, 16 (2), 2003, pp. 1-11.
- [73] Bozorgebrahimi, E., The evaluation of haulage truck size effects on open pit mining, PhD Thesis, University of British Columbia, 2004.
- [74] Nel, S., Kizil, M., Knights, P., Improving truck-shovel matching, 35th APCOM Symposium-Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industry, Proceedings, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011, pp. 381-391.
- [75] Inst Tools. Conveyor: belt, screw, pneumatic, hydraulic, roller, chain, bucket, vibratory. <https://instrumentationtools.com/conveyor/>
- [76] Колоња, Б., Кнежевић, Д., Транспорт у припреми минералних сировина, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2000.
- [77] Dos Santos, J., Cost value of High-angle conveying - 2011, Mining engineering. Englewood, USA: SME, 2016.
- [78] Thompson, M., Jennings, A., Impumelelo coal mine is home to the world's longest belt conveyor. Mining engineering. Englewood, USA: SME, 2016.
- [79] Игњатовић, Д., Кнежевић, Д., Колоња, Б., Лилић, Н., Станковић, Р., Управљање квалитетом угља, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2007.
- [80] Кричковић, А., Машине за површинску експлоатацију угља, Костолачки угљени басен, ПД ТЕ-КО Костолац, ISBN 978-86-905691-4-4, 2011.
- [81] Тодоровић, Ј., Инжењерство одржавања техничких система, Југословенско друштво за моторе и возила, Београд, 1993.

- [82] International Electrotechnical Commission, IEC 60050-191:1990, International Electrotechnical Vocabulary - Part 191: Dependability and quality of service, International Standard, 1990, Edition 1.0 (<https://www.iec.ch/>).
- [83] Conlon, J.C.; Lilius, W.A.; Tubbesing, F.H., Jr. Test and Evaluation of System Reliability, Availability and Maintainability, A Primer; No. DOD-3235.1-H; Department of Defense: Washington, DC, USA, 1982.
- [84] Ивковић, С., Откази елемената рударских машина, Рударско-геолошки факултет, Београд, 1997.
- [85] Танасковић, Т., Одржавање рударских машина, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2001.
- [86] Јовичић, С., Тодоровић, Ј., Употребни квалитет и сигурност функционисања, Војнотехнички гласник, 42(3-4), 208-214, 1994.
- [87] Бугарић, У., Петровић, Д., Моделирање система опслуживања, машински факултет, Универзитет у Београду, 2011. година, Београд.
- [88] Stapelberg, R.F., Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design, Springer, ISBN 978-1-84800-174-9, DOI 10.1007/978-1-84800-175-6.
- [89] Nelson ME (1981) Handbook of availability improvement methodology. Trident Engineering Associates, Annapolis, MD, US Department of Energy, Economic Regulatory Administration, Division of Power Supply and Reliability.
- [90] Тодоровић, Ј., Зеленовић, Д., Ефективност система у машинству (оперативна готовост, поузданост, функционална готовост), Научна књига, Београд, 1990.
- [91] Огњановић М., Иновативни развој техничких система, Универзитет у Београду, Машински факултет, 2014.
- [92] Манић, М., Деведжић, Г., Стојковић, М., Анализа технологичности применом техничких елемената, 31. Саветовање производног машинства са међународним учешћем, Крагујевац, 19-21.09.2006.
- [93] Сукановић, М., Делибашић, Б., Пословна интелигенција и системи за подршку одлучивању, Факултет организационих наука, Београд, 2010.
- [94] Николић, М., Зечевић, А., Машинско учење – скрипта, Математички факултет, Београд, 2019.
- [95] Делибашић, Б., Сукановић, М., и Јовановић, М., Алгоритми машинског учења за откривање законитости у подацима, Факултет организационих наука, Београд, 2009.
- [96] M. Brown, C. J. Harris, Neurofuzzy adaptive modelling and control, Prentice Hall, 1994.
- [97] Симоновић, М., Примена вештачких неуронских мрежа за краткорочно предвиђање и анализу система даљинског грејања, докторска дисертација, Машински факултет, Универзитет у Нишу, 2016.
- [98] Rojas, R., Feldman, J., Neural Networks: A Systematic Introduction, Springer, 1996.
- [99] Simpson, P., Artificial neural system, Pergamon, Elmsford, NY, 1990.

- [100] Haykin, S., *Neural networks- a comprehensive foundation*, MacMillan collage Publishing Company, Inc., 1994.
- [101] Aleksander, I., Morton, H., *An Introduction to Neural Computing*, Intl Thomson Computer Pr, 1995.
- [102] Којић, Н., *Примена неуралних мрежа у решавању транспортних проблема*, докторска дисертација, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, 2012.
- [103] R. Beale, T. Jackson, *Neural Computing – An Introduction*, Institute of Physics Publishing, 1990.
- [104] W.S. McCulloch, W. Pitts, “A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”, *Bulletin of mathematical biophysics* 5, pp. 115-133, 1943
- [105] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks-Architectures, Algorithms and Applications*, Prentice Hall, 1993.
- [106] E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 2004.
- [107] G. F. Luger, *Artificial Intelligence-Structures and Strategies for Complex ProblemSolving*, Addison-Wesley, 2005.
- [108] A. Borst, M. Egelhaaf, H. S. Seung, “Two-dimensional motion perception in flies”, *Neural Computation* 5, pp. 856-868, 1993.
- [109] H. Fahmy, G. Develekos, C. Douligeris, “Application of neural networks and machine learning in network design”, *IEEE J. on Selected areas in Comm.*, Vol.15, No.2, pp. 226-237, February 1997.
- [110] C. T. Lin, G. Lee, *Neural Fuzzy Systems: A Neural-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*, Prentice-Hall Inc., NJ, 1996.
- [111] B. Muller, J. Reinhardt, *Neural Networks: an introduction*, Springer-Verlag, 1990.
- [112] Вуковић, Н., Миљковић, З., *Машинско учење вештачке неуронске мреже са радијалним активационим функцијама Гаусовог типа на бази Калмановог филтера-теоријске основе*, *Техника-Машинство* 63 (2014) 4, 613-620.
- [113] Haykin, S., *Neural Networks and Learning Machines*, 2010, ISBN-13: 978-0-13-147139-9.
- [114] H. L. Tsoukalas, E. R. Uhrig, *Fuzzy and neural approaches in engineering*, John Wiley & Sons, Inc., 1997
- [115] A. Blais, “An introduction to neural networks”, *IBM Developer works*, <http://www.128.ibm.com/developerworks/linux/library/l-neural/>, july 2001.
- [116] Манић, М., *Смањење димензионалности просторних података помоћу вештачких неуронских мрежа*, Математички факултет, Универзитет у Београду, 2018.
- [117] Bing Xu, Naiyan Wang, Tianqi Chen, and Mu Li. *Empirical evaluation of rectified activations in convolutional network*. arXiv preprint arXiv:1505.00853, 2015.
- [118] C. T. Leondes, *Algorithms and Architectures*, Academic Press, 1998.

