

## ПРИМЕНА FUZZY ЛОГИКЕ ЗА СЕЛЕКЦИЈУ СТУДИЈСКИХ ПРОГРАМА И ПРЕДМЕТА У ВИСОКОМ ОБРАЗОВАЊУ

Милош Пејановић<sup>1</sup>, Перича Штрбац<sup>2</sup>, Вукман Кораћ<sup>3</sup>, Вера Петровић<sup>4</sup>

**Резиме:** Селекција предмета у оквиру студијског програма, као и избор самог студијског програма у условима велике понуде у високом образовању, често представља велики проблем за студенте. Проблем је повезан са дилемама, непрецизном дефинисању улазних захтева и нејасних очекивања од стране студената приликом избора предмета у оквиру студијског програма у односу на жељено знање и стручни профил као излазни резултат. Појава погрешног избора није реверзибилан процес, што узрокује лошије резултате студија и нежељени исход у односу на очекивање. Решење са употребом класичних алгоритама за доношење одлуке у ситуацијама непрецизно дефинисаних улазних захтева није подесно. Уместо класичних алгоритама за решавање недетерминисаних ситуација користе се методе и технике меког рачунарства. У раду се користи fuzzy логика у имплементацији софтверског решења за наведени проблем на једном примеру реализованом у Високој школи електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду. Циљ овог рада је да се презентује концепт софтверског решења применом fuzzy логике као методе у области меког рачунарства и вештачке интелигенције на конкретном примеру.

**Кључне речи:** fuzzy логика, меко рачунарство, вештачка интелигенција, студијски програми, предмети

## APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR SELECTION OF STUDY PROGRAMS AND SUBJECTS IN HIGH EDUCATION

**Summary:** Course selection within the study program, as well as the choice of the study program itself in the conditions of big offers in higher education, often represents big problem for students. The problem is related to dilemmas, inaccurate definition of input requirements and unclear expectations on the part of students when choosing a course within the study program in relation to the desired knowledge and professional profile as an output. The occurrence of a wrong choice is not a reversible process, causing worse study results and adverse outcome than expected. A solution using classic algorithms to make decisions in situations of imprecisely defined input requirements is not appropriate. Instead of classic algorithms for solving undetermined situations, methods and techniques of soft computing are used. In this paperwork is used fuzzy logic to implement a software solution for the problem above in one example realized at the School of Electrical and Computer Engineering of Applied Studies in Belgrade. The aim of this paper is to present the concept of a software solution using fuzzy logic as a method in the field of soft computing and artificial intelligence on a specific example.

**Keywords:** fuzzy logic, soft computing, artificial intelligence, study programs, subjects

<sup>1</sup>предавач, Висока школа електротехнике и рачунарства Београд, milos.pejanovic@viser.edu.rs

<sup>2</sup>професор, Висока школа електротехнике и рачунарства Београд, perica.strbac@viser.edu.rs

<sup>3</sup>асистент, Висока школа електротехнике и рачунарства Београд, vukman.korac@viser.edu.rs

<sup>4</sup>професор, Висока школа електротехнике и рачунарства Београд, vera.petrovic@viser.edu.rs

## 1. УВОД

Технички системи засновани на вештачкој интелигенцији поседују способности прикупљања и употребе знања, закључивања и учења. Поред области вештачке интелигенције као што су: системи за подршку одлучивању, интелигентно претраживање података, експертни системи, учење коришћењем примера, разумевање и обрада природних и вештачких језика, машинско програмирање, рачунарски вид, распознавање узорака и анализа сцене, роботика итд., посебно истичемо област меког рачунарства (soft computing), односно, „приближног рачунања“ или „интелигентног рачунања“.

Идеја о меком рачунарству се јавља 1981. године, када је Задех (Lotfi A. Zadeh<sup>5</sup>) дефинисао меко рачунарство у оквиру мултидисциплинарног система обједињеног у четири области (Kurhe A.B., Satonkar S.S., Khanale P.B. and Shinde Ashok 2011):

- вештачке неуронске мреже (ВНМ) или неуро-рачунарство (Neuro-Computing),
- фази логика (Fuzzy Logic) или неизразита логика,
- генетски алгоритми или генетичко рачунарство (Genetic Computing) и
- пробабилистичко рачунарство (Probabilistic Computing)

Меко рачунарство је нова мултидисциплинарна област која ствара нову генерацију вештачке интелигенције познату као „рачунарска интелигенција“ (Computational Intelligence). Меко рачунарство представља обједињавање (фузију) наведених области у модел који омогућава решавање проблема из реалног света који нису моделовани или су превише комплексни и тешки за математичко моделовање. Циљ меког рачунарства је коришћење толеранције на прецизност, неизвесности, приближно резонување и делимичну истину ради постизања блиске сличности са људским резонувањем, као што је доношење одлука (Eva Volna 2013).

