



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNIČKI FAKULTET »MIHAJLO PUPIN«  
ZRENJANIN



**MODEL INTELIGENTNOG TUTORSKOG  
SISTEMA ZA UNAPREĐENJE INFORMATIČKIH  
KOMPETENCIJA STUDENATA**

**A MODEL OF THE INTELLIGENT TUTORING  
SYSTEM FOR UPGRADING THE STUDENTS' ICT  
COMPETENCIES**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**KANDIDAT:**

mr Gordana Jotanović

**ZRENJANIN, 2016. godine**



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNIČKI FAKULTET »MIHAJLO PUPIN«  
ZRENJANIN



**MODEL INTELIGENTNOG TUTORSKOG  
SISTEMA ZA UNAPREĐENJE INFORMATIČKIH  
KOMPETENCIJA STUDENATA**

**A MODEL OF THE INTELLIGENT TUTORING  
SYSTEM FOR UPGRADING THE STUDENTS' ICT  
COMPETENCIES**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**MENTOR:**

Prof. dr Vladimir Brtka

**KANDIDAT:**

mr Gordana Jotanović

**ZRENJANIN, 2016. godine**



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
TEHNIČKI FAKULTET „MIHAJLO PUPIN“  
ZRENJANIN



**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: <b>RBR</b>	
Identifikacioni broj: <b>IBR</b>	
Tip dokumentacije: <b>TD</b>	Monografska publikacija
Tip zapisa: <b>TZ</b>	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada: <b>VR</b>	Doktorska disertacija
Autor: <b>AU</b>	Mr Gordana Jotanović
Mentor: <b>MN</b>	Prof. dr, Vladimir Brtka, vanredni profesor
Naslov rada: <b>NR</b>	Model inteligentnog tutorskog sistema za unapređenje informatičkih kompetencija studenata
Jezik publikacije: <b>JP</b>	srpski (latinica)
Jezik izvoda: <b>JI</b>	srpski i engleski

Zemlja publikovanja: <b>ZP</b>	Srbija
Uže geografsko područje: <b>UGP</b>	Vojvodina
Godina: <b>GO</b>	2016.
Izdavač: <b>IZ</b>	autorski reprint
Mesto i adresa: <b>MA</b>	Zrenjanin, 23000 Đure Đakovića bb
Fizički opis rada: (br.poglavlja/strana/literaturnih citata/slika/tabela/priloga) <b>FO</b>	11/173/147/49/27/15
Naučna oblast: <b>NO</b>	Informacione tehnologije
Naučna disciplina: <b>ND</b>	Inteligentni sistemi
Predmetna odrednica/Ključne reči: <b>PO</b>	Informatičke kompetencije, inteligentni tutorski sistemi, procjena znanja studenta, nastavni sadržaji, funkcije pripadnosti.
<b>UDK</b>	
Čuva se: <b>ČU</b>	Biblioteka Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

<p>Važna napomena:</p> <p><b>VN</b></p>	<p>nema</p>
<p>Izvod:</p> <p><b>IZ</b></p>	<p>Disertacija se bavi problematikom unapređenja informatičkih kompetencija studenata. Osnovna funkcija sistema je personalizacija nastavnih sadržaja prema trenutnom nivou znanja studenta. Na osnovu toga dizajniran je model inteligentnog tutorskog sistema koji se sastoji od osnovnih funkcionalnih dijelova: modela Tutor, modela Student i mehanizma za zaključivanje. U sistemu su razvijeni moduli za procjenu znanja studenta, isporuku nastavnih sadržaja, unapređenja kompetencija i automatsku sintezu IF...THEN pravila. Procjena znanja vrši se pomoću Mamdani fazi inferentnog metoda. Mehanizam za isporuku nastavnih sadržaja radi na principu Alfa algoritma. Automatska sinteza IF...THEN pravila bazirana je na Teoriji grubih skupova. Unapređenje kompetencija vrši se pomijeranjem u desno parametara funkcije pripadnosti koja predstavlja studentove kompetencije. Eksperimentalno testiranje rada sistema izvršeno je na Java programskom jeziku.</p>
<p>Datum prihvatanja teme od NN veća:</p> <p><b>DP</b></p>	<p>21.10.2015.</p>
<p>Datum odbrane:</p> <p><b>DO</b></p>	
<p>Članovi komisije (naučni stepen/ime i prezime/zvanje/fakultet)</p> <p><b>KO</b></p>	

<b>Predsjednik:</b>	Prof. dr Ivana Berković, redovni profesor, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
<b>Član:</b>	Prof. dr Dragana Glušac, redovni profesor, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
<b>Član:</b>	Doc. dr Vesna Makitan, docent, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
<b>Član:</b>	Prof. dr Danimir Mandić, redovni profesor, Učiteljski fakultet, Beograd
<b>Član, mentor:</b>	Prof. dr Vladimir Brtka, vanredan profesor, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin



## KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number: <b>ANO</b>	
Identification number: <b>INO</b>	
Document type: <b>DT</b>	Monographic publication
Type of record: <b>TR</b>	Textual material, printed
Contents code: <b>CC</b>	Ph.D. Thesis
Author: <b>AU</b>	Gordana Jotanovic, M.Sc.
Mentor: <b>MN</b>	Vladimir Brtka, PhD, associate professor.
Title: <b>TI</b>	A Model of the intelligent tutoring system for upgrading the students' ICT competencies
Language of text: <b>LT</b>	Serbian (Latin letters)
Language of abstract: <b>LA</b>	Serbian and English

Country of publication: <b>CP</b>	Serbia
Locality of publication: <b>LP</b>	Vojvodina
Publication year: <b>PY</b>	2016.
Publisher: <b>PB</b>	Author reprint
Publication place: <b>PP</b>	Zrenjanin, 23000 Djure Djakovića bb
Physical description: (chapters/pages/ref./pictures/tables/appendixes) <b>PD</b>	11/173/147/49/27/15
Scientific field: <b>SF</b>	Information Technologies
Scientific discipline: <b>SD</b>	Intelligent systems
Subject/Key words: <b>S/KW</b>	ICT competencies, Intelligent tutoring systems, assessment of students' knowledge, teaching content, membership function.
<b>UC</b>	
Holding data: <b>HD</b>	Library of Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin



<p>Note:</p> <p><b>N</b></p>	<p>none</p>
<p>Abstract:</p> <p><b>AB</b></p>	<p>The present dissertation deals with the issue of upgrading the students' ICT competencies. The fundamental function of the system is aimed at personalization of educational contents in accordance with the student's current level of knowledge. On the basis of this, a model of the intelligent tutoring system that consists of basic functional components – the Tutor model, the Student model and a deduction mechanism – has been designed. Within this system the modules for assessing students' knowledge, delivery of educational contents, competence upgrading and automatic synthesis of IF ... THEN rules have been developed. The knowledge assessment is carried out by means of a Mamdani's fuzzy inference method. The mechanism for educational content delivery operates on the principle of an Alpha algorithm. The automatic synthesis of IF ... THEN rules is based on a rough set theory. The upgrading of the competencies is performed by moving to the right the parameters of a membership function which represents the student's competence. Experimental testing of the system was carried out using the Java programming language.</p>
<p>Accepted by the Scientific Board on:</p> <p><b>ASB</b></p>	<p>21.10.2015.</p>
<p>Defended on:</p> <p><b>DE</b></p>	

Thesis defended board: (name/degree/ title/faculty)	
<b>DB</b>	
<b>President:</b>	Ivana Berković, PhD, full professor, Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
<b>Member:</b>	Dragana Glušac, PhD, full professor, Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
<b>Member:</b>	Vesna Makitan, PhD, assistant professor, Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
<b>Member:</b>	Danimir Mandić, PhD, full professor, Faculty of Teaching Sciences, Beograd
<b>Member, Mentor:</b>	Vladimir Brtka, PhD, associate professor, Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

*“Iako sam prošao kroz sve što sam prošao, ne kajem se zbog teškoća u koje sam zapadao, jer su me upravo one dovele tamo gde sam želeo da stignem. Sve što sada imam, to je ovaj mač i ja ga rado predajem svakome ko je voljan da krene na svoje hodočašće. Nosim sa sobom pečate i ožiljke iz bitaka, to su svedočanstva da sam živeo i nagrade koje sam osvojio.”*

*Priručnik za ratnika svetlosti, Paulo Koeljo.*

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	15
1.1.Primjena ITS u novim obrazovnim paradigmama.....	16
1.2.Informatičke kompetencije studenata u modelima nastave informatike .....	17
<b>2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA</b> .....	18
2.1. Problem istraživanja .....	18
2.2. Predmet istraživanja .....	18
2.3. Ciljevi istraživanja.....	18
2.4. Zadaci istraživanja.....	19
2.5. Hipoteze istraživanja .....	19
2.6.Očekivani rezultati istraživanja.....	20
2.7. Metode istraživanja .....	20
2.8. Postupci i instrumenti za vrednovanje modela.....	20
<b>3. TEORETSKE OSNOVE INTELIGENTNIH TUTORSKIH SISTEMA</b> .....	22
3.1.Modaliteti primjene ITS-a.....	23
3.2.Komponente inteligentnih tutorskih sistema .....	23
3.3.Modul domena.....	24
3.3.1.Baza znanja .....	24
3.4.Modul studenta .....	25
3.5.Modul tutora .....	25
3.6.Mehanizam zaključivanja u inteligentnim tutorskim sistemima.....	26
3.6.1.Modul za automatsko učenje .....	26
3.6.2.Pravila zaključivanja.....	26
3.7.Modul za komunikaciju.....	28
<b>4. PREGLED STANJA U PODRUČJU ISTRAŽIVANJA</b> .....	29
4.1.Metode i tehnike koje se koriste kod dizajniranja inteligentnih tutorskih sistema u obrazovanju .....	30

4.1.1.Primjena fazi logike ITS-u .....	30
4.1.2.Lingvističke promjenljive i lingvističke vrijednosti .....	31
4.1.3.Fazi skupovi .....	32
4.1.4.Funkcija pripadnosti fazi skupu .....	33
4.1.4.Fazi propozicija i logički veznici .....	34
4.1.5.Fazi implikacija.....	35
4.1.6.Metoda odsjecanja .....	35
4.2. Praktična rješenja tutorskih sistema.....	36
4.2.1.InterMediActor .....	37
4.2.2.Andes.....	38
4.2.3.VisMod.....	39
4.2.4.SQL-Tutor.....	40
4.2.5.C++ Tutor.....	41
4.2.6.Cognitive Tutor.....	42
<b>5. KLJUČNE KOMPETENCIJE .....</b>	<b>44</b>
5.1.Načini procjene znanja iz ključnih kompetencija.....	45
5.2.Informatičke ili IKT kompetencije .....	47
5.3.Primjena IKT u sistemu obrazovanja.....	48
5.4.Standardizacija informatičkih kompetencija .....	49
<b>6. MODEL INTELIGENTNOG TUTORSKOG SISTEMA .....</b>	<b>51</b>
6.1.Procjena znanja studenata u modelu ITS-a.....	52
6.2.Interakcije u modelu ITS-a.....	55
6.3.Modeliranje ITS-a .....	56
6.3.1.Model Tutor-a.....	57
6.3.2.Model Student-a.....	58
6.3.3.Mehanizam zaključivanja .....	60
6.3.4.Modul za procenu znanja.....	61
6.3.5.Modul za isporuku nastavnih sadržaja .....	63
6.3.6.Modul za unapređenje kompetencija.....	65
6.3.7.Modul za automatsku sintezu pravila.....	66
6.3.8.Modul za komunikaciju .....	69

<b>7. IMPLEMENTACIJA MODELA INTELIGENTNOG SISTEMA</b> .....	70
7.1. Modeliranje tutora .....	70
7.1.1. Analiza procesa upravljanja sistemom.....	78
7.1.2. Podešavanje FLC-ova prema IF...THEN pravilima .....	79
7.1.3. Simulacija rada FLC-a u programskom jeziku Java.....	90
7.2. Modeliranje studenta .....	91
<b>8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA</b> .....	115
8.1. Rezultati modelovanja ITS-a .....	115
8.2. Mogućnosti daljeg razvoja ITS-a.....	115
8.3. Zaključak .....	116
<b>LITERATURA</b> .....	119
<b>SKRAĆENICE</b> .....	133
<b>PRILOZI</b> .....	135
Prilog 1.....	136
Prilog 2.....	139
Prilog 3.....	141
Prilog 4.....	142
Prilog 5.....	151
Prilog 6.....	152
Prilog 7.....	156
Prilog 8.....	158
Prilog 9.....	160
Prilog 10.....	162
Prilog 11.....	164
Prilog 12.....	166
Prilog 13.....	168
Prilog 14.....	170
Prilog 15.....	172

## UVOD

### 1.

Inteligentni tutorski sistemi su u relativno širokoj upotrebi u domenu obrazovanja. Za projektovanje inteligentnih tutorskih sistema, potrebne su metode i tehnike iz domena: obrazovanja, računarske inteligencije i korisničkog interfejsa. Kroz istorijski razvoj inteligentnih tutorskih sistema baziranih na web i elektronskom učenju, javljaju se sistemi koji omogućavaju korisnicima da kreiraju, organizuju, kontrolišu i koriste sadržaje učenja i ostvaruju uzajamnu saradnju posredstvom računara i komunikacionih mreža. To su edukativni sistemi koji imaju znanje o svakom studentu posebno i mogućnost prilagođavanja nastavnog sadržaja njegovim konkretnim potrebama (učenje jedan prema jedan). Današnji sistemi za učenje Learning Management Systems (LMS) nemaju ili posjeduju ograničenu mogućnost personalizacije procesa učenja. Da bi se riješio taj problem u tutorske sisteme uključuje se pedagoška paradigma kao i inteligentna komponenta. Inteligentni tutorski sistemi u obrazovanju od osamdesetih godina dvadesetog vijeka razvijaju se velikom brzinom, tako da je objavljen veliki broj radova i publikacija iz ove oblasti. U velikoj mjeri dominiraju radovi koji se baziraju na sistemima elektronskog i web učenja kao i razvoju njihovih alata. Prva generacija sistema koji su se bavili edukacijom pomoću računara bili su Computer Aided Instruction (CAI) ili Computer Based Instruction (CBI). Ovi sistemi su se uglavnom zasnivali na hipertekstu, a sastojali su se od pripremljenih materijala sa nastavnim sadržajem i pitanjima višestrukog izbora. Daljim razvojem u sistemu obrazovanja računar kao instruktor je evoluirao u tutorski sistem. U okviru područja sistema računarske inteligencije razvijaju se inteligentni tutorski sistemi, čiji je krajnji cilj proširenje opsega radnih mogućnosti učitelja, odnosno tutora, kao i studenata. Sliman i Braun (1982) prvi put koriste termin Intelligent Tutoring Systems (ITS) da opišu nove sisteme koji se razvijaju iz CAI sistema i koji imaju sljedeće zadatke: rješavanje problema metodom praćenja znanja studenata, obučavanja, davanja laboratorijskih instrukcija, konsultovanja (Sleeman & Brown, 1982). Pored pojma ITS po prvi put se koristi pojam Vještačke inteligencije ili Artificial Intelligence (AI) (Sleeman & Brown, 1982). Sa novim tehnikama koje su se razvile u okviru AI činilo se da će računari biti u stanju da preuzmu ljudski način razmišljanja što je bio dodatni motiv istraživačima za razna istraživanja iz ove oblasti. Primjena AI u ITS je potrebna radi lakšeg postizanja sljedećih ciljeva:

- Formiranja nastavnog plana i programa zasnovanog na modularnom principu.

- Prilagođenosti različitim populacijama učenika.
- Individualne prezentacije i ocjene sadržaja.
- Prikupljanja podataka koje instruktori mogu koristiti u okviru sistema poučavanja i prilikom saniranja grešaka studenata.

Pored naprednih funkcija koje su u prvobitno vrijeme imali ITS, postojali su i određeni nedostaci: sistemi su bili zavisni od domena, loše su radili procjenu znanja studenata (mnogo ili premalo znanja), dokumentacija je imala mali nivo detalja, loša interakcija studenata sa sistemom, nefleksibilnost sistema (Sleeman & Brown, 1982; Kimball, 1982; Brown et al, 1981; McDonald, 1981; Clancey, 1982).

### 1.1.Primjena ITS u novim obrazovnim paradigmama

Tradicionalna nastavna paradigma nastavnika stavlja u središte procesa. Nastavnik „osoba“ odgovoran je za pripremu nastavnih materijala koje će izlagati studentima, priprema testove za provjeru znanja, usmenim i pismenim putem vrši ocjenjivanje znanja studenata koja se svode na tipičan primjer reprodukovanja znanja iz unaprijed pripremljenih nastavnih materijala. Ovakav sistem je prilagođen nastavniku. Na osnovu ovakvog pristupa nastavnom problemu ITS koji su projektovani na principima tradicionalne nastave funkcionišu upravo ovako: imaju dobro pripremljene obučavajuće materijale, domeni su precizno određeni, mehanizmi zaljučivanja sistema se zasnivaju na pedagoškim principima<sup>1</sup>, provjera znanja se svodi na razne načine testiranja, a omogućena je interakcija između sistema i studenata, sistem vrši detekciju i analizu grešaka studenata. Stoga, možemo zaključiti da ITS sistemi zasnovani na tradicionalnim nastavnim principima rješavaju probleme procjene i unapređenja studentovog „znanja“.

Nove obrazovne paradigme u centar obrazovnog procesa stavljaju studenta, odnosno vrši se njegova personalizacija (Robinson, 2011). Student „osoba“ danas za razliku od prethodnih godina ima mogućnost korištenja sve većeg broja informatičkih tehnologija, shodno tome proširuje količinu informacija sa kojima dolazi u kontakt. Bazu znanja može crpiti ne samo iz udžbenika i ličnih bilješki nastavnika, nego sa weba, elektronskih udžbenika, online biblioteka itd. Nove generacije učenika „Net-generacije“ zahtijevaju obrazovne sisteme koji su prilagođeni njihovim znanjima i potrebama (Tapscott, 1998). Znanje i informacije su nešto što je studentima uvijek dostupno i pri ruci u razno vrijeme i na raznim mjestima, samo se postavlja pitanje njihove upotrebe i usmjerenosti. Klasični oblici nastave su za studente dosadni i zamorni jer se sve u njima odvija prilično sporo, nastavnici često ponavljaju informacije koje su studentima već poznate a interakcija se u većini slučajeva svodi na puko slušanje i reprodukciju. Procjena znanja studenata je ocjena kvaliteta reprodukovanja nastavnih materijala, koji su pripremljeni od strane nastavnika.

---

<sup>1</sup> Predstavljaju sisteme za primjenu znanja, vještina i stavova nastavnika u vaspitno obrazovnom radu.



## 1.2. Informatičke kompetencije studenata u modelima nastave informatike

Oblašću izučavanja informatičkih kompetencija studenata, kao i modelima nastave informatike, već duže vrijeme bave se u državama gdje su informatičke kompetencije nastavnika i studenata na visokom nivou razvoja. Ovakvi sistemi se takođe koriste u zemljama Evropske unije. Postoji značajan broj stručnih i naučnih publikacija kao i nacionalnih strategija iz oblasti informatičkih kompetencija u kojima se poseban značaj pridaje kompetencijama nastavnika, studenata i nacionalnoj strategiji njihovog unapređenja. Intenzivan razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija ukazuje nam na potrebu za permanentnim usavršavanjem obrazovnih procesa. Uvidjevši problematiku Evropska komisija (European Commission, 2010) kreira strategiju „Europa 2020“, gdje je utvrđeno pet osnovnih ciljeva koji uključuju: zapošljavanje, istraživanje i razvoj, klimatske promjene/energiju, obrazovanje, socijalno uključivanje (smanjenje siromaštva). Na ovaj način, strogo su definisane ključne informatičke kompetencije, što u velikoj mjeri olakšava njihovo usaglašavanje i unapređenje. Stoga, u ovoj disertaciji koristimo ključne informatičke kompetencije na način kako ih je definisala Evropska komisija.

Globalizacija poslovnih procesa i procesa u obrazovanju zahtijevaju od sistema obrazovanja da konstantno unapređuje standarde informatičkih kompetencija kod studenata i nastavnika. Potrebno je da studenti kroz svoje obrazovanje dostignu odgovarajuće standarde informatičkih kompetencija kako bi bili konkurentni na tržištu rada. Zastarjelost i krutost nastavnih planova i programa u osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju ne omogućava studentima dovoljnu fleksibilnost i efikasnost kako bi njihove kompetencije zadovoljile potrebe tržišta rada. Na osnovu strategije „Europa 2020“ jedna od inicijativa je i mobilnost studenata. Kreiranjem informatičkih standarda i njihovim usklađivanjem sa evropskim standardima omogućili bi studentima veću mobilnost, a sve to u svrhu postizanja kvalitetnijeg sistema obrazovanja u Republici Srpskoj (BiH).

## METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

2.

### 2.1. Problem istraživanja

Ubrzan razvoj informatičkih tehnologija zahtijeva i permanentno informatičko usavršavanje studenata kako bi ih mogli primijeniti u životnim aktivnostima i stručnom usavršavanju. Pitanje adekvatne informatičke obučenosti ili kompetentnosti nije više individualni problem, nego je postao problem cjelokupnog društva. To je problem kojim se bave mnoge države u svijetu i Evropi. U ovoj disertaciji, razmatraju se problemi izbora nastavnih sadržaja pomoću inteligentne komponente tutorskog sistema i njihovo usaglašavanje sa informatičkim standardima Evropske unije, kao i njihova primjena u obrazovnom modelu koji može da obezbijedi permanentno informatičko usavršavanje studenata.

### 2.2. Predmet istraživanja

S obzirom na kompleksnu problematiku predmeta istraživanja posmatraćemo ga sa dva aspekta:

- Modela inteligentnih tutorskih sistema,
- Informatičkih kompetencija studenata definisanih evropskim standardima.

Problem koji se pri ovome javlja se odnosi na pronalaženje načina unapređenja informatičkih kompetencija studenata. Informatičke kompetencije studenata definisane su standardima, a problem je njihovo usaglašavanje s postojećim standardima. U ovoj disertaciji bi se razmatrao problem primjene informatičkih standarda u sistemu obrazovanja prije svega, ali ne isključivo, Republike Srpske (BiH) kao i njihova primjena u obrazovnom modelu koji može da obezbijedi permanentno usavršavanje studenata.

### 2.3. Ciljevi istraživanja

U istraživanju smo postavili nekoliko ciljeva:

- Utvrđivanje postojećeg nivoa informatičkih kompetencija studenata, prije svega u Republici Srpskoj (BiH).
- Definisane načina za unapređenje informatičkih kompetencija studenata.

- Formiranje modela inteligentnog tutorskog sistema na osnovu praćenja standarda informatičkih kompetencija (prije svega evropskih) i utvrđivanja standarda za unapređenje informatičkih kompetencija studenata. Model inteligentnog tutorskog sistema treba da omogući permanentno usavršavanje studenata.

## 2.4. Zadaci istraživanja

Zadaci istraživanja su:

- Izvršiti kompleksnu procjenu informatičkih znanja, vještina i sposobnosti studenata.
- Nastavne sadržaje potrebne za unapređenje informatičkih kompetencija uskladiti sa evropskim informatičkim standardima.
- Napraviti model inteligentnog tutorskog sistema u svrhu permanentnog podizanja informatičkih kompetencija u Republici Srpskoj (BiH).
- Implementirati model inteligentnog tutorskog sistema radi eksperimenta i provjere mogućnosti za unapređenja informatičkih kompetencija studenata u Republici Srpskoj (BiH).

## 2.5. Hipoteze istraživanja

Pretpostavka je da će studenti koji nemaju adekvatne informatičke kompetencije, odnosno da studenti koji kroz svoje osnovno, srednjoškolsko i individualno obrazovanje nisu stekli dovoljno informatičkih znanja, biti u mogućnosti da unaprijede svoja informatička znanja tako da zadovolje evropske informatičke kompetencije.

Stoga je osnovna hipoteza istraživanja:

**(H): Moguće je kreirati model inteligentnog tutorskog sistema za unapređenje informatičkih kompetencija studenata.**

Pothipoteze:

**H1:** Informatičke kompetencije studenata mogu se izraziti u AKO...ONDA formi, odnosno pomoću pravila odlučivanja.

**H2:** Mehanizam zaključivanja (inteligentna komponenta tutorskog sistema) može se postići primjenom generalizovanog pravila Modus Ponens.

**H3:** Moguće je postići generisanje posebnog nastavnog plana i programa za svakog studenta ponaosob, a u zavisnosti od trenutnog nivoa njegovih informatičkih kompetencija.

**H4:** Pravila odlučivanja mogu se automatski generisati egzaktnom metodom na osnovu postojećeg uzorka primjenom Teorije grubih skupova.

Dodatno, očekivani rezultat je implementacija modela inteligentnog tutorskog sistema koji omogućava unapređenje informatičkih kompetencija studenata u Republici Srpskoj (BiH).

## **2.6. Očekivani rezultati istraživanja**

Prethodna istraživanja na ovu temu pokazala su da studenti nemaju adekvatne informatičke kompetencije. Odnosno, da studenti kroz svoje osnovno, srednjoškolsko i individualno obrazovanje nisu stekli dovoljno znanja, vještina i sposobnosti da bi zadovoljili osnovnu informatičku pismenosti prema evropskim standardima.

Kao rezultat istraživanja očekujemo da postavimo model za unapređenje informatičkih kompetencija studenata bez obzira na njihova informatička predznanja.

Očekujem da će referentni model inteligentnog tutorskog sistema pronaći primjenu kod unapređenja ostalih ključnih kompetencija definisanih evropskim standardima.

## **2.7. Metode istraživanja**

U istraživanju ćemo koristiti metodu kauzalne indukcije pomoću koje ćemo posmatrati uzročno posljedičnu vezu između modela student i ponuđenih nastavnih sadržaja; metodu teorijske analize koja nam omogućava apstrakciju i konkretizaciju činjenica vezanih za predmete istraživanja; takođe primjenićemo metodu komparacije; pomoću metode deskripcije izvršićemo vrednovanje i upoređivanje informatičkih kompetencija studenta u inteligentnom tutorskom sistemu; metodu klasifikacije primjenićemo kod izbora nastavnih sadržaja; metodu modelovanja upotrebicemo za eksperimentalnu primjenu inteligentnog tutorskog sistema, ispitaćemo njegovu adekvatnost i mogućnost ekstrapolacije na osnovu simulacije funkcionisanja inteligentnog tutorskog sistema.

## **2.8. Postupci i instrumenti za vrednovanje modela**

Vrednovanje modela izvršili smo na osnovu sljedećih kriterijuma:

- prethodnih istraživanja zasnovanih na ispitivanju stepena informatičke pismenosti studenata prema evropskim standardima,
- utvrđivanja ekspertne baze podataka nastavnih materijala usklađene sa evropskim informatičkim standardima,
- funkcionisanja modela inteligentnog tutorskog sistema na primjeru modela studenta,

- izbora nastavnih sadržaja potrebnih za unapređenje informatičkih kompetencija studenta,

primjena modela na unapređenje ostalih ključnih kompetencija propisanih evropskim standardom.

## TEORETSKE OSNOVE INTELIGENTNIH TUTORSKIH SISTEMA

3.

Istorijski razvoj inteligentnih tutorskih sistema balansirao je između oblasti računarske inteligencije i obrazovanja. ITS kao takav, predstavlja esencijalnu vezu između edukacije i informatičkih tehnologija primijenjenih u edukativne svrhe. Bloom (1984) je definisao problem, u kojem se navodi da studenti koji nastavu slušaju po sistemu jedan-prema-jedan imaju znatno bolje rezultate u savladavanju nastavnog gradiva od studenata koji nastavu slušaju prema tradicionalnom sistemu (Bloom, 1984). Ovaj nedostatak snažno podržavaju ITS koji omogućavaju kompjuterski realizovanu ulogu tutora koji oponaša stvarnog nastavnika i na taj način obogaćuju nastavni proces i vrše personalizaciju studenta u skladu sa njegovim kognitivnim sposobnostima. Ovakav sistem nemoguće je realizovati u bilo kojoj školskoj instituciji ili bilo kojem obrazovnom sistemu, tako da se za ovu problematiku zainteresovalo mnogo istraživačkih timova, a kao rezultat toga nastali su ITS sistemi primijenjeni u različitim oblastima obrazovanja.

Model ITS koji je sličan današnjim arhitekturama predstavio je Wenger (1987). Sistem se sastojao od modela studenta koji je igrao najvažniju ulogu u sistemu domenske i pedagoške ekspertize, baze znanja i interfejsa koji je imao zadatak interakcije studenta sa sistemom. Prema Brusilovskom i ostalima (1998) ITS treba da se sastoji od sljedećih modula: eksperta, tutora, studenta i interfejsa. Dva osnovna pitanja koja se odnose na ITS su "šta bi trebalo da student nauči" i "kako da nauči" (Murray, 1999; Ong & Ramachandran, 2000). Modul domena bavi se pitanjem "šta student preba da nauči" a modul za automatsko učenje i modul studenta bave se pitanjem "kako da nauči". ITS ima zadatak da pomoću inteligentne komponente prilagođava metode nastave studentu. Adaptacija znači da je sam sistem sposoban za prilagođavanje različitim potrebama studenata. Sistem odlučuje o tome kako student treba da uči, vrši kompleksnu procjenu studentovih znanja, vještina i sposobnosti. Posrednik između sistema i studenta je modul studenta. Na osnovu navedenih funkcija možemo zaključiti da je modul studenta obavezan kod izgradnje ITS-a. Modul domena je takođe važan jer predstavlja domen znanja. Kvalitetno dizajniran modul domena će pomoći sistemu u izboru odgovarajuće nastavne metode, što uključuje i izbor alternativnih nastavnih metoda kada određena nastavna metoda ne funkcioniše. Najvažniji dio ITS je mehanizam zaključivanja. On je „mozak“ cijelog sistema i mora

da komunicira sa svim modulima unutar ITS-a. Baza ekspertnog znanja nalazi se u okviru modula domena, a gradi se od strane stručnjaka za oblast izučavanja. Nedostaci pri obrazovanju baze znanja ITS povlače i greške kod formiranja pravila za generisanje nastavne strategije.

### **3.1.Modaliteti primjene ITS-a**

Primjenom ITS-a bave se mnoga Udruženja i fondacije. Primjer za to je udruženje za unapređenje vještačke inteligencije, Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI). Prethodno navedeno Udruženje kontroliše oblasti sistema za podučavanje i obrazovnog softvera koji sadrži elemente vještačke inteligencije. Primjena ITS-a često je mnogo složenija i kompleksnija od korištenja u oblasti sistema za poučavanje. Zbog toga ITS možemo primijenti u sljedećim slučajevima: u zemljama sa niskim stepenom razvoja, u područjima sa niskom stopom pismenosti, u slučajevima kada škole ne posjeduju odgovarajuću infrastrukturu i nemaju dovoljno novca za plaćanje stručnog nastavnog kadra. Navedeni slučajevi su podložno tlo za razvoj alternativnih, pristupačnih, efikasnih i jeftinih nastavnih platformi. U tom slučaju ITS može biti prilično relevantan. U idealnom slučaju, ITS pokušava simulirati živog nastavnika, a takav nastavnik ponekad može imati veću efikasnost od svojih ljudskih kolega. Jedna od glavnih prednosti ITS je individualizovana isporuka instrukcija, što znači da će se sistem prilagoditi različitim kategorijama studenata. Nastavno okruženje je obično heterogeno u kojem postoje različite vrste studenata, od onih koji sporo uče do onih koji brzo uče. Nije moguće obratiti pažnju na svakog studenta pojedinačno, zato sistem nije jednako efikasan za sve studente. Primjena ITS može riješiti ovaj problem, jer u virtuelnom okruženju za učenje uloga tutora i studenta ima odnos jedan-naprema-jedan. Studenti mogu učiti prema željenom tempu uz minimalne intervencije nastavnika. Zbog toga ITS može biti jako efikasan u područjima u kojima postoji nedostatak obučениh nastavnika.

### **3.2.Komponente inteligentnih tutorskih sistema**

Pri modelovanju ITS aktivnost na koju posebno treba obratiti pažnju je funkcionalnost sistema. Da bi ITS bio funkcionalan moramo izvršiti organizaciju domena znanja; praćenje usvajanja znanja i karakteristika studenata; planiranje procesa učenja i razvoja na državnom nivou i standardizaciju studentovih znanja.

Arhitektura ITS kod većine sistema sastoji se od četiri osnovna modula: modula domena, modula studenta, modula tutora i modula za automatsko zaključivanje. Baza znanja nalazi se u okviru modula domena. Modul domena sastoji se još od baze nastavnih sadržaja i baze materijala potrebnih za testiranje studenata. Modul studenta koristi se za predstavljanje kognitivnih sposobnosti studenata i praćenje njihovog znanja u procesu učenja. Modul studenta često ima najvažniji zadatak u ITS. Pravilna procjena znanja studenta utiče na dalji rad cjelokupnog sistema. Tehnike planiranja i

izvršavanja ciljeva ITS rješavaju se pomoću mehanizma zaključivanja. Mehanizam zaključivanja vrši komunikaciju između modula domena i modula studenta, a odluke donosi pomoću unaprijed utvrđenih pravila.

Na osnovu toga ITS-mi se obično sastoje od nekoliko različitih modula.

Najpoznatiji su:

- Modul domena (MD)
- Modul studenta (MS)
- Modul tutora (TM)
- Mehanizam zaključivanja (MZ)
- Modul za komunikaciju (MK)

U sljedećem dijelu rada opisaćemo module sa nedostacima koji se javljaju pri njihovom projektovanju.

### 3.3.Modul domena

Modul domena predstavlja područno znanje sa kojim će student komunicirati u toku procesa učenja i poučavanja. Možemo reći, ako modul za automatsko učenje predstavlja „mozak“, onda modul domena predstavlja „kičmu“ inteligentnog tutorskog sistema. Modul domena sadrži domensko znanje koje se sastoji od materijala za obuku<sup>2</sup> koji su obično u modularnom obliku i standardizovani su.

Kod modeliranja MD-a moramo obratiti pažnju na moguće manjkavosti unutar modula. U MD-u kursevi iz različitih domena često ne mogu koristiti isti model, tako da postoji potreba da se razvije model domena nezavisan od područja kojim se bave kursevi. U tom slučaju jedan od problema je jezička barijera. Posao dodavanja novih nastavnih materijala u sistem je obiman, a pri tome se mora voditi računa da materijali budu homogeni. Nastavni materijali različitih formata kao što su animacija ili video datoteke nisu podržane od strane svih ITS-a.

#### 3.3.1.Baza znanja

Baza znanja se nalazi u okviru modula domena ITS i predstavlja ekspertno znanje iz područja izučavanja. Formiranje baze znanja isključivo zavisi od iskustva eksperta. Nedostatak kod obrazovanja baze znanja inteligentnog tutorskog sistema je to što različiti eksperti obrazuju različita pravila za rješavanje istog problema. Uz pomoć baze znanja gradi se efikasan i kompletan modul studenta, tako da možemo reći da je razvoj baze domena znanja vrlo zahtjevan posao. Zbog toga se baza znanja može razvijati samo od strane stručnjaka domena. Razvoj domena baze znanja je vrlo skup

---

<sup>2</sup> Materijali za obuku (couseware).



posao u smislu utrošenog vremena i truda. Većina postojećih baza znanja ITS su ograničene na jedan domen. Zbog toga baza znanja ITS se često dopunjava ili samo reorganizuje, ali za sve ove aktivnosti potrebno je znanje programera. Za razliku od baze znanja nastavne metode moraju da podliježu izmjenama jer ne postoji multifunkcionalna nastavna metoda i univerzalno nastavno okruženje. Takođe, mediji za dostavu kod svih postojećih sistema ograničeni su obično na jedan jezik. To može biti ozbiljan problem ako se koristimo bazom eksperta.