- [119] David Rosenberg (New York University). Loss functions for regression and classification, 2015.
- [120] Голубовић, Ј., Примена вештачких неуронских мрежа у грађењу модела за предвиђање ретенционог понашања и интензитета одговора масеног спектрометра у анализи одабраних азола и сартана методом течне хроматографије под високим притиском, докторска дисертација, Фармацеутски факултет, Универзитет у Београду, 2016.
- [121] Stanford. Cs231n: Convolutional neural networks for visual recognition.
- [122] S. I. Gallant, Neural Network Learning and Expert Systems, MIT Press, 1993.
- [123] G.A. Carpenter, M.A.Cohen, S.Grossberg, Technical comments, "Computing with neural networks", Science 235, pp. 1226-1227, 1987.
- [124] L. Fausett, Fundamentals of Neural Networks-Architectures, Algorithms and Applications, Prentice Hall, 1993.
- [125] B. Muller, J. Reinhardt, Neural Networks: an introduction, Springer-Verlag, 1990.
- [126] P. Simpson, Artificial neural system, Pergamon, Elmsford, NY, 1990.
- [127] R. Beale, T. Jackson, Neural Computing - An Introduction, Institute of Physics Publishing, 1990.
- [128] T. Hastie, R. Tibishirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer New York, ISBN 978-0-387-84857-0, 2009.
- [129] C. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer New York, ISBN 978-1-4939-3843-8, 2006.
- [130] Murphy, K.P. (2012). Machine learning - a probabilistic perspective. Adaptive computation and machine learning series.
- [131] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, Deep learning: The MIT Press, 2016, 800 pp, ISBN: 0262035618
- [132] R. Sutton, A. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, 1998.
- [133] S. Schwartz, S. Ben-David, Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press, ISBN: 9781107298019 , 2014.
- [134] Вујић, С., Миљановић, И., Фази логика у рударству, Академија инжењерских наука Србије, Рударски институт д.о.о. Београд, ISBN 978-86-87035-09-6, Београд, 2013.
- [135] Миљановић, И., Фази логичко управљање процесима у припреми минералних сировина, Београд, Рударско-геолошки факултет, 2008.
- [136] Црногорац, М., Оптимизација избора механичке методе експлоатације нафтних бушотина применом фази логике, докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2020.
- [137] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I," Information Sciences, vol. 8, no. 3, pp. 199–249, Jan. 1975, doi: 10.1016/0020-0255(75)90036-5
- [138] Субашић, П., Фази логика и неуронске мреже, Техничка књига, Београд, 1997.

- [139] Јовановић, Р., Фази логика, моделовање и управљање, Машински факултет, Универзитет у Београду, 2020.
- [140] Buckley, J.J., The multiple judge, multiple criteria ranking problem: A fuzzy set approach, *Fuzzy sets and systems*, 1984, Volume 13, pp. 25-37.
- [141] Klir, G.J., Yuan, B., *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. 1995. Upper Saddle River, 563.
- [142] H.-J. Zimmermann, *Fuzzy Set Theory – and Its Applications*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2001. doi: 10.1007/978-94-010-0646-0.
- [143] D. Ivezić, M. Tanasijević, and D. Ignjatović, "Fuzzy approach to dependability performance evaluation," *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 24, no. 7, pp. 779–792, Nov. 2008, doi: 10.1002/qre.926.
- [144] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, and S. N. Deepa, *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. doi: 10.1007/978-3-540-35781-0.
- [145] J. T. Ross, *Fuzzy Logic With Engineering Application*, 3rd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- [146] Jovanovic, B. *Performance Management of Queues in Postal Traffic*. Ph.D. Thesis, University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia, 2015.
- [147] Jang, J.-S.R. *Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm*. In *Proceedings of the 9th National Conference on Artificial Intelligence*, Anaheim, CA, USA, 14–19 July 1991; Volume 2, pp. 762–767.
- [148] Jang, J.-S.R. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 1993, 23, 665–685.
- [149] Hillier, F.S., Lieberman, G.J., *Introduction to operations research (seventh edition)*, McGraw-Hill, New York, 2000.
- [150] Неговановић, М., Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике, докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2015.
- [151] Јовановић, М., *Логистичке симулације*, Машински факултет, Ниш, 2011.
- [152] Симоновић, В., *Увод у теорију вероватноће и математичку статистику*, Грађевинска књига, Београд, 1986.
- [153] Wang, J., A Subjective Modelling Tool Applied to Formal Ship Safety Assessment. *Ocean. Eng.* 2000, 27, 1019-1035.
- [154] Sebutsoe, T.C.; Musingwini, C. Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine. *J.South. Afr. Inst. Min. Met.* 2017, 117, 199–206.

## 13. Прилози

Докторска дисертација садржи следеће прилоге:

- ПРИЛОГ 1 - Оцене експерата- Фази модел
- ПРИЛОГ 2 - Оцене експерата – ANFIS модел (тренинг скуп података и тест скуп података)
- ПРИЛОГ 3 - Фази модел – код
- ПРИЛОГ 4 - ANFIS модел – код

## ПРИЛОГ 1 - Оцене експерата - фази модел

## Прилог 1.1. Оцене експерата- Фази модел (Роторни багер)

Експерт	Подиндикатори	F	E	D	C	B	A	Експерт	Подиндикатори	F	E	D	C	B	A
1	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	6	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	1	0		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	0	1		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
2	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	7	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	1	0		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	0	1		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	0	1		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
3	<i>o</i>	0	0	0	0	1	0	8	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	0	1		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
4	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	9	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	1	0		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
5	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0	10	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	1	0		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	1	0		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		

Прилог 1.2. Оцене експерата- Фази модел (Самоходни транспортер)

Експерт	Поиндикатори	F	E	D	C	B	A	Експерт	Поиндикатори	F	E	D	C	B	A
1	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0	6	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	0	1		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
2	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	7	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	0	1		<i>u</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
3	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	8	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
4	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	9	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	0	1		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	0	1	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
5	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	10	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		

Прилог 1.3. Оцене експерата- Фази модел (Трачни транспортери)

Експерт	Поиндикатори	F	E	D	C	B	A	Експерт	Поиндикатори	F	E	D	C	B	A
1	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0	6	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
2	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0	7	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
3	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	8	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	0	1		<i>d</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		
4	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	9	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	0	1		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	1	0	0		
5	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0	10	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	0	1		<i>c</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	1	0		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	0	1		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		

Прилог 1.4. Оцене експерата- Фази модел (Дробилично постројење)

Експерт	Поиндикатори	F	E	D	C	B	A	Експерт	Поиндикатори	F	E	D	C	B	A
1	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0	6	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	1	0		<i>c</i>	0	0	1	0	0	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	1	0	0		<i>e</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>m</i>	0	0	0	0	1	0		<i>m</i>	0	0	0	0	0	1
2	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	
	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0	7	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	1	0	0		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	1	0		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
<i>m</i>	0	0	0	0	0	1	<i>m</i>		0	0	0	0	0	1	
3	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	
	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0	8	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	0	1	0		<i>c</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	1	0		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
<i>m</i>	0	0	0	0	0	1	<i>m</i>		0	0	0	0	0	1	
4	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	
	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0	9	<i>o</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	1	0	0		<i>c</i>	0	0	0	1	0	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	0	1		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	1	0
<i>m</i>	0	0	0	0	0	1	<i>m</i>		0	0	0	0	0	1	
5	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	
	<i>o</i>	0	1	0	0	0	0	10	<i>o</i>	0	0	1	0	0	0
	<i>c</i>	0	0	0	1	0	0		<i>c</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>b</i>	0	0	0	0	0	1		<i>b</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>t</i>	0	0	0	0	1	0		<i>t</i>	0	0	0	0	0	1
	<i>e</i>	0	0	0	0	1	0		<i>e</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>u</i>	0	0	0	0	1	0		<i>u</i>	0	0	0	0	1	0
	<i>d</i>	0	0	0	0	1	0		<i>d</i>	0	0	0	0	0	1
<i>m</i>	0	0	0	0	0	1	<i>m</i>		0	0	0	0	0	1	
<i>s</i>	0	0	0	0	1	0	<i>s</i>	0	0	0	0	1	0		