Меко рачунарство се разликује од конвенционалног рачунарства (hard computing). За разлику од конвенционалног рачунарства, меко рачунарство је толерантно на непрецизности, неизвесности, делимичне истине и приближавање вредности (прихвата се задовољавајуће решење, не инсистира се на најбољем могућем). Узор за меко рачунарство је људски ум (Dogan Ibrahim 2016).

У раду се користи фази логика у имплементацији софтверског решења, са циљем да се представи концепт софтверског решења применом ове методе на конкретном примеру.

---

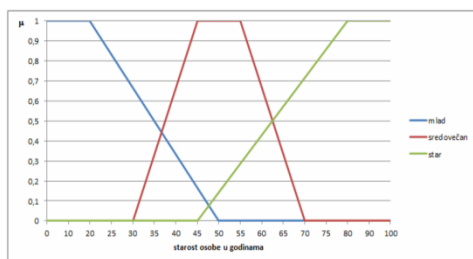
<sup>5</sup>У ствари основни модел меког рачунарства је људски мозак. Постаје нам све јасније да чудновата способност људског ума да ефикасно функционише у непрецизном и несигурном окружењу надмашује могућности традиционалних метода рачунања и логичког закључивања“ (Lotfi A. Zadeh, 1994)

## 2. ФАЗИ ЛОГИКА

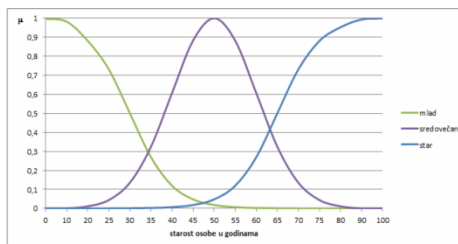
У стварном свету су информације често нејасне и непрецизне. Метода за бављење непрецизним подацима се зове фази логика (Dogan Ibrahim 2016). Скупови података који се баве фази логиком сматрају се фази скуповима. Класични скупови укључују или не укључују припадност појединачног елемента (нема другог случаја од тачно или нетачно, односно припада или не припада). Фази скупови дозвољавају делимично припадање. У фази логици, исказ је истинит у извесном степену. Фази приступ, поред непрецизности карактерише и постепени прелаз од једне до друге крајности (мекоћа прелаз). Базирана је на IF-THEN правилима, а не на строгом математичком моделу проблема. Правила се ослањају на искуства експерата из домена проблема који се решава. Основна примена фази логике је у процесима управљања, односно одлучивања што је случај у овом раду. Процес се састоји од три фазе:

- фазификација
- креирање (и процена) фази правила и
- дефазификација.

Степен припадности неком фази скупу неког елемента из домена скупа може да има вредност у опсегу од 0 до 1. Дефинише се фази функција припадности скупу. Промењива (варијабла) фази функције припадности се назива лингвистичка промењива или фази промењива, која у суштини садржи речи природног језика. Функција припадности се обично дефинише интуитивно, на основу претходног знања о свету. Примери фази функција припадности се налазе на слици 1.



Тrapeзoиднa функција припадности



Сигмoидалнa функција припадности

Слика 1- Примери фази функција припадности

### 3. ПРИМЕНА FUZZY ЛОГИКЕ

Селекција студијских програма и предмета у високом образовању се у могу сврстати у област одлучивања, односно управљања процесима. Основне карактеристике проблема су:

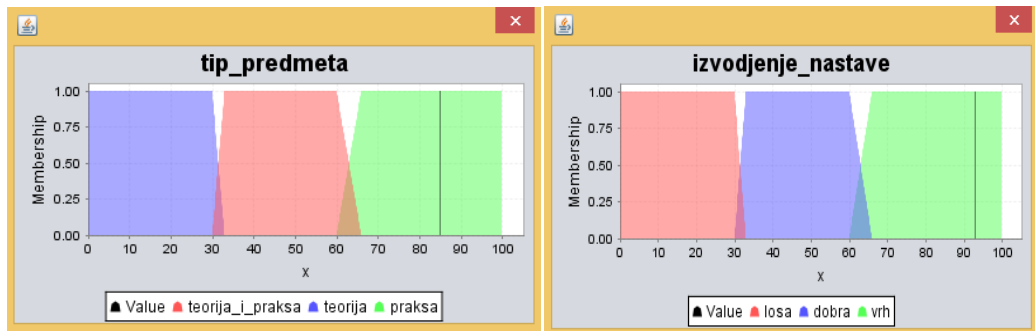
- решавање проблема не захтева прецизно математичко моделовање (није могуће),
- улазни параметри нису прецизно дефинисани (не постоје експлицитне вредности особина студијских програма и предмета),
- мера припадности за улазне параметре се одређује искуствено (процена предмета није конкретна већ се изражава лингвистички),
- не постоји могућност примене класичних алгоритама (нема јасне кораке и прецизне улазе),
- прихвата се задовољавајуће решење, не инсистира се на најбољем могућем,
- не постоји иницијално прецизно знање о исходима (само експертско искуство и знање),
- потребно је закључивање и учење у поновљеним поступцима—допуна правила за одлучивање,
- решење има практичну примену, и
- решавање проблема није сувише обимно.