### 3.4. Modul studenta

Modul studenta predstavlja dio dinamičkog modela ITS-a koji služi za sticanje znanja, vještina i sposobnosti studenta u zadanom područnom znanju. Modul studenta je nosilac procedure modeliranja studenta, koji obuhvata model studenta i procjenu stanja znanja studenta. MS je skup podataka koji prikazuje trenutni nivo znanja, vještina i sposobnosti studenta dok je procjena znanja proces upravljanja tim podacima.

Kvalitetno modeliran modul domena povlači i kvalitetan modul studenta. Zbog toga, promjene u globalnoj konfiguraciji ITS zahtijevaju i velike promjene u konfiguraciji modula studenta. U razne ITS konfiguracije studentskih modula uključene su različite složene operacije. Da bi se obavljali poslovi projektovanja modula studenta potrebno je posjedovati napredno znanje iz oblasti programiranja i projektovanja sistema (Baffes & Mooney, 1996). U modeliranje MS-a je uključeno korištenje stručnih termina, što može biti teško razumljivo za nastavnika (Zapata, 2004).

U većini izvedbi modela studenta, nisu uključene kognitivne sposobnosti studenata (Conati 2002, Baffes & Mooney, 1996). Model studenata često je opisan pomoću skupa različitih atributa, na osnovu vrijednosti atributa možemo dati bolju procjenu studentovih znanja, vještina i sposobnosti.

U nekim slučajevima model student nije transparentan studentima. Interakcija studenta sa sistemom je veoma važna tako da studenti u bilo kom trenutku mogu znati na kojem nivou znanja se nalaze. Izlazni modul studenta treba da prikaže studenta na detaljan, jasan i lako razumljiv način.

### 3.5. Modul tutora

Modul tutora predstavlja metodologiju vođenja procesa potrebnog za sticanje znanja, vještina i sposobnosti studenata. U tom smislu modul tutora je nosioc scenarija poučavanja i pedagoške paradigme koju posjeduje "stvarni" učitelj. Model tutora može da služi u svrhu formiranja nastavnih materijala i testova za testiranje znanja studenata.

### 3.6. Mehanizam zaključivanja u inteligentnim tutorskim sistemima

Mehanizam zaključivanja u ITS obično koristi AKO...ONDA ili IF...THEN pravila. To je dio ITS-a koji koristeći znanje iz baze podataka uz pomoć sistema za zaključivanje rješava zadani problem. Stoga, zadatak mehanizma za zaključivanje je da vrši poređenje pravila iz baze podataka sa trenutnim činjenicama. Ukoliko dođe do preklapanja uslovnog dijela pravila (IF, tj. AKO) s činjenicom, tada dolazi do aktiviranja pravila i izvodi se posljedični dio pravila (THEN, tj. ONDA).

Primjenom mehanizma zaključivanja određuje se redoslijed aktiviranja pravila:

- zaključivanje unazad,
- zaključivanje unaprijed,
- kombinovano zaključivanje.

U nekim izvedbama ITS može da se nalazi modul za automatsko učenje. Stoga ovaj element nije obavezan u dizajniranju ITS-a.

#### 3.6.1. Modul za automatsko učenje

Ovaj modul sastoji se od skupa pravila koja sistem obrazuje na osnovu empirijskog ili nekog drugog oblika prikupljanja podataka. Sadržaj i uloga modula za automatsko učenje u ITS se obično ne mogu mijenjati. U onim sistemima koji ga posjeduju kompletna nastavna strategija definisana je u modulu za automatsko učenje a promjene mogu obavljati samo programeri sistema. Ako nastavna strategija zahtijeva izmjene dozvoljeno ih je vršiti u manjem obimu.

#### 3.6.2. Pravila zaključivanja

U svakodnevnom životu kada je nemoguće odrediti razliku između pripadnosti ili nepripadnosti nekog elementa datom skupu, koristimo fazi skupove. Sa takvim scenarijumima se često susrećemo u nastavnim procesima. Na primjer, kada nastavnici ocjenjuju znanja učenika ocjenama: nedovoljan (1), dovoljan (2), dobar (3), vrlo dobar (4) i odličan (5), a pri tome se ne mogu odlučiti koju ocjenu je zaslužio neki konkretan učenik, koriste fazi skupove. Nastavnici sami formiraju skupove učenika u kojima su ocjene tipa (5-), (4+), (3-), (1+), (2-), itd. U ovom slučaju univerzalni skup je skup svih učenika koji imaju ocjene: nedovoljan (1), dovoljan (2), dobar (3), vrlo dobar (4) i odličan (5), a posmatra se njegov podskup sačinjen od učenika (5-), (4+), (3-), (1+), (2-) koji se slažu sa gore navedenom tvrdnjom. Već na ovom jednostavnom primjeru se vidi da nije u pitanju klasičan skup, jer postoje učenici koji samo u određenoj mjeri zadovoljavaju tvrdnju. Zbog neodređenosti koja se javlja u ovakvim i sličnim situacijama nastala je potreba da se one matematički opišu pomoću fazi skupova.

U klasičnoj logici nove formule (tvrdnje) možemo izvoditi upotrebom valjanih pravila zaključivanja: Modus Ponens (MP). Fazi mehanizam zaključivanja počiva na pravilu: Generalizovani Modus Ponens (GMP).

<b>Modus ponens</b>	<b>Generalizovani modus ponens</b>
Neka su A, B skupovi.	Neka su A, A', B, B' fazi skupovi.
Premisa x je A	Premisa x je A'
Implikacija Ako x je A onda y je B	Implikacija Ako x je A' onda y je B'
Zaključak y je B	Zaključak y je B'

**Tabela 1.** Poređenje pravila Modus ponens i Generalizovani modus ponens.

Na osnovu tabele 1 možemo uočiti dvije bitne razlike između pravila Modus ponens i Generalizovani modus ponens. GMP za razliku od MP omogućava upotrebu nejasnih, nepreciznih izraza koji su definisani fazi skupovima (A, A', B, B'). Fazi skupovi A i A' te B i B', sadrže sve elemente skupa nad kojim su definisani, ali ti elementi u fazi skupove pripadaju sa različitim mjerama.

Generalizovani modus ponens se primjenjuje na sljedeći način:

1. Formiranje lingvističkih promjenljivih (jezičkih izraza).
2. Dodjeljivanje vrijednosti lingvističkim promjenljivim (definisanje fazi skupa).
3. Zaključivanje pomoću generalizovanog modus ponensa ( $B' = A' \circ R$ ).
4. Jezička aproksimacija.

Da bi smo primjenili Generalizovani modus ponens na navedene fazi skupove (A, A', B, B') potrebno je uvesti pojam fazi skupa i fazi logičke relacije. Klasičnu relaciju možemo definisati kao vezu između dva ili više elemenata. U fazi smislu, fazi relacija na egzaktan način opisuje neprecizne odnose između elemenata fazi skupova. Stoga pojam fazi relacije predstavlja generalizaciju relacije u klasičnom smislu. Uobičajeni pristup fazi relacije podrazumijeva prethodno razmatranje relacije u klasičnom smislu, odnosno relacije nad elementima koji pripadaju klasičnim skupovima.

**Fazi skup A** - definisan je funkcijom pripadnosti (membership function)

$\mu_{A(x)} : X \rightarrow [0,1]$ , gdje je X univerzalni skup, a  $\mu_{A(x)}$  broj između 0 i 1 koji određuje u kojoj mjeri element  $x \in X$  pripada fazi skupu A.

**Fazi logička relacija R** - definisana je funkcijom

$\mu_R: X \times Y \rightarrow [0, 1]$ , gdje  $\mu_{R(x, y)}$  određuje u kojoj su mjeri u relaciji elementi  $x$  i  $y$  iz univerzalnih skupova  $X$  i  $Y$ .

Ako je  $A$  fazi logički skup nad  $X$ , a  $B$  fazi logički skup nad  $Y$ , tada je  $A \times B$  fazi logička relacija na  $X \times Y$  definisana sa  $\mu_{A \times B}: X \times Y \rightarrow [0, 1]$ .

$$\mu_{A \times B(x, y)} = \min(\mu_{R(x)}, \mu_{R(y)}) \dots \dots \dots (1)$$

Svaku implikaciju možemo predstaviti fazi logičkom relacijom.

Implikacija (**Ako  $x$  je  $A$  onda  $y$  je  $B$** ) određuje fazi logičku relaciju  $A \times B$  na  $X \times Y$ .

Prema Zadehu (1965) pravilo zaključivanja za generalizovani modus ponens kaže da je kompozicija  $A' \circ R$  jednaka fazi logičkom skupu  $B'$  iz zaključka modus ponensa, gdje je fazi logički skup  $B'$  definisan funkcijom pripadnosti.

$$\mu_{B'(w)} = \max(\min(\mu_{A'(v)}, \mu_{R(v, w)})) \dots \dots \dots (2)$$

Stoga, rezultat kompozicije je fazi logički skup  $B' = A' \circ R$ .

Dodjeljivanje lingvističkih izraza fazi logičkim skupovima naziva se jezička ili lingvistička aproksimacija.

### 3.7. Modul za komunikaciju

Modul za komunikaciju predstavlja okruženje studenta, tutora i nastavnog procesa (interakcija student-tutor-znanje). U modul za komunikaciju spada *korisnički interfejs* koji omogućava uspostavljanje veze između studenta, tutora i inteligentnog tutorskog sistema.

## PREGLED STANJA U PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

4.

Imajući u vidu da je područje istraživanja široko, pregled stanja u području istraživanja podijelili smo u dvije oblasti:

- Inteligentnih tutorskih sistema.
- Standarda informatičkih kompetencija.

Naziv inteligentni tutorski sistem prvi put se spominje od strane Sleeman-a i Brown-a koji su opisali nove evoluirajuće sisteme i izdvojili ih od postojećih sistema (Sleeman & Brown, 1982).

Pojmovi kompetencija i ključne kompetencije sinonimi su za osnovne veštine, učenje, snalažljivost, pismenost kao i područje u kome osoba posjeduje znanja. Riječ “kompetencija” predstavlja kombinaciju vještina, znanja, sposobnosti i stavova (European commission, D.-G. f., 2004).

*Ključne kompetencije koje su svima neophodne za individualno ostvarenje, razvoj i zaposlenje, predstavljaju multifunkcionalni paket znanja, vještina i stavova. One treba da se razviju do kraja obaveznog obrazovanja ili obuke i treba da predstavljaju osnovu za dalje učenje kao dio dugoročnog učenja (European Commission, 2010).*

Postoji značajan broj stručnih, naučnih publikacija kao i nacionalnih strategija iz oblasti informatičkih kompetencija (European Commission, 2010; ECDL Foundation, 1997 - 2015; Mandic, Jotanovic, Jausevac et al 2014; Komisija/EACEA/Eurydice, 2012; Mandic & Ristic, 2011; UNESCO, 2008).

Poseban značaj pridaje se informatičkim kompetencijama nastavnika i studenata i nacionalnoj strategiji unapređenja istih. European Computer Driving Licence Foundation (ECDL-F) je globalno tijelo koje upravlja svjetskim vodećim sertifikovanim programom kompjuterskih vještina krajnjih korisnika, European Computer Driving Licence (ECDL). Navedena fondacija je neprofitabilna organizacija čiji je cilj pružanje pomoći u podizanju opšteg nivoa informatičkih veština i znanja u društvu. S obzirom da ECDL ima preko 4 miliona učesnika i da je raspoloživ u 140 zemalja, preveden na 32 svjetska jezika i broji preko 40 kompjuterskih društava može se reći da ga to čini vodećim evropskim i svjetskim sertifikovanim programom. ECDL

fondacija osmišljena je sa svrhom unapređenja informatičkih vještina i znanja svih građana Evrope kao i podizanja opšteg nivoa kompjuterskih vještina u društvu (Komisija/EACEA/Eurydice, 2012).

#### **4.1. Metode i tehnike koje se koriste kod dizajniranja inteligentnih tutorskih sistema u obrazovanju**

Jedan od najvećih izazova u dizajniranju ITS je efikasna procjena znanja studenata koja je prilagođena njihovim specifičnim potrebama u domenu problema. Osnovni zadatak sistema je bavljenje problemom „neodređenosti“ u upravljanju modelom studenta. Stoga, inteligentno rješavanje problema podrazumijeva upravljanje i računanje sa neodređenim podacima.

Uzroci „neodređenosti“ mogu biti sljedeći:

- podaci su nedostupni ili nedostaju,
- postoje podaci, ali su nejasni ili nepouzdana (npr. greške kod mjerenja),
- predstavljanje podataka može biti neprecizno,
- podaci se možda temelje na vrijednostima koje se podrazumijevaju, a one imaju izuzetke.

ITS koji se zasnivaju na znanju/neznanju i koji zastupaju „neizvjesnost“ trebalo bi da impliciraju sljedeća pravila:

- kako predstaviti neprecizne podatke,
- kako kombinovati neprecizne podatke,
- kako izvoditi zaključke iz neizvjesnih podataka.

Problemi „neodređenosti“ u ITS-u do sada su rješavani na sljedeće načine:

1. Fazi logičkim sistemima.
2. Bayesovim mrežama.
3. Neuronskim mrežama.
4. Dempster Shafer teorijom dokaza.
5. Pomoću faktora izvjesnosti.

Neka od praktičnih rješenja za probleme neodređenosti će biti objašnjena na primjerima ITS u sljedećim potpoglavljima.

##### **4.1.1. Primjena fazi logike u ITS-u**

Primjena fazi logike u ITS-ma je česta i uglavnom rješava problem neodređenosti kod procjene znanja studenata što je objašnjeno na primjeru u poglavlju (4.2.1.) i probleme

izbora nastavnih materijala i metoda učenja. Riječ fazi (fuzzy) je engleskog porijekla i označava neodređen, neprecizan pojam. Osnovni cilj definisanja ovog pojma je da se na formalan način predstavi i modelira neodređenost i nepreciznost koja je prisutna u svakodnevnom životu. Zahvaljujući uvođenju pojma fazi, omogućeno je da se nekom iskazu dodijeli vrijednost koja varira između potpuno netačno do potpuno tačno. Kod klasičnih skupova postoji jasna granica pripadnosti skupu, tačnije element ili pripada ili ne pripada datom skupu, dok kod fazi skupova ta granica nije jasno određena. Fazi skup predstavlja uopštenje klasičnog skupa, jer se za svaki element određuje stepen pripadnosti skupu (Zadehu, 1965). Pripadnost elementa se može okarakterisati brojem iz intervala  $[0,1]$  i funkcija kojom se opisuje ta pripadnost se naziva funkcija pripadnosti (membership function). Upravo fleksibilnost pri izboru oblika funkcije pripadnosti omogućava lakše prilagođavanje fazi sistema realnim situacijama i to je jedan od osnovnih razloga zbog kojih se fazi sistemi u sve većoj mjeri primjenjuju u ITS-u.

#### 4.1.2. Lingvističke promjenljive i lingvističke vrijednosti

Fazi logika predstavlja formalni matematički model za oblikovanje ljudskog znanja i zaključivanje kada je znanje izraženo riječima, nejasno i neprecizno. Stoga, možemo reći da teorija fazi skupova omogućava predstavljanje riječi govornog jezika ili lingvističkih termina na egzaktan način. Nejasni termini kakvi se često koriste u govornom jeziku nazivaju se lingvistički termini, a egzaktno se predstavljaju fazi skupom, odnosno funkcijom pripadnosti. Direktna veza između prirodnog, govornog jezika i egzaktnih predstava kakve koriste računari stvara se upotrebom fazi promjenljivih. Vrijednosti fazi promjenljivih su lingvističke vrijednosti, tako da možemo reći da su vrijednosti fazi promjenljivih definisane fazi skupovima. Fazi promjenjiva se često naziva lingvistička promjenljiva jer su njene vrijednosti riječi govornog jezika, a njene vrijednosti se nazivaju lingvističke vrijednosti.

Znanje se često izražava jezičnim izrazima čije značenje nije jasno definisan kao što su: malo, previše slabo, vrlo loše, djelimično itd. U praksi postoji mogućnost preciznog definisanja značenja nejasnih jezičnih izraza teorijom klasičnih skupova, ali u tom slučaju pojmovi su definisani oštrim granicama. Takve granice daju neodgovarajući model jer je sticanje znanja kontinuirani proces. Zbog toga se disertacija bavi upravo modelom ITS koji se zasniva na fazi logičkom principu. Bilo bi prirodnije umjesto oštrih granica prilikom definicije nepreciznih jezičnih izraza govoriti u kojoj je mjeri neki student ima loše, djelimično loše ili dobro znanje. Ako umjesto pripadnosti ili „ne“ pripadnosti nekog elementa skupu govorimo o mjeri u kojoj neki element pripada nekom skupu, onda govorimo o fazi logičkom skupu. Iz ovoga logično je zaključiti da studenta treba predstaviti na formalni način fazi logičkim skupom, što ITS i radi. Znanje je subjektivno: različiti nastavnici bi različito definisali pojam studentovog „ne“ znanja, postavili bi različite granice što znači da se istom jezičnom izrazu mogu dodijeliti različita značenja. Referentni model ITS u

okviru nastavnih sadržaja definiše tri lingvističke varijable: Fail (Loše), PartialF (Djelimično loše) i Pass (Dobro) koje mogu imati vrijednosti iz intervala  $[0, 100]$ .

#### 4.1.3. Fazi skupovi

Lingvistička varijabla omogućava vezu između prirodnog jezika i kvantifikovanja fazi logičkih propozicija. Tako da je njeno razumijevanje neophodno za razumijevanje zaključivanja u fazi logici. Teorija fazi skupova omogućila je definiciju fazi promjenljivih i njenih vrijednosti. Vrijednosti fazi promjenljivih su lingvističke vrijednosti, odnosno riječi govornog jezika, čije je egzaktno značenje definisano pomoću fazi skupova. Dalje, uvođenjem pojma fazi propozicije ostvarena je mogućnost definisanja IF...THEN (AKO...ONDA) pravila koja se sastoje od fazi propozicija i fazi logičkih veznika. Ovakva fazi IF...THEN pravila su osnov fazi logičkih sistema.

U disertaciji je korišten fazi mehanizam zaključivanja koji počiva na pravilu zaključivanja: Generalizovani Modus Ponens (GMP). Osnovni gradivni elementi ovakvih pravila su lingvističke (fazi) promenljive i lingvističke vrednosti.

**Klasičan skup:** klasičan skup  $A$  nad univerzumom  $X$  definisan je na sljedeći način:

$$A = \{x, \phi_{A(x)} \mid \forall x \in X\} \dots \dots \dots (3).$$

Ovde je  $\phi_{A(x)}$  karakteristična funkcija skupa  $A$ , tako da je  $\phi_A : X \rightarrow \{0, 1\}$  definisana sa:

$$\phi_{A(x)} = \begin{cases} 1, & \text{ako i samo ako } x \in A \\ 0, & \text{ako i samo ako } x \notin A \end{cases} \dots \dots \dots (4).$$

Karakteristična funkcija klasičnog skupa  $A$  je definisana tako da je jednaka 1 ako i samo ako element  $x$  pripada skupu  $A$ , a jednaka je 0 u slučaju da element  $x$  ne pripada skupu  $A$ . Granica klasičnog skupa je tačno utvrđena. Granične vrijednosti fazi skupa nisu oštre.

**Fazi skup:** fazi skup  $A$  definisan je sa (5).

$$A = \{x, \mu_{A(x)} \mid \forall x \in X\} \dots \dots \dots (5).$$

Ovde je  $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$  funkcija pripadnosti fazi skupa  $A$ . Pomoću funkcije pripadnosti  $\mu_{A(x)}$  izražena je mjera sa kojom element  $x$  pripada fazi skupu  $A$ . Dakle, umjesto skupa  $\{0, 1\}$  koristi se interval  $[0, 1]$ .

Fazi skup može biti definisan nad diskretnim ili kontinualnim univerzumom. Ako je univerzum nad kojim je fazi skup definisan diskretan, radi se o diskretnom fazi skupu; ako je univerzum nad kojim je fazi skup definisan kontinualan, imamo kontinualan fazi skup.



Diskretna reprezentacija fazi skupa nad diskretnim univerzumom koji sadrži  $n$  elemenata  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  zapisuje se po (6):

$$A = \left\{ \frac{\mu_{A(x_1)}}{x_1} + \frac{\mu_{A(x_2)}}{x_2} + \dots + \frac{\mu_{A(x_n)}}{x_n} \right\} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_{A(x_i)}}{x_i} \dots \dots \dots (6).$$

Ovakav zapis čita se na sljedeći način: element univerzuma  $x_1$  pripada fazi skupu  $A$  sa mjerom  $\mu_{A(x_1)}$ , element univerzuma  $x_2$  pripada fazi skupu  $A$  sa mjerom  $\mu_{A(x_2)}$ , itd.

U (6) simbol „+“ ne predstavlja operaciju sabiranja niti je horizontalna linija oznaka razlomka - stoga simbol "Σ" nije oznaka algebarske sume. Dakle, simbole " + " i " Σ " treba shvatiti kao uniju ili nabranjanje elemenata.

Kontinualna reprezentacija fazi skupa  $A$  koji je definisan nad kontinualnim univerzumom  $X$  zapisuje se kao u (7).

$$A = \int_{x \in X} \frac{\mu_{A(x)}}{x} \dots \dots \dots (7).$$

Simbol „∫“ u (7) nema uobičajeno značenje integrala, već ovaj simbol treba shvatiti kao uniju ili nabranjanje neprebrojivo mnogo elemenata univerzuma. Kontinualni fazi skup definisan je pomoću funkcije koja određuje mjeru pripadnosti kontinualnom fazi skupu. Ovakva funkcija naziva se funkcija pripadnosti (membership function).

#### 4.1.4. Funkcija pripadnosti fazi skupu

**Funkcija pripadnosti** je po pravilu jednostavna parametarska funkcija jednog argumenta koja računa mjeru pripadnosti fazi skupu. Postoje različite funkcije pripadnosti fazi skupu koje su definisane na osnovu njihovog oblika: **Trougaona funkcija pripadnosti** (trimf), **Trapezoidna funkcija pripadnosti** (trapmf), **Gausova funkcija pripadnosti** (gaussmf), **Sigmoidna funkcija pripadnosti** (sigmf).

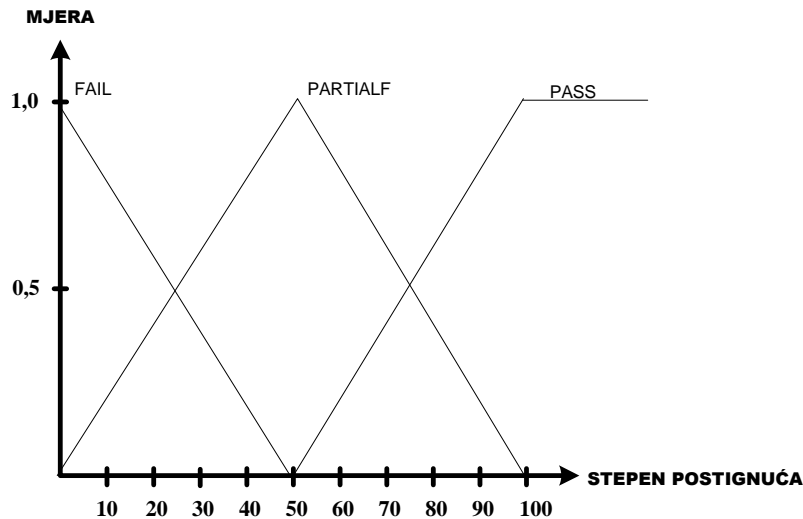
**Trougaona funkcija pripadnosti:** (trimf), za  $a < b < c$ :

$$\text{trimf}(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \dots \dots \dots (8).$$

**Trapezoidna funkcija pripadnosti:** (trapmf), za  $a < b < c < d$ :

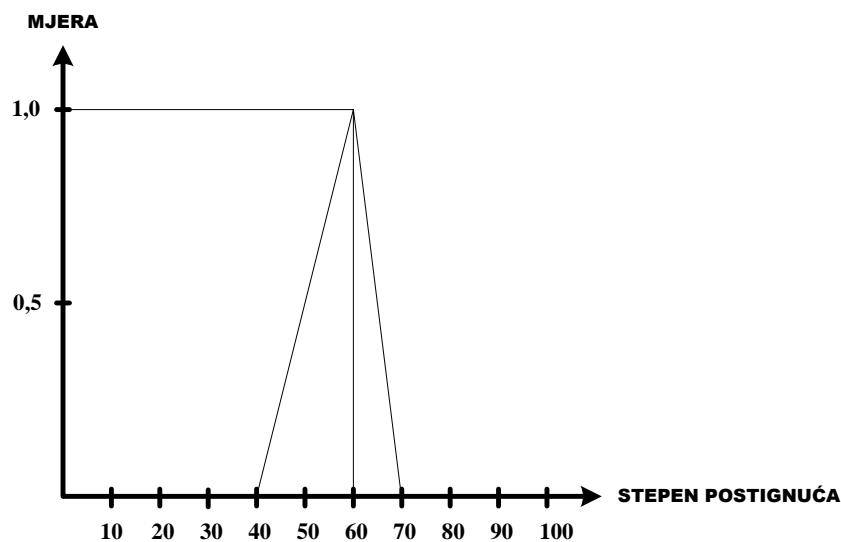
$$\text{trapmf}(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \dots \dots \dots (9).$$

U disertaciji posmatraćemo samo trougaone (trimf) i trapezoidne (trapmf) funkcije koje su primjenjene u modelu. Ostale vrste funkcija nemaju posebnu značajnost za dalji rad i nećemo ih navoditi. Trougaonim i trapezoidnim funkcijama pripadnosti u modelu ITS-ma predstavljeni su određeni nastavni sadržaji (T111), slika 1. i studentovo poznavanje nastavnih sadržaja u određenoj nastavnoj lekciji, slika 2.



Slika 1. Funkcije pripadnosti (trougaone i trapezaste) u ITS-u.

Studentovo poznavanje nastavnih sadržaja u određenoj nastavnoj lekciji je prikazano trougaonom funkcijom pripadnosti, slika 2.



Slika 2. Trougaona funkcija pripadnosti sa konkretnim vrijednostima parametara  $(a,b,c)$ .

U poglavlju Implementacija ITS-a ćemo detaljno opisati trougaonu funkciju pripadnosti (trimf ili triangular membership function).

#### 4.1.4. Fazi propozicija i logički veznici

Fazi propozicija omogućava da se predstave tvrdnje koje sadrže lingvističke vrijednosti, odnosno riječi govornog jezika. Lingvističke vrijednosti su predstavljene fazi skupom. Funkcija pripadnosti fazi skupa i vrijednost istinitosti neke propozicije povezani su na sljedeći način: Istinitost propozicije „Element  $x$  pripada skupu  $A$ “

ekvivalentna je stepenu pripadnosti elementa  $x$  fazi skupu  $A$  tj.  $\mu_{A(x)}$ ; i obrnuto: Stepenu pripadnosti elementa  $x$  fazi skupu  $A$  ekvivalentan je istinitosti propozicije „Element  $x$  pripada skupu  $A$ “. Fazi IF...THEN pravila, koja su sastavni dio fazi logičkih kontrolera su formirana upravo korištenjem fazi propozicija. Fazi propozicije u sklopu fazi IF...THEN pravila se agregiraju korištenjem logičkih veznika (operatora), prije svega su bitni AND i OR operatori, a vrlo često se koristi i negacija fazi propozicije. U radu je korišten fazi logički veznik AND što je prikazano na primjeru 1. fazi logičkog kontrolera, za lingvističke promjenjive Fail, PartialF, Pass.

---

### PRIMJER 1:

---

**PRAVILO 1: If (T111 is Fail) and (T112 is Fail) and (T113 is Fail) and (T114 is Fail) and (T115 is Fail) then (WWD is Fail).**

---

Pravila su modifikovana za fazi logičke varijable (T111, T112, T113, T114, T115) čiji se ulazi kreću u intervalu  $[0, 100]$ , a njihove vrijednosti su sljedeće funkcije pripadnosti (Fail, PartialF, Pass).

#### 4.1.5.Fazi implikacija

Fazi implikacija se može tumačiti kao fazi binarna relacija  $R = A \rightarrow B$  nad  $X \times Y$ .

Zapis oblika  $A \rightarrow B$  je često tumačen kao fazi AKO...ONDA pravilo, pri čemu je  $A$  antecedent pravila (AKO), a  $B$  konsekvant pravila (ONDA). Postoje desetine načina na koje je moguće definisati funkciju pripadnosti  $\mu_{R(x, y)}$  binarnoj relaciji  $R$ , i ako nisu svi načini kompatibilni sa klasičnom implikacijom koja prima binarne argumente (true-false, 1-0), pogledati (10).

$$R = A \rightarrow B = ((x, y), \mu_{R(x, y)} \mid (x, y) \in X \times Y) \dots \dots \dots (10).$$

Postoje tri osnovna načina tumačenja izraza  $R = A \rightarrow B$  a to su: **T-implikacija, S-implikacija, R-implikacija.**

**T-implikacije oblika, (11):**

$$\mu_R(x, y) = t(\mu_{A(x)}, \mu_{B(y)}) \dots \dots \dots (11).$$

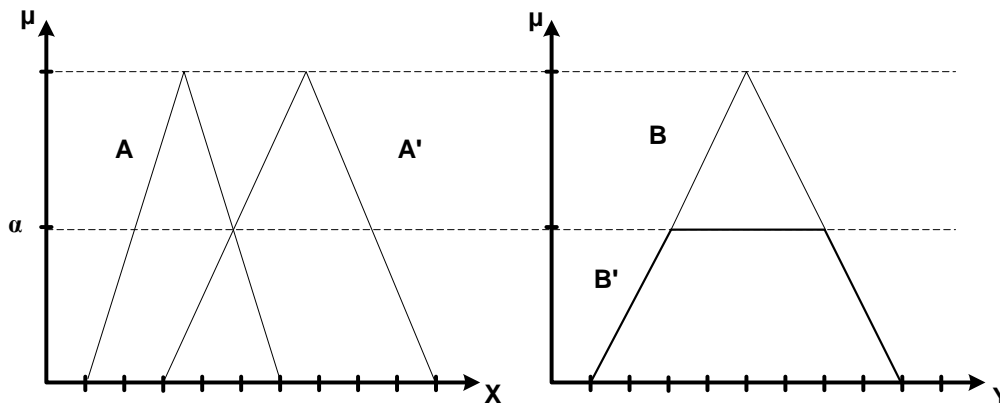
U (11) je sa  $t$  označena kontinualna t-norma. U disertaciji je primijenjena Mamdani implikacija (*min*) što je prikazano u (12).

$$\mu_{A \rightarrow B(x, y)} = \min(\mu_{A(x)}, \mu_{B(y)}) \dots \dots \dots (12).$$

#### 4.1.6. Metoda odsjecanja

Metoda odsjecanja koristi Mamdani implikaciju, zasnovanu na minimumu. Metoda proračunava stepen saglasnosti (*sličnosti*) označen sa  $\alpha$ , između skupova  $A$  i  $A'$ , a

zatim do zaključka B' dolazi „odsjecanjem“ fazi skupa B tako da se formira fazi skupa B'. Postupak je prikazan na slici 3.



Slika 3. Metoda odsjecanja.

Prvo je određen stepen saglasnosti  $\alpha$  fazi skupova A i A' kao maksimum minimuma, odnosno maksimalni od minimalnih, a zatim je fazi skup B „odsječen“ tako da je formiran fazi skup B'. Za slučaj sup-t kompozicije mjera pripadnosti fazi skupu B' proračunava se na sljedeći način po (13):

$$\mu_{B'(y)} = \min(\alpha, \mu_{B(y)}), \quad \forall y \in Y \dots \dots \dots (13).$$

Zaključak B' nad Y izveden je pomoću funkcije min koja prima argumente  $\alpha$  i  $\mu_{B(y)}$ , pogledati (14).

Gdje je:

$$\alpha = \sup_{x \in X} \min(\mu_{A'(x)}, \mu_{A(x)}) \dots \dots \dots (14).$$

U specijalnom slučaju je prema (15):

$$\alpha = \max_{x \in X} \min(\mu_{A'(x)}, \mu_{A(x)}) \dots \dots \dots (15).$$

Zaključak B' se računa prema (16).

$$B' = t_{\min}(\alpha, B) \dots \dots \dots (16).$$

## 4.2. Praktična rješenja tutorskih sistema

Pregled značajnih tutorskih sistema u obrazovanju iz ranog perioda razvoja:

- Carbonel sa sistemom Scholar koji koristi tutorsku strategiju dijaloga sa ciljem poučavanja učenika o geografiji Južne Amerike, a znanje je prikazano primjenom semantičkih mreža (Carbonell, 1970).

- Burton i Brown su razvili sistem WEST – How the West Was Won kao računarsku igru namijenjenu vježbanju iz područja osnovnih aritmetičkih operacija (Nwana, 1990).
- Brown, Burton i Larkin razvijaju tutorski sistem Buggy koji može tačno odrediti učenikove greške u zadacima s osnovnim aritmetičkim operacijama i objasniti razloge učenikovih grešaka (Nwana, 1990).

Iz oblasti inteligentnih tutorskih sistema u obrazovanju objavljeno je više radova koji potiču iz zemalja u okruženju (Jerinic, 1995; Boticki, Budiscaki & Hoic-Bozic 2008; Stankov et al 2001). Neki od radova se baziraju na implementaciji već postojećih ITS-a (Stankov et al 2001) a neki na modeliranju novih (Jerinic, 1995 & Rosic, 2001) kao što su Tutor Expert System (TEx-Sys) i EduSof.

- Jerinić razvija inteligentnu tutorsku ljusku nazvanu EduSof. Osnovni cilj ovog sistema je bio izgradnja ljuske za pravljenje lekcija u kojoj će kompletan proces kreiranja lekcije biti prepušten isključivo nastavniku (Jerinic, 1995; Rosic, 2001).
- Stankov razvija sistem TutorExpert System (TEx-Sys). Iz postojećeg sistema, razvijaju se sistemi Tutor i SQL Tutor. Dalje, razvija se Cognitive Tutor kao nadogradnja sistema TEx-Sys (Bozicevic, 2005).
- Kavčić razvija Model studenta u InterMediActor okruženju. Ovaj ITS funkcioniše na fazi logičkim principima navigacije grafa, što će naknadno biti i objašnjeno (Kavcic et al 2003)

U novije vrijeme dominiraju radovi koji se bave inteligentnim tutorskim sistemima u obrazovanju baziranim na principima Bayesovih i neuronskih mreža i fazi logičkih sistema (Conati et al, 2002; Gertner & VanLehn, 2000; Zapata-Rivera et al, 2004; Kavcic et al, 2003; Wang & Mitrović, 2002.; Mitrović, 2003; Baffes & Mooney, 1996; Chakraborty, Roy & Basu, 2010).