## ПРИЛОГ 2 - Оцене експерата - ANFIS модел

Тренинг подаци -2016.-2018. година

Тренинг подаци 2016 година (Роторни багер)		Подиндикатори																			
Квартал	Експерт	o						c						b							
		F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A		
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2016 година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
Квартал	Експерт	<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>					
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Тренинг подаци 2016 година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2016 година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2016 година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2016 година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2016 година (Трачни транспортери)		Подиндикатори																		
Квартал	Експерт	o						c						b						
		F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	
1. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2016 година (Грачни транспортери)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2016 година (Грачни транспортери)		Подиндикатори																		
Квартал	Експерт	<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>						
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2016 година (Дробилично постројење)		Поиндикатори																	
		о						с						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2016 година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2016 година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2016. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2016. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2016. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
3. квартал 2016. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
4. квартал 2016. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	

Тренинг подаци 2017. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Тренинг подаци 2017. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Тренинг подаци 2017. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2017. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2017. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																			
Квартал	Експерт	<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>							
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>		
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2017. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2017. година (Грачни транспортери)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2017. година (Трачни транспортери)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2017. година (Трачни транспортери)		Подиндикатори																		
Квартал	Експерт	<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>						
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2017. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		о						с						б					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2017. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2017. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																		
Квартал	Експерт	<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>						
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	
1. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2017. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		о						с						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2018. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																		
Квартал	Експерт	<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>						
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Трачни транспортери)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Трачни транспортери)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2018. година (Грачни транспортери)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тренинг подаци 2018. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		о						с						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
3. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
4. квартал 2018. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	

Тренинг подаци 2018. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>и</i>					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

Тренинг подаци 2018. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																		
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>						
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	
1. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2018. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

## Тест подаци -2019. година

Тест подаци 2019. година (Роторни багер)		Подиндикатори																		
		о						с						b						
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	

Тест подаци 2019. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Тест подаци 2019. година (Роторни багер)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	

Тест подаци 2019. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		о						с						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тест подаци 2019. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																	
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>					
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Тест подаци 2019. година (Самоходни транспортер)		Подиндикатори																		
		<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>						
Квартал	Експерт	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Тест подаци 2019. година (Трачни транспортер)		Подиндикатори																	
		о						с						b					
Квартал	Експерт	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Тест подаци 2019. година (Трачни транспортер)		Подиндикатори																			
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>							
Квартал	Квартал	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A		
1. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	

Тест подаци 2019. година (Трачни транспортер)		Подиндикатори																	
Квартал	Квартал	<i>d</i>						<i>m</i>						<i>s</i>					
		<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Тест подаци 2019. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		o						c						b					
Квартал	Квартал	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A	F	E	D	C	B	A
1. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

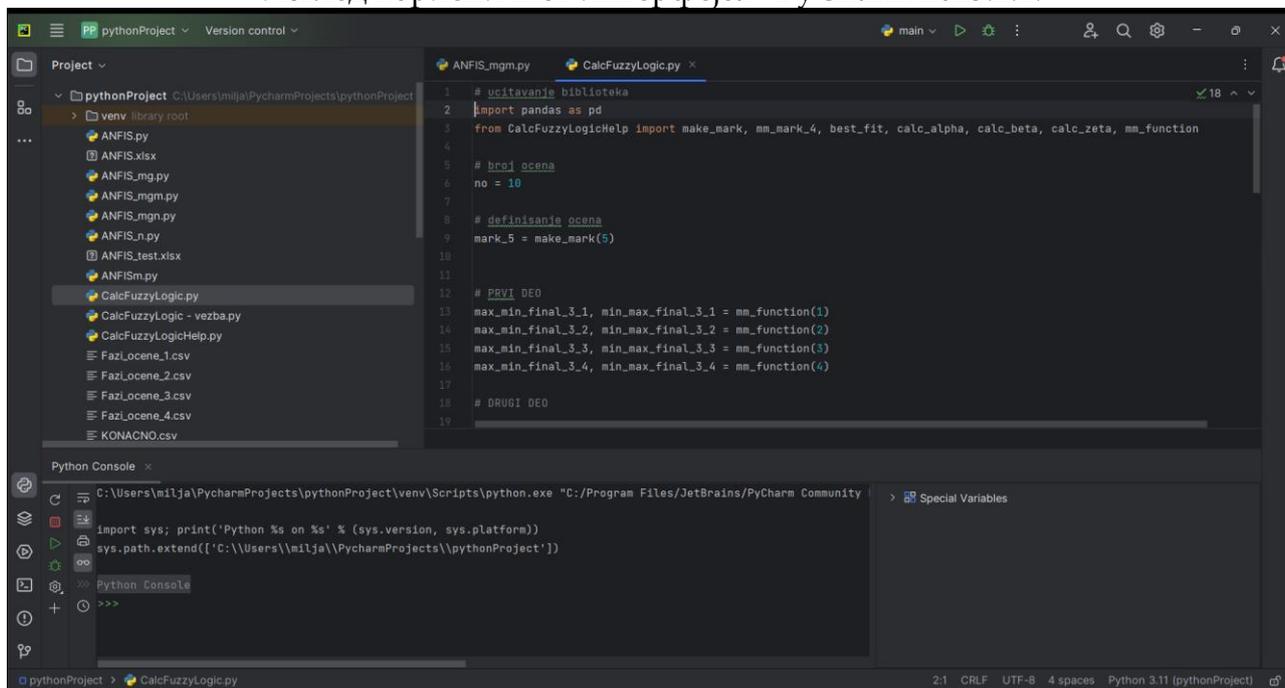
Тест подаци 2019. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																		
		<i>t</i>						<i>e</i>						<i>u</i>						
Квартал	Квартал	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Тест подаци 2019. година (Дробилично постројење)		Подиндикатори																	
		<i>d</i>					<i>m</i>					<i>s</i>							
Квартал	Квартал	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>
1. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
4. квартал 2019. година	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

## Кодови

Модели приказани и описани у овој докторској дисертацији одрађени су у програмском језику Python, тачније у едитору PyCharm 2023.2.1. (Community Edition, Jet Brains) који су отвореног корисничког приступа. Изглед корисничког интерфејса дат је у наставку.

Изглед корисничког интерфејса - PyCharm 2023.2.1.