Из наведеног долазимо до оправданости избора примене фази логике као методе у аутоматизацији процеса одлучивања (селекције), односно меког рачунарства у оквиру области вештачке интелигенције. Класичне методе (hard computing) или примена алгоритама за решавање линеарних проблема није подобно применити.

#### 3.1. Поступак решавање проблема на примеру селекције студијских програма

Евалуација параметара који нелинеарно и недетминистички описују сваки предмет на студијском програму је проблематична зато што се не изражава у дискретним вредностима. Због тога се студенти често налазе у дилеми приликом уписа студија или када прелазе у следећу годину студија. Често није јасан пут студија при селекцији изборних предмета у оквиру неког студијског програма, тиме и избор самог студијског програма.

У методологији примене фази логике се дефинишу три фазе: фазификација, дефинисање IF-THEN правила и дефазификација. Фазификација подразумева да се одреде фази функције (функције припадности) за изабране параметре предмета. То подразумева такође, дефинисање лингвистичких промењивих (нпр. за параметре тип, употребљивост знања, наставни квалитет итд (M. Panda, M.R. Patra 2013).



Слика 2- Део фази функција припадности за предмет „Увод у рачунарство у облаку“

Примери фазификације су приказани на слици 2. Фазификација претвара улаз у облик над којим је могуће применити фази правила. Након фазификације свих параметара за све предмете, врши се дефинисање IF-THEN фази правила. Скуп фази правила представља базу знања. На слици 3 је приказан део правила за одлучивање, реализован у Eclipse<sup>6</sup>.

Приликом креирања пројекта у Eclipse plugin, неопходно је додати библиотеку jFuzzyLogic\_v3.0, за конкретно наведени пример.

```
RULEBLOCK pravilo1
AND:MIN;
ACT: MIN;
ACCU:MAX;

RULE 1: IF tip_predmeta IS teorija AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS losa
THEN kvalitet_predmeta IS ocajan;
RULE 2: IF tip_predmeta IS teorija AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS dobra
THEN kvalitet_predmeta IS ocajan;
RULE 3: IF tip_predmeta IS teorija AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS dobra
THEN kvalitet_predmeta IS ocajan;
RULE 4: IF tip_predmeta IS teorija AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS losa
THEN kvalitet_predmeta IS ocajan;
RULE 5: IF tip_predmeta IS teorija AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS vrh
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 5: IF tip_predmeta IS teorija_i_praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS losa
THEN kvalitet_predmeta IS ocajan;
RULE 6: IF tip_predmeta IS teorija_i_praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS losa
THEN kvalitet_predmeta IS ocajan;
RULE 7: IF tip_predmeta IS teorija_i_praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS dobra
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 8: IF tip_predmeta IS teorija_i_praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS dobra
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 9: IF tip_predmeta IS teorija_i_praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS vrh
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 10: IF tip_predmeta IS praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS vrh
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 11: IF tip_predmeta IS praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
beskorisan AND izvodjenje_nastave IS dobra
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 12: IF tip_predmeta IS praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS losa
THEN kvalitet_predmeta IS dobar;
RULE 13: IF tip_predmeta IS praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS dobra
THEN kvalitet_predmeta IS odlican;
RULE 14: IF tip_predmeta IS praksa AND upotrebljivost_predmeta IS
korisan AND izvodjenje_nastave IS vrh
THEN kvalitet_predmeta IS odlican;
END_RULEBLOCK
```

Слика 3- Део IF-THEN фази правила за одлучивање

<sup>6</sup><http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/plugin.html>  
<https://www.eclipse.org/downloads/>  
<https://www.eclipse.org/downloads/packages/>  
--> Eclipse IDE for Enterprise Java Developers