#### 4.2.1. InterMediActor

InterMediActor je ITS koji koristi fazi logičke mehanizme zaključivanja (Valverde-Albacete et al 2003). Sistem se zasniva na strukturi koja se zove navigacija grafa. Ovakvom strukturom se određuje koji koncept dolazi „nakon što“ donesemo odluku. Kada imamo višestruki izbor, odluke se formiraju pomoću fazi logičkih pravila. U fazi pravila uključene su sposobnosti studenta i nastavni koncepti a mehanizam za odlučivanje donosi odluku na osnovu toga da li je koncept pogodan za studenta ili nije. Karakteristike studenata i druge potrebne informacije o studentu kao i nastavnom konceptu opisani su u sistemu kao fazi logički skupovi. Fazi logička pravila određuju odnose između fazi logičkih skupova. Pravila se donose na osnovu posmatranja tri parametra. Prvi parametar je nivo težine teme, može imati vrijednosti jednostavan, normalan i težak. Vrijednosti ovih varijabli su dinamične. Ako je u nekoj temi student

postigao visoke ocjene, stepen težine će biti smanjen a u slučaju da su niske, povećao bi se stepen poteškoća. Drugi parametar koji se u sistemu posmatra je rezultat u završnom testu. Ova varijabla može imati vrijednosti pozitivan, negativan ili nedefinisan. Treći parametar odnosi se na prethodno stečena znanja studenta. Njegove vrijednosti mogu biti nedovoljno, malo, dovoljno dobro, i vrlo dobro. U fazi pravila uvrštavaju se vrijednosti parametara kako bi se utvrdilo da li je koncept bio odgovarajući za studenta ili nije. Posljedična vrijednost varijable pod nazivom Nivo-preporuke može imati vrijednosti kao što su: nauči, preporučuje se više učenja, preporučuje se da još učiš, preporučuje se da još malo učiš i dovoljno si učio. Pomoću navigacionog grafa, predstavljene su sve teme i njihove zavisnosti. Sistem je baziran na IF... AND... THEN pravilima (Kavcic et al, 2003).

#### 4.2.2. Andes

Andes je ITS koji je namjenjen za edukaciju nastave fizike kod studenata u Pomorskoj akademiji (Conati et al, 2002; Gertner & VanLehn, 2000). Ovaj sistem radi na principu Bayesovih mreža. Osnovni zadaci sistema su da vrši izbor najprikladnije strategije učenja za studenta, predviđa studentove akcije i izvršava dugoročnu provjeru znanja studenta iz zadanog domena.

The screenshot shows the ANDES Physics Workbench interface. The main window displays a physics problem: "A model airplane hangs from two strings S1 and S2 which are attached to the ceiling. String S1 is inclined at 45 degrees, and string S2 is inclined at 60 degrees, as shown in the figure below. If the tension in string S1 is 50 N. a) find the mass of the airplane. b) find the tension in string S2." Below the text is a diagram of an airplane hanging from two strings, S1 and S2, with forces F1, F2, and Fw acting on it. A coordinate system with x and y axes is also shown. To the right, there is a "Variables" table and a list of equations being solved.

Name	Definition	X-Comp	Y-Comp
mp	mass of airplane		
Ft2	magnitude of the Tension For...	Ft2_x	Ft2_y
Fw	magnitude of the Weight Forc...	Fw_x	Fw_y
Ft1	magnitude of the Tension For...	Ft1_x	Ft1_y
a	magnitude of the average Acc...	a_x	a_y

```

1. Fw = mp * g
2. g = 9.8
3. Ft1_x = -Ft1*cos(45)
4. Ft1_y = Ft1*sin(45)
5. Ft1_y+Ft2_y+Fw_y=mp*a_y
6. Ft2_2 = Ft2*sin(0)

```

*Slika 4. Primjer rješavanja problema u ANDES-u pomoću dvostrukog izbora osa aviona. Izvor: (Schulze et al, 2000),*

*URL: <http://quod.lib.umich.edu/j/jep/3336451.0006.110?view=text;rgn=main>*

Baza znanja iz ITS Andes rješava probleme iz oblasti fizike, koja je studentima Pomorske akademije zadavala najviše muka, slika 4. Baza se sastoji od oko 600 pravila podijeljenih u dvije grupe: ciljane pravila i pravila iz znanja fizike. Ciljana

pravila se koriste za navođenje sistema putem koraka do tačnog rješenja problema i pravila iz znanja fizike se koriste za pružanje osnovnih pojmova iz domena fizike (Schulze et al 2000).

Svaki problem u sistemu razlaže se u nekoliko koraka predstavljenih pomoću Bayesove mreže, koraci su zamjenjeni čvorovima mreže. Bayesova mreža predviđa najvjerojatniji put za studenta u toku trajanja obuke. Pošto svaki student može imati različite pristupe problemu, mreža bi prema tome trebala da se prilagodi zadanom problemu i predvidi najbolju strategiju za studenta kod rješavanja novog problema. Tu opciju u sistemu radi *problem-solver*. On djelimično ili u potpunosti rješava problem pomoći pri učenju kod studenata. Formirana Bayesova mreža sastoji se iz dva dijela: statičke i dinamičke. Statički dio zasniva se na pravilima (*Rule*) čvorova i sadržaju-pravila (*Context-rule*) čvorova. Pravilo čvor predstavlja opšta pravila fizike i ima binarne vrijednosti, T i F. Vjerovatnoća  $P(\text{Rule}=\text{T})$  je vjerovatnoća da student može primijeniti pravilo na odgovarajući način u svakoj situaciji.

Dinamički dio sadrži *Context-rule* čvora, kao i četiri čvora: *Fact*, *Goal*, *Rule-application* i *Strategy-nodes*. *Fact* čvorovi su binarni.  $P(\text{Fact} = \text{T})$  je vjerovatnoća da je student znao činjenice i  $P(\text{Goal} = \text{T})$  je vjerovatnoća da je student ostvario cilj. Ako postoji više od jednog načina da se postigne *Goal* ili *Fact* čvor, u tom slučaju će navedeni čvorovi imati mnogo roditeljskih čvorova. Uslovna vjerovatnoća  $P(\text{Fact} = \text{T} \mid \text{parent}_i)$  pretpostavlja vjerovatnoću postizanja činjenice od strane roditelja. *Strategy-nodes* se koristi u slučajevima višestrukog izbora. Pravilo *Rule-application* u osnovi predstavlja različite aplikacije u strategiji čvorova. Strategije su međusobno isključive što znači da studenti mogu izabrati samo jednu strategiju. *Rule-application* čvorovi su veza između *Context-rule*, *Strategy-nodes*, *Goal* i *Fact* čvorova kao i novim izvedbama *Fact* i *Goal* čvorova. Sistem funkcioniše na osnovu vrijednosti vjerovatnoća koje variraju od studenta do studenta a koje omogućavaju da se izvrši odgovarajući izbor pravila ili izbor alternativnih puteva za svakog studenta ponaosob (Chakraborty, Roy i Basu, 2010).

#### 4.2.3. VisMod

VisMod je ITS koji koristi Bayesove mreže (Zapata-Rivera et al, 2004). U navedenom sistemu Bayesova mreža je podijeljena na tri nivoa. Na vrhu, odnosno najvišem nivou nalaze se koncepti učenja. ITS se zasniva na hijerarhijskom principu. Na drugom nivou zastupljene su performanse i ponašanje studenta. Treći nivo predstavljaju čvorovi za analizu rada studenta. Samo prvi nivo zavisi od domena, dok druga dva nivoa mogu biti iz različitih domena. Praćenje karakteristika studenta vrši se samo na prva dva nivoa Bayesove mreže. Treći nivo je napravljen za nastavnika. U toku kursa koji student pohađa vrijednosti vjerovatnoća na drugom i trećem nivou mreže mijenjaju se u zavisnosti od postignuća studenta. Vrijednosti vjerovatnoća na prvom nivou, direktno zavise od vrijednosti vjerovatnoća kod sljedeća dva nivoa.

Nakon dobijenih vrijednosti vjerovatnoća izračunava se najvjerovatniji put za prvi nivo odnosno utvrđuje prvi čvor. Bayesovu mrežu su u početku formirali nastavnici koristeći se udžbenicima koji su napisani za kurs. Vjerovatnoće su formirane u skladu sa težinom teme. Svaka tema je morala biti klasifikovana po tri kategorije: početni nivo, srednji nivo i ekspertni nivo. Verovatnoće su varirale u skladu sa ovom kategorizacijom. Bayesove mreže su izgrađene pomoću niza pojmova različitih težina. Pretpostavimo da *Koncept* ima dva roditelja, što znači da roditelji imaju neki uticaj na njihovu djecu, drugim riječima rečeno poznavanje roditelja povećava vjerovatnoću poznavanja djece. Granične vrijednost sistema određuju eksperti iz domena. U sistemu postoji parametar koji se zove *weight* ili težina i koji određuje stepen uticaja roditelja na djete. Težine (*weight*) se u sistemu izračunavaju na sljedeći način: oduzimanjem vrijednosti parametara između roditelja i dijete od graničnih vrijednosti, a zatim dijeljenjem dobijenih veličina sa brojem roditelja koje je dijete steklo.

Svaki čvor u mreži može imati dvije vrijednosti, zna i ne zna. Ako jedan od roditelja koncepta nije bio poznat studentu onda je težina koncepta jednaka 0. U slučaju da dva roditelja imaju jednake vrijednosti uslovnih vjerovatnoća onda se izbor ostavlja stručnjaku na razmatranje. Namjena Bayesove mreže je bila da posmatra čvorove kao koncepte i rubove kao njihove zavisnosti. Na tom konceptu radi cijeli ITS (Chakraborty, Roy & Basu, 2010).

#### 4.2.4.SQL-Tutor

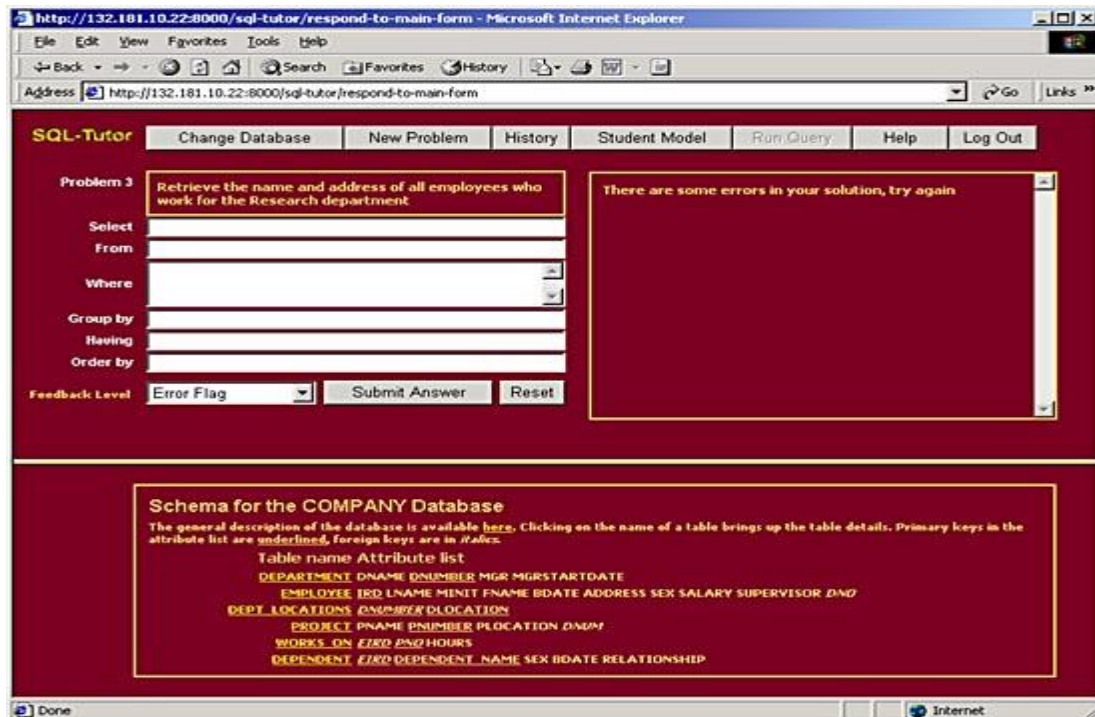
SQL-Tutor je ITS koji kao što samo ime sugeriše treba na nauči studenta SQL jezik (Wang & Mitrović, 2002; Mitrović, 2003). Sistem radi na principima neuronskih mreža<sup>3</sup> koje se koriste u SQL-Tutor-u za donošenje odluka.

Agent u sistemu vrši ulogu analize studenata i na osnovu toga bira odgovarajući problem iz baze podataka a modeliranje se vrši pomoću neuronskih mreža. Referentni ITS je razvijen da podučava studente SQL jeziku. Rješenja za probleme su predstavljena u sistemu kao ograničenja. Svako rješenje koje student dostavi sistemu poredi se sa brojem ograničenja koja student krši prilikom rješavanja problema. Slijedeći problem će biti izabran na osnovu toga koliko je grešaka student počinio ili koliko je ograničenja prekršio prilikom rješavanja prethodnog problema, slika 5.

---

<sup>3</sup> Neuronske mreže-Artificial Neural Network (ANN)





*Slika 5. Primjer rješavanja problema 3 u SQL-Tutor-u.*

Izvor: (SQL tutor, 2000), URL: <http://ictg.canterbury.ac.nz/projects/sql-tutor#2006>.

Predviđanje u sistemu se takođe vrši putem neuronske mreže (ANN). ANN se sastoji od četiri ulaza, jednog izlaza i skrivenog sloja. Ulazi u sistem su sljedeći: vrijeme potrebno za rješavanje problema, nivo pomoći koja je pružena studentu, nivo složenosti problema, nivo predznanja studenta. Na izlazu iz ANN-a pokušava da se predvidi broj grešaka i ograničenja koje je student počinio. Ovo predviđanje se koristi za donošenje odluka o sljedećim koracima koje sistem treba da preduzme. Wang i Mitrović (2002) tvrde da ITS na osnovu performansi sistema, može da predvidi tačan broj grešaka sa preciznošću od 98.06%. Dodatna prednost ovog sistema je to što pruža povratne informacije studentu nakon provjere njegovog rješenja problema. Povratne informacije mogu da sadrže naznake, djelimično rješenje ili kompletno rješenje studentovog problema.

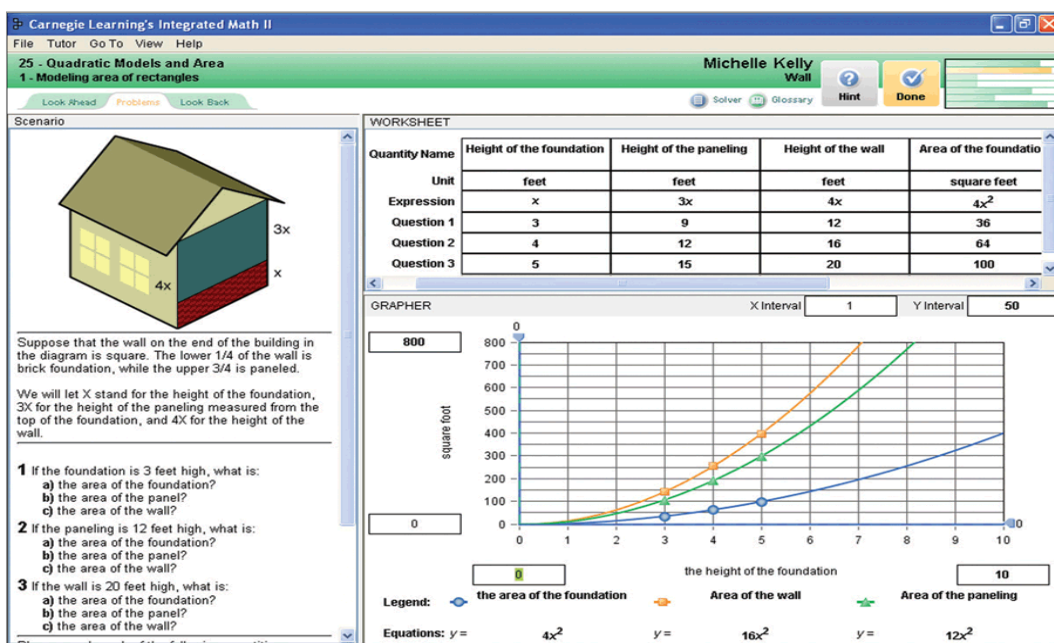
#### 4.2.5.C++ Tutor

C++ Tutor je ITS koji se zasniva na Rule-based sistemu (Baffes & Mooney, 1996). Pravila su formirana u obliku *Hornove klauzule*. Problemi su studentima prikazani u obliku vektora. Studenti u sistemu problem označavaju vektorom iz skupa oznaka. Algoritam pod nazivom *NEITHER* snimio bi označene vektore (rješenje studenta) kao ulaz i preinačio ga u bazu, tako da modifikovana pravila podrazumijevaju rješenja za studenta, a ne pravo rješenje za sistem. Ovaj proces se naziva *Theory-revision*. Dakle, modifikovana pravila formiraju bazu stanja studentovog razumijevanja i predstavljaju studenta sa svim njegovim znanjem i zabludama. Nakon što je izvršena revizija,

sistem pokušava da objasni greške u konceptu studenta pokazujući to na primjerima, koji nabrajaju područja gdje je student napravio greške. Ova operacija se vrši automatski od strane sistema.

#### 4.2.6. Cognitive Tutor

Cognitive Tutor je ITS koji se zasniva na ACT-R<sup>4</sup> modelu kognitivnog učenja sa namjenom da podstiče studenta na samostalno razmišljanje (Anderson et al 1995). U prvobitnim verzijama proizvođača Carnegie Learning<sup>5</sup> sistem se ponašao kao ekspertni i primjenjivao se u kombinovanom sistemu učenja i poučavanja. Sistem je namijenjen isključivo učenju i rješavanju problema iz oblasti matematike. Korisničko okruženje sistema je prikazano na slici 6.



*Slika 6. Primjer rješavanja problema površine modela pravougaonika pomoću CognitiveTutor-a.*

URL: [http://ccgps.carnegielearning.com/cognitive\\_tutor.html](http://ccgps.carnegielearning.com/cognitive_tutor.html)

Sistem radi tako što su nastavne teme podijeljene u lekcije namijenjene za obučavanje studenata. Za svaku lekciju sistem nudi test za provjeru onoga šta je student naučio u određenoj nastavnoj lekciji. Ako student posjeduje dovoljno znanja iz određene lekcije, može se testirati i prije obuke. Nakon završenog testa sistem ukazuje na potencijalne studentove greške i daje za to obrazloženje. Pomoću teorije „trasiranja“

<sup>4</sup> Adaptive Control of Thought—Rationa (ACT-R) teorija bazirana na kognitivnim i perceptivnim funkcijama ljudskog uma.

<sup>5</sup> Provajder koji pruža usluge obuke i testiranja učenika kao i formiranja nastavnih planova i programa iz domena matematike.

studentovog znanja određuje se u kojoj mjeri student vlada znanjima iz domena izučavanja. Sistem prati kako student rješava probleme i na osnovu poređenja koraka u radu studenta i sistema donosi zaključke o pravilnosti studentovog pristupa rješavanju problema. U slučaju da sistem ne može da prepozna jednu od putanja u rješavanju problema, upoređuje je sa uobičajenim putanjama.

## KLJUČNE KOMPETENCIJE

### 5.

Europski okvir ključnih kompetencija za cjeloživotno učenje utvrđuje i definiše ključne sposobnosti i znanje koje je ljudima potrebno kako bi ostvarili zaposlenje, lično ispunjenje, socijalnu uključenost i građanska prava u današnjem svijetu koji se brzo mijenja (European commission, D.-G. f., 2004).

Pristup koji je proširio gledišta u vezi odnosa sposobnosti i postignuća je pristup kompetencijama. Na osnovu testiranja znanja i sposobnosti, kao i na osnovu uspjeha tokom školovanja ne može se predvidjeti buduća uspješnost osobe u poslu i životu (McClelland, 1973).

Na osnovu toga Meckleland (1973) predlaže testiranje kompetencije, umjesto testiranja inteligencije koja su se do tada vršila. Naime, testiranje kompetencije znači uzimanje uzoraka onih ponašanja koja su pretpostavka uspješnosti u obavljanju poslova. Prema Šipmenu i ostalima (1971) kompetencije predstavljaju mjerljivi obrazac znanja, vještina, sposobnosti, ponašanja i drugih karakteristika koje su neophodne za uspješno obavljanje radnih aktivnosti i profesionalnih funkcija. Kompetencije su postale sastavni dio ljudskog života i rada, najčešće ih definišemo kao skup znanja, vještina i sposobnosti koje su neophodne za svakog pojedinca kako bi mogao djelovati kao uspješan član zajednice (Key Competencies, 2002). Pojam *ključnih kompetencija* kao prenosivi, multifunkcionalni skup znanja, vještina i stavova koje svi pojedinci trebaju za lično ispunjenje i razvoj, trebale bi se početi razvijati u najranijem periodu ljudskog života.

U razvoju kompetncija postoje tri nivoa, a to su:

- Znanje i razumijevanje (teorijsko znanje o nekom području).
- Znanje o tome kako djelovati (praktična primjena znanja u određenim situacijama).
- Znanje o tome kako se to što smo savladali odražava na okolinu (posmatranje, opažanje okoline i život sa drugima u društvu).

Evropska komisija (2004) je usvojila dokument o standardizaciji evropske pismenosti i definisala osam ključnih kompetencija iz oblasti: komunikacije na maternjem jeziku, komunikacije na stranom jeziku, matematike i prirodnih nauka, digitalnih kompetencija, sposobnosti organizovanja cjeloživotnog učenja, međuljudskih i građanskih kompetencija, preduzetništva i kulturološkog izražavanja (muzička

kultura, mediji, fizička kultura i očuvanje zdravlja, književnost i druge vrste umjetnosti). Jedna od navedenih kompetencija za cjeloživotno učenje i obrazovanje, koja bi trebala djelovati kao temelj za dalju intelektualnu nadogradnju je digitalna kompetencija. Ona uključuje upotrebu informatičke tehnologije za rad, slobodno vrijeme i komunikaciju. Brz razvoj tehnologija omogućava sadržajne interakcije sa različitim sadržajima, kulturama, vrijednostima i stavovima. Robinson (2011) u okviru studije o obrazovnoj paradigmi naglasio da ukoliko želimo da obrazovne ustanove budu primjerene vremenu u kojem živimo, tada se one moraju baviti faktorima koji su u kulturu savremenog života unijeli najviše promjena, a to su računarska i digitalna tehnika. Radi se o jednoj od ključnih kompetencija čije formiranje i razvijanje treba zadovoljiti neke od osnovnih pedagoških načela: cjelovitost, individualizacija i socijalno učenje koje je usmjereno otkrivanju i djelovanju. Osnovno područje koje predstavlja okosnicu budućih profesionalaca koji aktivno sudjeluju u svom ličnom i profesionalnom životu i preuzimaju visok nivo odgovornosti je i izgrađivanje kompetencija za različite medije (Youngs, Ohsako & Medel-Anonuevo, 2000).

### **5.1. Načini procjene znanja iz ključnih kompetencija**

Jedan od oblika procjene znanja studenata je ocjenjivanje. Ocjenjivanje ključnih kompetencija u različitim obrazovnim sistemima imaju drugačije modele primjene. Ocjenjivanje studenata čini sastavni dio procesa poučavanja i učenja i neophodan je alat za poboljšanje kvaliteta cjelokupnog sistema obrazovanja. Sistem ocjenjivanja studenata ima različite oblike i koriste se različiti instrumenti i metode ocjenjivanja. Modeli koji se koriste mogu biti unutrašnji ili vanjski, formativni ili sumativni, a rezultati se mogu koristiti u različite svrhe (EACEA/Eurydice, 2009). Ono što se poučava u školama je često zadano onim što se ocjenjuje, posebno u slučajevima gdje se rezultati ocjenjivanja koriste u više svrhe. Ocjenjivanje takođe ima važan uticaj kod implementacije ključnih kompetencija.

U novije vrijeme ocjenjivanje učenika uglavnom se realizuje metodom testiranja. Nacionalno testiranje učenika provodi se putem standardizovanih testova i ispita sastavljenih na nacionalnom nivou (EACEA/Eurydice, 2009). Rezultati nacionalnih testova se koriste za dodjelu svjedočanstava i diploma i/ili praćenja i vrednovanja škola ili obrazovnih sistema u cjelini. Nacionalni testovi se rijeđe koriste u formativne svrhe, tj. za utvrđivanje određenih učeničkih potreba za učenjem, na čemu se bazira ova disertacija. Nacionalne testove mogu polagati svi učenici ili se isti mogu provoditi samo na određenom uzorku. Nakon postupnog prelaza nacionalnih kurikuluma s onih temeljenih na znanju pojedinog predmeta na one temeljne na kompetencijama, neki nacionalni testovi su stavili akcenat na kompetencije. Vrednovanje znanja nije usmjereno na sam predmet, nego na to jesu li učenici u stanju koristiti svoje znanje i vještine iz domena ključnih kompetencija u stvarnim situacijama. Strategija je usmjerena na obvezno obrazovanje tokom kojeg se u većini zemalja provodi nacionalno ispitivanje. Razvijanje ključnih kompetencija u evropskim školama

vrednuje se putem nacionalnih testova. U većini evropskih zemalja standardizirano nacionalno testiranje u obveznom obrazovanju je usmjereno na osnovne vještine, posebno maternji jezik i matematiku te u mnogo manjoj mjeri na prirodne nauke, strane jezike te socijalne i građanske kompetencije. Upotreba pojma ključnih kompetencija ne podrazumijeva da svi nacionalnim testovi ispituju sve elemente tog pojma, odnosno znanje, vještine i stavove. Rotirajući predmeti se ne provjeravaju svake godine nego po načelu rotacije. Koji će predmet biti u testovima određuju Ministarstva prosvjete.

Transverzalne kompetencije, kao i druge opšte vještine poput rješavanja problema se odnose na više predmetnih područja i teže ih je ocijeniti pomoću tradicionalnih instrumenata. Stoga, vrijedi ispitati koji su oblici instrumenata ocjenjivanja dostupni nastavnicima u ocjenjivanju napredovanja učenika u ovim područjima. Prema tome, postignuća učenika iz IKT-a, socijalnih i građanskih kompetencija se ocjenjuju kroz različite predmete u kojima se poučavaju, bilo kao zasebni predmeti ili šira područja kurikuluma u koja su aspekti transverzalnih kompetencija integrisani. U nekim slučajevima, učiteljima predmeta u koje su integrisane socijalne i građanske kompetencije se daju alati za ocjenjivanje koji su posebno usmjereni na transverzalnu kompetenciju. Transverzalne kompetencije zahtijevaju nove načine učenja i poučavanja koji prelaze tradicionalne granice među predmetima. Odgovarajući alati za ocjenjivanje koji ocjenjuju učenička postignuća u različitim predmetima su neophodni za vrednovanje napredovanja učenika u tim područjima. Francuska nudi zanimljive primjere instrumenata za ocjenjivanje koji prelaze granice različitih predmeta i aktivnosti učenja. U Francuskoj se vještina učenika u korištenju multimedijalnih alata i interneta stečena kroz različite aktivnosti učenja vrednuje u okviru programa „*Brevet informatique et internet*“ (Devauchelle, 2004). Navedeno vrednovanje vrši se iz pet područja digitalnih kompetencija koje se opisuju i povezuju s određenim referentnim tačkama za svaku od tri navedena nivoa obrazovanja. Ta područja su: savladavanje radne okoline temeljene na IKT-u; odgovorno ponašanje; stvaranje, izrada, obrada i korištenje podataka; prikupljanje informacija; komunikacije i razmjena informacija. Razvijanje ključnih kompetencija u evropskim školama pomaže nastavnicima u utvrđivanju učeničkih sposobnosti u ovim područjima. Situacije u kojima učenike treba ocjenjivati se mogu proširiti na informalne kontekste učenja, kao što je slučaj sa socijalnim i građanskim kompetencijama. Aktivno učestvovanje učenika u aktivnostima škole i zajednice je sastavni dio socijalne i građanske kompetencije u većini evropskih zemalja, a trećina tih zemalja učenika uzima u obzir kod sumativnih oblika ocjenjivanja (EACEA/Eurydice, 2012b). Ocjenjivanje aktivnosti učenika može imati različite oblike uključujući snimanje ličnih profila ili potvrđivanje doprinosa učenika školskom životu putem završnog sertifikata i priznavanje aktivnosti u vanškolskim aktivnostima koje su usmjerene na zajednicu. Drugi pristupi uključuju kriterijume povezane s aktivnostima u raspravama i debatama na školskom nivou,

ocjenjivanje iz predmeta povezanih s demokratijom i građanskim pravima ili ocjene iz vladanja.

## 5.2. Informatičke ili IKT kompetencije

Informaciono-komunikaciona i tehnološka (IKT) kompetencija stvara individualnu platformu za lično, profesionalno i stručno funkcionisanje pojedinca. IKT kompetencija je postala sastavni dio svakodnevnog života ljudi. Obrazovni kontekst koji omogućava raznovrsna iskustva, pa time i iskustva sa IKT, predstavlja značajan faktor u razvoju temeljnih kompetencija potrebnih za kasniji lični i profesionalni razvoj i napredak (Rinaldi, 2006). U kontekstu savremenog obrazovanja, uz pojam informacione pismenosti važno je spomenuti i digitalnu kompetenciju koja podrazumijeva osposobljenost za sigurnu i kritičku upotrebu informaciono-komunikacione tehnologije za rad u ličnom i društvenom životu. Njeni ključni elementi su razvoj osnovnih vještina upotrebe IKT-a i sposobnosti primjene računara za pronalaženje, procjenu, pohranjivanje, stvaranje, prikazivanje i razmjenu informacija kao i za komunikaciju putem društvenih mreža. IKT omogućava multimedijalno oblikovanje ideja, generiranje novih, divergentno i kreativno rješavanje problema i istraživanje novih strategija učenja. Aktivno i odgovarajuće korištenje tehnologije i medija može podržati i proširiti tradicionalne nastavne materijale u korisnim smjerovima. Pojam pismenosti nažalost još uvijek se najčešće povezuje sa tradicionalnom pogledom na problem (čitanje i pisanje, računanje itd.), gdje se informacija stvarala i prezentovala putem analognih medija. Savremena istraživanja upućuju na pozitivan uticaj razvoja vokabulara, razvoj apstraktnog mišljenja, divergentno rješavanje problema, kognitivne sposobnosti i sposobnosti apstrakovanja (Saracho & Spodek, 2012). Promjene koje donosi IKT su dubinski povezane sa socio-emocionalnom dinamikom koja određuje strukturu nastavno obrazovnog sistema (MacGilchrist, Myers & Reed, 2004). Primjena IKT-a utiče na razvoj kreativnog i divergentnog mišljenja, na aktivno učenje, razvijanje novih vještina, bolje razumijevanje neposredne okoline, promatranje, istraživanje i razvoj različitih sposobnosti. Upotreba IKT-a pruža potencijal za razvoj vještina kao što su pismenost na maternjem i stranom jeziku, usvajanje matematičkih vještina, kognitivne sposobnosti, razvoj mašte i kreativnosti, razvoj saradnje i psiho-motorike (Unesco, 2010). IKT takođe ima potencijal za podsticanje znatiželje i zadovoljstva u učenju jačanjem vlastite motivacije. Primjenu računara i digitalnih uređaja u sistemu obrazovanja ne treba shvatiti kao samostalnu aktivnost, već aktivnost koja je integrisana u druge planirane i spontane aktivnosti učenja. Uspješna upotreba računara u kontekstu obrazovanja ne zavisi samo o dostupnosti nego i o upoznatosti korisnika sa istim.

### 5.3.Primjena IKT u sistemu obrazovanja

Informaciono-komunikacione ili ICT<sup>6</sup> tehnologije postale su sastavni dio svakodnevnog života i rada ljudi. IKT nalaze primjenu u različitim oblastima interesovanja ljudi na primjer: ekonomiji, pravu, nauci, obrazovanju itd. Novim generacijama, takozvanim „Net-generacijama“, korištenje računara je postala uobičajena, svakodnevna aktivnost (Tapscott, 1998). Uvođenje računara u sferu obrazovanja podržava ovakve tendencije. Uspješna upotreba računara i internet tehnologija u kontekstu obrazovanja ne zavise samo od dostupnosti, nego i obučenosti korisnika s istim. Učenici i studenti računare uglavnom koriste u svrhu zabave, a mnogo manje za aktivnosti povezane s učenjem.

Bitan faktor koji utiče na primjenu tehnologija u obrazovanju je opremljenost obrazovnih ustanova savremenom tehnologijom. U nekim državama Evropske unije postoje projekti finansijske podrške za kupovinu IKT opreme u školama i na fakultetima. U skladu s tim Evropska komisija 2010. godine, usvojila je Digitalni plan za Evropu čiji je vodeći cilj razvoj IKT kompetencija učenika (Evropska komisija, 2010b). Cilj plana je povećati socijalni i ekonomski potencijal IKT-a. To se može postići samo razvijanjem IKT vještina na visokom nivou, uključujući digitalnu i medijsku pismenost. Većina evropskih zemalja imaju uspostavljene nacionalne strategije za upotrebu IKT-a u različitim područjima uključujući posebnu strategiju posvećenu obrazovanju. U mnogim slučajevima, te strategije imaju za cilj pružanje neophodnih IKT vještina učenicima kao i pružanje osposobljavanja nastavnika na području IKT-a. Još jedan od bitnih faktora je osiguravanje savremene tehnologije i infrastrukture u školama i univerzitetima. Istraživački projekti i mjere za razvoj digitalne i medijske pismenosti kao i e-vještina su rasprostranjeni duž čitave Evrope. Za razvojnu politiku i strategiju uglavnom su zadužene administrativne vlasti, dok sprovođenje istih uključuje značajno veći broj tijela, uključujući lokalnu upravu i škole. Gotovo sve zemlje javno finansiraju IKT aktivnosti u obrazovanju; u otprilike polovini evropskih zemalja ovo finansiranje se nadopunjava privatnim priložima ili fondacijama. Razvoj odgovarajuće IKT infrastrukture jedan je od najvažnijih faktora koji utiču na kvalitetnu upotrebu informatičkih tehnologija u svim nastavnim predmetima i za sve učenike. Postojanje savremene IKT opreme u školama glavni je uslov za uvođenje inovativnih nastavnih metoda i upotrebe interaktivnog softvera i online materijala. IKT tehnologije su ključne kao pomoć nastavnicima kod realizacije inovativnog poučavanja i učenja. Evropska komisija je u svom izvještaju navela kako uvođenje IKT-a u sisteme obrazovanja i osposobljavanja zahtijeva dalje promjene u tehnološkom i organizacijskom okruženju učionica, radnih mjesta te mjesta gdje se odvija informalno učenje kao i samom poučavanju i učenju (Evropska komisija, 2008c). Postupkom modernizacije računarske opreme i nabavke obrazovnog

---

<sup>6</sup> (ICT) Information and communications technology



računarskog softvera uglavnom se bave škole. Međutim, u mnogim slučajevima, tijela državne ili lokalne zajednice odigraju najznačajniju ulogu kod nadogradnje IKT opreme u školama. Nedostatak IKT opreme u velikoj mjeri utiče na postupke učenja i poučavanja studenata. Primjena informacionih sistema za praćenje napretka studenata, upravljanje podacima o nastavnom kadru i finansijskom poslovanju u školama i fakultetima razvijaju se kao dio procesa modernizacije administracije.

Evropski okvir ključnih kompetencija za cjeloživotno učenje utvrđuje i definiše ključne sposobnosti i znanje koje je ljudima potrebno kako bi ostvarili zaposlenje, lično ispunjenje, socijalnu uključenost i aktivno obavljanje građanskih dužnosti u današnjem svijetu koji se brzo mijenja. Stoga, škole mogu pomoći svojim učenicima da razviju ključne kompetencije poučavajući ih, od rane dobi, kritičkom, divergentnom i kreativnom mišljenju kao i upravljanju svojim učenjem, samostalnom i saradničkom radu, traženju informacija i podrške kada je to potrebno i korištenju mogućnosti koje im pružaju nove tehnologije (Evropska komisija, 2008c).

Primjena IKT-a od strane nastavnika može imati višestruke koristi, koje se čak mogu i povećati ako se samim učenicima omogući primjena IKT-a u procesu učenja. Ona može povećati motivisanost učenika za učenje jer se učeniku daje više slobode upravljanja (personalizacija) nad samim procesom učenja. Stoga, problemi personalizacije i individualizacije procesa učenja mogu se riješiti primjenom IKT-a od strane učenika. U većini evropskih zemalja postoje preporuke ili prijedlozi za primjenu IKT-a kao podršku studentima sa poteškoćama u razvoju u svrhu poboljšanja njihovih postignuća. IKT takođe mogu biti podrška nastavnicima pri realizaciji nastave što može imati pozitivan uticaj na studentova postignuća.