---

**ПРИЛОГ 3 - Фази модел – код**
**File – CalcFuzzyLogicHelp**

```

import numpy as np
import pandas as pd

# BAZE OCENA
def make_mark(t):
    if t == 5:
        m1 = [1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
        m2 = [0, 0, 1, 1, 0.33, 0, 0, 0, 0, 0]
        m3 = [0, 0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0, 0]
        m4 = [0, 0, 0, 0, 0, 0.33, 1, 1, 0, 0]
        m5 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]

        return [m1, m2, m3, m4, m5]
    else:
        m1 = [1, 0.25, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
        m2 = [0.5, 1, 1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
        m3 = [0, 0.33, 0.66, 1, 1, 0.66, 0.33, 0, 0, 0]
        m4 = [0, 0, 0, 0.33, 0.66, 1, 1, 0.66, 0.33, 0]
        m5 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 1, 1, 0.5]
        m6 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.25, 1]

        return [m1, m2, m3, m4, m5, m6]

# POMOCNE FUNKCIJE
def sum_mark(df):
    # ukupan broj ekspertskih ocena
    len_df = len(df.Expert)

    # prosečne ocene
    m1 = sum(df.m1) / len_df
    m2 = sum(df.m2) / len_df
    m3 = sum(df.m3) / len_df
    m4 = sum(df.m4) / len_df
    m5 = sum(df.m5) / len_df
    m6 = sum(df.m6) / len_df

    return [m1, m2, m3, m4, m5, m6]

def sum_vec(a, b):
    return [a[i] + b[i] for i in range(len(a))]

def pro_v(a, s):
    return [s * a[i] for i in range(len(a))]

def final_mark(po, fb):
    # predefinisanje fb
    fb_final = [pro_v(fb[i], po[i])] for i in range(len(fb))

    # len_fb_final
    len_fb_final = len(fb_final) - 1

```

```

# konacan zbir
final_fb = fb_final[0]
# petlja
for j in range(len_fb_final):
    final_fb = sum_vec(final_fb, fb_final[j+1])

return final_fb

# MAX-MIN i MIN-MAX KOMPOZICIJE
def mm_mark_6(fb_t, fb_e, fb_u, fb_d, fb_m, fb_s, no):

    # predefinisanje vrednosti
    m11, m21, m31, m41, m51, m61, m71, m81, m91, m101 = [], [], [], [], [], [],
    [], [], [], []
    m12, m22, m32, m42, m52, m62, m72, m82, m92, m102 = [], [], [], [], [], [],
    [], [], [], []

    for i1 in range(no):
        for i2 in range(no):
            for i3 in range(no):
                for i4 in range(no):
                    for i5 in range(no):
                        for i6 in range(no):

                            temp_omega = np.round((i1 + i2 + i3 + i4 + i5 + i6
+ 6)/6)

                            temp_min1 = min(fb_t[i1], fb_e[i2], fb_u[i3],
fb_d[i4], fb_m[i5], fb_s[i6])
                            temp_min2 = max(fb_t[i1], fb_e[i2], fb_u[i3],
fb_d[i4], fb_m[i5], fb_s[i6])

                            if temp_omega == 1:
                                m11.append(temp_min1)
                                m12.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 2:
                                m21.append(temp_min1)
                                m22.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 3:
                                m31.append(temp_min1)
                                m32.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 4:
                                m41.append(temp_min1)
                                m42.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 5:
                                m51.append(temp_min1)
                                m52.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 6:
                                m61.append(temp_min1)
                                m62.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 7:
                                m71.append(temp_min1)
                                m72.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 8:
                                m81.append(temp_min1)
                                m82.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 9:
                                m91.append(temp_min1)
                                m92.append(temp_min2)
                            if temp_omega == 10:

```

---

```

        m101.append(temp_min1)
        m102.append(temp_min2)

    return [max(m11), max(m21), max(m31), max(m41), max(m51), max(m61),
max(m71), max(m81), max(m91), max(m101)],\
        [min(m12), min(m22), min(m32), min(m42), min(m52), min(m62),
min(m72), min(m82), min(m92), min(m102)]

def mm_mark_4(fb_1, fb_2, fb_3, fb_4, no):
    # predefinisanje vrednosti
    m11, m21, m31, m41, m51, m61, m71, m81, m91, m101 = [], [], [], [], [], [],
[], [], [], []
    m12, m22, m32, m42, m52, m62, m72, m82, m92, m102 = [], [], [], [], [], [],
[], [], [], []
    for i1 in range(no):
        for i2 in range(no):
            for i3 in range(no):
                for i4 in range(no):

                    temp_omega = np.round((i1 + i2 + i3 + i4 + 4)/4)

                    temp_min1 = min(fb_1[i1], fb_2[i2], fb_3[i3], fb_4[i4])
                    temp_min2 = max(fb_1[i1], fb_2[i2], fb_3[i3], fb_4[i4])

                    if temp_omega == 1:
                        m11.append(temp_min1)
                        m12.append(temp_min2)
                    if temp_omega == 2:
                        m21.append(temp_min1)
                        m22.append(temp_min2)
                    if temp_omega == 3:
                        m31.append(temp_min1)
                        m32.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 4:
                        m41.append(temp_min1)
                        m42.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 5:
                        m51.append(temp_min1)
                        m52.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 6:
                        m61.append(temp_min1)
                        m62.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 7:
                        m71.append(temp_min1)
                        m72.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 8:
                        m81.append(temp_min1)
                        m82.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 9:
                        m91.append(temp_min1)
                        m92.append(temp_min2)

                    if temp_omega == 10:
                        m101.append(temp_min1)
                        m102.append(temp_min2)

    return [max(m11), max(m21), max(m31), max(m41), max(m51), max(m61),
max(m71), max(m81), max(m91), max(m101)],\
        [min(m12), min(m22), min(m32), min(m42), min(m52), min(m62),
min(m72), min(m82), min(m92), min(m102)]

```

---

---

```

def mm_mark_3(fb_o, fb_c, fb_b, no):
    # predefinisanje vrednosti
    m11, m21, m31, m41, m51, m61, m71, m81, m91, m101 = [], [], [], [], [], [],
    [], [], [], []
    m12, m22, m32, m42, m52, m62, m72, m82, m92, m102 = [], [], [], [], [], [],
    [], [], [], []

    for i1 in range(no):
        for i2 in range(no):
            for i3 in range(no):

                temp_omega = np.round((i1 + i2 + i3 + 3)/3)

                temp_min1 = min(fb_o[i1], fb_c[i2], fb_b[i3])
                temp_min2 = max(fb_o[i1], fb_c[i2], fb_b[i3])

                if temp_omega == 1:
                    m11.append(temp_min1)
                    m12.append(temp_min2)

                if temp_omega == 2:
                    m21.append(temp_min1)
                    m22.append(temp_min2)

                if temp_omega == 3:
                    m31.append(temp_min1)
                    m32.append(temp_min2)

                if temp_omega == 4:
                    m41.append(temp_min1)
                    m42.append(temp_min2)

                if temp_omega == 5:
                    m51.append(temp_min1)
                    m52.append(temp_min2)

                if temp_omega == 6:
                    m61.append(temp_min1)
                    m62.append(temp_min2)

                if temp_omega == 7:
                    m71.append(temp_min1)
                    m72.append(temp_min2)

                if temp_omega == 8:
                    m81.append(temp_min1)
                    m82.append(temp_min2)

                if temp_omega == 9:
                    m91.append(temp_min1)
                    m92.append(temp_min2)

                if temp_omega == 10:
                    m101.append(temp_min1)
                    m102.append(temp_min2)

    return [max(m11), max(m21), max(m31), max(m41), max(m51), max(m61),
    max(m71), max(m81), max(m91), max(m101)], \
    [min(m12), min(m22), min(m32), min(m42), min(m52), min(m62),
    min(m72), min(m82), min(m92), min(m102)]]

def mm_mark_2(fb_R, fb_M, no):
    # predefinisanje vrednosti

    m11, m21, m31, m41, m51, m61, m71, m81, m91, m101 = [], [], [], [], [], [],
    [], [], [], []