Дефазификација претвара фази облик података у облик који је разумљивна излазу. На слици 4 је приказан део дефазификације за избор предмета, реализован у Eclipse, при чему су дефинисане улазне променљиве које се користе у овом случају: `tip_predmeta`, `upotrebljivost_predmeta`, `izvodjenje_nastave`.

```
FUNCTION_BLOCK ocena
    VAR_INPUT
        tip_predmeta: REAL;
        upotrebljivost_predmeta: REAL;
        izvodjenje_nastave: REAL;
    END_VAR

    VAR_OUTPUT
        kvalitet_predmeta: REAL;
    END_VAR

    FUZZIFY tip_predmeta
        TERM teorija := (0,1)(30,1)(33,0);
        TERM teorija_i_praksa := (30,0)(33,1)(60,1)(66,0);
        TERM praksa := (60,0)(66,1)(100,1);
    END_FUZZIFY

    FUZZIFY upotrebljivost_predmeta
        TERM beskorisan := (0,1)(30,1)(50,0);
        TERM korisan := (50,0)(70,1)(100,1);
    END_FUZZIFY

    FUZZIFY izvodjenje_nastave
        TERM losa := (0,1)(30,1)(33,0);
        TERM dobra := (30,0)(33,1)(60,1)(66,0);
        TERM vrh := (60,0)(66,1)(100,1);
    END_FUZZIFY

    DEFUZZIFY kvalitet_predmeta
        TERM ocajan := (0,0)(1.5,1)(3.3,0);
        TERM dobar := (3.3,0)(4.8,1)(6.3,0);
        TERM odlican := (6.3,0)(7.8,1)(10,0);

        METHOD: COG;

        DEFAULT:=0;
    END_DEFUZZIFY
```

Слика 4- Пример дефазификације за избор предмета

Поступак израде софтверског решења обухвата дефинисање улазних и излазних променљивих, њихова фазификација и дефазификација, као и прикупљање потребног знања, што је обавеза експерта знања и пројектовање базе знања (скупа правила). Основни делови Fuzzy Control Language (FCL) контролера садрже:

```
FUNCTION_BLOCK naziv
/*1. ulazne promenljive */
/*2. izlazne promenljive */
/*3. fazifikacija ulaznih promenljivih */
/*4. defazifikacija izlazne promenljive */
/*5. definisanje pravila */
END_FUNCTION_BLOCK
```

Програм у JAVI обезбеђује подешавање улазних вредности, оцена излаза на основу улаза и писање излаза. Програм се састоји од два дела. Први део чини

писање контролера у Fuzzy Control Language (FCL) у коме описујемо термине и правила (има екстензију .fcl). Други део програма се односи на коришћење FuzzyInference System (FIS), у JAVA коду. Креира се FIS објекат на основу правила дефинисаних у .fcl фајлу.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је приказана практична примена фази логике као методе у области меког рачунарства, са конкретним алатом Eclipse у решавању проблема селекције предмета и студијских програма у високом образовању.

Предност се постиже применом меког рачунарства које се разликује од конвенционалног рачунарства. За разлику од конвенционалног рачунарства, меко рачунарство је толерантно на непрецизности, неизвесности, делимичне истине и приближавање вредности (прихвата се задовољавајуће решење, не инсистира се на најбољем могућем).

Пример софтверског решења наведеног у раду није коначна верзија, што је једна од великих предности самог алата Eclipse којег смо користили, јер исти омогућава дораду и проширења. Наставак даљег развоја може бити усмерен нпр. за побољшање прецизности улазних захтева и повећања броја параметара за предмете. Унапређење саме апликације недвосмислено повлачи и могућност усавршавања базе знања (побољшања скупа IF-THEN правила) и квалитета нивоа излазног решења.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kurhe A.B., Satonkar S.S., Khanale P.B. and Shinde Ashok(2011). *Soft Computing and its Applications*. BIOINFO Soft Computing, Volume 1, Issue 1, 2011, pp-05-07
- [2] Eva Volna (2013). *Introduction to Soft Computing Book*. Ostrava, Cech Republic
- [3] Lotfi A. Zadeh (1994). *Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing*. Communications of the ACM, Vol37, No 3
- [4] M. Panda, M.R. Patra (2013). *SOFT COMPUTING CONCEPTS AND TECHNIQUES*. Book, NEW DELHI and BOSTON, USA
- [5] Dogan Ibrahim (2016). *An overview of soft computing, 12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing*. ICAFS 2016, 29-30 August 2016, Vienna, Austria