Većina zemalja u Evropi i svijetu preporučuje ili navodi širok dijapazon savremenih inovativnih nastavnih metoda koje se temelje na aktivnom i eksperimentalnom učenju a čiji je cilj povećati uključenost učenika i poboljšati rezultate učenja. Implementacija IKT-a u velikoj mjeri zavisi od nastavnika a realizuje se putem preporuka, prijedloga ili dodatnih sredstava o primjeni različitih vrsta IKT hardvera i softvera u nastavi. U gotovo svim zemljama se to odnosi na sve obavezne nastavne predmete i kurikulume. Opremljenost kabineta za različite nastavne predmete sa IKT opremom je jako bitan uslov koji takođe treba uzeti u obzir. Računari još uvijek nisu dostupni učenicima u svim učionicama, nego se nalaze u informatičkim kabinetima gdje se mogu koristiti samo uz strog nadzor nastavnika i u određenom vremenu.

#### **5.4. Standardizacija informatičkih kompetencija**

Standardizovani alati za ocjenjivanje digitalnih kompetencija su prilično rašireni po čitavoj Evropi (EACEA/Eurydice, 2011a). Evropski sertifikovani dokument, Evropska računarska vozačka dozvola se redovno ili povremeno koristi u otprilike polovini evropskih zemalja, uglavnom u srednjoškolskom obrazovanju. Postupak ocjenjivanja za dobivanje ovog sertifikata se temelji na usvajanju više računarskih vještina i

kompetencija. U još nekoliko evropskih zemalja se izdaju javno priznati certifikati IKT kompetencija koji se obično zasnivaju na sličnom principu kao i kao ECDL. Belgija (Francuska zajednica) ima neobavezan IKT pasoš za osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje. Njemačka, Litvanija, Rumunija i Ujedinjeno Kraljevstvo nude dodatne priznate kvalifikacije iz IKT vještina dok Škotska kvalifikaciona agencija takođe nudi sertifikate za IKT. Budući da su kompetencije kombinacija znanja, vještina i stavova, ne mogu se u vježbavati na apstraktan način te usvojenost istih mora biti pokazana u zadanim kontekstima (Lyon-Maris & Scallan, 2007). Na primjer, student može dobiti nekoliko analiza slučajeva u kojima su opisane određene situacije gdje studenti moraju pokazati kako bi oni reagovali ili se ponašali.

## MODEL INTELIGENTNOG TUTORSKOG SISTEMA

6.

Prema novim obrazovnim paradigmama vrši se personalizacija nastave prema potrebama i mogućnostima studenata koja u obrazovnim sistema može značajno poboljšati nastavni proces. Pokazalo se da je najbolji način nastave individualno poučavanje. Individualne instrukcije uvažavaju prethodna znanja i potrebe studenata: studenti mogu kontrolisati tempo kojim napreduju kroz nastavne materijale koje koriste na osnovu već unaprijed stečenog znanja i koji su prilagođeni njihovim kognitivnim sposobnostima i stilovima učenja (Gagne, 1988). Sposobnost da se nastavni sadržaji prilagode individualnim potrebama studenata je važan faktor u današnjim obrazovnim sistemima. Upravo ta adaptivna komponenta sistema je ono što klasične obrazovne sisteme čini nefleksibilnim i dosadnim za studente. Ako na sve to dodamo hiperaktivnost i poremećaj pažnje koje su sve učestalija pojava kod studenata onda vidimo da nastavni proces mora postati brži i zanimljiviji za studente (Robinson, 2011). Upravo ta ideja je ključna u dizajniranju školjke adaptivnog ITS koji će moći da unaprijedi znanja studenata bez obzira na njihova prethodnja znanja iz domena koji izučavaju i samim tim postupkom smanjimo vrijeme potrebno za obuku studenata. Tehnike koje smo koristili u modeliranju ITS su sljedeće: adaptivna, navigaciona, tehnika izbora jednog od nekoliko, tehnika identifikacije znanja studenata na osnovu „ne“ znanja i tehnika preporuke nastavnih sadržaja.

*Adaptivna tehnika:* Da bi sistem mogao da se prilagodi potrebama studenata potrebno je uraditi inicijalno testiranje studenata i izvršiti kompleksnu procjenu studentovih znanja, vještina i sposobnosti. Sistem svakom studentu ponaosob dodjeljuje parametre funkcije pripadnosti fazi skupu. Odnosno, ITS se prilagođava modelu studenta tako da je najveća pažnja u modeliranju posvećena upravo tome.

*Navigaciona tehnika:* Ova tehnika nam omogućava da sistem za svakog studenta pronađe optimalni put kroz nastavne materijale potrebne za unapređenje kompetencija studenata. Personalizacija navigacije vrši se preko modela studenta, gdje se prikupljaju osnovne informacije o svakom pojedinom studentu, da bi se omogućila personalna navigacija do nastavnog materijala koji je odgovarajući za modeliranog studenta.

*Tehniku dijagnostikovanja „ne“ znanja studenata:* Ova tehnika omogućava otkrivanje slabih tačaka u znanju studenata odnosno identifikaciju „ne“ znanja. Procjena se vrši na osnovu rezultata testiranja studenata i pravila koja definiše tutor, a rade na fazi logičkom principu generalizovanog modus ponensa.

*Tehniku preporuke nastavnih sadržaja:* Preporuka nastavnih sadržaja je tehnika koja je zavisna od tehnike procjene znanja studenata. Kada sistem izvrši procjenu znanja studenta, tražeći slabe tačke u znanju sistem na osnovu toga bira nastavne sadržaje koji student najslabije zna i od njih obrazuje nastavne lekcije koje bi student trebao da savlada da bi unaprijedio svoje kompetencije. Tehnika se zasniva na preporuci nastavnih sadržaja koji su prema određenim kriterijumima najpogodniji za studenta u odnosu na nivo znanja koje student posjeduje.

## **6.1.Procjena znanja studenata u modelu ITS-a**

Osnovna pretpostavka za pravilan rad ITS-a je kvalitetna procjena znanja studenata iz određenog domena. Procjena znanja je veoma bitna ne samo za rad sistema nego za cjelokupno društvo jer određuje šta studenti smatraju važnim, kako će provoditi svoje vrijeme i kako sami sebe vide kao studente, a zatim i kao akademske građane. Procjena znanja je veoma kompleksna, tako da je nemoguće uzeti u obzir cjelokupno znanje studenta iz određenog domena zbog toga se disertacija bavi procjenom kompetencija studenata kao sinonimom za znanje. Svrha procjene znanja u ITS-u je da omogući studentu prelazak na viši nivo znanja i poboljša proces učenja. Izbor vrste procjene znanja zavisi isključivo od svrhe procjene. Ključna načela učinkovite procjene znanja, kao i uobičajene slabosti sistema procjene znanja, prvenstveno se tiču usklađenosti između rezultata, oblika procjene znanja, kriterijuma, postupaka bodovanja i pružanja povratnih informacija. Postoje različite metode procjene znanja studenata u kojima se tutori pa i sami studenti sve više koriste kao izvori procjene znanja. Postoji širok dijapazon kriterijuma za procjenu znanja, najbolji su oni koji su jednostavni za korištenje i lako razumljivi. Procjena znanja studenata u referentnom ITS-u vrši se u modulu za procjenu znanja koji je dio mehanizma zaključivanja.

U daljem tekstu ćemo razmotriti pozitivne i negativne strane ocjenjivanja na inicijalnom testu i testovima nakon nastavne obuke. Da bi sistem funkcionisao neophodno je uspostavljanje ravnoteže između više različitih vrsta procjene znanja u jednom studijskom programu. Uloga tutora može biti uloga predavača, kao procjenitelja znanja studenata.

U referentnom ITS-u vrši se usklađivanje procjene znanja s isporukom obučavajućih nastavnih materijala što je veoma bitno ne samo za kvalitetnu procjenu znanja nego i za rad cjelokupnog sistema. Ako navedena usklađenost ne postoji, sistem ne može da funkcioniše. Jasni i realni rezultati procjene znanja pružaju studentima dobar vodič za ono što moraju naučiti, a sistemu govori šta treba sljedeće da poučava. Primjereni su samo oni nastavni sadržaji koji pomažu studentima da postignu željeni rezultat učenja.

ITS funkcioniše tako što su metode i oblici procjene znanja direktno povezani sa rezultatima učenja i metodama učenja primijenjenim u sistemu. Ako su kriterijumi procjene znanja previše neodređeni ili pretjerano detaljni tada sistem teško da može osigurati dosljednost u procjeni znanja. Na osnovu interakcije između studenta i sistema, kriterijuma i oblika procjene znanja, sistem može pomoći studentu da postigne željeni rezultat učenja u sklopu domenskog znanja.

Međutim, model procjene znanja nije tako jednostavan kako izgleda. Ostavlja otvorenim pitanja trebaju li rezultati koji će se procjenjivati biti i rezultati cjelokupnog domenskog znanja ili samo rezultati pojedinog nastavnog silabusa ili modula, te treba li se procjenjivati svaki rezultat učenja. Postoje argumenti za i protiv korištenja rezultata cijelog programa ili pojedinog modula kao temelja za procjenu znanja. ITS se zasniva na procjeni svih rezultata učenja svakog modula za svakog studenta, klasični nastavni sistemi bi se u takvom slučaju izlagali riziku pretjeranog procjenjivanja znanja studenta. ITS radi na procjeni svih ishoda cjelokupnog nastavnog silabusa, procjenjuje neophodna znanja i vještine, tj. ima okvir za procjenu napretka i postignuća studenta. Procjena znanja studenta u sistemu je osigurana procjenom iz svakog nastavnog sadržaja što studentu pruža priliku za kvalitetnijim učenjem, takođe studente približava željenim rezultatima nastavnog programa. Ovakav rad sistema onemogućava da neki rezultati procjene znanja ne budu obuhvaćeni u pojedinim modulima, tako da do kraja nastavnog programa svi rezultati budu procijenjeni na svim nivoima. Ovakav pristup osigurava pouzdanije mjerenje postignuća, te realan pristup u procjeni znanja studenta. Dakle, model ITS-a pruža temelj za kvalitetnu procjenu znanja, te pokazuje da su planiranje i oblikovanje nastavnih sadržaja i realna procjena znanja neotuđivi.

Kod modeliranja ITS-a postavlja se pitanje svrhe procjene znanja studenta. Odgovor na ovo pitanje je u mogućnosti unapređenja informatičkih kompetencija studenata, individualnoj procjeni informatičkih znanja studenata prema evropskom standardu (ECDL) kao i poboljšavanju procesa učenja unutar sistema.

U ITS-u se vrši sumativna procjena znanja studenata. Ova vrsta procjene znanja predstavlja rezultate testiranja studenata kroz bodovanje po modulima, nastavnim oblastima, nastavnim lekcijama i nastavnim sadržajima. Pogrešno izvršena sumativna procjena znanja može dovesti sistem u stanje da pravi greške u isporuci odgovarajućih nastavnih sadržaja.

ITS radi tako da procjena znanja definiše način obučavanja, dakle promjena načina obučavanja prouzrokuje promjenu metode procjene znanja.

Oblikovanje procjene znanja u sistemu vrši tutor/ekspert putem formiranja testova za procjenu znanja i definisanja obučavajućih nastavnih lekcija sastavljenih od odgovarajućih nastavnih sadržaja, kao i težinu nastavnih sadržaja u nastavnim lekcijama, prilog 1 i prilog 2. Tutor odnosno ekspert određuje strukturu nastavnih

modula (silabusa), nastavnih oblasti, nastavnih lekcija i na kraju nastavnih sadržaja. Odnosno, određuje strukturu i težinu nastavnog plana i programa obuke u ITS-u.

Postoji nekoliko pitanja koje tutor/ekspert mora postaviti sebi pri izradi testova i nastavnih lekcija:

- Koji ciljevi učenja treba da se realizuju u okviru obuke?
- Koje će sposobnosti/vještine student koristi tokom obuke?
- Da li je izabrana metoda procjene znanja u skladu sa rezultatima i vještinama?
- Da li je metoda relativno učinkovita s obzirom na vrijeme kojim raspoložu studenti pri testiranju?
- Koje su prednosti i nedostaci ovakve procjene znanja?
- Podudara li se ovakav oblik procjene znanja sa rezultatima i znanjima, vještinama i sposobnostima studenata?
- Jesu li planovi za bodovanje ili kriterijumi primjereni radu sistema?

Navedena pitanja prirodno dovode do oblikovanja određenog načina procjene znanja. Greške pri procjeni znanja mogu se javiti zbog nejasno i nestručno formuliranih pitanja na testovima, podcjenjivanja vremena potrebnog studentima za izradu testova i zanemarivanje odgovarajućeg skupa kriterijuma pri procjeni znanja. Greške koje nastaju pri procjeni znanja u ITS-ma je mnogo teže otkloniti nego kod klasičnih sistema za procjenu znanja. Stoga se mora obratiti velika pažnja da se takve greške svedu na što manju mjeru.

Oblikovanje kvalitetnih načina procjene znanja često je vremenski zahtjevno. Stoga, načine procjene znanja u ITS-u isključivo oblikuje tutor/ekspert iz određenog domena. U referentnom ITS-u baze znanja, nastavnih lekcija, nastavnih sadržaja, pravila i testova se mogu ažurirati što omogućava prilagođavanje postojećih baza novim načinima procjene znanja.

Kompleksna procjena znanja povlači za sobom i poznavanje različitih vrsta kognitivnih zahtjeva studenata koji su ključni dio u oblikovanju obučavajućih nastavnih lekcija i bodovanja testova u ITS-u. Za analizu i procjenu studentovih postignuća na testovima sistem koristi Biggsovu taksonomiju SOLO<sup>7</sup> (Biggs, 1999). Na osnovu navedene taksonomije određene su ligvističke varijable (Fail, PartialF i Pass) za procjenu stepena postignuća studenata.

---

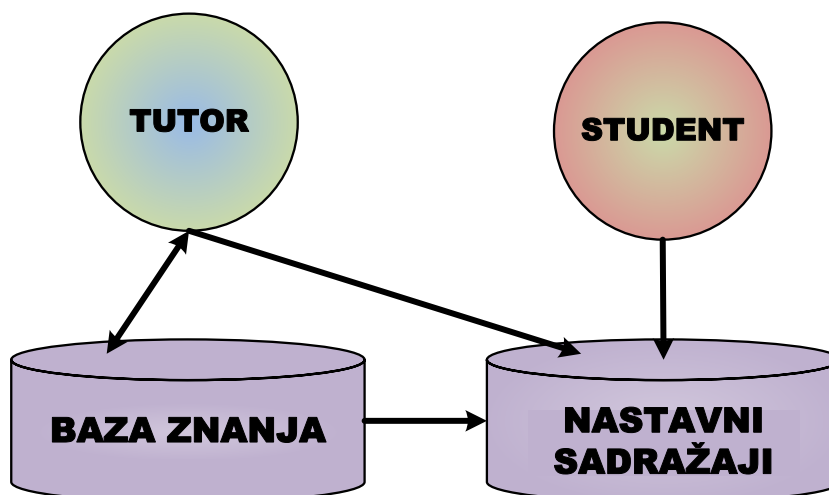
<sup>7</sup> SOLO - Structure of the Observed Learning Outcome.

Nivoi Biggsve taksonomije:

- **Predstrukturalna (lingvistička varijabla: Fail):** Sumativni rezultati testa studenta nisu zadovoljavajući. Loše.
- **Jednostrukturalna (lingvistička varijabla: Fail):** Sumativni rezultati testa kažu da je student savladao jedan ili nekoliko nastavnih sadržaja, ali i dalje znanje je površno. Loše.
- **Multistrukturalna (lingvistička varijabla: PartialF):** Naučeno je nekoliko nastavnih sadržaja koji nisu dio jedne nastavne lekcije, zbog toga se zasebno obrađuju. Djelimično loše.
- **Relacijska (lingvistička varijabla: PartialF):** Poznavanje nastavnih sadržaja je integrisano u hijerarhijsku cjelinu u kojoj svaki nivo pridonosi cjelokupnom rezultatu. Djelimično loše.
- **Dugoročno sumirana (lingvistička varijabla: Pass):** Poznavanje nastavnih sadržaja je integrisano i ponovo konceptualizovano, stvarajući na taj način individualne nastavne programe za studenta. Dobro.

## 6.2. Interakcije u modelu ITS-a

ITS se zasniva na sljedećim elementima sistema: modelu Student-a i modelu Tutor-a, tako da će biti posmatrane samo interakcije između njih, slika 7. Interakcija između modela Tutor i baze znanja se odvija u oba pravca dok se interakcija između navedenog modela i nastavnih sadržaja odvija u jednom pravcu, slika 7. Interakcija između modela Student i nastavnih sadržaja se odvija u oba pravca, nastavni sadržaji utiču na studenta, a važi i obrnuto.

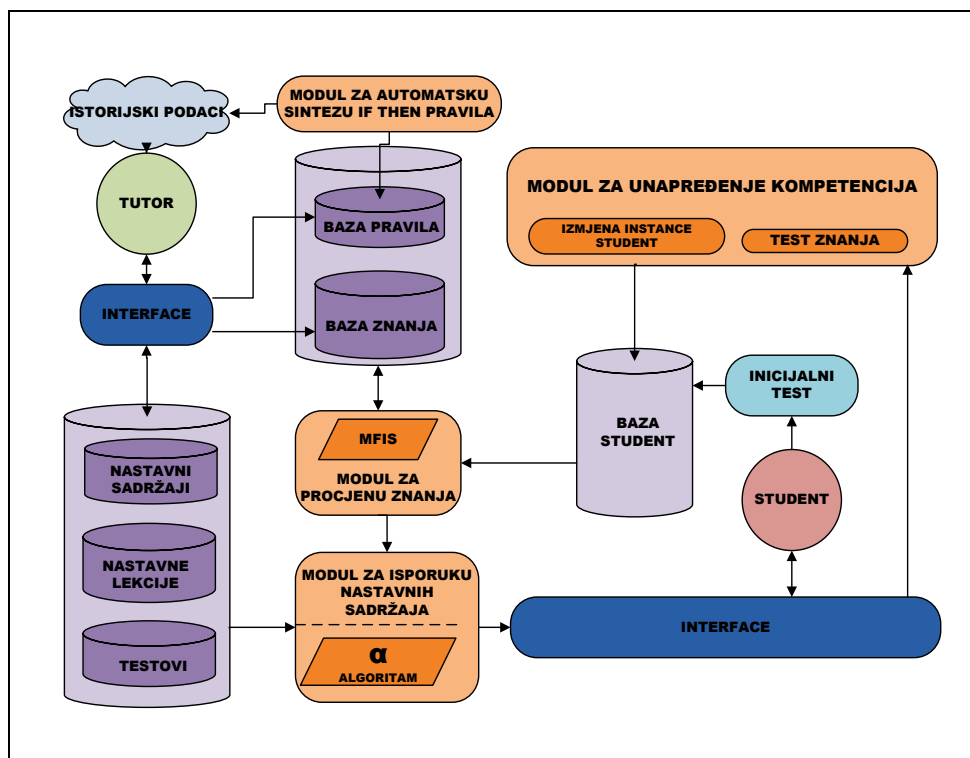


Slika 7. Prikaz interakcija u ITS-u.

Najvažnija veza u modelu ITS je interakcija između studenta i ostalih dijelova sistema, interakcije sistema prikazane su na slici 7. Interakcija između studenta i tutora uspostavljena je preko nastavnih sadržaja, to je okruženje koje podstiče studenta na razmišljanje. Ova interakcija je posebno važna za tutora jer na osnovu empirijski utvrđenih pravila personalizuje nastavne materijale prema potrebama studenta i poželjna je za studente jer omogućava identifikaciju „ne“ znanja studenta. Interakcija između studenta i nastavnih sadržaja je definisana kao "proces intelektualne interakcije sa nastavnim sadržajima što rezultira promjenama u razumijevanju studenta, perspektive studenta ili kognitivnih struktura svijesti studenta" (Moore, 1989). Sa stanovišta procjene znanja, studentove povratne informacije su veoma bitne, radi promjene instance studenta. Tutor ima interakciju sa bazom znanja i bazom nastavnih sadržaja, koje na osnovu domena znanja formira, mijenja, prilagođava, dopunjava itd.

### 6.3. Modeliranje ITS-a

Referentni ITS je dizajniran kao fazi logički sistem za unapređenje ključnih kompetencija studenata. Sistem se sastoji od nekoliko modela i modula čije će funkcije biti opisane u daljem tekstu: modela Student; modela Tutor; mehanizma za zaključivanje koji se sastoji od modula za procjenu znanja, modula za isporuku nastavnih sadržaja; modula za unapređenje kompetencija; modula za automatsku sintezu IF THEN pravila i modula za komunikaciju, slika 8.



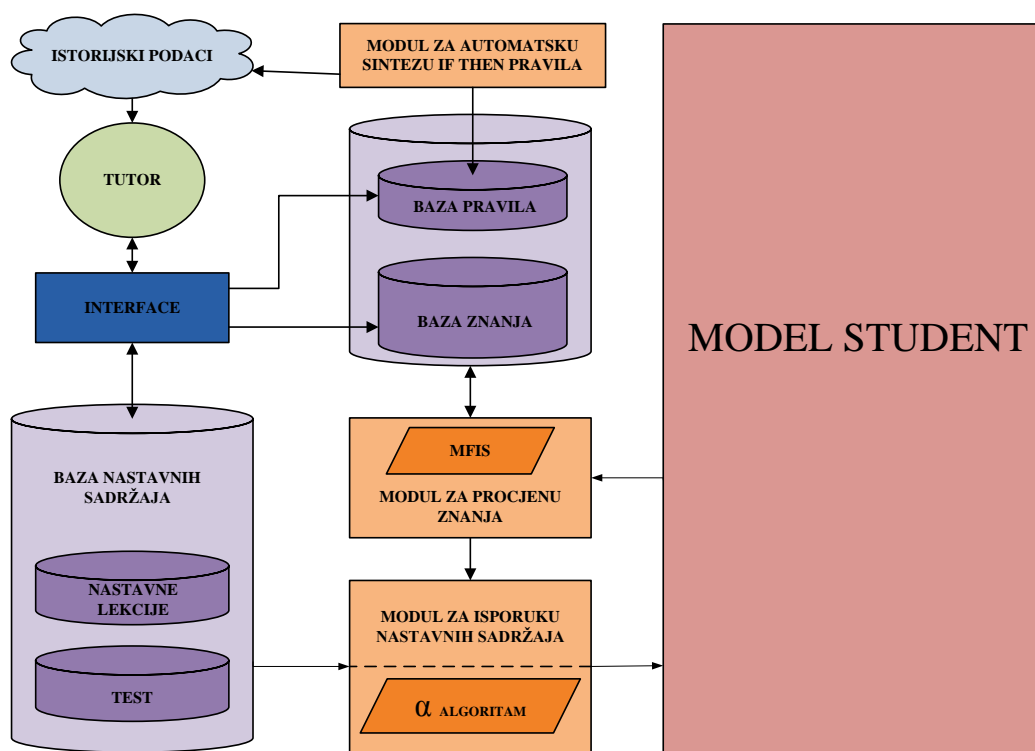
Slika 8. Prikaz funkcija ITS-a.



Na slici 9. možemo zapaziti da se sistem sastoji od sljedećih baza: baza nastavnih sadržaja, nastavnih lekcija, testova; baza studenta; baza znanja i baza pravila. Baze će biti detaljno objašnjene u okviru modela Tutor.

### 6.3.1. Model Tutor-a

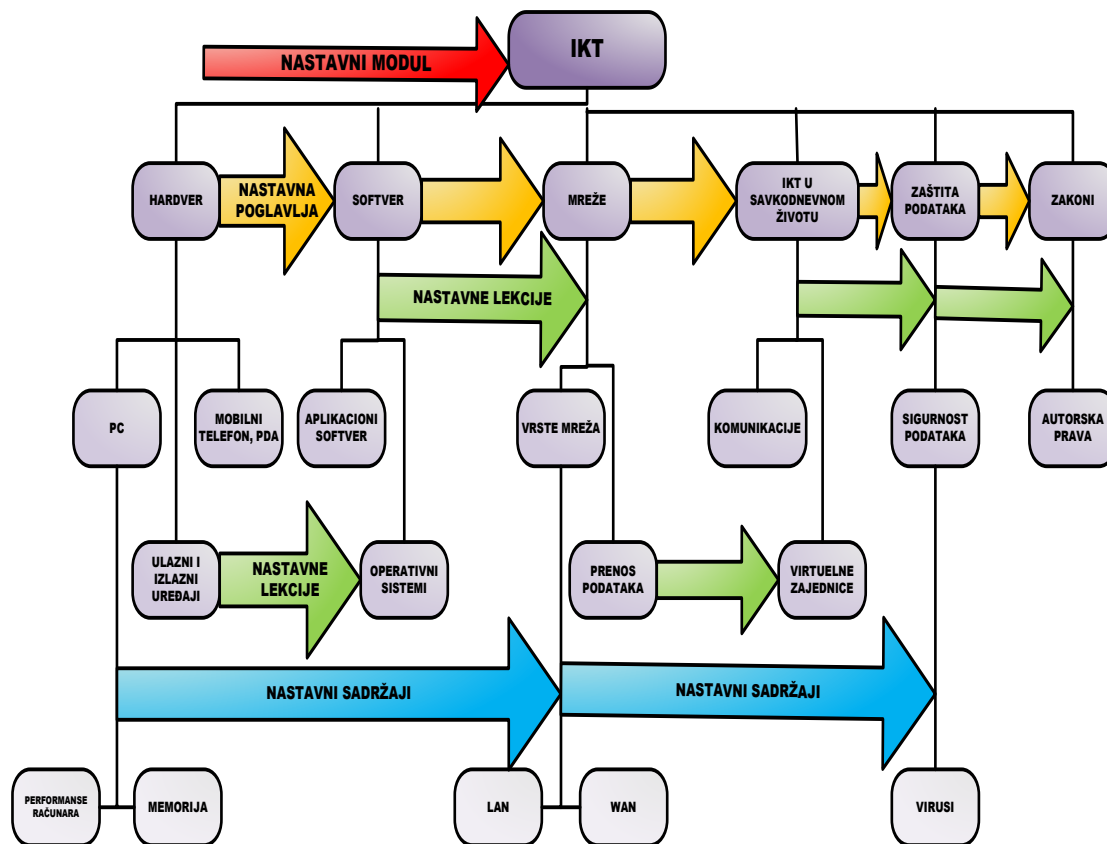
Model Tutor-a je dio ITS-a koji ima kompetencije formiranja i ažuriranja baze znanja i baze pravila nastalih na osnovu istorijskih podataka; oblikovanja nastavnih silabusa i modula na osnovu baze znanja; modeliranja nastavnih lekcija od nastavnih sadržaja prilagođenih studentu na osnovu baze znanja studenta. Tutor upravlja i bazom student tako što na osnovu rezultata testova mijenja strukturu baze student. Implementaciju baze znanja u ITS vrši tutor.



*Slika 9. Prikaz funkcija modela Tutor u ITS-a.*

Pored osnovne uloge tutora, da koristi bazu znanja i prilagođava je nastavnim sadržajima koji odgovaraju određenom studentu, tutor na određeni način upravlja procesom procjene znanja studenta, slika 9. Ova vrsta upravljanja vrši se na osnovu iskustva tutora a zaniva se na definisanju lingvističkih promjenljivih, pravila (IF...THEN) zaključivanja i stepena savladanosti nastavnih sadržaja u okviru nastavnih lekcija. Na osnovu toga vrši se procjena znanja i odabir nastavnih sadržaja koji su najkompatibilniji za studenta. Takođe, upravlja procesom testiranja studenta. Zadužen je za formiranje i ažuriranje baze testova u sistemu. Tutor u ITS-u obrazuje nastavne silabuse na osnovu domenskog znanja, a na osnovu nastavnih silabusa

formira nastavne module koji mogu da sadrže određeni broj nastavnih poglavlja, nastavnih lekcija i na kraju nastavnih sadržaja, slika 10.

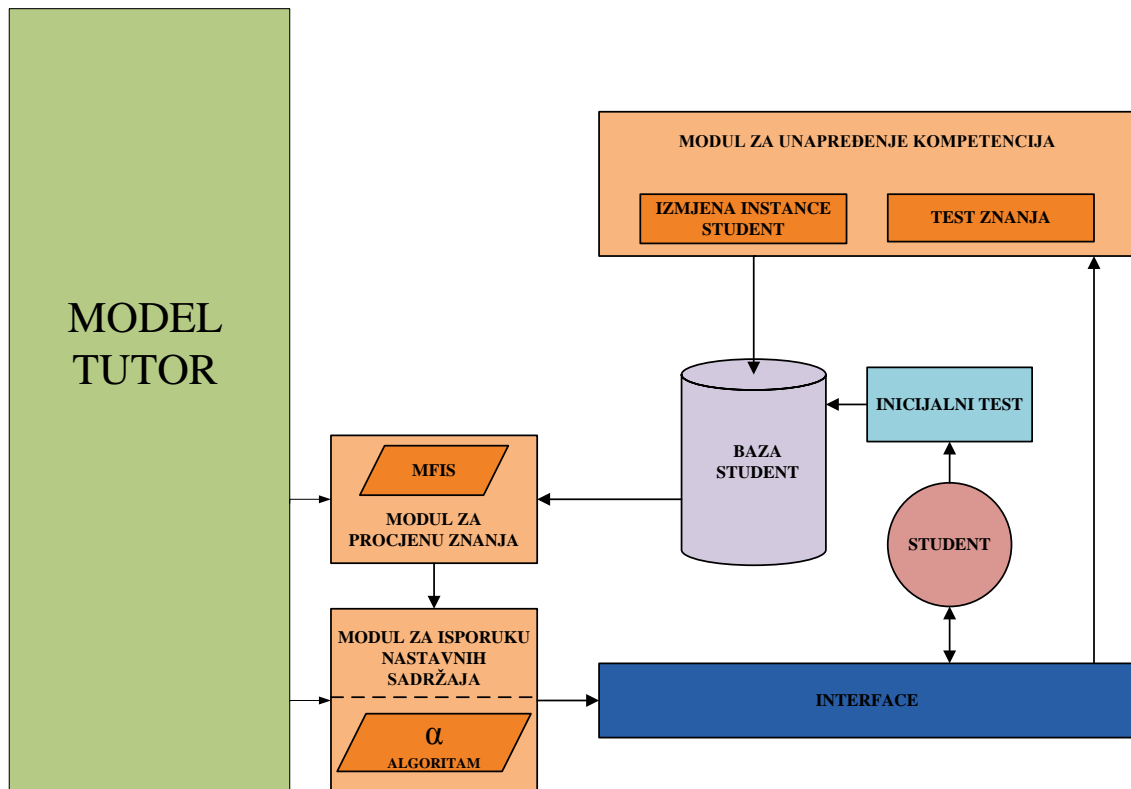


Slika 10. Struktura nastavnog silabusa za IKT područje znanja.

Tutor u sistemu je zadužen za formiranje baze testova. Početno testiranje studenata vrši se inicijalnim testom koji se sastoji od nastavnih sadržaja iz baze znanja koju je na osnovu ekspertnog znanja formirao tutor. Takođe i ostalim testiranjima studenata u sistemu upravlja tutor. Testovi su prilagođeni modularnom sistemu nastave. Pitanja na testovima u konkretnom primjeru ITS-a su grupisana prema nastavnim modulima, tako da sistem može pratiti postignuća studenata za svaki modul, nastavno poglavlje, nastavnu lekciju i nastavni sadržaj, odnosno kompletno postignuće. Studentove rezultate testa sistem prati i upoređuje u toku testiranja, težina pitanja se prilagođava trenutnom nivou znanja studenta.

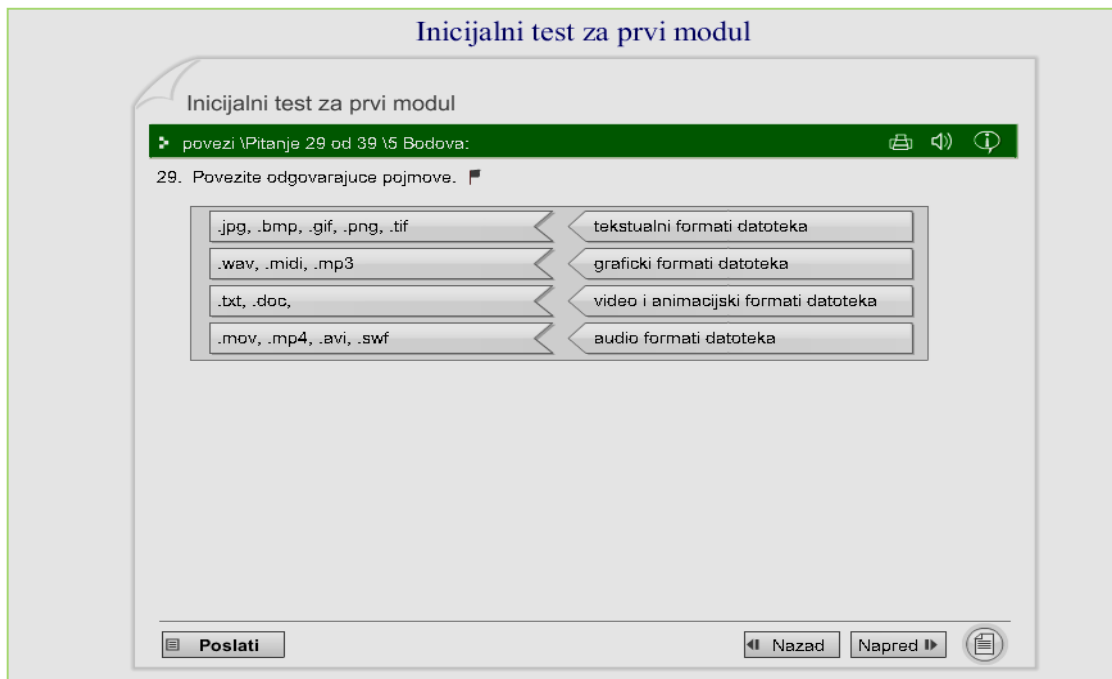
### 6.3.2. Model Student-a

Model Student sastoji se iz sljedećih funkcionalnih dijelova: modula studenta, interfejsa, inicijalnog testa, baze studenta, modula za procjenu znanja, modula za isporuku nastavnih sadržaja i modula za unapređenja kompetencija koji sadrži test znanja i izmjenu instance student, slika 11.



*Slika 11. Prikaz funkcija modela Student u ITS-a.*

Model Student u ITS-u obavlja sljedeće funkcije: inicijalno testiranje studenta; formiranje baze znanja studenta; testiranje trenutnih znanja studenta; procjenu znanja, vještina i sposobnosti studenta u okruženju ITS-a; i modeliranje instance student. Interakcija između studenta i sistema vrši se pomoću korisničkog interfejsa. Studentski model testira studenta koristeći inicijalni test. Testiranje studenta pomoću inicijalnog testa i testa znanja se ne mora realizovati unutar ITS-ma. Inicijalno testiranje je potrebno da sistem izvrši kvalitetnu procjenu parametara studenta. Ako se inicijalno testiranje i testiranje znanja studenta vrši van sistema, onda je potrebno rezultate testiranja ažurirati u bazu studenta, ovakvu vrstu ažuriranja vrši tutor. Inicijalni test obično se sastoji od pitanja iz domena znanja, a testiranje se vrši po nastavnim modulima, slika 12.