```

---

---

```
m12, m22, m32, m42, m52, m62, m72, m82, m92, m102 = [], [], [], [], [], [],
[], [], [], []
```

```
for i1 in range(no):
    for i2 in range(no):

        temp_omega = np.round((i1 + i2 + 2)/2)

        temp_min1 = min(fb_R[i1], fb_M[i2])
        temp_min2 = max(fb_R[i1], fb_M[i2])

        if temp_omega == 1:
            m11.append(temp_min1)
            m12.append(temp_min2)

        if temp_omega == 2:
            m21.append(temp_min1)
            m22.append(temp_min2)

        if temp_omega == 3:
            m31.append(temp_min1)
            m32.append(temp_min2)

        if temp_omega == 4:
            m41.append(temp_min1)
            m42.append(temp_min2)

        if temp_omega == 5:
            m51.append(temp_min1)
            m52.append(temp_min2)

        if temp_omega == 6:
            m61.append(temp_min1)
            m62.append(temp_min2)

        if temp_omega == 7:
            m71.append(temp_min1)
            m72.append(temp_min2)

        if temp_omega == 8:
            m81.append(temp_min1)
            m82.append(temp_min2)

        if temp_omega == 9:
            m91.append(temp_min1)
            m92.append(temp_min2)

        if temp_omega == 10:
            m101.append(temp_min1)
            m102.append(temp_min2)
```

```
    return [max(m11), max(m21), max(m31), max(m41), max(m51), max(m61),
max(m71), max(m81), max(m91), max(m101)], \
           [min(m12), min(m22), min(m32), min(m42), min(m52), min(m62),
min(m72), min(m82), min(m92), min(m102)]
```

```
def best_fit(fb, mark, no):

    # predefinisanje vrednosti
    m1, m2, m3, m4, m5 = [], [], [], [], []

    for i1 in range(no):
        m1.append((fb[i1] - mark[0][i1]) ** 2)
        m2.append((fb[i1] - mark[1][i1]) ** 2)
        m3.append((fb[i1] - mark[2][i1]) ** 2)
        m4.append((fb[i1] - mark[3][i1]) ** 2)
        m5.append((fb[i1] - mark[4][i1]) ** 2)
```

---

```

    return [np.sqrt(sum(m1)), np.sqrt(sum(m2)), np.sqrt(sum(m3)),
np.sqrt(sum(m4)), np.sqrt(sum(m5))]

def calc_alpha(fb):
    # najmanja vrednost
    temp_min = min(fb)

    return [temp_min/fb[0], temp_min/fb[1], temp_min/fb[2], temp_min/fb[3],
temp_min/fb[4]]

def calc_beta(alpha):
    # suma svih vrednosti vektora alpha
    temp_sum = sum(alpha)

    return [alpha[0]/temp_sum, alpha[1]/temp_sum, alpha[2]/temp_sum,
alpha[3]/temp_sum, alpha[4]/temp_sum]

def calc_zeta(beta):
    # zeta
    temp_sum_1 = sum(beta)
    temp_sum_2 = 1 * beta[0] + 2 * beta[1] + 3 * beta[2] + 4 * beta[3] + 5 *
beta[4]

    return temp_sum_2 / temp_sum_1

def mm_function(t):
    # učitavanje ocena
    if t == 1:
        file_path =
'C:/Users/milja/PycharmProjects/pythonProject/OceneRad1.xlsx'
    elif t == 2:
        file_path =
'C:/Users/milja/PycharmProjects/pythonProject/OceneRad2.xlsx'
    elif t == 3:
        file_path =
'C:/Users/milja/PycharmProjects/pythonProject/OceneRad3.xlsx'
    else:
        file_path =
'C:/Users/milja/PycharmProjects/pythonProject/OceneRad4.xlsx'

    df = pd.read_excel(file_path)

    # podaci za R, M, S
    df_o = df[df.Type == 'o']
    df_c = df[df.Type == 'c']
    df_b = df[df.Type == 'b']
    df_t = df[df.Type == 't']
    df_e = df[df.Type == 'e']
    df_u = df[df.Type == 'u']
    df_d = df[df.Type == 'd']
    df_m = df[df.Type == 'm']
    df_s = df[df.Type == 's']

    # kreiranje ocena
    mo = sum_mark(df_o)
    mc = sum_mark(df_c)
    mb = sum_mark(df_b)
    mt = sum_mark(df_t)
    me = sum_mark(df_e)
    mu = sum_mark(df_u)
    md = sum_mark(df_d)
    mm = sum_mark(df_m)

```

```

ms = sum_mark(df_s)

# recnik ocena
mo_dict = {'o': mo, 'c': mc, 'b': mb, 't': mt, 'e': me, 'u': mu, 'd': md,
'm': mm, 's': ms}
mo_df = pd.DataFrame(mo_dict).transpose()
mo_df.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5', 5: '6'},
              inplace=True)
mo_df.to_csv('Ocene_'+str(t)+'.csv')

# ucitavanje ocena
mark_6 = make_mark(6)

# fazi broj
fb_o = final_mark(mo, mark_6)
fb_c = final_mark(mc, mark_6)
fb_b = final_mark(mb, mark_6)
fb_t = final_mark(mt, mark_6)
fb_e = final_mark(me, mark_6)
fb_u = final_mark(mu, mark_6)
fb_d = final_mark(md, mark_6)
fb_m = final_mark(mm, mark_6)
fb_s = final_mark(ms, mark_6)

# recnik obicnih ocena
fb_dict = {'o': fb_o, 'c': fb_c, 'b': fb_b, 't': fb_t, 'e': fb_e, 'u':
fb_u, 'd': fb_d, 'm': fb_m, 's': fb_s}
fb_df = pd.DataFrame(fb_dict)
fb_df = pd.DataFrame(fb_df).transpose()
fb_df.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5', 5: '6',
6: '7', 7: '8', 8: '9', 9: '10'},
              inplace=True)
fb_df.to_csv('Fazi_ocene_'+str(t)+'.csv')

# broj ocena
no = 10

# kreiramo max min kompoziciju za prvih sest indikatora
max_min_final_6, min_max_final_6 = mm_mark_6(fb_t, fb_e, fb_u, fb_d, fb_m,
fb_s, no)

# recnik mm 6
mm6_dict = {'max_min': max_min_final_6, 'min_max': min_max_final_6}
mm6_df = pd.DataFrame(mm6_dict)
mm6_df = pd.DataFrame(mm6_df).transpose()
mm6_df.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5', 5: '6',
6: '7', 7: '8', 8: '9', 9: '10'},
              inplace=True)
mm6_df.to_csv('MM_M_ocene_'+str(t)+'.csv')

# kreiramo max min kompoziciju za prva tri indikatora
max_min_final_3, min_max_final_3 = mm_mark_3(fb_o, fb_c, fb_b, no)

# recnik mm 3
mm3_dict = {'max_min': max_min_final_3, 'min_max': min_max_final_3}
mm3_df = pd.DataFrame(mm3_dict)
mm3_df = pd.DataFrame(mm3_df).transpose()
mm3_df.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5', 5: '6',
6: '7', 7: '8', 8: '9', 9: '10'},
              inplace=True)
mm3_df.to_csv('MM_R_ocene_'+str(t)+'.csv')

# kreiramo min max kompoziciju za RM indikatore
max_min_final_2, _ = mm_mark_2(max_min_final_6, max_min_final_3, no)
_, min_max_final_2 = mm_mark_2(min_max_final_6, min_max_final_3, no)

# recnik mm 2
mm2_dict = {'max_min': max_min_final_2, 'min_max': min_max_final_2}
mm2_df = pd.DataFrame(mm2_dict)
mm2_df = pd.DataFrame(mm2_df).transpose()