**Slika 12.** Inicijalno testiranje studenata van sistema. Izvor: Obrazovni portal EduSoft.  
URL: <http://quiz.sameshow.com/quizzes/inicijalni%20test%20za%20prvi%20modul.html>

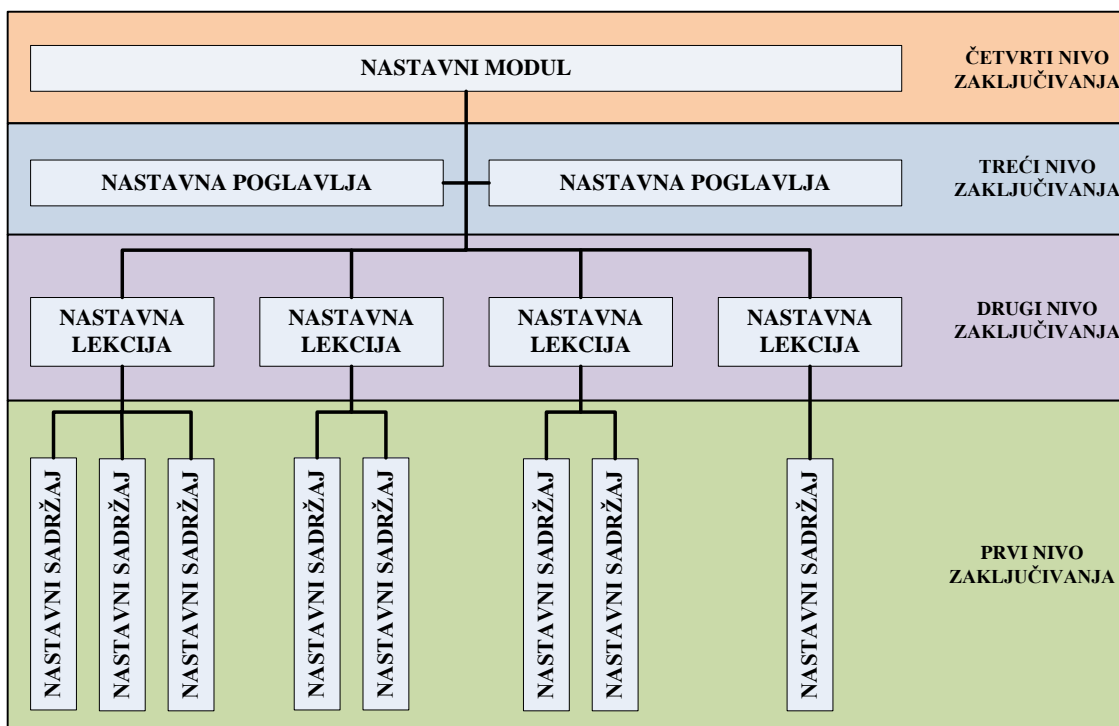
Nakon inicijalnog testiranja, provjeravaju se domenska znanja studenta pomoću testa znanja. Testom znanja procjenjuje se studentovo poznavanje nastavnih lekcija. Rezultati testiranja su pohranjeni u bazi studenta sa promijenjenom instancom studenta i proslijeđeni u modul za procjenu znanja studenta, a zatim u modul za isporuku nastavnih sadržaja. Dalje, modul za isporuku nastavnih sadržaja koristeći Alpha algoritam bira nastavnu lekciju koja je najpogodnija za studenta i preko interfejsa šalje ga ponovo studentu. Proces se ponavlja sve dok student ne unaprijedi kompetencije do tog nivoa da je postigao maksimalne rezultate u svakoj nastavnoj lekciji. Unapređenje kompetencija studenata nije limitirano jer je prilikom modeliranja sistema ostavljena mogućnost proširenja baze znanja i baze nastavnih lekcija.

### 6.3.3. Mehanizam zaključivanja

Mehanizam zaključivanja u ITS-u sastoji se iz dva modula a to su modul za procjenu znanja i modul za isporuku nastavnih sadržaja. Modul za procjenu znanja ima funkciju procjene studentovih znanja pomoću Mamdani sistema fazi logičkog zaključivanja. Procjena znanja se vrši po nivoima u hijerarhijskoj strukturi i to od dna ka vrhu, slika 13. Modul za isporuku nastavnih sadržaja koristi  *$\alpha$  algoritam* (6.2.5.). Na osnovu skupa atributa studenta i nastavne lekcije definišu se dvije različite fazi logičke funkcije pripadnosti, odnosno dva nezavisna fazi skupa čiji presjek nam je interesantan za posmatranje.

### 6.3.4. Modul za procenu znanja

Modul za procjenu znanja, kao što sam naziv kaže, ima funkciju procjene znanja studenata na osnovu definisanih parametara dobijenih testiranjem studenta. Nakon prvobitnog testiranja studenta, takozvanog inicijalnog testiranja, rezultati se smještaju u bazu student i porede sa rezultatima testiranja iz testa znanja. Sistem zaključivanja se zasniva na IF...THEN pravilima odnosno Generalizovanom modus ponensu. Procjena znanja se vrši po sljedećim nivoima zaključivanja, slika 14. Stoga, zaključivanje se vrši od najnižeg nivoa nastavnih sadržaja (prvi nivo zaključivanja), preko nastavnih lekcija (drugi nivo zaključivanja), nastavnih poglavlja (treći nivo zaključivanja) i nastavnih modula (četvrti nivo zaključivanja).



Slika 13. Strukturalni model procjene znanja u ITS-u.

Sistem zaključivanja u referentnom ITS-u bazira se na fazi logičkom rezonovanju. Ovakav sistem zaključivanja realizuje se pomoću fazi logičkih kontrolera (FLC)<sup>8</sup>. Za procjenu znanja studenta korišten je Mamdani Fuzzy Inference System (MFIS).

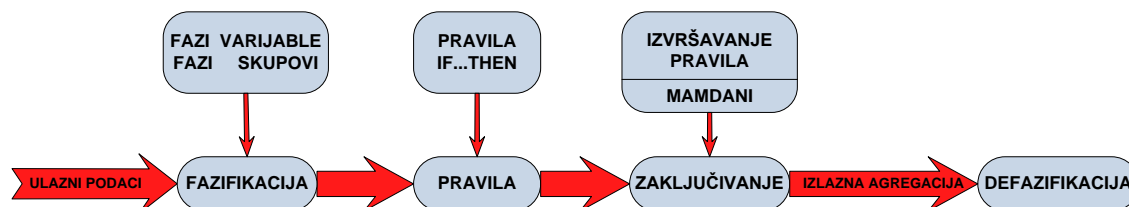
Mamdani FLC se možemo opisati pomoću sljedećih koraka:

- fazikacija ulaza,
- primjena fazi logičkih operatora (ulazna agregacija),
- izvođenje zaključka za svako pravilo pomoću Mamdani implikacije,

<sup>8</sup> Fuzzy Logic Controller.

- izlazna agregacija, formiranje zbirnog zaključka,
- defazifikacija.

Princip fazi rezonovanja u okviru ITS-u odvija se kroz četiri faze: fazifikacija, inicijalizacija fazi pravila, zaključivanje i defazifikacija, slika 14.



Slika 14. Fazi logičko rezonovanje.

### Fazifikacija

U procesu fazifikacije izvršeno je fazifikovanje diskretnih ulaznih vrijednosti tako da se dobiju mjere pripadnosti ulaza u fazi skupove (lingvističke vrijednosti) u IF dijelu pravila.

### Pravila

U ovom koraku vrši se primjena fazi logičkih operatora na fazifikovane vrijednosti u IF dijelu pravila. Uobičajeno je AND fazi logički operator definisan pomoću min funkcije ( $t_{\min}$ ), a OR fazi logički operator pomoću max funkcije. Pravila koja koristi ovaj sistem su Mamdani fazi pravila. Fazi upravljanje je upravljanje pomoću kvalitativnih opisa; koriste se fazi IF THEN (AKO - ONDA) pravila. Kvalitativna pravila u referentnom sistemu definiše tutor koji poznaje pojave i procese do tog nivoa da je u mogućnosti da ih opiše pomoću lingvističkih AKO - ONDA pravila. Detaljnije objašnjenje o načinu formiranja pravila je u poglavlju (7.1).

### Zaključivanje

Proces zaključivanja Mamdani fazi inferentnog sistema je sproveden pomoću primjene min operatora. Ovaj operator je korišten i za implementaciju fazi AND logičkog operatora. Mamdani fazi inferentni sistem je kompatibilan sa metodom odsjecanja. Na ovaj način, svaki THEN dio svakog fazi pravila se izvršava u onoj mjeri u kojoj je zadovoljen IF dio odgovarajućeg pravila.

### Izlazna agregacija

Ovaj korak podrazumijeva agregiranje izlaza svih fazi pravila (izlazi su fazi skupovi) u jedan agregirani fazi skup. Ovo je ostvareno pomoću unije fazi skupova (operator max).

### Defazifikacija

Defazifikacija je sastavni dio Mamdani tipa fazi kontrolera. Pod defazifikacijom podrazumijevamo prevođenje površine zbirnog zaključka u skalarnu vrijednost;

objašnjena je metoda (*mom-mean of maxima*) koju koristi Mamdani FLC u konkretnom slučaju rada sistema.

Ako je zbirni zaključak  $B'$  i označen je skup  $Y^0 \subseteq Y$ . Za elemente skupa  $Y^0$  važi da pripadaju u skup  $B'$  sa maksimalnom mjerom. Postupkom defazikacije određujemo vrednost  $y^0 \in Y$  koja najbolje reprezentuje zbirni zaključak  $B' \in F(Y)$ . Skup  $Y^0$  je definisan u (17).

$$Y^0 = \{y^0 | \mu^{B'}(y^0) = \max_{y \in Y} \mu^{B'}(y)\} \dots \dots \dots (17).$$

Ukoliko samo jedan element ima maksimalnu mjeru pripadnosti zbirnom zaključku  $B'$  tada je izlaz izračunava prema (18):

$$y^0 = \arg\{\max_{y \in Y} \mu^{B'}(y)\} \dots \dots \dots (18).$$

U slučaju da skup  $Y^0$  ima više članova što je slučaj i sa našim sistemom, proračunava se srednja vrijednost (*mom - mean of maxima*) prema jednačini (19).

$$y^0 = \frac{\int_{Y^0} y^0 dy^0}{\int_{Y^0} dy^0} \dots \dots \dots (19).$$

Rezultati svih fazi pravila bivaju agregirani (unija fazi skupova, funkcija max), tako da je na izlazu Mamdani FLC zbirni zaključak.

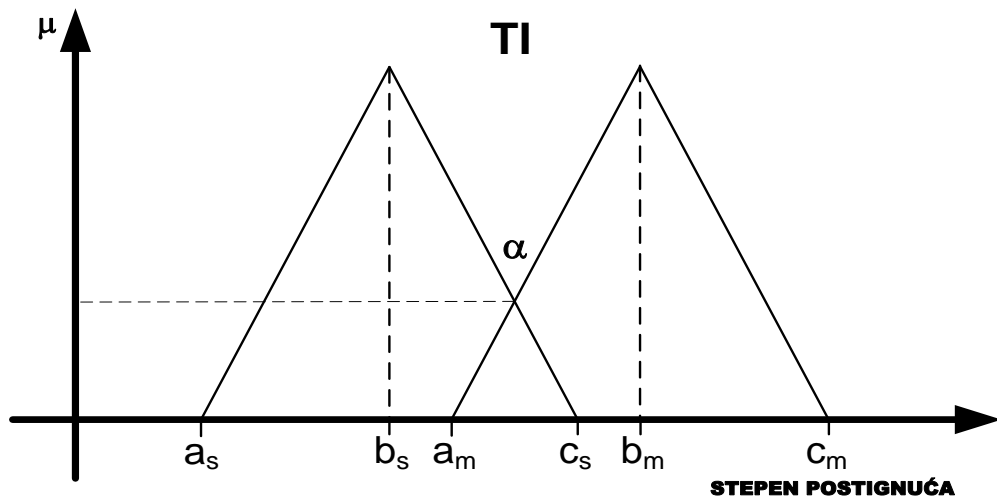
### 6.3.5. Modul za isporuku nastavnih sadržaja

Modul za isporuku nastavnih sadržaja zasniva se na Alfa algoritmu ili drugačije  $\alpha$  *algorithm-u*. Algoritam se koristi za određivanje nastavne lekcije koji je najpogodnija za određenog studenta na osnovu identifikacije studentovog „ne“ znanja i da je isporuči studentu za dalje testiranje. U novije vrijeme ovo je veoma bitno za funkcionisanje savremenih ITS, jer postoji sve veći je broj različitih nastavnih sadržaja koji mogu biti isporučeni studentu. U ITS-u svaki student je opisan određenim brojem atributa. Aributi su nastavni sadržaji koji se u terminologiji European Computer Driving Licence (ECDL) standarda definišu kao Task Item (TI), slika 15. Svi TI-ovi se koriste za opisivanje svakog studenta. Svaka nastavna lekcija je opisana pomoću više nastavnih sadržaja ili TI, ali nastavna lekcija ne mora da sadrži sve opisane TI, već kombinaciju nekih. Koriste se samo oni TI koji opisuju određene nastavne lekcije. Stoga, postoji m TI koji opisuju svakog studenta, a postoji i n TI koji opisuju svaku nastavnu lekciju,  $m > n$ .

Algoritam vrši provjeru usklađenosti između vrijednosti atributa studenta (vas) i vrijednosti atributa nastavnih sadržaja (vans). Alfa algoritam se izvršava samo u slučaju kada su vrijednosti atributa studenta i vrijednosti atributa nastavnih sadržaja opisane sa fazi funkcijama pripadnosti. To znači da vrijednosti atributa definišu parametre funkcije pripadnosti. Primjenjene su trougaone funkcije pripadnosti (*trimf*), tako da je svaki TI definisan jednom trougaonom funkcijom pripadnosti, bez obzira na

to da li opisuje studenta ili nastavni sadržaj (TI). To je parametarska funkcija sa jednim argumentom i sa parametrima  $a$ ,  $b$  i  $c$ , slika 15. Promjenom parametarskih vrijednosti funkcije podešavamo funkciju pripadnosti.

Ako se TI studenta i nastavnih lekcija sijeku, studentovo znanje definisano je trimf-om na osnovu sljedećih parametara  $a_s$ ,  $b_s$  i  $c_s$ , dok je isti TI koji se koristi za opisivanje nastavnih lekcija definisan trimf-om na osnovu sljedećih parametara  $a_m$ ,  $b_m$  i  $c_m$ .



Slika 15. Proračun  $\alpha$  algoritma.

Osnovni zadatak alfa algoritma je pronaći mjeru usklađenosti između dvije trougaone funkcije pripadnosti. Dva uslova moraju biti ispunjena prilikom primjene alfa algoritma, jednačine (20) i (21):

$$b_m > b_s \dots\dots\dots (20).$$

$$((a_m > a_s) \wedge (a_m < c_s)) \Rightarrow \alpha > 0 \dots\dots\dots (21).$$

Zadovoljavajući jednačinu (20) je osigurano da nastavni sadržaj pruža kompetencije koje su na višem nivo od trenutnog znanja studenta. Zadovoljavajući jednačinu (21) utvrđen je presjek između dvije trougaone funkcije pripadnosti, što znači da je alfa veća od nule. Ispunjavanjem oba uslova iz formula (20) i (21) obezbijedeno je da student može unaprijediti svoje kompetencije u optimalnom nivou.

Sljedeće unapređenje kompetencija studenta vrši se tako što se testiranjem ponovo provjerava studentovo znanje iz sljedeće nastavne lekcije na nivou TI-a. Unapređenje kompetencija se vrši izmjenom parametara  $a_s$ ,  $b_s$  i  $c_s$  na sljedeći način:

$$a_s = a_s + \Delta a_s, b_s = b_s + \Delta b_s, c_s = c_s + \Delta c_s, \text{ gdje je,}$$

$$\Delta a_s = t(a_m - a_s), \Delta b_s = t(b_m - b_s), \Delta c_s = t(c_m - c_s) \dots\dots\dots (22).$$

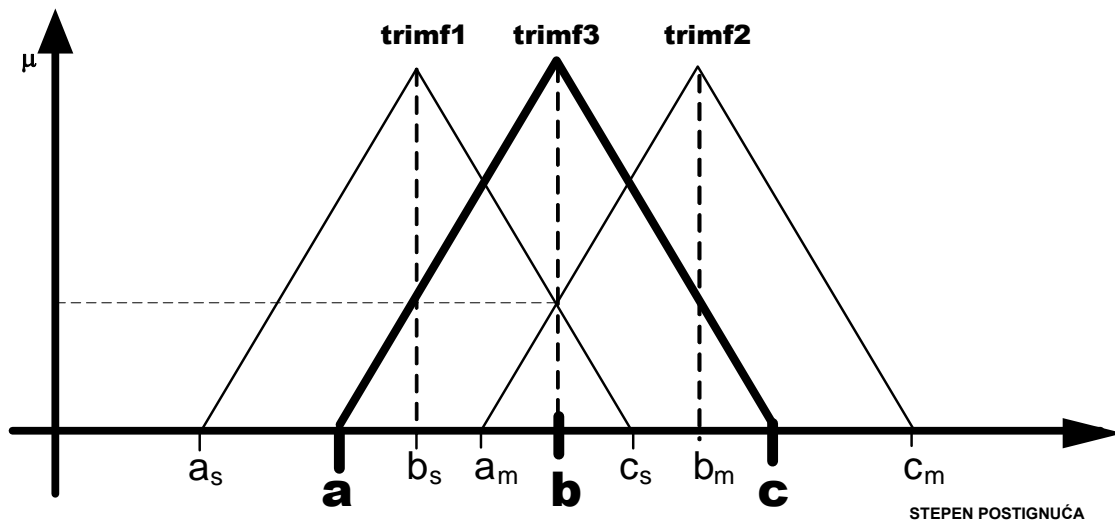
U (22),  $t \in [0, 1]$  predstavlja konstantu testa čija je vrijednost dobijena na osnovu rezultata testa i "=" je oznaka operatora dodjele vrijednosti. Ako rezultati testiranja



studenta imaju maksimalne vrijednosti onda je  $t = 1$  i  $a_s = a_m$ ,  $b_s = b_m$ ,  $c_s = c_m$ , tako da su kompetencije studenata unapređene na maksimalni nivo i vrši se prelazak na viši nivo materijala za učenje. Ako je  $t < 1$ , onda su kompetencije studenata unapređene prema rezultatu testa, ali nivo kompetencija ne dostiže maksimalni nivo koji je dozvoljen od strane nastavnih sadržaja i vrši se promjena instance studenta.

### 6.3.6. Modul za unapređenje kompetencija

Osnovna uloga ovog modula je da bez obzira na nivo studentovih kompetencija pruža mogućnost unapređenja. Modul se sastoji od instance student i testova znanja. Funcionisanje modula zasniva se na principu testiranja i pomjeranja. Student se na početku rada sistema testira pomoću inicijalnog testa na nivou nastavnih sadržaja i testa znanja iz nastavnih lekcija takođe na nivou nastavnih sadržaja čiji su rezultati predstavljeni pomoću odgovarajućih trougaonih funkcija pripadnosti, trimf1 i trimf2. Parametri funkcije pripadnosti trimf1 su  $(a_s, b_s)$  i  $c_s$  dok su parametri trimf2  $(a_m, b_m)$  i  $c_m$ , slika 16. Da bi sistem mogao da funkcioniše, moraju biti ispunjeni uslovi iz jednačine (20) i (21).



Slika 16. Pomjeranje funkcija pripadnosti.

Unapređenje kompetencija se vrši izmjenom parametara  $a_s$ ,  $b_s$  i  $c_s$  u parametre  $a$ ,  $b$ ,  $c$  u (23) koja je izvedena iz (22).

$$a = a_s + \Delta a_s,$$

$$b = b_s + \Delta b_s,$$

$$c = c_s + \Delta c_s, \text{ gdje je,}$$

$$\Delta a_s = t(a_m - a_s), \Delta b_s = t(b_m - b_s), \Delta c_s = t(c_m - c_s) \dots \dots \dots (23).$$

U (23),  $t \in [0, 1]$ , predstavljeni su novi izlazni parametri testa ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) koji obrazuju novu funkciju pripadnosti trimf3 čija je vrijednost dobijena na osnovu rezultata testa.

Na slici 16 se jasno vidi pomjeranje trimfl u desno za određene vrijednosti parametara, što predstavlja i pomjeranje studentovih kompetencija u desnu stranu koje su predstavljene sa trimf3. Ako rezultati testiranja studenta imaju maksimalne vrijednosti onda je  $t = 1$  i  $\mathbf{a}=\mathbf{a}_s=\mathbf{a}_m$ ,  $\mathbf{b}=\mathbf{b}_s=\mathbf{b}_m$ ,  $\mathbf{c}=\mathbf{c}_s=\mathbf{c}_m$ , tako da su kompetencije studenata unapređene do maksimalnog nivoa, potrebno je izvršiti prelazak na viši nivo materijala za učenje. Ako je  $t < 1$ , onda su kompetencije studenata unapređene prema rezultatu testa, ali nivo kompetencija ne dostiže maksimalni nivo koji je dozvoljen od strane nastavnih sadržaja i vrši se testiranje na nastavne sadržaje sa manjim parametarskim vrijednostima funkcije pripadnosti.

### 6.3.7. Modul za automatsku sintezu pravila

Ovaj modul nije obavezan u dizajniranju ITS-u, ali ako postoji u velikoj mjeri olakšava ažuriranje IF... THEN pravila na osnovu istorijskih podataka. Ulogu ovog modula može da preuzme i tutor na osnovu ekspertnog iskustva. Modul za automatsku sintezu IF...THEN pravila sintetizuje pedagoško znanje u niz pravila koji se šalju na izvršavanje u modul za procjenu studentovih znanja. Pravila su fiksno vezana za lingvističke varijable, sa promijenom lingvističkih varijabli moramo mijenjati i skup pravila u sistemu. Pravila takođe zavise i od sistema ocjenjivanja postignuća studenata. Na osnovu valjanog izbora pravila koja će biti primijenjena u ITS-u zavisi rad modula za procjenu znanja i isporuku nastavnih sadržaja. U okviru navedenog modela ITS predviđen je modul za automatsku sintezu baze pravila, čiji će rad biti objašnjen u daljem tekstu.

#### *Automatska sinteza baze pravila*

Postoji mogućnost da se baza sa pravilima u ITS popuni pravilima odlučivanja koja su automatski generisana. Potreban uslov za automatsku sintezu baze pravila jeste postojanje tabelarno-organizovanih podataka. Ovakvi podaci dostupni su u formatu MS Excel dokumenta. Pravila odlučivanja je moguće generisati automatski, tehnikama baziranim na primijeni Teorije grubih skupova (Rough Sets Theory), koju je otkrio Pawlak 1980-tih godina (Pawlak, 1994; Pawlak & Skowron, 2007; Pawlak i Skowron, 2007 ). Ova teorija zasniva se na pretpostavci da je svaki objekat univerzuma opisan pomoću konačnog skupa atributa. U ovom slučaju, objekti univerzuma su studenti.

Neka je  $U$  Univerzum (konačan skup objekata), neka je  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  konačan skup atributa objekata, pri tome  $V_a$  je domen atributa  $a$ , gde je  $V = \bigcup_{a \in A} V_a$  i funkcija  $f = U \times A \rightarrow V$  funkcija tako da je  $f(x, a) \in V_a$  za svaki  $a \in A, x \in U$ . Informacioni sistem je uređena četvorka  $S = \langle U, A, V, f \rangle$ , u kojoj se funkcija  $f$  zove informaciona funkcija.

Matematička osnova teorije grubih skupova jeste relacija nerazberivosti u (24).

$$I_P = \{(x, y) \in U \times U : f(x, a) = f(y, a), \forall a \in P\} \dots \dots \dots (24).$$

Svaki objekat datog univerzuma opisan je pomoću informacija izraženih u vidu vrijednosti atributa koji su pridruženi objektima. Relacija nerazberivosti (indiscernibility relation) je relacija ekvivalencije. Objekti koji su opisani istom informacijom su, nerazberivi.

Grubi skup je aproksimativnog karaktera i definisan je Gornjom aproksimacijom, Donjom aproksimacijom i Graničnim regionom. Neka je  $X$  neprazni podskup univerzuma  $U$  i neka je  $\emptyset \neq P \subseteq A$ . Skup  $X$  se može aproksimirati pomoću P–donje (25) i P–gornje (26) aproksimacije skupa  $X$  :

$$\underline{P}(X) = \{x \in U : I_P(x) \subseteq X\} \dots\dots\dots(25).$$

$$\overline{P}(X) = \bigcup_{x \in X} I_P(x) \dots\dots\dots(26).$$

Neka je  $X$  neprazni podskup univerzuma  $U$  i neka je  $\emptyset \neq P \subseteq A$ . P–granični region skupa  $X$  je obilježen sa  $Bn(X)$  u (27):

$$Bn(X) = \overline{P}(X) - \underline{P}(X) \dots\dots\dots(27).$$

Objekti koji pripadaju donjoj aproksimaciji skupa sigurno pripadaju skupu ali objekti koji pripadaju graničnom regionu mogu ali ne moraju pripadati skupu. Primijenom ove teorije moguće je generisati AKO...ONDA pravila iz tabelarno-organizovanih podataka ali podaci u tabeli moraju biti diskretni. U slučaju da su podaci kontinualni vrši se diskretizacija podataka koja je pretkorak primjene teorije grubih skupova. Prije generisanja pravila potrebno je odrediti:

- attribute koji će činiti IF dio pravila – kondicioni atributi.
- attribute koji će činiti THEN dio pravila – atributi odluke. Ovo je uobičajeno jedan atribut sa binarnim vrijednostima.

Generišu se redukti ili samo jedan redukt skup kondicionih atributa. U ovaj skup pripadaju samo oni kondicioni atributi koji su dovoljni za procijenu vrijednosti atributa odluke. Proces generisanja redukt skupa je izuzetno računski zahtjevan, tako da se uobičajeno generiše samo jedan redukt skup. Algoritam koji je pogodan za ovo je varijacija Džonsonovog algoritma (Johnson, 1974).

Formalno zapisano, neka je  $\emptyset \neq P \subseteq A$  i  $a \in P$ . Atribut  $a$  je suvišan u  $P$  jer je  $I_P = I_{P-\{a\}}$ .

Pravila se generišu jednostavnim preklapanjem atributa iz redukt skupa preko tabele i očitavanjem vrijednosti. Generisanje podataka na osnovu vrednosti iz realnog života testiran je na podacima iz Tabele 2.

T111	T213	T221	T223	T327	WWD
1	1	1	1	0	Pass
1	1	1	1	0	Pass
1	1	1	1	0	Pass
1	1	0	1	0	Fail
1	0	1	1	0	Fail
1	0	1	1	0	Fail
1	1	0	1	0	Fail
1	0	0	0	0	Fail
1	1	0	1	0	Fail
1	0	0	0	0	Fail
1	1	1	1	1	Pass
1	1	0	0	0	Fail
1	1	1	0	0	Pass
1	1	1	1	0	Pass
1	1	0	0	0	Fail
1	1	0	1	0	Fail
1	1	0	1	0	Fail
1	0	0	1	0	Fail
1	1	1	0	0	Fail

**Tabela 2:** Uticaj nastavnih sadržaja na rad sa word dokumentima (WWD).

Vrijednosti nastavnih sadržaja prikazanih u tabeli 2 ne moraju biti samo binarne, one mogu imati bilo koju numeričku vrijednost.

U ovom slučaju, kondicioni atributi su Task Item-i (TI), a binarni atribut odluke je WWD. Test je izvršen pomoću sistema Rosetta koji je dostupan preko interneta (Øhrn,1999). Rosetta sistem je generisao sledeći redukt: {TI213, TI221, TI223}, što

znači da će IF dio pravila sadržavati samo ove atribute. Generisana su sljedeća pravila:

---

**PRAVILO 1:** TI213(1) AND TI221(1) AND TI223(1) => Word Processing(Pass)

**PRAVILO 2:** TI213(1) AND TI221(0) AND TI223(1) => Word Processing(Fail)

**PRAVILO 3:** TI213(0) AND TI221(1) AND TI223(1) => Word Processing(Fail)

**PRAVILO 4:** TI213(0) AND TI221(0) AND TI223(0) => Word Processing(Fail)

**PRAVILO 5:** TI213(1) AND TI221(0) AND TI223(0) => Word Processing(Fail)

**PRAVILO 6:** TI213(0) AND TI221(0) AND TI223(1) => Word Processing(Fail)

**PRAVILO 7:** TI213(1) AND TI221(1) AND TI223(0) => Word Processing(Pass) OR Word Processing(Fail)

---

### **PRAVILO 1:**

Ako je vrijednost atributa TI213 jednaka 1 i vrijednost atributa TI221 jednaka 1 i vrijednost atributa TI223 jednaka 1 **ONDA** je student zadovoljio zadatak rada sa dokumentima u wordu (Word Processing jednako Pass). Ostala pravila se tumače analogno pravilu 1. Pravila od 1 do 6 su egzaktna, dok je pravilo 7 ne-egzaktno jer **THEN** deo ovog pravila sadrži **OR** logički operator.

Na ovaj način je moguće automatski generisati pravila koja bi bila uključena u Mamdani fazi inferentni sistem, tj. korištena pri izradi ITS. Dakle, tutor može unijeti pravila na osnovu svog iskustva, ali pravila mogu biti i generisana na osnovu podataka.

### **6.3.8. Modul za komunikaciju**

Modul za komunikaciju omogućava komunikaciju unutar i van ITS-a. Sistem funkcioniše uz pomoć dva uređaja za komunikaciju a to su tutorov i studentov interfejs. Tutorov interfejs je uređaj koji omogućava komunikaciju tutora sa ostalim dijelovima ITS-a. Tutor unutar sistema ostvaruje komunikaciju sa bazom nastavnih materijala, bazom pravila i bazom znanja. Studentov interfejs omogućava komunikaciju studenta sa testom znanja, modulom za isporuku nastavnih sadržaja i modulom za unapređenje kompetencija. U ITS-u nije posvećena posebna pažnja dizajniranju tutorovog i studentovog interfejsa jer to spada u domen softverskog rješenja sistema. Jedno od jednostavnih rješenja kako se mogu realizovati interfejsi u ITS-u su tekst editori.

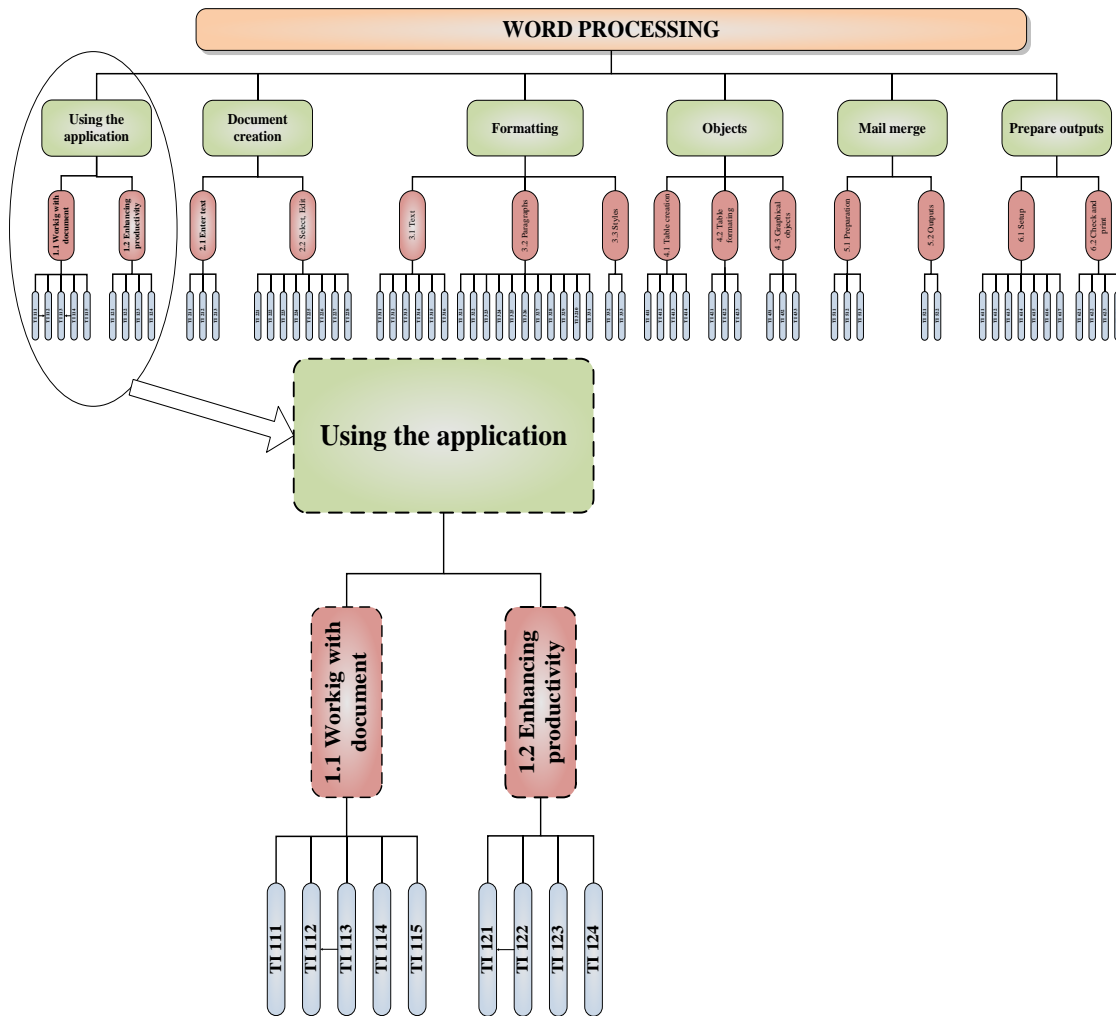
## IMPLEMENTACIJA MODELA INTELIGENTNOG SISTEMA

7.

### 7.1. Modeliranje tutora

Prilikom modeliranja tutora posebna pažnja je posvećena određivanju domena znanja preko baze znanja, baze nastavnih sadržaja i IF...THEN ili (If...Then) pravila. Osnovna funkcija tutora je da na osnovu ekspertnog i pedagoškog iskustva koje posjeduje omogući da ITS radi sa minimalnim greškama. Nepravilno modeliranje Tutor-a povlači i greške koje se mogu javiti prilikom rada ITS-a. Dakle, tutor upravlja na posredan ili neposredan način svim bazama koje se nalaze u ITS-u što direktno povlači i uticaj na mehanizam zaključivanja odnosno u konkretnom slučaju modul za procjenu znanja i modul za isporuku nastavnih sadržaja. Putem baze znanja i baze IF...THEN pravila utiče na modul za procjenu znanja, a putem baze nastavnih sadržaja na modul za isporuku nastavnih sadržaja.

Tutorovo upravljanje bazom znanja vrši tako što pomoću ličnog ekspertnog iskustva ukupno domensko znanje ograniči na nastavni silabus usklađen sa potrebama primjene ITS-a. Domensko znanje referentnog ITS-a predstavljeno je bazom znanja evropskog standarda informatičkih kompetencija (ECDL) (ECDL Foundation, 2015). Prilikom modeliranja tutorove baze znanja primijenjen je Base Module, Word Processing, prilozi 3 i 4. Jedna od mogućih barijera kod modeliranja baze znanja je jezička prepreka, jer se tako ograničava područje upotrebe ITS-a, upravo zbog toga su svi izrazi koji se koriste u bazi znanja preuzeti u izvornom obliku iz baze ECDL standarda. Baza znanja predstavlja nastavni silabus i ima hijerarhijsku strukturu baziranu na modularnom sistemu, a sastoji se od nastavnog modula (*Teaching Module*), nastavnih poglavlja (*Teaching Chapter*), nastavnih lekcija (*Teaching Lesson*) i nastavnih sadržaja (*Task Item ili TI*), prilozi 3, 4 i slika 13. Hijerarhijska struktura zasnovana na modularnom principu nastave prikazana je na slici 17. Na slici 17 izdvojena je grana modula Word Processing i uokvirena je isprekidanom linijom kao bi označila onaj dio sistema čija će realizacija biti objašnjena kroz primjere 2, 3 i 4.