```

```
mm2_df.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5', 5: '6',  
                        6: '7', 7: '8', 8: '9', 9: '10'},  
              inplace=True)  
mm2_df.to_csv('MM_A_ocene_'+str(t)+'.csv')
```

## File 2 - CalcFuzzyLogic

```

import pandas as pd
from CalcFuzzyLogicHelp import make_mark, mm_mark_4, best_fit, calc_alpha,
calc_beta, calc_zeta, mm_function

# broj ocena
no = 10

# definisanje ocena
mark_5 = make_mark(5)

# PRVI DEO
max_min_final_3_1, min_max_final_3_1 = mm_function(1)
max_min_final_3_2, min_max_final_3_2 = mm_function(2)
max_min_final_3_3, min_max_final_3_3 = mm_function(3)
max_min_final_3_4, min_max_final_3_4 = mm_function(4)

# DRUGI DEO

# kreiramo mm kompoziciju
max_min_final, _ = mm_mark_4(max_min_final_3_1, max_min_final_3_2,
max_min_final_3_3, max_min_final_3_4, no)
_, min_max_final = mm_mark_4(min_max_final_3_1, min_max_final_3_2,
min_max_final_3_3, min_max_final_3_4, no)

# recnik mm 4
mm2_dict = {'max_min': max_min_final, 'min_max': min_max_final}
mm2_df = pd.DataFrame(mm2_dict)
mm2_df = pd.DataFrame(mm2_df).transpose()
mm2_df.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5', 5: '6', 6: '7',
7: '8', 8: '9', 9: '10'}, inplace=True)
mm2_df.to_csv('MM_finalne_ocene.csv')

# best fit metod
best_fit_final_1 = best_fit(max_min_final, mark_5, no)
best_fit_final_2 = best_fit(min_max_final, mark_5, no)

# obracun vektora alpha
alpha_final_1 = calc_alpha(best_fit_final_1)
alpha_final_2 = calc_alpha(best_fit_final_2)

# obracun vektora beta
beta_final_1 = calc_beta(alpha_final_1)
beta_final_2 = calc_beta(alpha_final_2)

# obracun vrednosti z
zeta_final_1 = calc_zeta(beta_final_1)
zeta_final_2 = calc_zeta(beta_final_2)

# recnik konacnih vrednosti
final_dict = {'best_fit_final_1': best_fit_final_1, 'best_fit_final_2':
best_fit_final_2,
              'alpha_final_1': alpha_final_1, 'alpha_final_2': alpha_final_2,
              'beta_final_1': beta_final_1, 'beta_final_2': beta_final_2,
              'zeta_final_1': zeta_final_1, 'zeta_final_2': zeta_final_2}

final_dict = pd.DataFrame(final_dict)
final_dict = pd.DataFrame(final_dict).transpose()

```

```
final_dict.rename(columns={0: '1', 1: '2', 2: '3', 3: '4', 4: '5'},  
inplace=True)  
final_dict.to_csv('KONACNO.csv')
```

---

**ПРИЛОГ 4 - ANFIS модел - код**

```

import math
import numpy as np
import pandas as pd
import torch
import torch.nn as nn
import torch.optim as optim

from sklearn.metrics import r2_score
from torch.utils.data import Dataset, DataLoader
import matplotlib.pyplot as plt

CONS = 2.506628274631

def sigmoid_distribution(mu, s2):
    x = torch.tensor([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10])
    return 1 / (1 + torch.exp(- mu * x + s2))

def bell_distribution(mu, s2):
    x = torch.tensor([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10])
    return torch.exp(-((x - mu) / s2)**2)

def gaussian_distribution(mu, s2):
    x = torch.tensor([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10])
    return 1 / (s2 * CONS) * torch.exp(-.5 * ((x - mu) / s2)**2)

def membership_function(mu, s2, function_type):
    if function_type == 0:
        return gaussian_distribution(mu, s2)
    elif function_type == 1:
        return bell_distribution(mu, s2)
    else:
        return sigmoid_distribution(mu, s2)

def distance_rmse(x_1, x_2):
    return torch.linalg.norm((x_1 - x_2).float())

def calc_mi(vec):
    # minimalna vrednost
    min_value = min(vec[0])

    # inverzna vrednost
    vec_value = min_value / vec

    # normalizacija fazi vektora
    return vec_value / sum(vec_value[0])

class ANFISDataset(Dataset):
    def __init__(self, x, y):

```

```

    super().__init__()
    self.x, self.y = x, y

def __len__(self):
    return len(self.y)

def __getitem__(self, i):
    return self.x[i], self.y[i]

class ANFIS(nn.Module):
    def __init__(
        self, n, rule_1, rule_2, rule_3, function
    ):
        super().__init__()

        # informacije o modelu
        self.model_type = "ANFIS"
        self.n, self.f = n, function
        # IF-THEN pravila
        self.rule_1, self.rule_2, self.rule_3 = rule_1, rule_2, rule_3

        # pomocni vektori
        self.m1, self.m2 = 6, 5
        self.help_mark_5, self.help_mark_6 = torch.tensor([1, 2, 3, 4, 5]),
torch.tensor([1, 2, 3, 4, 5, 6])
        self.help_vector = torch.ones((1, 10))

        # parametri za o, c, b podindikatore
        self.ocb_mu = torch.nn.Parameter(torch.rand(3, 6))
        self.ocb_s2 = torch.nn.Parameter(torch.rand(3, 6))

        # parametri za t, e, u, d, m, s podindikatore
        self.teu_dms_mu = torch.nn.Parameter(torch.rand(6, 6))
        self.teu_dms_s2 = torch.nn.Parameter(torch.rand(6, 6))

        # parametri za r, m podindikatore
        self.rm_mu = torch.nn.Parameter(torch.rand(1, 5))
        self.rm_s2 = torch.nn.Parameter(torch.rand(1, 5))

        self.lin_1 = torch.nn.Linear(5 + 5, 50)
        self.lin_3 = torch.nn.Linear(50, 1)

    def forward(self, x):
        # matrica ulaznih podataka
        x = x[0]
        # o, c i b podindikatori
        x_o, x_c, x_b = x[0: 6], x[6: 12], x[12: 18]
        # t, e, u, d, m, s podindikatori
        x_t, x_e, x_u, x_d, x_m, x_s = x[18: 24], x[24: 30], x[30: 36], x[36:
42], x[42: 48], x[48: 54]
        # vremenska odrednica
        x_x_x = x[54]
        # odrednica koja se odnosi na tip
        if x[55] == 1:
            y_y_y = [1, 0, 0, 0]
        elif x[55] == 2:
            y_y_y = [0, 1, 0, 0]
        elif x[55] == 3:
            y_y_y = [0, 0, 1, 0]
        else:
            y_y_y = [0, 0, 0, 1]

        # LAYER NO. 1
        temp_o, temp_c, temp_b = torch.zeros((self.m1, 10)),
torch.zeros((self.m1, 10)), torch.zeros((self.m1, 10))
        temp_t, temp_e, temp_u = torch.zeros((self.m1, 10)),
torch.zeros((self.m1, 10)), torch.zeros((self.m1, 10))