Slika 17. Hijerarhijski model baze znanja u ITS-u.

Zbog složenosti inteligentnog upravljanja u relevantnom ITS-u (6.3.4. i 6.3.5), sistem je projektovan na osnovu procesa fazi logičkog upravljanja. Ovo je jedan od načina upravljanja koji je naročito pogodan za sisteme koji su promijenjivi i vrlo teško se mogu modelovati. Referencirani ITS je projektovan pomoću fazi logičkih kontrolera (FLC).

Projektovanje FLC-ova u ITS-u realizovano je u nekoliko faza:

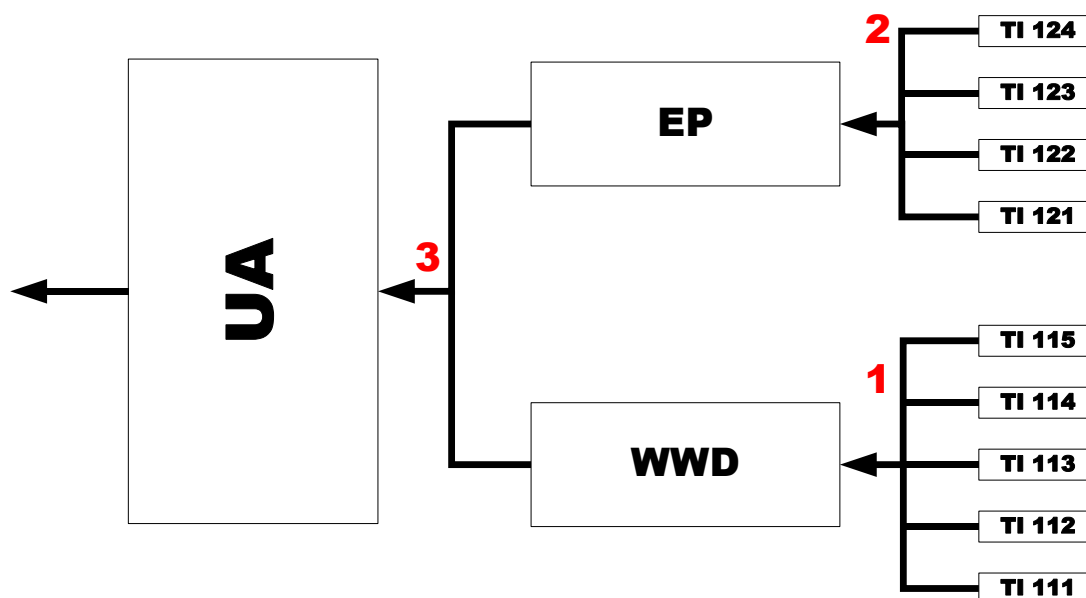
- Analiza procesa upravljanja sistemom, poglavlje (7.1.1).
- Podešavanje FLC-ova prema IF...THEN pravilima, dobijenim od strane tutora (7.1.2.).
- Simulacija rada FLC-a u programskom jeziku Java, poglavlje (7.1.3.).

Proces inteligentnog upravljanja je projektovan tako da struktura FLC-ova koji su redno/paralelno vezani odgovara modularnoj strukturi nastave baziranoj na ECDL standardu, prilozi 3 i 5. Struktura stabla nastavnog modula Word processing

prikazana na slici 17 je preslikana na sistem organizacije FLC-ova u ITS-u, prilog 5. Sistem upravljanja pomoću FLC-ova sastoji se od 64 ulazne vrijednosti u obliku nastavnih sadržaja (TI) i FLC-ova vezanih u rednu i paralelnu strukturu, ima ih ukupno 21. Organizacija FLC-ova bazira se na principu stabla koje se sastoji od grana ili čvorišta i čvorova. Čvorišta sistema na određenom nivou zaključivanja predstavljaju ulaze a na sljedećem izlaze iz FLC-a, to nije slučaj samo sa početnim nivoom.

#### Čvorište 1.

Čvorište 1 sastoji se od Čvora 1, Čvora 2 i Čvora 3. Čvor 1: sadrži 5 ulaznih TI-ma za kontroler WWD (Working with Documents). Čvor 2: sadrži za kontroler EP (Enhancing Productivity) i 4 TI-ma. Čvor 3: sadrži dva ulazna kontrolera WWD i EP i jedan izlazni kontroler UA, slika 18.



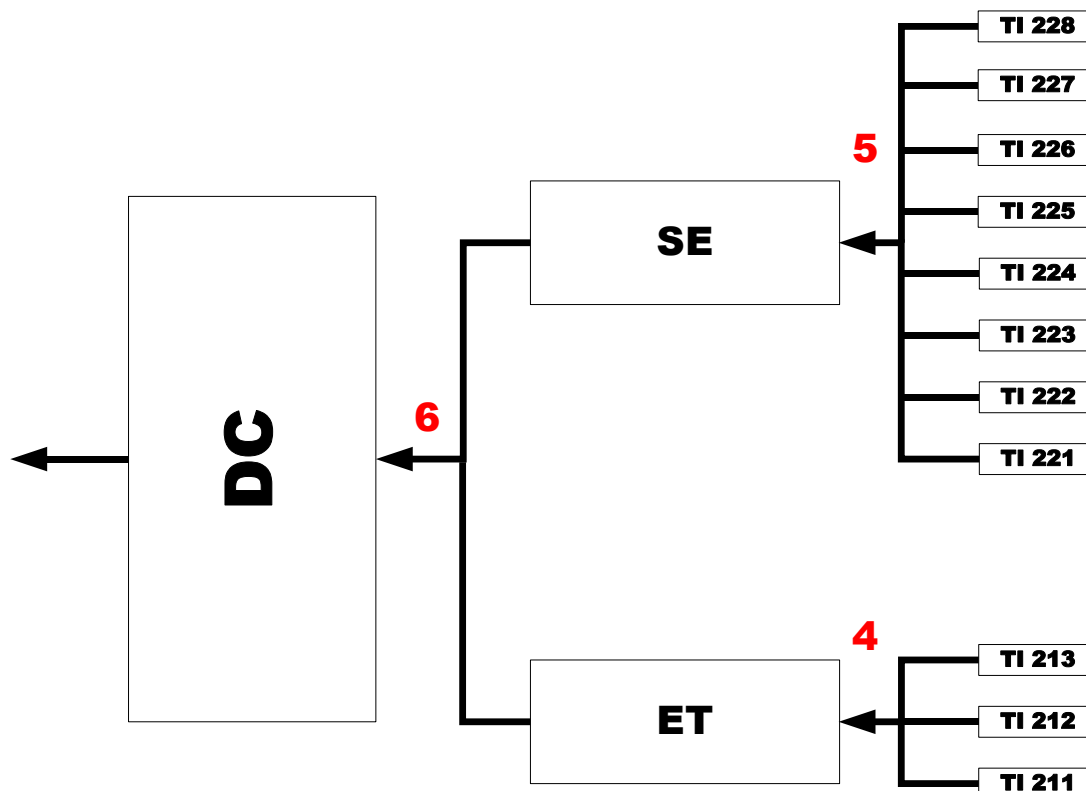
*Slika 18. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 1.*

Čvor 1 sastoji se od pet ulaznih TI-ja (TI 111, TI 112, TI 113, TI 114 i TI 115) koji su u rednoj vezi sa FLC-om WWD. Čvor 2 sastoji se od četiri ulazna TI-ma (TI 121, TI 122, TI 123 i TI 124) koji su u rednoj vezi sa FLC-om EP. U čvoru 3 WWD i EP su međusobno paralelno vezani kontroleri a redno sa UA fazi kontrolerom.

#### Čvorište 2.

Čvorište 2 sastoji se od Čvora 4, Čvora 5 i Čvora 6. Čvor 4: sadrži 3 ulazna TI-ma za kontroler ET (Enter Text). Čvor 5: sadrži za kontroler EP (Select, Edit) osam TI-ma. Čvor 6: sadrži dva ulazna kontrolera ET i SE i jedan izlazni kontroler DC (Document Creation), slika 19.



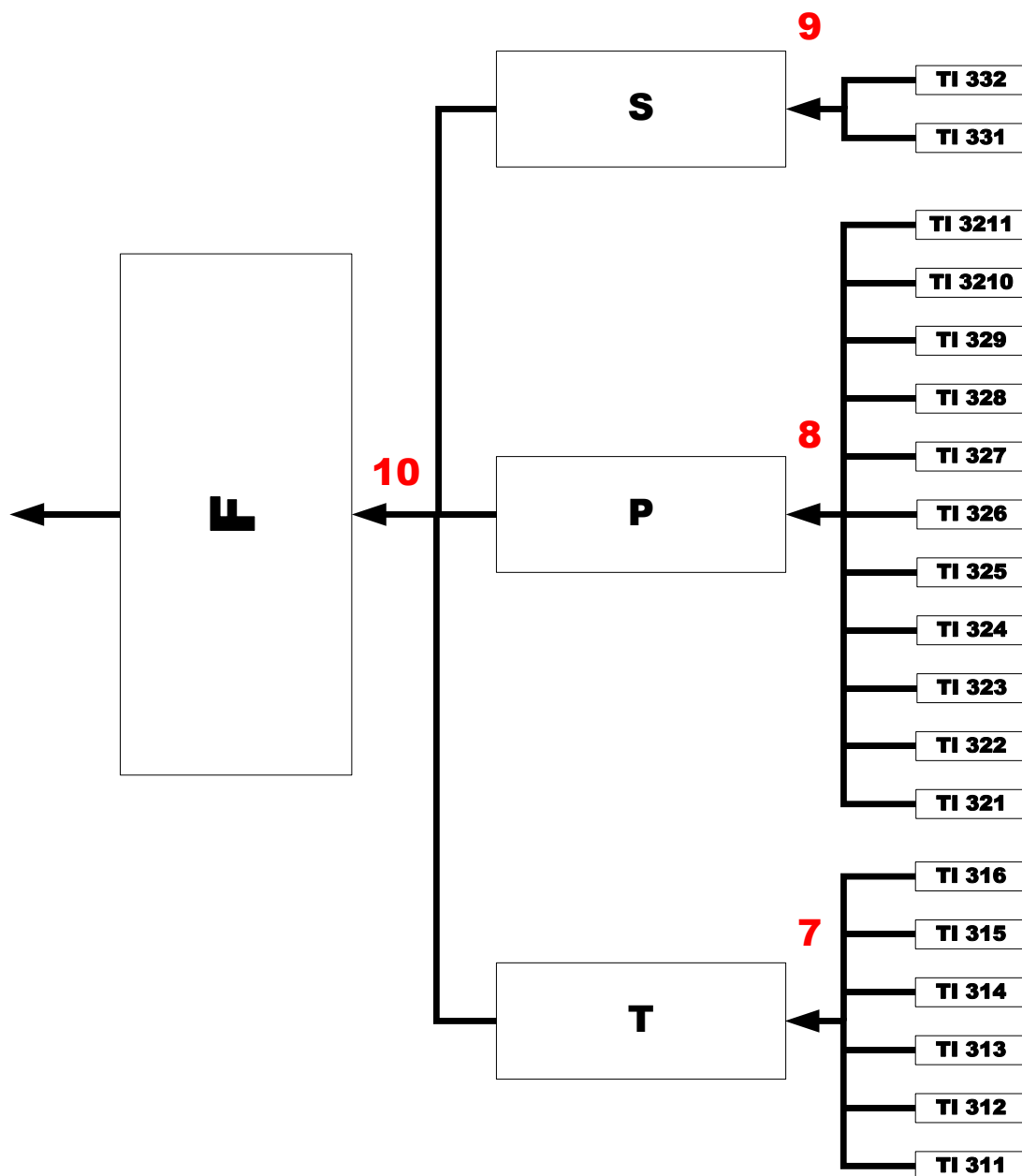


*Slika 19. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 2.*

Čvor 4 sastoji se od tri ulazna TI-ma (TI 211, TI 212 i TI 213) koji su u rednoj vezi sa FLC-om ET. Čvor 2 sastoji se od osam ulaznih TI-ma (TI 221, TI 222, TI 223, TI 224, TI 225, TI 226, TI 227 i TI 228) koji su u rednoj vezi sa FLC-om SE. U čvoru 3 ET i SE su međusobno paralelno vezani kontroleri a redno sa DC fazi kontrolerom.

*Čvorište 3.*

Čvorište koje sadrži najveći broj ulaznih varijabli je čvorište 3 sastoji se od 19 ulaznih TI-ma i četiri čvora. Dakle, sadrži Čvor 7, Čvor 8 i Čvor 9 i Čvor 10. Čvor 7: sadrži 5 ulaznih TI-ma za kontroler T (Text). Čvor 8: sadrži za kontroler P (Paragraphs) 4 TI-ma. Čvor 9: sadrži za kontroler S (Styles) 2 TI-ma. Čvor 10: sadrži tri ulazna kontrolera T, P i S i jedan izlazni kontroler F (Formatting), slika 20.

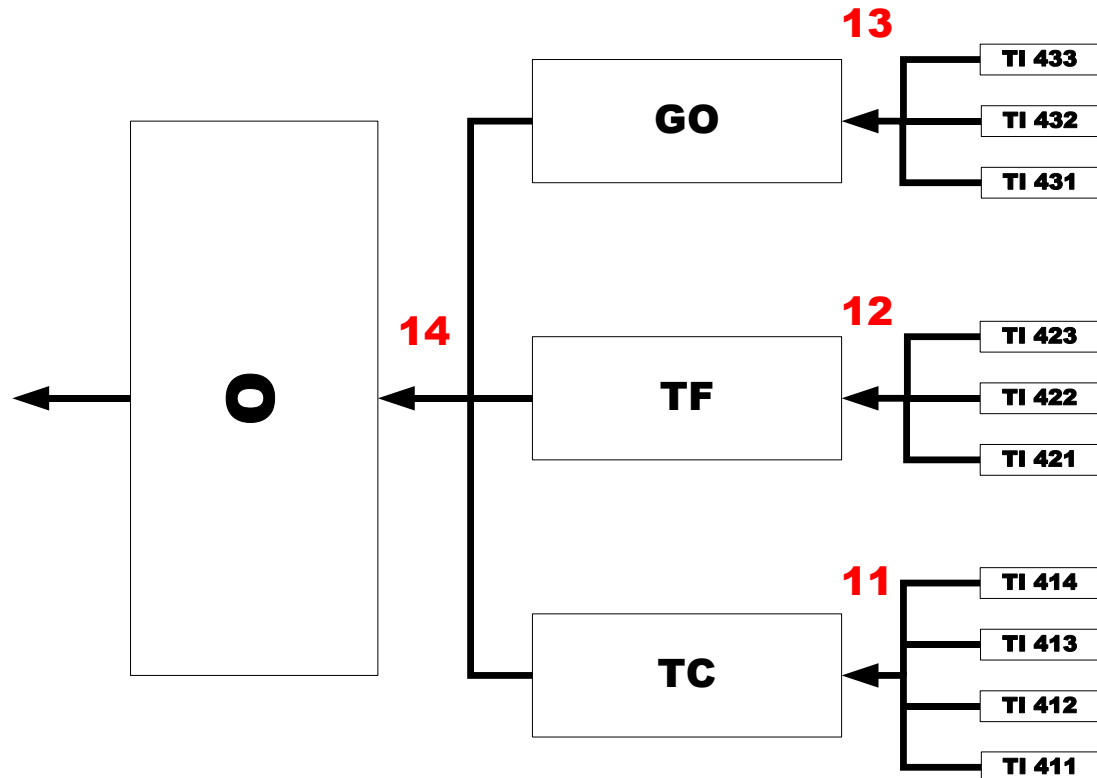


*Slika 20. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 3.*

Čvor 7 sastoji se od šest ulaznih TI-ma (TI 311, TI 312 i TI 313, TI 314, TI 315 i TI 316) koji su u rednoj vezi sa FLC-om T. Čvor 8 sastoji se od 11 ulaznih TI-ma (TI 321, TI 322, TI 323, TI 324, TI 325, TI 326, TI 327, TI 328, TI 329, TI 3210 i TI 3211) koji su u rednoj vezi sa FLC-om P (Paragraphs). Čvor 9 sastoji se od dva ulaza (TI 331 i TI 332) za S (Styles) kontroler. U čvoru 10 T, P i S su međusobno paralelno vezani kontroleri a redno sa F fazi kontrolerom.

*Čvorište 4.*

Čvorište 4 sadrži Čvor 11, Čvor 12 i Čvor 13 i Čvor 14. Čvor 11: sadrži 4 ulazna TI-ma za kontroler TC (Table Creation). Čvor 12: sadrži za kontroler TF (Table Formatting) i tri TI-ma. Čvor 13: sadrži za kontroler GO (Graphical Objects) tri TI-ma. Čvor 14: sadrži tri ulazna kontrolera TC,TF i GO i jedan izlazni kontroler O (Objects), slika 21.

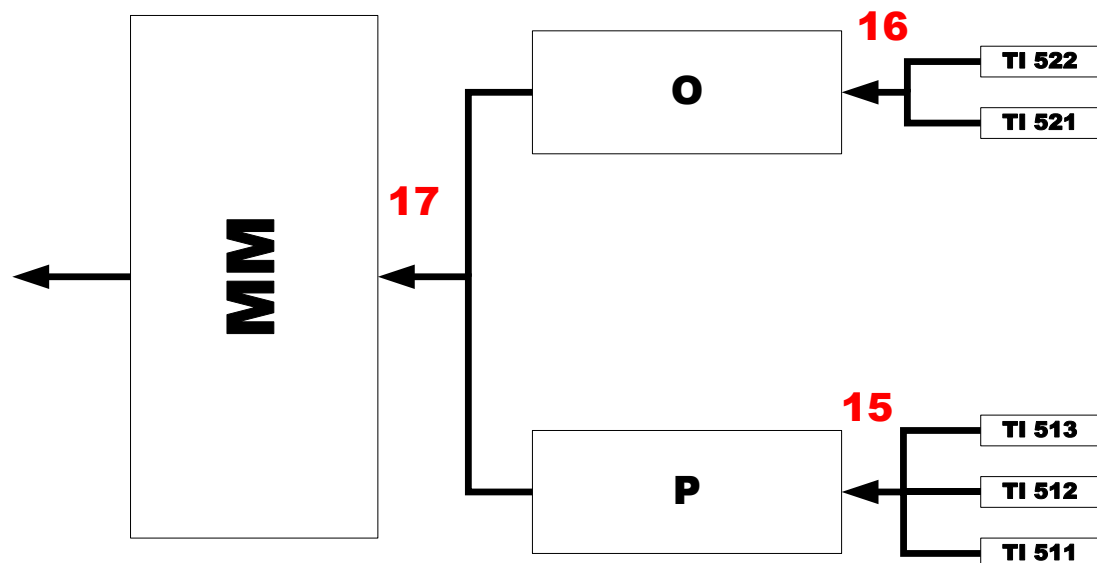


*Slika 21. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 4.*

Čvor 11 sastoji se od četiri ulazna TI-ma (TI 411, TI 412 i TI 413 i TI 414) koji su u rednoj vezi sa FLC-om TC. Čvor 12 sastoji se od tri ulazna TI-ma (TI 421, TI 422 i TI 423) koji su u rednoj vezi sa FLC-om TF. Čvor 13 sastoji se od tri ulaza (TI 431, TI432 i TI433) za GO kontroler. U čvoru 14 TC, TF i GO su međusobno paralelno vezani kontroleri a redno sa O fazi kontrolerom.

*Čvorište 5.*

Čvorište 5 sastoji se od Čvora 15, Čvora 16 i Čvora 17. Čvor 15: sadrži 3 ulazna TI-ma za kontroler P (Preparation). Čvor 16: sadrži za kontroler O (Outputs) dva TI-ma. Čvor 17: sadrži dva ulazna kontrolera P i O i jedan izlazni kontroler MM (Mail Merge), slika 22.

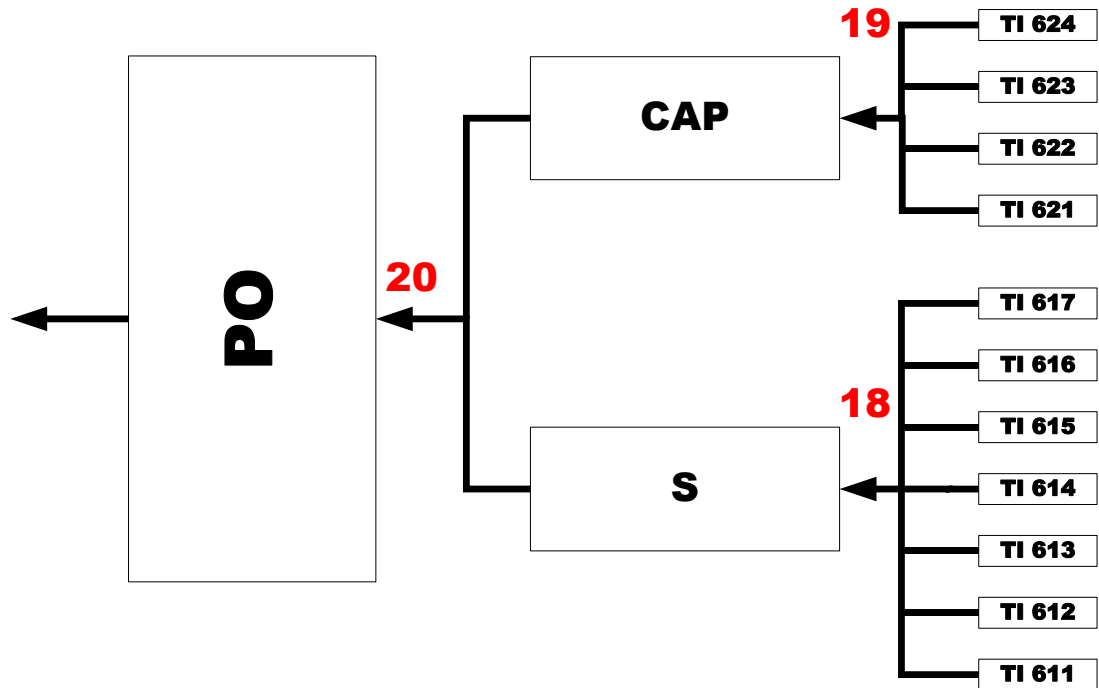


*Slika 22. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 5.*

Čvor 15 sastoji se od tri ulazna TI-ma (TI 511, TI 512 i TI 513) koji su u rednoj vezi sa FLC-om P. Čvor 16 sastoji se od dva ulazna TI-ma (TI 521 i TI 522) koji su u rednoj vezi sa FLC-om O. U čvoru 17 P i O su međusobno paralelno vezani kontroleri a redno sa MM fazi kontrolerom.

*Čvorište 6.*

Čvorište 6 sastoji se od Čvora 18, Čvora 19 i Čvora 20. Čvor 18: sadrži 7 ulaznih TI-ma za kontroler S (Setup). Čvor 19: sadrži za kontroler CAP (Check and Print) i četiri TI-ma. Čvor 20: sadrži dva ulazna kontrolera S i CAP i jedan izlazni kontroler PO (Prepare Outputs), slika 23.

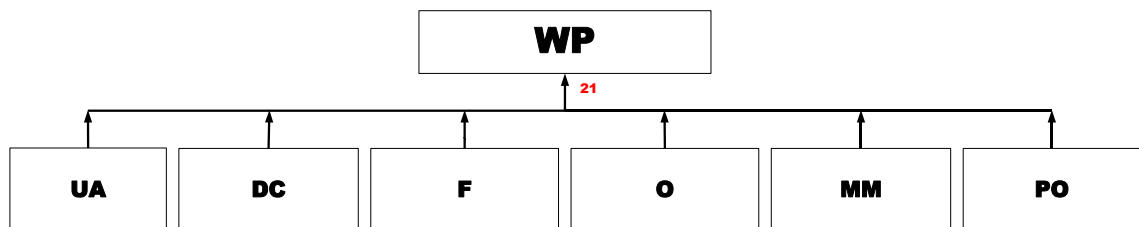


Slika 23. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 6.

Čvor 18 sastoji se od sedam ulaznih TI-ma (TI 611, TI 612, TI 613, TI 614, TI 615, TI 616 i TI 617) koji su u rednoj vezi sa FLC-om S. Čvor 19 sastoji se od četiri ulazna TI-ma (TI 621, TI 622, TI 623 i TI 624) koji su u rednoj vezi sa FLC-om CAP. U čvoru 20 S i CAP su međusobno paralelno vezani kontroleri a redno sa PO fazi kontrolerom.

Čvorište 7.

Čvorište 7 predstavlja najviši nivo u projektovanju „stabla“. Čvor 21 se sastoji od šest ranije navedenih (UA, DC, F, O, MM i PO) međusobno paralelno vezanih kontrolera i vezanih redno sa WP kontrolerom, slika 24. Referencirani kontroleri su na nižem nivou hijerarhijske stukture predstavljali izlazne kontrolere u ovom slučaju predstavljaju ulazne kontrolere.



Slika 24. Grafički prikaz rasporeda FLC-ova u čvorištu 7.

Realizacija FLC-ova u inteligentnom sistemu upravljanja se svodi na pisanje programskog koda (korišten je programski jezik Java). Koji se zasniva na zadanoj

vrijednosti studentovih postignuća u savladavanju nastavnih sadržaja koju postavlja tutor, a ista ta vrijednost se zadržava sve dok se u sistemu ne dogodi zahtjev za nekom drugom vrijednošću. Prije pisanja programskog koda neophodna je bila analiza procesa upravljanja sistemom i u poglavlju (6.3.5) matematički je opisan sistem kako bi se prije praktične implementacije programskog koda u mikrokontroleru izvršila simulacija. Svrha simulacije je da se matematičkim putem pomoću Alfa algoritma pokušaju opisati pojave u ITS-u kako bi praktična realizacija inteligentnog upravljanja u realnom sistemu ispunila ciljeve.

### 7.1.1. Analiza procesa upravljanja sistemom

Tutor u sistemu vrši fazi upravljanje pomoću kvalitativnih opisa; koristeći se fazi IF - THEN (AKO-ONDA) pravilima. IF...THEN pravila se mogu u sistemu definisati pomoću modula za sintezu pravila. Ako modul ne postoji, njegovu ulogu preuzima tutor. U tom slučaju zadatak tutora bi bio da prikupi probrana pravila u pedagoškoj praksi i pretvori ih u kvantitativna pravila koja odgovaraju funkcionisanju i namjeni ITS-ma. U konkretnom slučaju kvalitativna pravila definiše tutor koji mora poznavati pojave i procese do nivoa kada je u mogućnosti da ih opiše pomoću lingvističkih AKO-ONDA pravila.

Tutorovo ekspertno znanje potrebno je za podešavanje određenih parametara Mamdani tipa fazi kontrolera i podrazumijeva sljedeće korake:

- identifikacija ulaznih veličina, njihovog broja i lingvističkih termina kojima su označene, kao i njihovih brojnih opsega (definicija ulaznih fazi promenljivih),
- identifikacija izlaznih veličina, lingvističkih termina kojima su označene i njihovih brojnih opsega (definicija izlaznih fazi promenljivih),
- definicija funkcija pripadnosti lingvističkih vrednosti za svaku vrednost fazi ulaznih promenljivih i fazi izlaznih promenljivih,
- konstrukcija skupa fazi IF - THEN pravila (IF dio pravila sastoji se od fazi propozicija koje uključuju ulazne promenljive, a povezane su fazi veznicima, THEN dio je analogan IF dijelu, ali uključuje izlazne promenljive),
- izbor metoda za implementaciju fazi logičkih operatora (AND, OR) i metoda defazikacije.

Radi boljeg uvida u modelovanje Mamdani FIS-a potrebno je izvršiti podešavanje Mamdani FLC (Fuzzy Logic Controller). Podešavanje je urađeno na primjeru za jednu granu (čvorište) modula Word Processing a ostali FLC-ovi u MFIS-u (Mamdani Fuzzy Inference System) su podešeni analogno navedenim u primjeru. Modul Word Processing je dizajniran pomoću Mamdani fazi logičkih kontrolera. Ulazne veličine definisane su na nivou nastavnih sadržaja ili u daljem tekstu Task Item-a (TI) a izlazna veličina na nivou nastavne lekcije ili Skill Set i nastavnih poglavlja ili

Category, prilog 4 Zaključivanje se odvija od dna ka vrhu sistema. Čvorišta sistema označena isprekidanim linijama, na određenom nivou zaključivanja čvorišta predstavljaju ulaze, a na sljedećem izlaze iz FLC-a, to nije slučaj samo sa početnim nivoom, slika 17.

### 7.1.2. Podešavanje FLC-ova prema IF...THEN pravilima

Na konkretnim primjerima podešena su tri Mamdani FLC-a, a to su Working with Documents ili WWD, Enhancing Productivity ili EP i Using the Application ili UA. Za svaki Mamdani FLC potrebno je odrediti ulazne i izlazne veličine, lingvističke termine, opsege, odgovarajuće funkcije pripadnosti, IF...THEN pravila, logičke operatore.

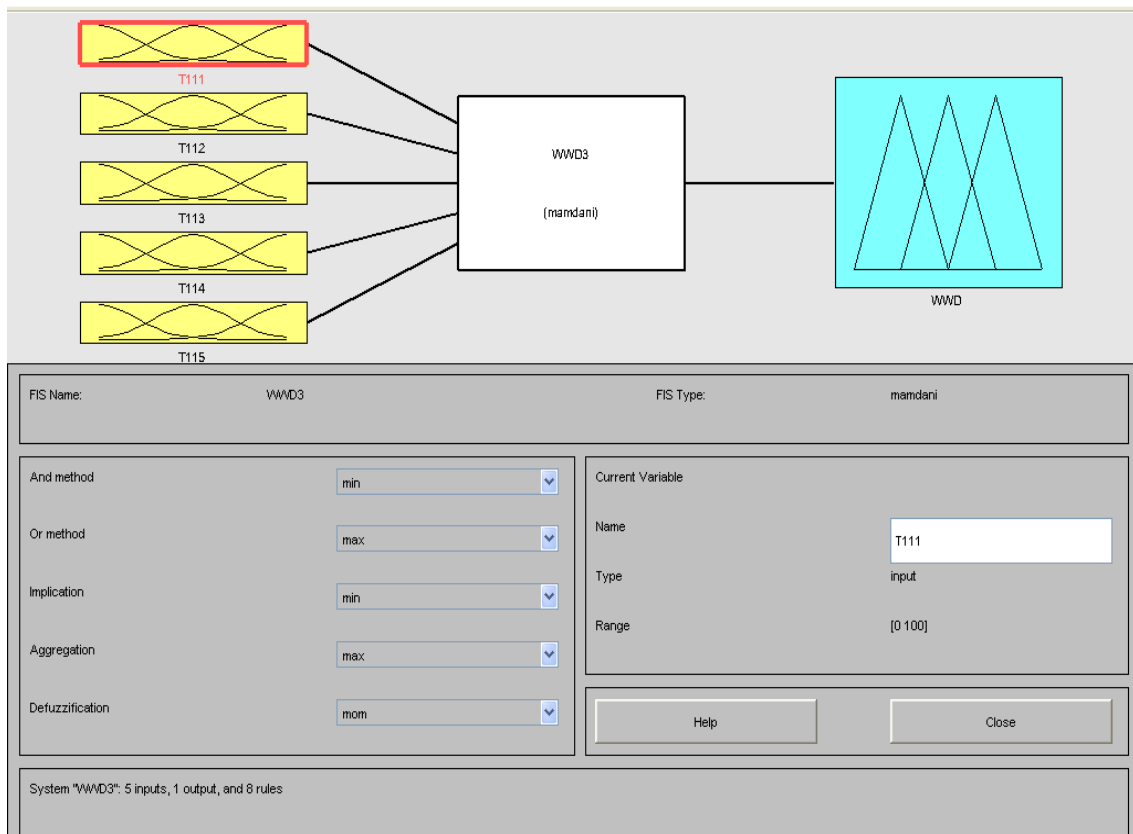
---

#### **PRIMJER 2.**

---

##### *FLC (WWD) Working with Documents*

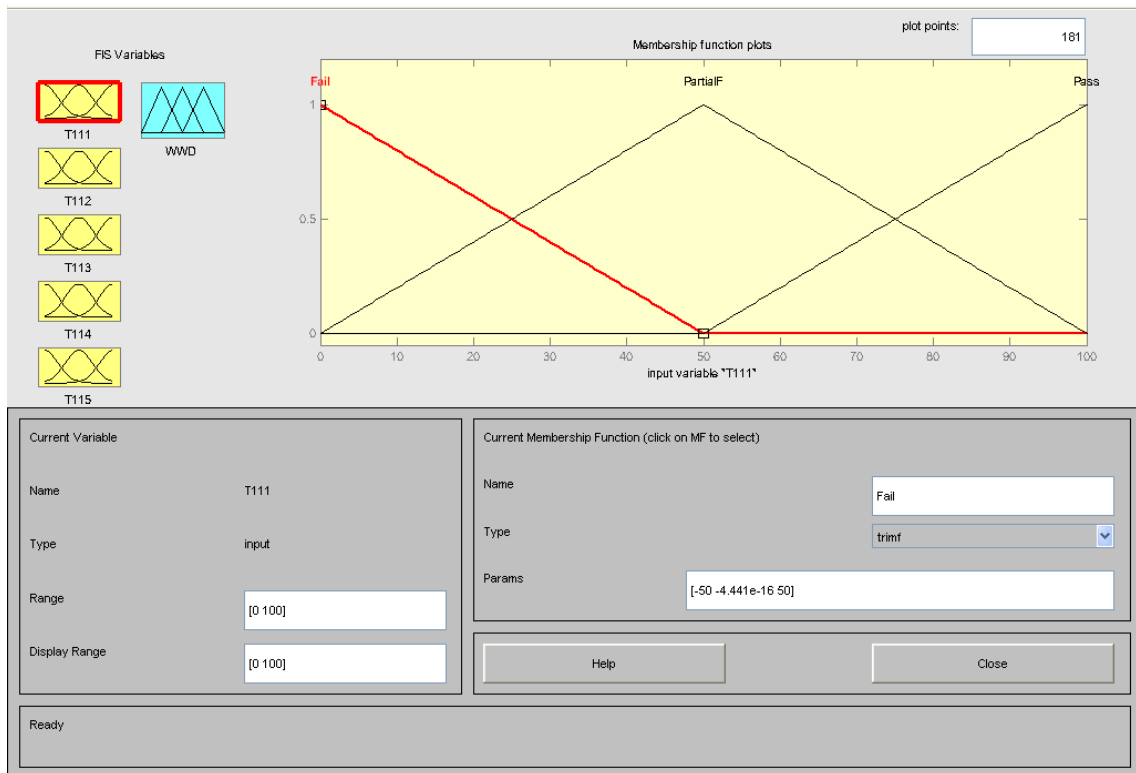
Mamdani fazi logički kontroler WWD sastoji se od pet ulaznih varijabli koje predstavljaju nastavne sadržaje Task Item u daljem tekstu (T). Naziv, Task Item-a je formiran na osnovu skraćenice „T“ i reference, na primjer za prvi 111, prilog 4. Na ulazu u kontroler imamo T111, T112, T113, T114 i T115. Na izlazu se nalazi WWD. Slika 25 prikazuje grafički prikaz FIS-a WWD.



*Slika 25. Mamdani FIS, WWD.*

Ulazne varijable određene su lingvističkim vrijednostima Fail (Loše), PartialF (Djelimično loše) i Pass (Dobro). Na osnovu lingvističkih vrijednosti ulaznih varijabli određene su trougaone funkcije pripadnosti. Za ulaznu varijablu T111 funkcije pripadnosti prikazane su na slici 26. Vrijednosti varijable T111 i ostale četiri varijable kreću se u opsegu od [0,100].





Slika 26. Funkcije pripadnosti za ulaznu varijablu T111.

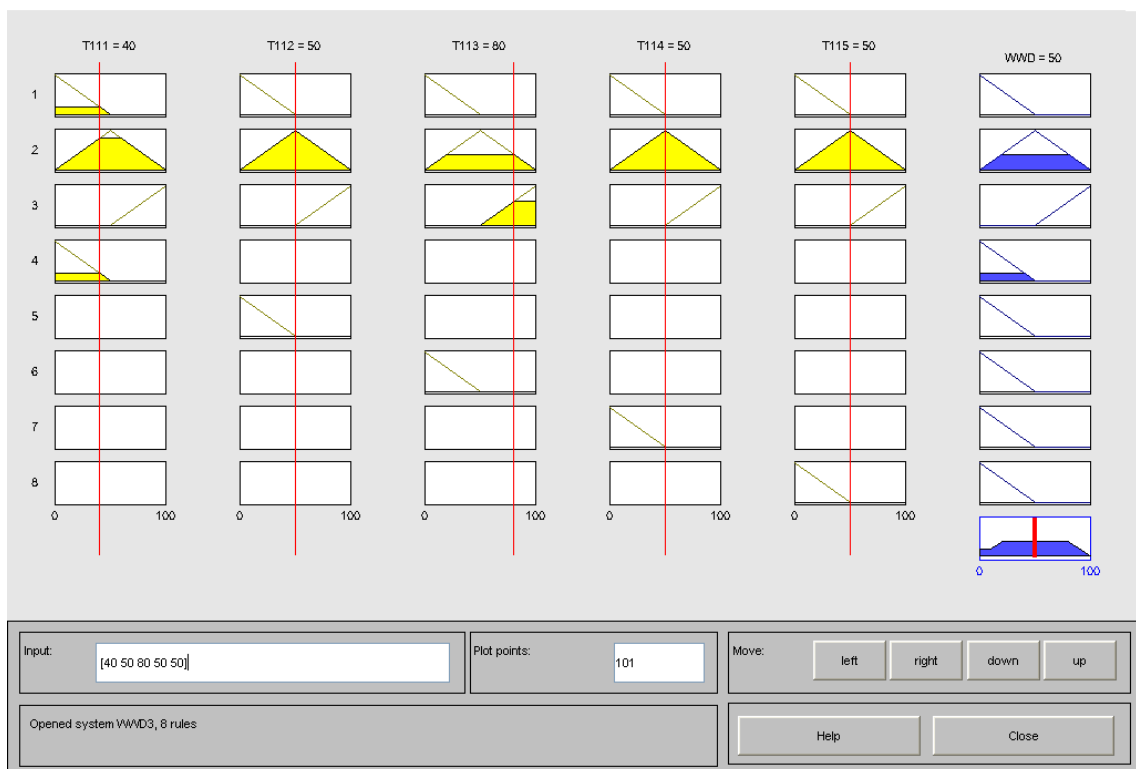
Tutor je zadužen za formiranje IF...THEN pravila i logičkih veznika. Skup pravila za fazi kontroler WWD, prikazan je u tabeli 3, za podešavanje pravila koristi se veznik **AND**. Kod prva tri pravila možemo primijetiti da antecedenti predstavljaju varijable T111, T112, T113, T114 i T115, a konsekvent je WWD. U pravilima 4, 5, 6, 7 i 8 antecedenti su referencirani TI-vi dok je konsekvent WWD.

<b>PRAVILO 1:</b> If (T111 is Fail) <b>and</b> (T112 is Fail) <b>and</b> (T113 is Fail) <b>and</b> (T114 is Fail) <b>and</b> (T115 is Fail) <b>then</b> (WWD is Fail).
<b>PRAVILO 2:</b> If (T111 is PartialF) <b>and</b> (T112 is PartialF) <b>and</b> (T113 is PartialF) <b>and</b> (T114 is PartialF) <b>and</b> (T115 is PartialF) <b>then</b> (WWD is PartialF).
<b>PRAVILO 3:</b> If (T111 is Pass) <b>and</b> (T112 is Pass) <b>and</b> (T113 is Pass) <b>and</b> (T114 is Pass) <b>and</b> (T115 is Pass) <b>then</b> (WWD is Pass).
<b>PRAVILO 4:</b> If (T111 is Fail) <b>then</b> (WWD is Fail).
<b>PRAVILO 5:</b> If (T112 is Fail) <b>then</b> (WWD is Fail).
<b>PRAVILO 6:</b> If (T113 is Fail) <b>then</b> (WWD is Fail).
<b>PRAVILO 7:</b> If (T114 is Fail) <b>then</b> (WWD is Fail).

**PRAVILO 8: If (T115 is Fail) then (WWD is Fail).**

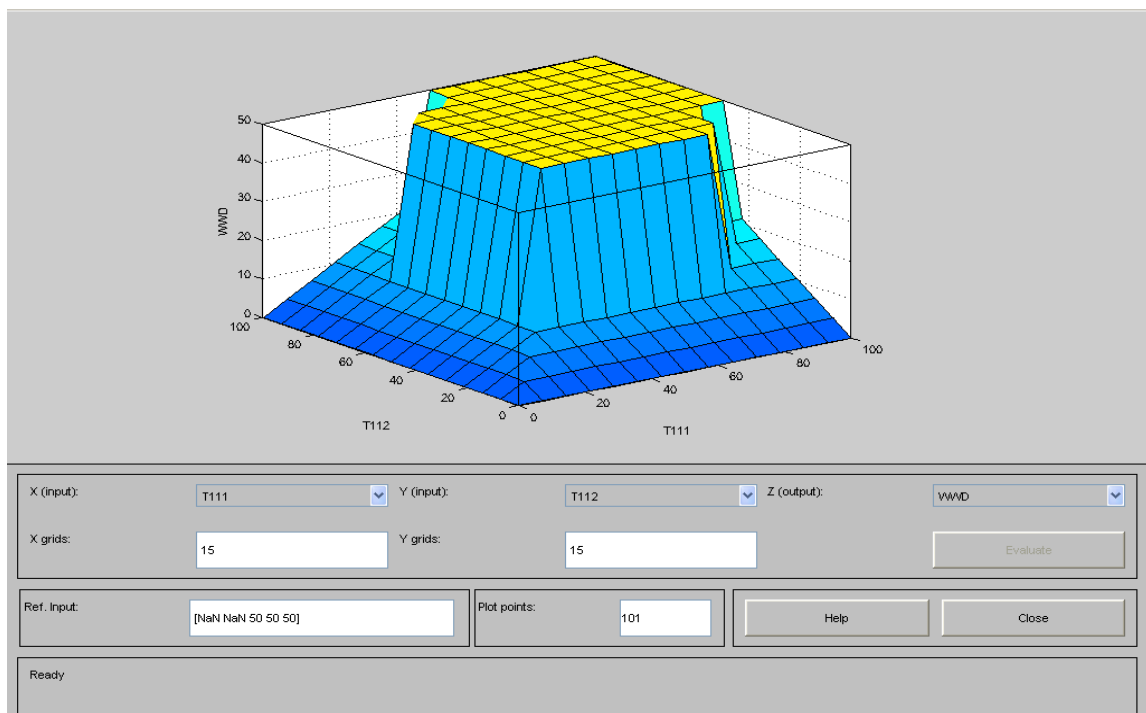
*Tabela 3. IF...THEN pravila za Mamdani FLC, WWD.*

Valjanost podešenih pravila je ispitana dodjeljivanjem konkretnih mjerljivih vrijednosti ulaznim varijablama T111, T112, T113, T114 i T115. Podešene vrijednosti su sljedeće T111 [40], T112 [50], T113 [60], T114 [50] i T115 [50], slika 27. Dakle vrijednosti ulaznih varijabli T112 [50], T113 [60], T114 [50] i T115 [50] su 50 i 60 dok je vrijednost varijable T111 40, vrijednost zaključka WWD je 50 što može da zadovolji kriterijume na osnovu kojih su postavljena pravila. Eksperimentalne mjerne vrijednosti su postavljene kao granične vrijednosti između lingvističkih vrijednosti Fail i Pass.



*Slika 27. Mjerne vrijednosti za ulazne varijable T111, T112, T113, T114 i T115.*

Konkretno vrijednosti ulaznih varijabli T111, T112, T113, T114 i T115 predstavljene su površinom zbirnog zaključka, slika 28.



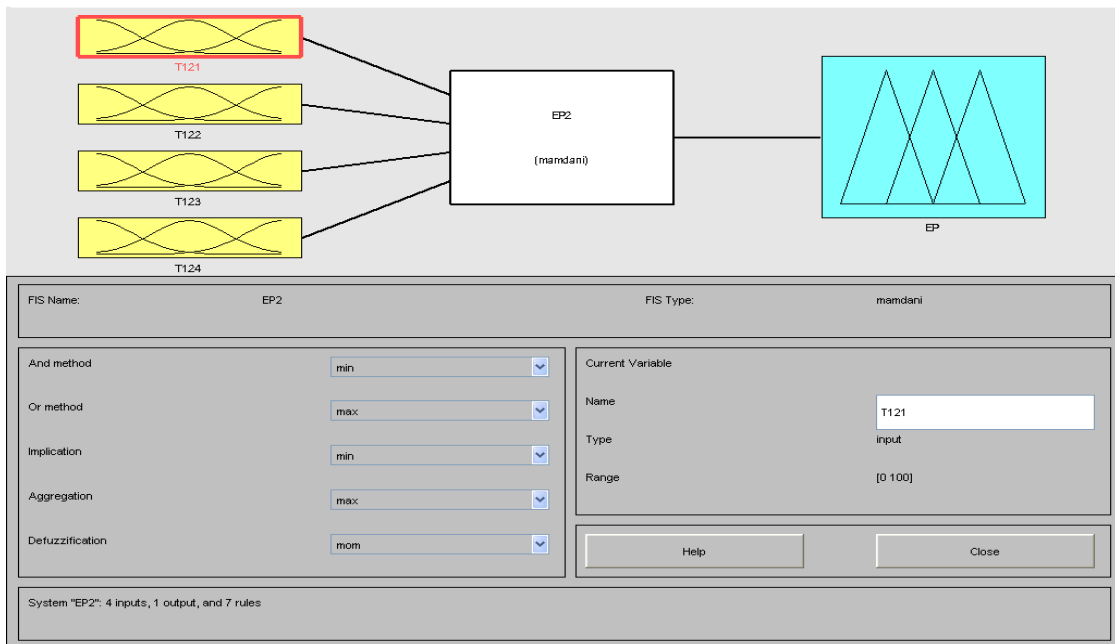
*Slika 28. Površina zbirnog zaključka za WWD.*

Prevođenje površine zbirnog zaključka u skalarnu vrijednost za WWD u ovom primjeru vrši se metodom (*mom-mean of maxima*).

### **PRIMJER 3.**

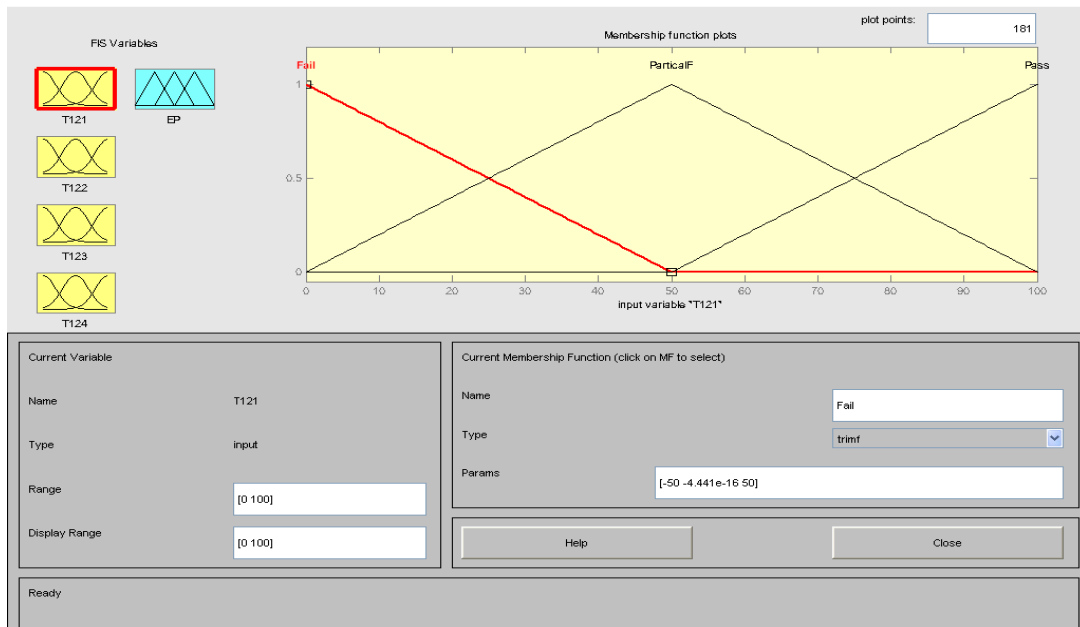
#### *FLC (EP) Enhancing Productivity*

Na isti način kao u prethodnom primjeru podešen je Mandami fazi logički kontroler EP. Na ulazu u kontroler imamo četiri varijable T121, T122, T123 i T124. Na izlazu se nalazi izlazna konstanta EP. Slika 29 grafički prikazuje, FIS-a za EP. Ulazne varijable definisane su lingvističkim vrijednostima Fail (Loše), PartialF (Djelimično loše) i Pass (Dobro) kao i kod prethodnog primjera. Na osnovu lingvističkih vrijednosti ulaznih varijabli određene su trougaone funkcije pripadnosti.



Slika 29. Mamdani FIS, EP.

Za ulaznu varijablu T121 funkcije pripadnosti prikazane su na slici 30. Vrijednosti varijabli svih ulaznih varijabli se kreću u opsegu od [0,100].



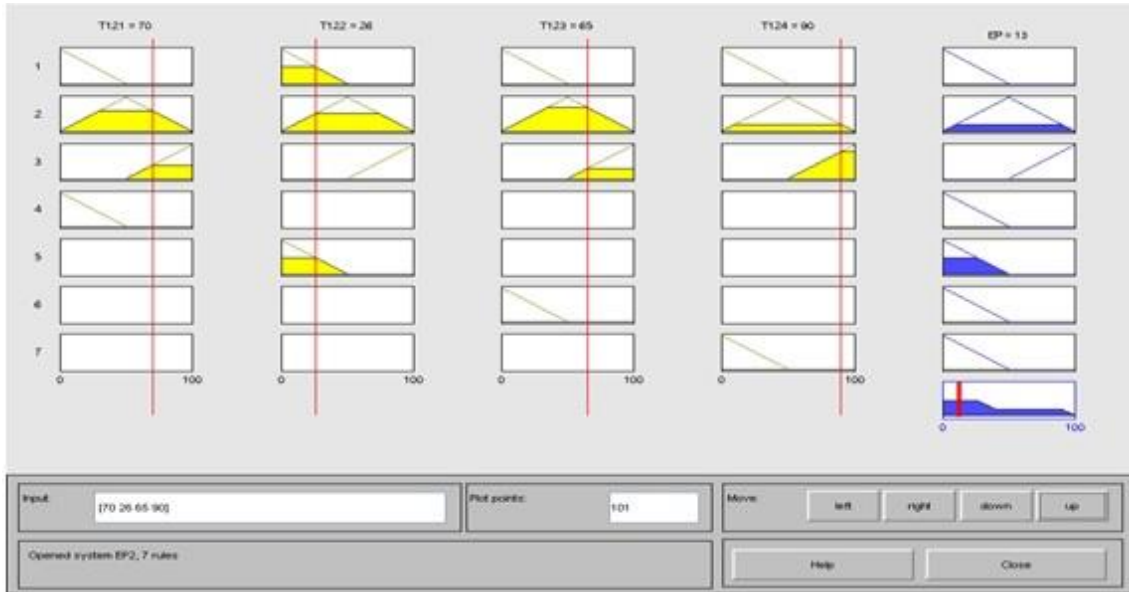
Slika 30. Funkcije pripadnosti za ulaznu varijablu T121.

Formiranje IF...THEN pravila i logičkih veznika urađeno je na sljedeći način. Pravila za fazi kontroler EP podešena su isključivo pomoću veznika **AND**, tabela 4. Kod prva tri pravila možemo primijetiti da antecedenti predstavljaju varijable T121, T122, T123 i T124, a konsekvent je EP. U pravilima 4, 5, 6 i 7 antecedenti su referencirani TI-vi dok je konsekvent EP.

<b>PRAVILO 1:</b> If (T121 is Fail) <b>and</b> (T122 is Fail) <b>and</b> (T123 is Fail) <b>and</b> (T124 is Fail) <b>then</b> (EP is Fail).
<b>PRAVILO 2:</b> If (T121 is PartialF) <b>and</b> (T T122 is PartialF) <b>and</b> (T123 is PartialF) <b>and</b> (T124 isPartialF) <b>and</b> (T115 is PartialF) <b>then</b> (EP is PartialF).
<b>PRAVILO 3:</b> If (T121 is Pass) <b>and</b> (T T122 is Pass) <b>and</b> (T123 is Pass) <b>and</b> (T124 is.Pass) <b>then</b> (EP is Pass).
<b>PRAVILO 4:</b> If (T121 is Fail) <b>then</b> (EP is Fail).
<b>PRAVILO 5:</b> If (T122 is Fail) <b>then</b> (EP is Fail).
<b>PRAVILO 6:</b> If (T123 is Fail) <b>then</b> (EP is Fail).
<b>PRAVILO 7:</b> If (T124 is Fail) <b>then</b> (EP is Fail).

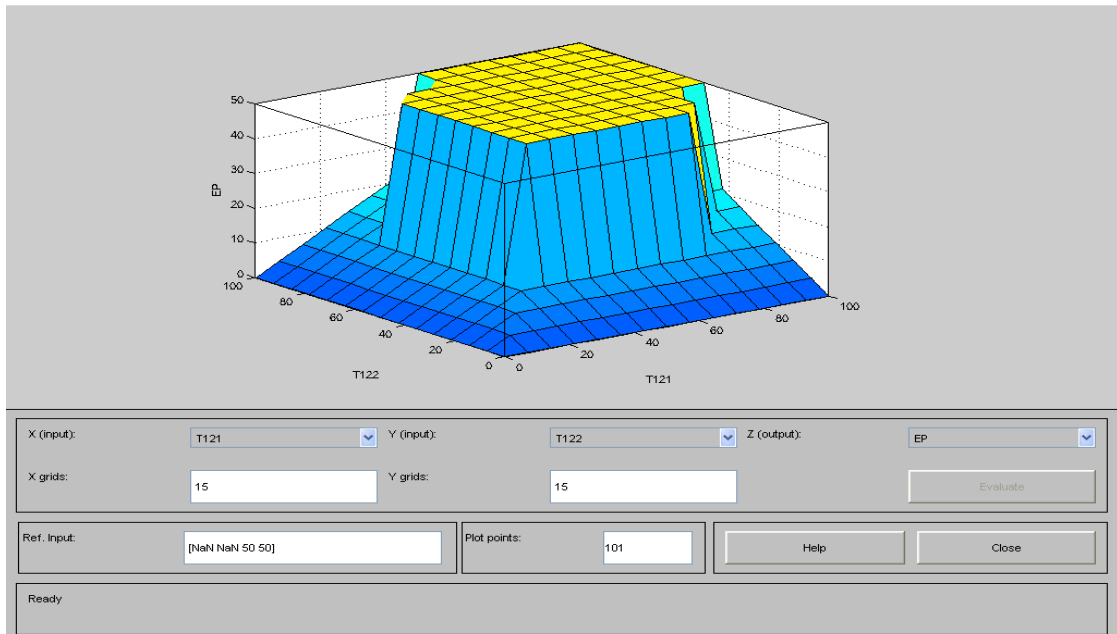
**Tabela 4.** IF...THEN pravila za Mamdani FLC, EP.

Valjanost podešenih pravila je ispitana dodjeljivanjem konkretnih mjerljivih vrijednosti ulaznim varijablama T121, T122, T123 i T124. Podešene vrijednosti su sljedeće T121 [70], T122 [26], T123 [65] i T124 [90], slika 31. Dakle, vrijednosti ulaznih varijabli T121, T122, T123 i T115 su od vrijednosti 65 do 90 dok je varijabla T122 jednaka 26, zbirni zaključak EP ima vrijednost 13 što može da zadovolji kriterijume na osnovu kojih su postavljena pravila.



Slika 31. Mjerne vrijednosti za ulazne varijable T121, T122, T123 i T124.

Vrijednosti ulaznih varijabli T121, T122, T123 i T124 predstavljene su površinom zbirnog zaključka, slika 32.

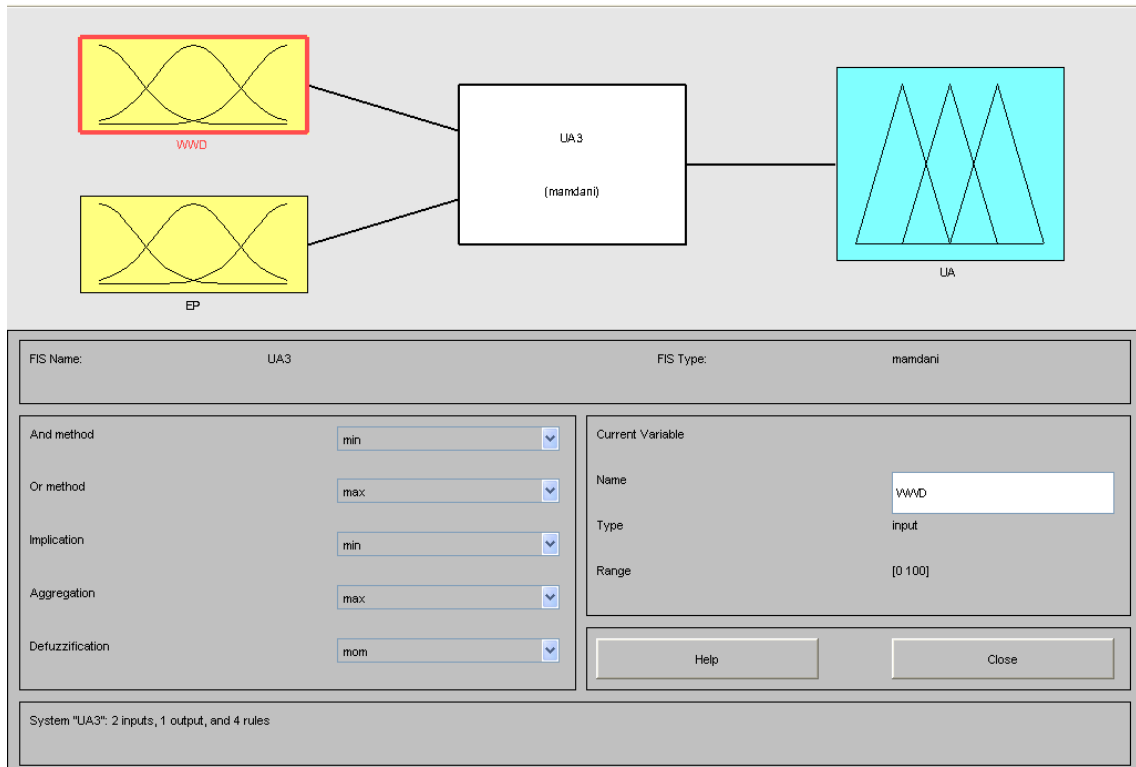


Slika 32. Površina zbirnog zaključka za EP.

Proces defazifikacije za EP u ovom primjeru vrši se metodom (*mom-mean of maxima*).

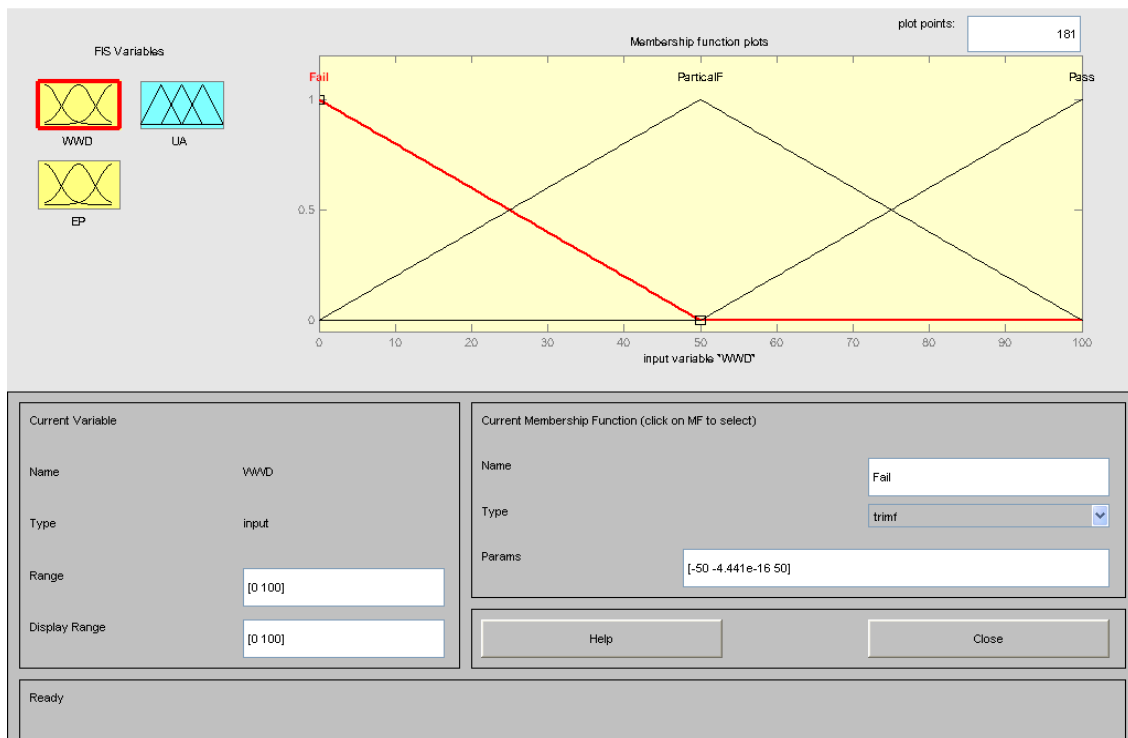
**PRIMJER 4.***FLC (UA) Using the Application*

Mandami fazi logički kontroler UA sastoji se od dvije ulazne varijable koje su u prethodnim primjerima predstavljale izlazne vrijednosti. Na izlazu se nalazi UA. Slika 33 grafički prikazuje FIS-a za UA. Sa podešavanjem FLC-a UA dolazimo do vrha sistema zaključivanja.



**Slika 33.** Mamdani FIS, UA.

Za ulaznu varijablu WWD funkcije pripadnosti prikazane su na slici 34. Vrijednosti dvije ulazne varijable se kreću u opsegu od [0,100].



*Slike 34. Funkcije pripadnosti za ulaznu varijablu WWD.*

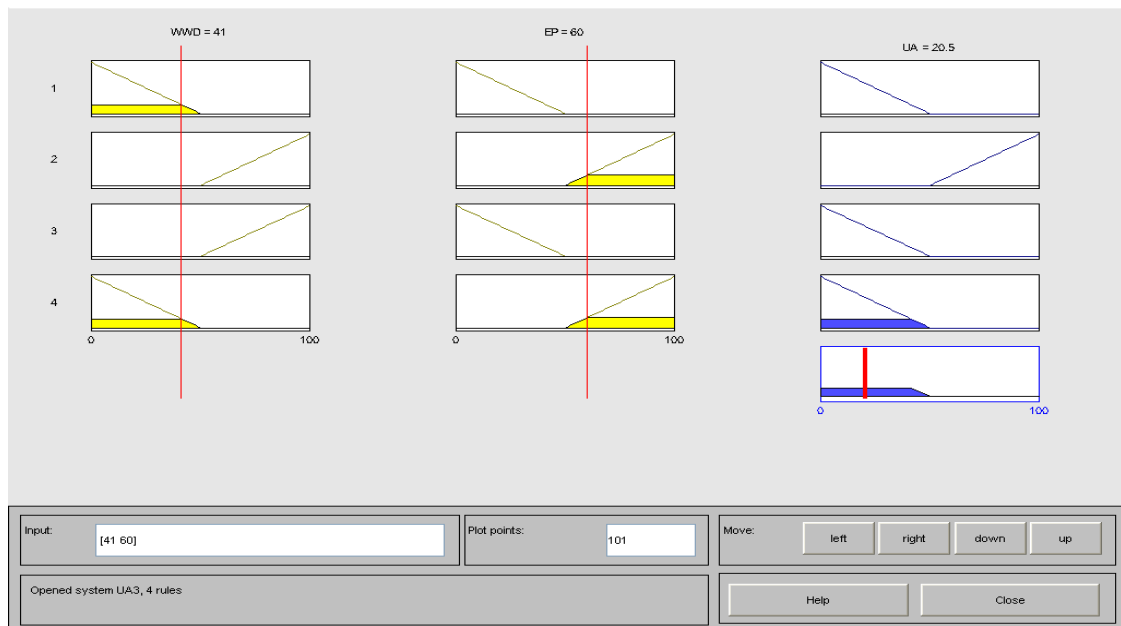
Formiranje IF...THEN pravila i logičkog veznika **AND** izvršeno je kao u tabeli 5. Kod sva četiri pravila možemo primijetiti da antecedenti predstavljaju varijable WWD i EP, a konsekvent je UA.

<b>PRAVILO 1: If (WWD is Fail) and (EP is Fail) then (UA is Fail).</b>
<b>PRAVILO 2: If (WWD is Pass) and (EP is Pass) then (UA is Pass).</b>
<b>PRAVILO 3: If (WWD is Pass) and (EP is Fail) then (UA is Fail).</b>
<b>PRAVILO 4: If (WWD is Fail) and (EP is Pass) then (UA is Fail).</b>

*Tabela 5. IF...THEN pravila za Mamdani FLC, UA.*

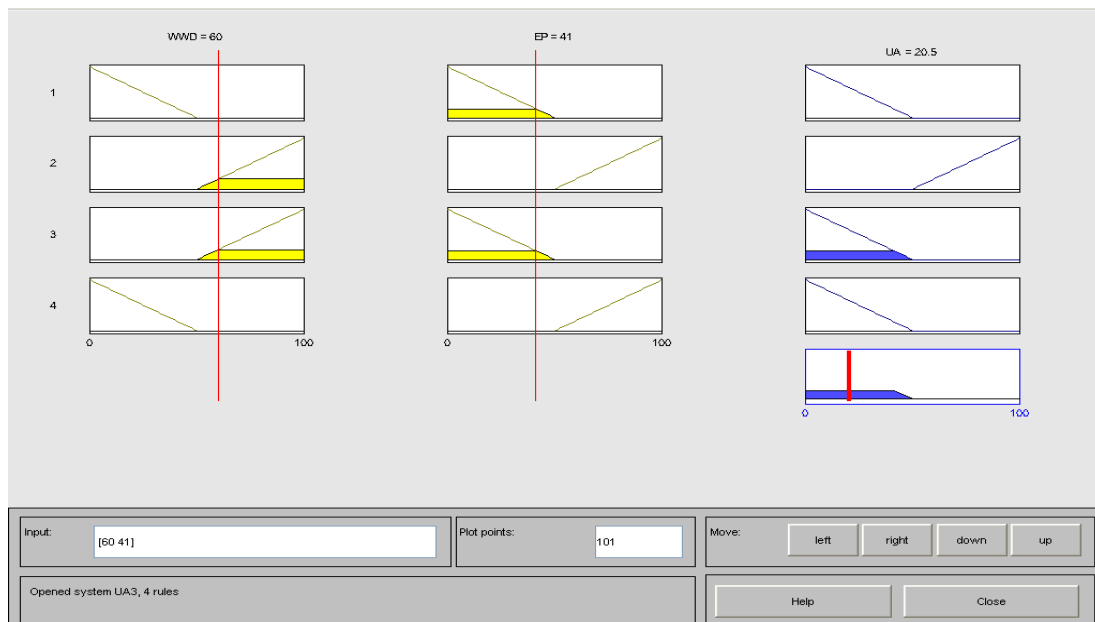
Valjanost podešenih pravila je ispitana dodjeljivanjem konkretnih mjerljivih vrijednosti ulaznim varijablama WWD i EP. Podešene vrijednosti su sljedeće WWD [41] i EP [60], a u obrnutom slučaju WWD [60] i EP [41], slika 35 i 36.





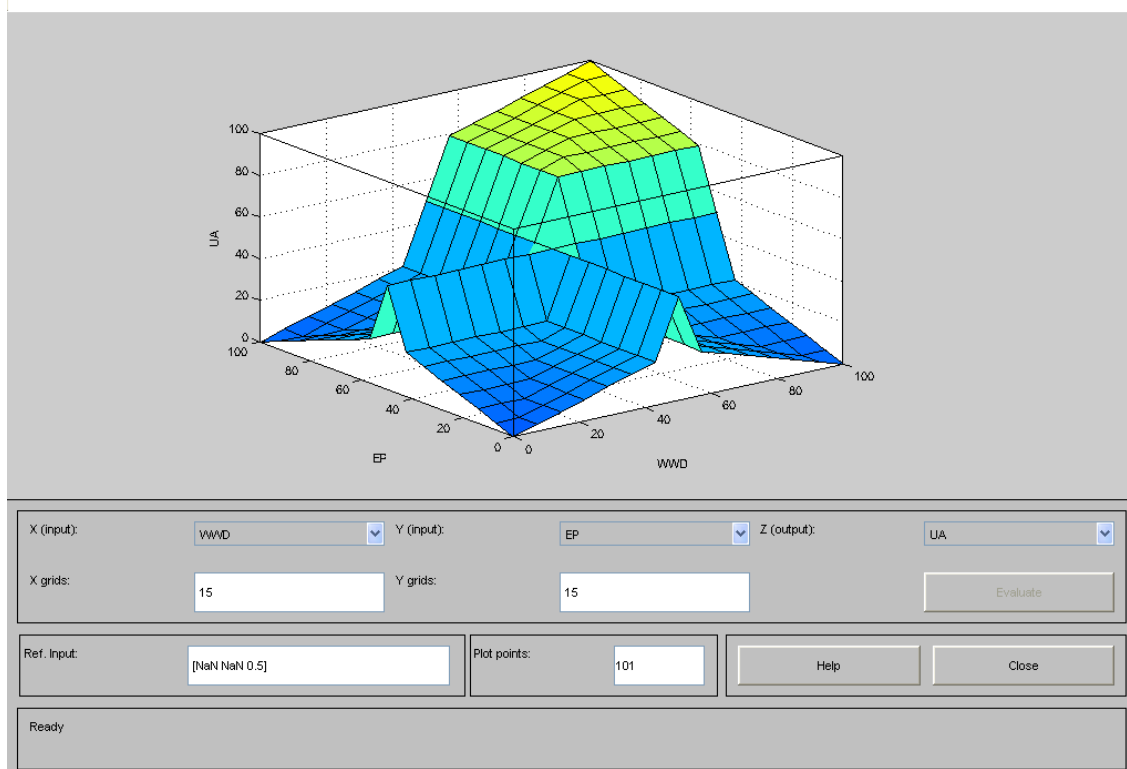
*Slika 35. Mjerne vrijednosti za ulazne varijable WWD [41] i EP [60].*

Sa ovako podešenim vrijednostima ulaznih varijabli utvrdili smo valjanost pravila 1 i pravila 2. Student treba da nastavno poglavlje UA nauči sa mjerom od 20.5.



*Slika 36. Mjerne vrijednosti za ulazne varijable WWD [60] i EP [41].*

Proces defazifikacije za UA u ovom primjeru vrši se takođe metodom (*mom-mean of maxima*).