```

```

temp_d, temp_m, temp_s = torch.zeros((self.m1, 10)),
torch.zeros((self.m1, 10)), torch.zeros((self.m1, 10))

for i in range(self.m1):
    temp_o[i] = x_o[i] * membership_function(self.ocb_mu[0, i],
self.ocb_s2[0, i], self.f)
    temp_c[i] = x_c[i] * membership_function(self.ocb_mu[1, i],
self.ocb_s2[1, i], self.f)
    temp_b[i] = x_b[i] * membership_function(self.ocb_mu[2, i],
self.ocb_s2[2, i], self.f)

    temp_t[i] = x_t[i] * membership_function(self.teu_dms_mu[0, i],
self.teu_dms_s2[0, i], self.f)
    temp_e[i] = x_e[i] * membership_function(self.teu_dms_mu[1, i],
self.teu_dms_s2[1, i], self.f)
    temp_u[i] = x_u[i] * membership_function(self.teu_dms_mu[2, i],
self.teu_dms_s2[2, i], self.f)
    temp_d[i] = x_d[i] * membership_function(self.teu_dms_mu[3, i],
self.teu_dms_s2[3, i], self.f)
    temp_m[i] = x_m[i] * membership_function(self.teu_dms_mu[4, i],
self.teu_dms_s2[4, i], self.f)
    temp_s[i] = x_s[i] * membership_function(self.teu_dms_mu[5, i],
self.teu_dms_s2[5, i], self.f)

temp_a = torch.zeros((self.m2, 10))
for i in range(self.m2):
    temp_a[i] = membership_function(self.rm_mu[0, i], self.rm_s2[0, i],
self.f)

# LAYER NO. 2
# IF-THEN pravila
temp_ocb, temp_teu_dms = torch.zeros((self.m1, 10)),
torch.zeros((self.m1, 10))
temp_rm = torch.zeros((self.m2, 10))

# o, c, b podindikator
for i1 in range(self.rule_1.shape[0]):
    o_input, c_input, b_input = self.rule_1[i1, 0], self.rule_1[i1, 1],
self.rule_1[i1, 2]
    r_output = self.rule_1[i1, 3]
    # obracunata vrednost
    temp_ocb[r_output] += (temp_o[o_input] + temp_c[c_input] +
temp_b[b_input]) / 3

# t, e, u, d, m, s podindikator
for i2 in range(self.rule_2.shape[0]):
    t_input, e_input, u_input = self.rule_2[i2, 0], self.rule_2[i2, 1],
self.rule_2[i2, 2]
    d_input, m_input, s_input = self.rule_2[i2, 3], self.rule_2[i2, 4],
self.rule_2[i2, 5]
    m_output = self.rule_2[i2, 6]
    # obracunata vrednost
    temp_teu_dms[m_output] += (temp_t[t_input] + temp_e[e_input] +
temp_u[u_input] + \
temp_d[d_input] + temp_m[m_input] + temp_s[s_input]) / 6

# r, m podindikator
for i3 in range(self.rule_3.shape[0]):
    r_input, m_input = self.rule_3[i3, 0], self.rule_3[i3, 1]
    a_output = self.rule_3[i3, 2]
    # obracunata vrednost
    temp_rm[a_output] += (temp_ocb[r_input] + temp_teu_dms[m_input]) /
2

# rastojanje od vektora a
a_dist = torch.zeros((1, self.m2))
for mark in range(self.m2):
    a_dist[0, mark] = distance_rmse(temp_rm[mark], temp_a[mark])

# mi vektor

```

---

```

        mi_vector = calc_mi(a_dist)
        return self.lin_3(self.lin_1(torch.hstack([mi_vector[0],
torch.tensor(x_x_x), torch.tensor(y_y_y)])))

def train_loop(anfis_model, optimizer, loss_fun, data_loader):
    anfis_model.train()
    total_loss, n_m, num_m = 0, 40, 0
    for x, y in data_loader:
        num_m += 1
        # predvidjena vrednost
        y_predicted = anfis_model(x)
        # razlika izmedju predvidjene i stvarne vrednosti
        loss = loss_fun(y_predicted[0], y[0]) / n_m
        loss.backward()

        if not (num_m % n_m):
            # dodatna zastita
            if not math.isnan(loss.detach().item()):
                total_loss += loss.detach().item()
                optimizer.step()
                optimizer.zero_grad(set_to_none=True)

    return total_loss / (480 / n_m)

def test_loop(anfis_model, loss_fun, data_loader):
    anfis_model.eval()
    total_loss, counter = 0, 0
    expected, predicted = [], []
    for x, y in data_loader:
        # predvidjena vrednost
        y_predicted = anfis_model(x)
        # razlika izmedju predvidjene i stvarne vrednosti
        loss = loss_fun(y_predicted, y[0])
        expected.append(y[0])
        predicted.append(y_predicted.detach().item())

        # protection for nan loss
        if not math.isnan(loss.detach().item()):
            # add values into total_loss
            total_loss += loss.detach().item()

    print(f"Test loss: {total_loss / len(data_loader):.4f}")

def fit(anfis_model, optimizer, loss_fun, train_data_loader, epochs):
    train_loss_list = []
    print("Training model")

    for epoch in range(epochs):
        # informacije o epohama
        print("-" * 25, f"Epoch {epoch + 1}", "-" * 25)
        # treniranje modela
        train_loss = train_loop(anfis_model, optimizer, loss_fun,
train_data_loader)
        # informacije o loss-u
        print(f"Training loss: {train_loss:.4f}")
        train_loss_list += [train_loss]

```

---

---

```

return train_loss_list

if __name__ == "__main__":
    torch.autograd.set_detect_anomaly(True)
    batch_value, lr = 1, 0.001

    # pravilo 1
    rule1 = torch.tensor([
        [0, 0, 0, 0],
        [1, 1, 1, 1],
        [2, 2, 2, 2],
        [3, 3, 3, 3],
        [4, 4, 4, 4],
        [4, 3, 4, 4],
        [3, 4, 3, 3],
        [3, 4, 4, 4],
        [4, 3, 2, 3],
        [3, 3, 4, 3],
        [2, 3, 2, 2],
        [1, 4, 1, 2],
        [3, 2, 4, 4],
        [1, 1, 2, 1],
        [3, 3, 5, 4],
        [2, 3, 4, 3],
        [4, 4, 5, 4],
        [4, 3, 2, 3],
        [5, 4, 5, 4],
        [2, 4, 4, 4],
        [2, 1, 5, 3],
        [5, 3, 3, 4],
        [5, 3, 2, 3],
        [5, 4, 4, 4],
        [5, 1, 2, 3],
        [5, 4, 3, 4],
        [4, 3, 1, 3],
        [4, 2, 2, 3],
        [4, 1, 1, 2],
        [4, 4, 5, 4],
        [5, 5, 5, 4],
        [0, 1, 1, 1],
        [0, 2, 2, 2],
        [0, 3, 3, 3],
        [0, 5, 5, 4],
        [0, 1, 2, 1],
        [1, 2, 3, 2],
        [2, 3, 4, 3],
        [3, 4, 5, 4]
    ])

    # pravilo 2
    rule2 = torch.tensor([
        [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0],
        [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1],
        [2, 3, 3, 3, 4, 4, 3],
        [2, 3, 3, 3, 3, 3, 3],
        [2, 3, 5, 3, 4, 4, 4],
        [3, 4, 4, 4, 3, 4, 4],
        [4, 3, 4, 4, 4, 4, 4],
        [4, 2, 2, 3, 3, 3, 3],
        [3, 3, 2, 4, 4, 4, 3],
        [2, 3, 2, 3, 2, 4, 3],
        [1, 2, 3, 4, 4, 3, 3],
        [3, 4, 4, 4, 4, 4, 4],
        [4, 2, 3, 3, 4, 4, 3],
        [3, 3, 4, 4, 2, 3, 3],
        [4, 4, 4, 4, 4, 5, 4],
    ])

```

```

[4, 5, 3, 3, 3, 4, 4],
[3, 3, 4, 3, 4, 4, 4],
[3, 3, 3, 3, 4, 4, 3],
[3, 2, 3, 3, 2, 3, 3],
[3, 3, 4, 4, 3, 2, 3],
[3, 5, 4, 3, 2, 3, 3],
[4, 3, 2, 2, 2, 4, 3],
[2, 2, 2, 2, 2, 2, 2],
[3, 3, 3, 3, 3, 3, 3],
[4, 4, 4, 4, 4, 4, 4],
[5, 5, 5, 5, 5, 5, 4],
[1, 1, 1, 2, 2, 2, 2],
[2, 2, 2, 3, 3, 3, 3],
[3, 3, 3, 4, 4, 4, 4],
[4, 4, 4, 5, 5, 5, 4],
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 3],
[1, 1, 2, 3, 4, 5, 3],
[2, 1, 2, 3, 4, 5, 3],
[3, 1, 2, 3, 4, 5, 3],
[4, 1, 2, 3, 4, 5, 4],
[5, 1, 2, 3, 4, 5, 4]
])

```

```

# pravilo 3
rule3 = torch.tensor([
    [1, 1, 1],
    [1, 2, 2],
    [1, 3, 2],
    [1, 4, 3],
    [2, 3, 3],
    [2, 4, 3],
    [2, 1, 2],
    [3, 1, 2],
    [2, 2, 2],
    [3, 3, 3],
    [4, 4, 4],
    [0, 1, 1],
    [2, 3, 3],
    [3, 4, 4],
    [2, 4, 3]
])

```

```

# učitavanje iz .xlsx dokumenta

```

```

data, test = pd.read_excel('ANFIS.xlsx'), pd.read_excel('ANFIS_test.xlsx')
data, test = torch.tensor(data.values), torch.tensor(test.values)

```

```

# dodavanje informacija o vremenu i tipu

```

```

step_add = torch.vstack([torch.ones(10, 1), 2 * torch.ones(10, 1), 3 *
torch.ones(10, 1), 4 * torch.ones(10, 1)])
data_add = torch.vstack([step_add, step_add, step_add, step_add, step_add,
step_add, step_add, step_add, step_add, step_add, step_add])
test_add = torch.vstack([step_add, step_add, step_add, step_add])

```

```

step_add_1 = torch.vstack([torch.ones(40, 1), 2 * torch.ones(40, 1), 3 *
torch.ones(40, 1), 4 * torch.ones(40, 1)])
data_add_1 = torch.vstack([step_add_1, step_add_1, step_add_1])
test_add_1 = torch.vstack([step_add_1])

```

```

# vektori input-a i output-a za train i test

```

```

X_train, Y_train = data[:, :-1].float(), data[:, -1].float()
X_test, Y_test = test[:, :-1].float(), test[:, -1].float()
X_train, X_test = torch.hstack([X_train, data_add, data_add_1]),
torch.hstack([X_test, test_add, test_add_1])

```

```

# kreiranje train i test

```

```

train, test = ANFISDataset(X_train, Y_train), ANFISDataset(X_test, Y_test)
train_loader = DataLoader(train, shuffle=True, batch_size=batch_value)
test_loader = DataLoader(test, shuffle=True, batch_size=batch_value)

```

```

# kreiranje modela

```

---

```
model = ANFIS(n=1, rule_1=rule1, rule_2=rule2, rule_3=rule3, function=2)
opt, loss_fn = optim.Adam(model.parameters(), lr=lr), nn.MSELoss()
# treniranje modela
fit(model, opt, loss_fn, train_loader, epochs=50)
# testiranje modela
test_loop(model, loss_fn, test_loader)

# učitavanje vrednosti za predviđanje
specific_mark = pd.read_excel('ANFIS_specific.xlsx')
specific_mark = torch.tensor(specific_mark.values).float()

# informacije o prosečnoj oceni
n, a = 40, 0
for i in range(n):
    a += model(specific_mark[i]) / n

print('Prosečna ocena:')
print(a)
print('THE END!!!')
```

## Биографија

Миљан С. Гомилановић, мастер инжењер рударства рођен је 05.04.1990. године у Сарајеву. Основну школу завршио је у Лајковцу, а потом је завршио гимназију у Лазаревцу.

Основне студије Студијски програм - рударско инжењерство, модул - површинска експлоатација лежишта минералних сировина, уписао 2009. године. Основне студије завршио је 2013. године и одбранио завршни рад под називом „Технологија рада роторног багера SchRs 1600 на II БТО систему површинског копа Тамнава-Западно поље Колубара“ са оценом 10 и просечном оценом свих положених испита 8.77. Током основних студија одрадио је стручну праксу у РБ „Колубара“. Дугогодишњи је члан студентског парламента Рударско-геолошког факултета.

Мастер студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, модул - површинска експлоатација лежишта минералних сировина, уписао је 2013. године. Године 2014. завршио је мастер студије и одбранио мастер рад под називом „Селективно откопавање угља роторним багером SchRs 630 25/6 II БТД система површинског копа Тамнава-Западно поље“ са оценом 10 и просечном оценом свих положених испита 8.80. Током студирања био је стипендиста општине Лајковац.

Школску 2013/2014 изабран је за студента продекана Рударско-геолошког факултета у Београду.

Од 2015. године запослен је у Институту за рударство и металургију Бор у Одељењу угљин инжењеринг Београд као пројектант инжењер. Ангажован је на пословима софтверског пројектовања пакетима Minex и Gemcom и другим компатибилним софтверима површинских копова и на пословима рударске анализе и израде техничке документације. Учествовао је у изради великог броја пројеката, студија и анализа.

Поред овога Миљан Гомилановић је ангажован на Пројектима технолошког развоја, Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Одлуком научног већа Института за рударство и металургију Бор изабран је у истраживачко звање - Истраживач сарадник.

Докторске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, студијски програм - рударско инжењерство, уписао је 2016. године. Положио 16 испита, просек 9.88. Објавио је укупно 7 радова који су у директној вези са темом дисертације, 4 ауторска рада на SCI-е листи и још 3 рада у нижим категоријама. На основу чега је остварио потребан услов да брани докторску дисертацију.

У јуну 2018. године, положио је стручни испит из области рударства, прописан Законом о рударству и геолошким истраживањима.

Бави се научно-истраживачким радом и до сада је као аутор или коаутор објавио 31 научни рад.

Ожењен супругом Милијаном Гомилановић. Живи и ради у Београду.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Миљан С. Гомилановић

Број индекса P707/16

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**Развој модела за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази модела**

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени; и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Миљан С. Гомилановић

Број индекса P707/16

Студијски програм Рударско инжењерство

Наслов рада: Развој модела за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази модела

Ментор др Милош Танасијевић, редовни професор

др Угљеша Бугарић, редовни професор

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**Развој модела за одређивање расположивости континуалних система на површинским коповима применом неуро-фази модела**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитетау Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_