*Slika 37. Površina zbirnog zaključka za UA.*

Vrijednosti ulaznih varijabli EP i WWD predstavljene su površinom zbirnog zaključka, slika 37.

### 7.1.3. Simulacija rada FLC-a u programskom jeziku Java

Simulacija rada FLC-ova u vidu eksperimentalnog testiranja izvršena je tako što je koncept prikazan u potpoglavlju (7.1.2) realizovan na programskom jeziku Java. Zadatak eksperimenta nije bio dizajniranje softverskog okruženja ITS-a nego testiranje upravljanja nastavnim sadržajima pomoću FLC-ova i njihova isporuka na osnovu vrijednosti dobijenih pomoću Alfa algoritma. Idejno rješenje eksperimenta se zasnivalo na programiranju Java Applet-a koji će biti korišten za kalkulaciju Alfa vrijednosti, WWD, EP I UA MFIS-a. Programski kod je urađen u Eclipse okruženju koristeći Java Development Kit (JDK) tehnologiju u vidu alata Appletviewer. Baze podataka u Java kodu su rješene kombinovano pomoću Open source ORM-a (*Object-Relational Mapping*) framework-a za Java programski jezik i direktnom implementacijom objekata u programski kod, slika 38. Direktna implementacija objekata u programski kod je izvršena radi testiranja sistema na ponašanje pojedinih nastavnih sadržaja u okviru nastavne lekcije ili vježbe, prilog 7 i prilog 8. Deskripcije nastavnih sadržaja i komunikacija unutar sistema se vrši na engleskom jeziku zbog mogućnosti prilagođavanja sistema različitim okruženjima.

```

65 private void initMaterial() {
66
67     ConceptSet vezba1 = new ConceptSet();
68     vezba1.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(10,20,30,"Open, close a word processing application. Open, cl
69     vezba1.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(80,90,100,"Save a document to a location on a drive. Save a dc
70     vezba1.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(40,50,60,"Save a document as another file type like: text fi
71     vezba1.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(40,50,60,"Display, hide non-printing formatting marks like: s
72     vezba1.addConcept("2.2.7", new TeachingConcept(80,90,100,"Delete text.");
73     vezba1.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(10,20,30,"Change text formatting: font sizes, font types.");
74     vezba1.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,"Apply text formatting: bold, italic, underline.");
75     vezba1.addConcept("3.1.4", new TeachingConcept(5,10,20,"Apply different colours to text.");
76     vezba1.addConcept("5.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,"Change margins of entire document, top, bottom, lef
77     vezba1.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(10,20,30,"Add fields in headers, footers: date, page number i
78     teachingMaterial.addMaterial("Lesson 1", vezba1);
79
80     ConceptSet vezba2 = new ConceptSet();
81     vezba2.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(30,40,50,"Open, close a word processing application. Open, cl
82     vezba2.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(40,50,60,"Save a document to a location on a drive. Save a dc
83     vezba2.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,"Display, hide non-printing formatting marks like: s
84     vezba2.addConcept("3.2.4", new TeachingConcept(20,30,40,"Create, merge paragraph(s).");
85     vezba2.addConcept("3.2.5", new TeachingConcept(10,20,30,"Indent paragraphs: left, right, first line.");
86     vezba2.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(70,80,90,"Apply spacing above, below paragraphs. Apply single
87     vezba2.addConcept("3.2.9", new TeachingConcept(15,20,40,"Add, remove bullets, numbers in a single level list
88     vezba2.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(40,50,60,"Change margins of entire document, top, bottom, lef
89     vezba2.addConcept("6.1.5", new TeachingConcept(10,30,50,"Add, edit text in headers, footers.});
90     vezba2.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(15,20,40,"Add fields in headers, footers: date, page number i
91     teachingMaterial.addMaterial("Lesson 2", vezba2);
92
93     ConceptSet vezba3 = new ConceptSet();
94     vezba3.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(40,50,60,"Open, close a word processing application. Open, cl
95     vezba3.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(80,90,100,"Save a document to a location on a drive. Save a c
96     vezba3.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(10,20,30,"desc"));
97     vezba3.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(40,50,60,"Display, hide non-printing formatting marks like: U

```

Slika 38. Implementacija nastavnih lekcija (Lekcija 1, 2 itd.) u Java programski kod.

Takođe, korišten je Hibernate – Java ORM koji podržava rad sa svim relevantnim RDBMS<sup>9</sup> sistemima (Microsoft SQL Server, Oracle, MySQL, PostgreSQL, DB2, itd). Ova tehnologija je primijenjena zbog direktnog pristupa rada sa bazom podataka, odnosno pristupa u kome se DB logika omogućava testiranje sistema bez database servera. Object-Relational Mapping vrši mapiranje između OOP (*Object-Oriented Programming*) i database objekata i na taj način obezbjeđuju potreban nivo database apstrakcije. Navedene tehnologije su korištene iz razloga kvalitetnog ekperimentalnog testiranja i adaptacije sistema ITS-a na različita okruženja u kojima može biti implementiran.

## 7.2. Modeliranje studenta

Tehnika modeliranja studenta korištena je da ispuni zadatak što kvalitetnije procjene parametara studenta, kako bi se mogao bolje analizirati i razumjeti sam proces unapređenja kompetencija studenta. Unapređenje tehnike modeliranja studenta omogućava stvaranje preciznog predviđanja ponašanja studenata u radu sistema.

Referentni ITS koristi model Student da razumije spremnost studenta da unaprijedi informatičke kompetencije. Takođe ga koristi za procjenu studentovih znanja. Predviđanje performansi studenta u sistemu se vrši pomoću inicijalnog testiranja. Dakle, inicijalno testiranje studenta bi trebalo da proizvede uvjerljive parametre

<sup>9</sup> RDBMS - Relational database management system.

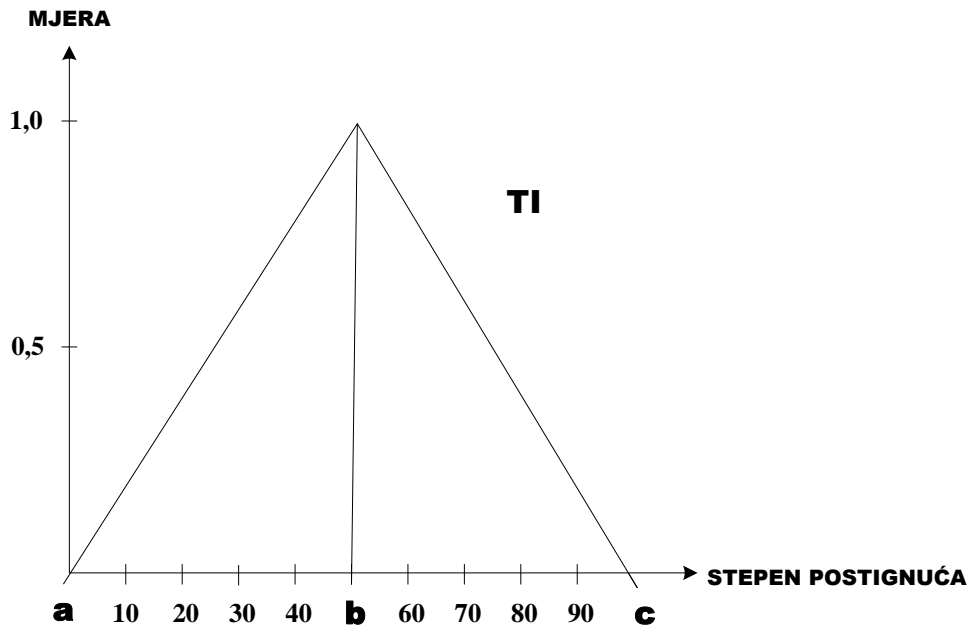
znanja studenta što je bitno za dalji rad sistema. Na osnovu toga, analizirane su komponente modela Student kako bi se utvrdilo koji moduli sistema utiču na procjenu postignuća studenta u sistemu.

Model studenta zasniva se na procjenjenim postignućima studenta iz pojedinih nastavnih sadržaja (TI) dobijenih na osnovu rezultata testova (inicijalni i test znanja). Rezultati testova u modelu studenta su predstavljeni kao brojevi bodova na osnovu kojih sistem formira parametarsku funkcija sa jednim argumentom odnosno funkciju pripadnosti sa parametrima **a**, **b** i **c** koja odgovara stepenu postignuća studenta u odnosu na konkretni TI. Na osnovu broja bodova na testu formira se vrijednost parametra **b** funkcije pripadnosti. Vrijednosti parametara **a** i **c** određuje tutor na osnovu empirijskog iskustva i pedagoških znanja zasnovanih na principima procjene znanja. Procjena vrijednosti parametara **a** i **c** u ovom slučaju je određena na osnovu procjene koja je zasnovana na pedagoškom principu ocjenjivanja. Prilikom izrade testa pretpostavljamo da student može pogrešno da odgovori na pitanje za koje zna odgovor ili da pravilno odgovori na pitanje za koje ne zna odgovor. Postavlja se pitanje koliki je nivo tolerancije studentove greške pri izradi testa. Maksimalan broj bodova koje student može postići na testu je 100 bodova, studentu je data mogućnost da pogrešno odgovori na jedno pitanje koje vrijedi 10 bodova, tako da je procijenjena tolerancija u konkretnom slučaju 10% i ona u sistemu bodovanja iznosi 10 bodova. Funkcija pripadnosti koja je formirana na osnovu navedenih parametara je simetrična tako da su određene vrijednost parametara **a** i **c** na sljedeći način:

$$\mathbf{a}=(\mathbf{b}-10)\dots\dots\dots(28).$$

$$\mathbf{b}=(\mathbf{b}+10)\dots\dots\dots(29).$$

Vrijednost parametra **b** u (28) i (29) je iskazana pomoću broja bodova koje je student osvojio na testu. Trougaona simetrična funkcija pripadnosti za TI sa određenim vrijednostima parametara **a**, **b** i **c** grafički je prikazana na slici 39.



Slika 39. Trougaona funkcija pripadnosti sa vrijednostima parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$ .

U slučaju funkcije pripadnosti TI prikazane na slici 39 parametar  $b=50$ , od vrijednosti ovog parametra zavise vrijednosti parametara  $a=0$  i  $c=100$ .

#### PRIMJER 5.

Kod modeliranja Studenta posmatrano je ponašanje funkcije pripadnosti za različite vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  samo jednog nastavnog sadržaja T111. Testiranje je izvršeno u Applet-u Java programskog jezika koji je dizajniran isključivo za ovu namjenu (7.1.3.). Applet ima funkciju izračunavanja Alfa algoritma, vrijednosti FLC-ova WWD, EP i UA na osnovu čega sistem daje prijedlog nastavne lekcije koja je odgovarajuća za studenta na osnovu testiranih znanja, prilog 6. Da bi smo izbjegli fenomen stanja kada studenti bivaju „zaglavljani“ u procesu procjene postignuća i učenja, tako zvane „Point-spinning“. Sistem smo testirali za granične vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  gdje su eventualno moguće greške u radu sistema (30) i (31).

$$a=b=c=0 \Rightarrow \alpha = 0 \dots\dots\dots(30).$$

$$a=b=c=100 \Rightarrow \alpha = 0 \dots\dots\dots(31).$$

Slučajevi graničnih vrijednosti funkcije pripadnosti opisane su u (30) i (31).

U prvom slučaju svi parametri funkcije su jednaki međusobno i jednaki su nuli (30). U navedenom slučaju  $\alpha = 0$ , student posjeduje minimalno postignuće iz svih nastavnih sadržaja tako da mu sistem nema šta konkretno za preporučiti, poruka koja slijedi je nauči kompletan nastavni silabus.

Drugi slučaj je kada su svi parametri funkcije jednaki međusobno i jednaki su 100, odnosno maksimalnoj vrijednosti funkcije pripadnosti (31). U tom slučaju  $\alpha = 0$ ,

student posjeduje maksimalno postignuće iz svih nastavnih sadržaja tako da mu sistem nema šta konkretno za preporučiti, poruka studentu bi bila kompetentan si u ovoj oblasti pređi na viši nivo obuke. Da bi ITS pravilno funcionisao preporuka je da se na samom početku otkriju uzroci ekstremnih ponašanja sistema i eliminišu u ranoj fazi.

U svrhu eksperimenta modeliran je Student 1 sa razlitim vrijednostima parametara (**a,b,c**) za nastavni sadržaj T111 koji predstavlja funkciju pripadnosti i vrijednostima parametara (**a,b,c**) za nastavnu lekciju (NL) koja treba biti isporučena Studentu 1 da bi unaprijedio informatičke kompetencije. Za navedene uslove posmatraćemo ponašanje inteligentnog tutorskog sistema za konkretne vrijednosti  $\alpha$ -e, WWD, EP, UA i nastavne lekcije (NL). Radi potrebe testiranja modelirano je 7 nastavnih lekcija L1,L2, L3, L4, L5, L6 i L7.

Primjer: nastavne lekcije L1 napisan u programskom jeziku Java.

```
private void initMaterial(){
ConceptSet lekcija1 = new ConceptSet();

lekcija1.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(11,20,30,));
lekcija1.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(10,20,30,));
lekcija1.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(80,90,100,));
lekcija1.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(40,50,60,));
lekcija1.addConcept("2.2.7", new TeachingConcept(80,90,100,));
lekcija1.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(10,20,30,));
lekcija1.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
lekcija1.addConcept("3.1.4", new TeachingConcept(5,10,20,));
lekcija1.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
lekcija1.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(10,20,30,));
teachingMaterial.addMaterial("lekcija1", lekcija1);
```

### Rezultati eksperimenta

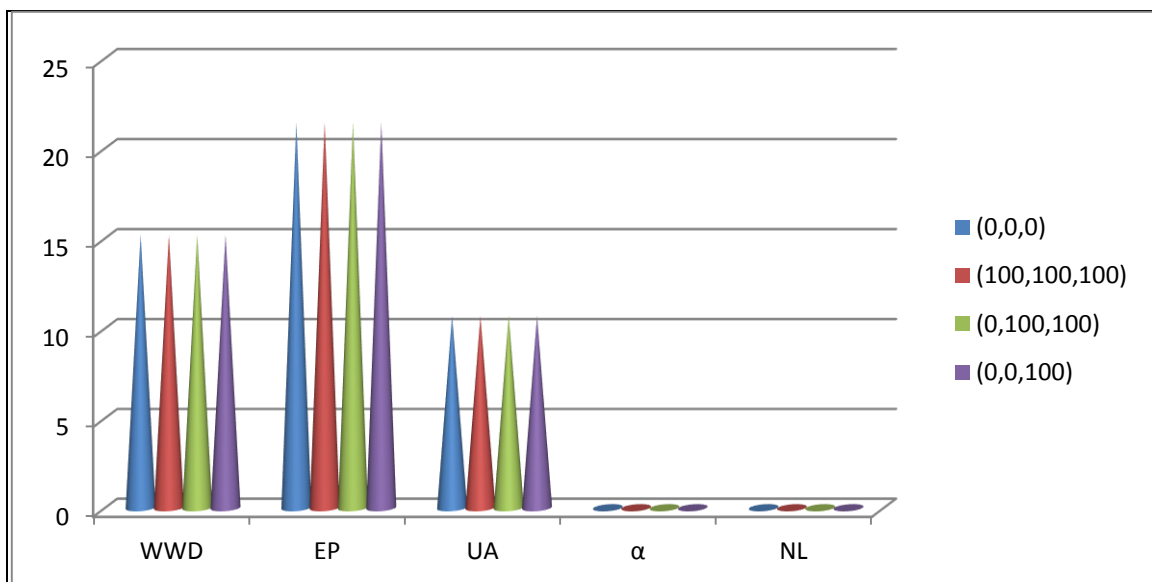
U tabeli 6 prikazani su rezultati testiranja stepena postignuća modelovanog Studenta 1 iz nastavnog sadržaja T111, vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** za granične vrijednosti odgovarajuće funkcije pripadnosti.

R.B.	T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
1.	(0,0,0)	15,2	21,45	10,70	0	0
2.	(100,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
3.	(0,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
4.	(0,0,100)	15,2	21,45	10,7	0	0

T111-nastavni sadržaj (TI); WWD, EP i UA- FLC;  $\alpha$ -kalkulator za prijedlog nastavne lekcije; NL-nastavna lekcija.

**Tabela 6.** Rezultati testiranja T111 za vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  kod graničnih vrijednosti funkcije pripadnosti.

Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 6 možemo uočiti da se radi o četiri posebna slučaja za vrijednosti studentovog postignuća nastavnog sadržaja T111, koji su predhodno objašnjeni u (30) i (31). U navedenim slučajevima, vrijednosti FLC-ova (WWD, EP i UA) imaju neku konstantnu vrijednost, što nam govori da pri mijenjanju vrijednosti samo jednog TI-ma nema promijene ni u kalkulaciji FLC-ova, slika 40. Vrijednosti  $\alpha$ -e takođe su ne promjenjene za sve vrijednosti postignuća studenta nastavnog sadržaja T111. Na osnovu vrijednosti  $\alpha = 0$  studentu se ne preporučuje nijedna nastavna lekcija za dalju edukaciju. Na slici 40 grafički je prikazan odnos vrijednosti prikazanih u tabeli 6, tako da su vrijednosti za sve veličine koje su korištene u kalkulacije nepromjenjene za različite vrijednosti studentovog postignuća nastavnog sadržaja T111.



**Slika 40.** Vrijednosti  $\alpha$ , FLC-ova i predloga nastavne lekcije (NL) za T111.

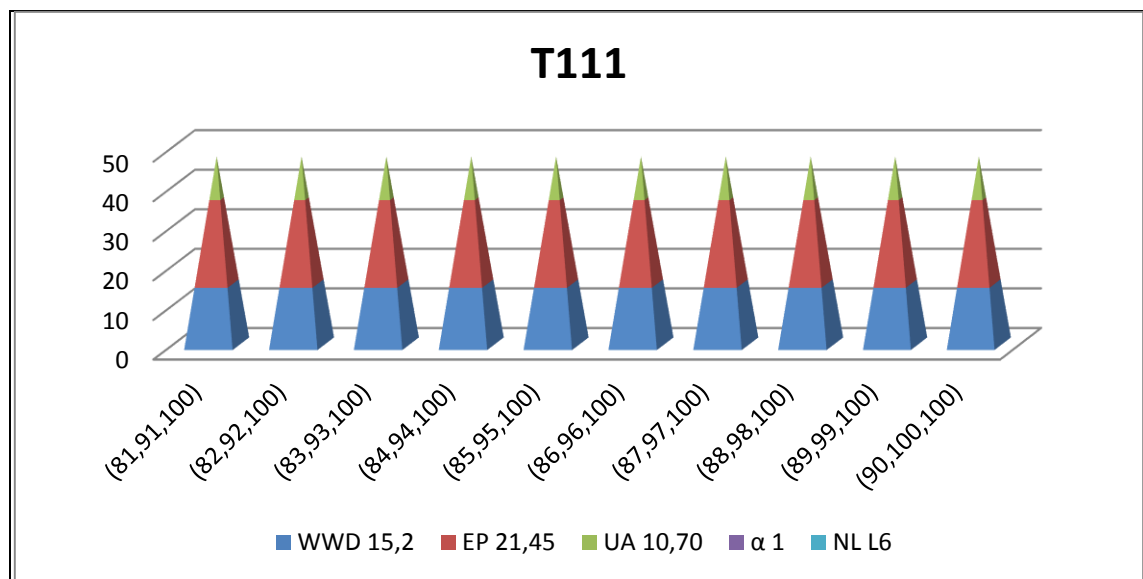
U tabeli 7 prikazani su rezultati testiranja postignuća modeliranog Studenta 1 iz nastavnog sadržaja T111 za vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  koje se kreću u intervalu  $[80,100]$ . Iz tabele 7 možemo vidjeti da su vrijednosti parametara  $a$  i  $b$  dekrementirane a parametar  $c=100$ , što znači da ispitujemo desnu granicu funkcije pripadnosti T111. Iz priloženog vidimo da sistem Studentu1 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju za dalju obuku to znači da je Student 1 unaprijedio informatičke kompetencije do maksimalne vrijednosti i da će morati da pređe na viši nivo obuke (31). Interesantan za posmatranje je redak 1 za vrijednosti parametara funkcije pripadnosti T111 (80,90,100) koji je posebno označen u tabeli 7. U ovom redku dolazi do promjena vrijednosti  $\alpha$ -e,  $\alpha = 1$  zbog čega sistem predlaže Studentu 1 nastavnu lekciju (L6) koju sljedeću treba da savlada kako bi unaprijedio kompetencije. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 7 možemo uočiti da se vrijednosti FLC-ova WWD, EP i UA ne

mjenjaju, zato ih više nećemo uzimati u razmatranje sve dok za to ne budu interesantni, kalkulacije se nalaze u prilogu 6 .

R.B	T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
1.	(80,90,100)	15,2	21,45	10,70	1	L6
2.	(81,91,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
3.	(82,92,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
4.	(83,93,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
5.	(84,94,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
6.	(85,95,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
7.	(86,96,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
8.	(87,97,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
9.	(88,98,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
10.	(89,99,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
11.	(90,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0

**Tabela 7.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [80,100].

Slika 41 je grafički prikaz rezultata iz tabele 7, iz čega možemo vidjeti da su vrijednosti WWD (15,2), EP (21,45) i UA (10,7) nepromjenjene,  $\alpha = 1$  i prijedlog nastavne lekcije je L6.



**Slika 41.** Odnosi vrijednosti T111 i veličina koje su prikazane u legendi grafika.

U tabeli 8 prikazani su rezultati testiranja stepena postignuća modelovanog Studenta 1 iz nastavnog sadržaja T111 za vrijednosti parametara koji se kreću u intervalu [70,90]. Vrijednosti parametara **a** i **b** su dekrementirane,  $c=90$ . Posebnu pažnju posvetićemo reduku 10 koji je potamnjen, gdje je  $\alpha = 1$  i za Studenta 1 je predložena nova nastavna

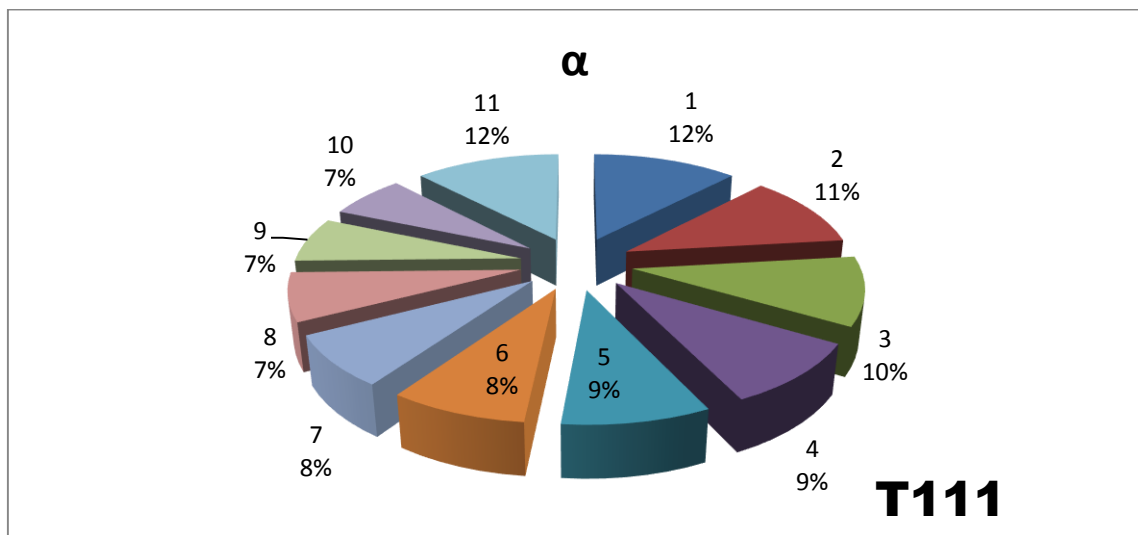


lekcija L7. Na osnovu vrijednosti alfe sistem određuje nastavnu lekciju koja je najkompatibilnija za Studenta1, u ovom slučaju to je lekcija L7.

R.B.	T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
1.	(80,90,90)	15,2	21,45	10,7	1	L6
2.	(79,89,90)	15,2	21,45	10,7	0,90	L6
3.	(78,88,90)	15,2	21,45	10,7	0,84	L6
4.	(77,87,90)	15,2	21,45	10,7	0,77	L6
5.	(76,86,90)	15,2	21,45	10,7	0,72	L6
6.	(75,85,90)	15,2	21,45	10,7	0,67	L6
7.	(74,84,90)	15,2	21,45	10,7	0,63	L6
8.	(73,83,90)	15,2	21,45	10,7	0,59	L6
9.	(72,82,90)	15,2	21,45	10,7	0,55	L6
10.	(71,81,90)	15,2	21,45	10,7	0,53	L6
11.	(70,80,90)	15,2	21,45	10,70	1	L7

**Tabela 8.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [70,90].

Slika 42 prikazuje procentualne vrijednosti alfe ( $\alpha$ ) za određene vrijednosti T111. Posmatran je nastavni sadržaj T111 sa različitim vrijednostima parametara (**a,b,c**) sa grafika možemo vidjeti da kako opadaju vrijednosti parametara (**a,b,c**) tako opada vrijednost alfe.



**Slika 42.** Procentualni prikaz alfe ( $\alpha$ ) za različite vrijednosti T111 uzete iz tabele 8.

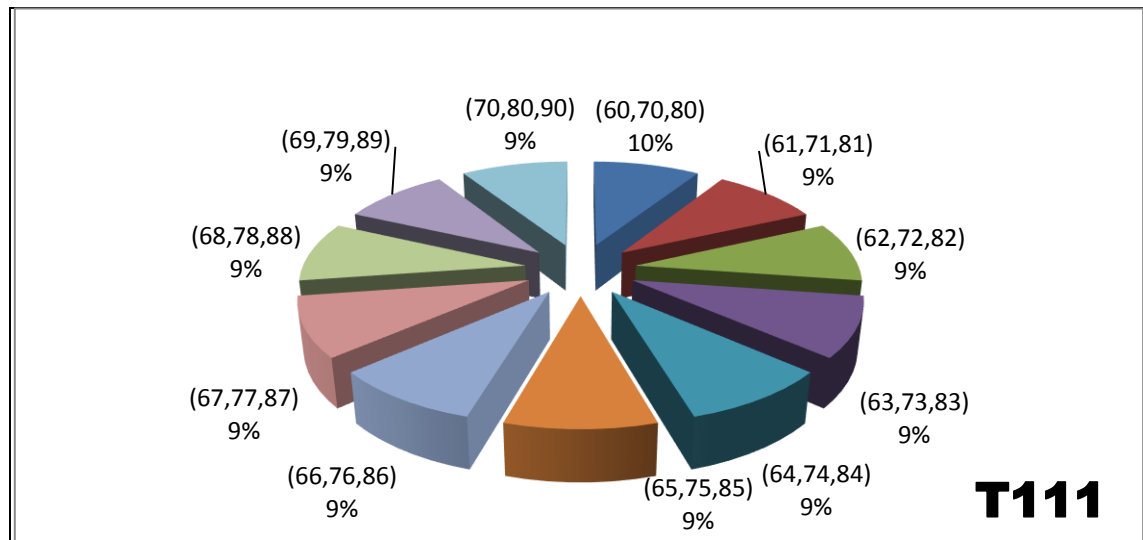
U intervalima posmatranim do izbora vrijednosti za T111 izvršena je dekrementacija vrijednosti parametara **a**, **b** vrijednost parametra **c** je bila nepromjenjena, što znači da smo ispitivali desnu granicu funkcije pripadnosti T111. U sljedećem intervalu iz kojeg su uzete vrijednosti za T111 ne posmatramo ni desnu ni lijevu granicu funkcije

pripadnosti T111 već ispitujemo centralni dio opsega funkcije pripadnosti. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 9 vidimo da sistem samo u jednom slučaju Studentu 1 nudi nastavnu lekciju L6 za  $\alpha = 0,5$  što znači da se radi o centralnom dijelu opsega funkcije pripadnosti T111, za lijevu i desnu granicu  $\alpha = 1$  za prelazak na novu lekciju.

R.B	T 111	$\alpha$	NL
1.	(60,70,80)	0,5	L6
2.	(61,71,81)	0,55	L7
3.	(62,72,82)	0,60	L7
4.	(63,73,83)	0,65	L7
5.	(64,74,84)	0,70	L7
6.	(65,75,85)	0,75	L7
7.	(66,76,86)	0,80	L7
8.	(67,77,87)	0,85	L7
9.	(68,78,88)	0,90	L7
10.	(69,79,89)	0,95	L7
11.	(70,80,90)	1	L7

**Tabela 9.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [60,90].

Na slici 43 prikazane su kalkulacije alfe za različite vrijednosti T111. Možemo zapaziti da su vrijednosti alfe jednake i iznose 9% osim u jednom slučaju kada je alfa jednaka 10% za T111 (60,70,80) u tom slučaju radi se o različitoj nastavnoj lekciji L6.



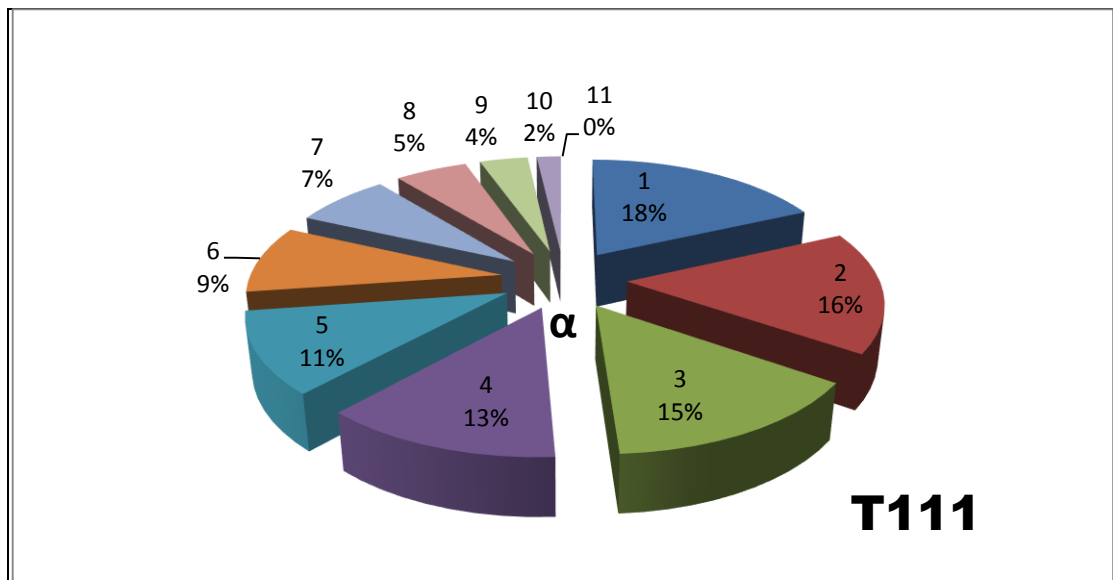
**Slika 43.** Procentualni prikaz alfe ( $\alpha$ ) za različite vrijednosti T111 prikazane u tabeli 9.

Kako se vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** približavaju centralnom djelu opsega funkcije pripadnosti srazmjerno tome opadaju vrijednosti za alfu. Iz tabele 10 možemo vidjeti da za vrijednosti parametara (50,60,70)  $\alpha = 0$  sistem Studentu 1 ne predlaže ni jednu obučavajuću lekciju.

R.B.	T 111	$\alpha$	NL
1.	(60,70,80)	0,5	L6
2.	(59,69,79)	0,45	L7
3.	(58,68,78)	0,40	L7
4.	(57,67,7)	0,35	L7
5.	(56,66,76)	0,30	L7
6.	(55,65,75)	0,25	L7
7.	(54,64,74)	0,20	L7
8.	(53,63,73)	0,15	L7
9.	(52,62,72)	0,10	L7
10.	(51,61,71)	0,05	L7
11.	(50,60,70)	0	0

**Tabela 10.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [50,80].

Na slici 44 pomoću grafika prikazane su vrijednosti  $\alpha$ , gdje vrijednosti parametra **b** teže ka vrijednostima približno jednakim 50.



**Slika 44.** Procentualni prikaz alfe ( $\alpha$ ) za različite vrijednosti T111 uzete iz tabele 10.

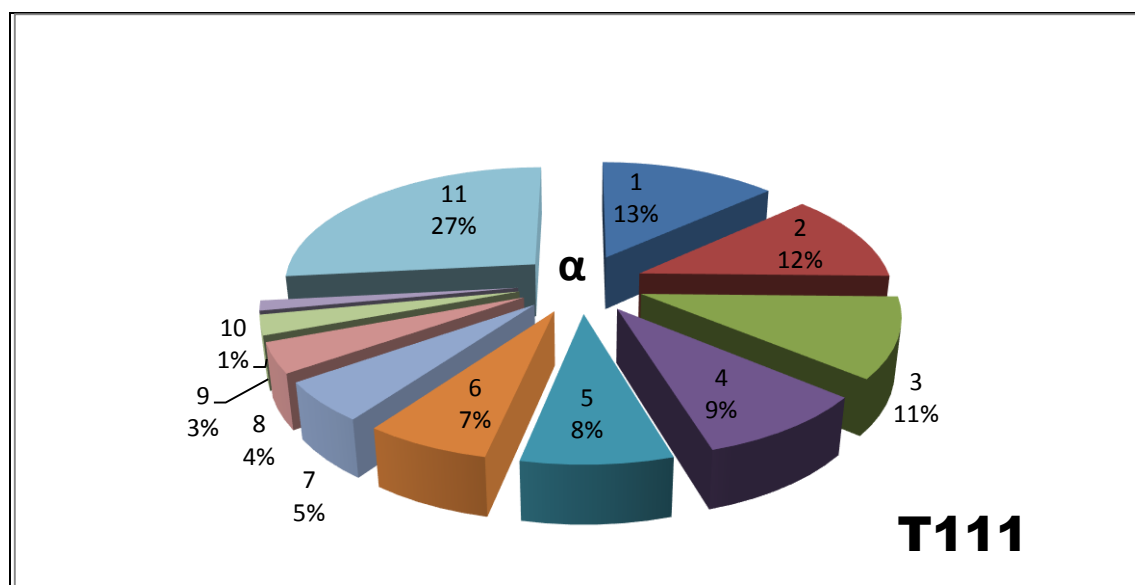
Iz tabele 11 možemo vidjeti da se modelovane vrijednosti parametara (**a**,**b**,**c**) Studenta1 za T111 približavaju lijevoj granici funkcije, srazmjerno tome vrijednost za alfu opada od 0,5 do vrijednosti 0,05 i zatim dobija vrijednost  $\alpha = 1$  za koju se vrši

prebacivanje na nastavnu lekciju L3. Za ostale vrijednosti alfe sistem ne predlaže Studentu1 ni jednu nastavnu lekciju za dalju obuku.

R.B.	T 111	$\alpha$	NL
1.	(50,60,70)	0,5	0
2.	(49,59,69)	0,45	0
3.	(48,58,68)	0,40	0
4.	(47,57,67)	0,35	0
5.	(46,56,66)	0,30	0
6.	(45,55,65)	0,25	0
7.	(44,54,64)	0,20	0
8.	(43,53,63)	0,15	0
9.	(42,52,62)	0,10	0
10.	(41,51,61)	0,05	0
11.	(40,50,60)	1	L3

**Tabela 11.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [40,70].

Na slici 45 prikazane su procentualne vrijednosti za  $\alpha$ -u gdje vidimo da vrijednosti  $\alpha$ -e opadaju srazmjerno stepenu opadanja vrijednosti parametara **a**, **b** i **c**. Za T111 (40,50,60) vrijednost alfe naglo raste i iznosi 27%.



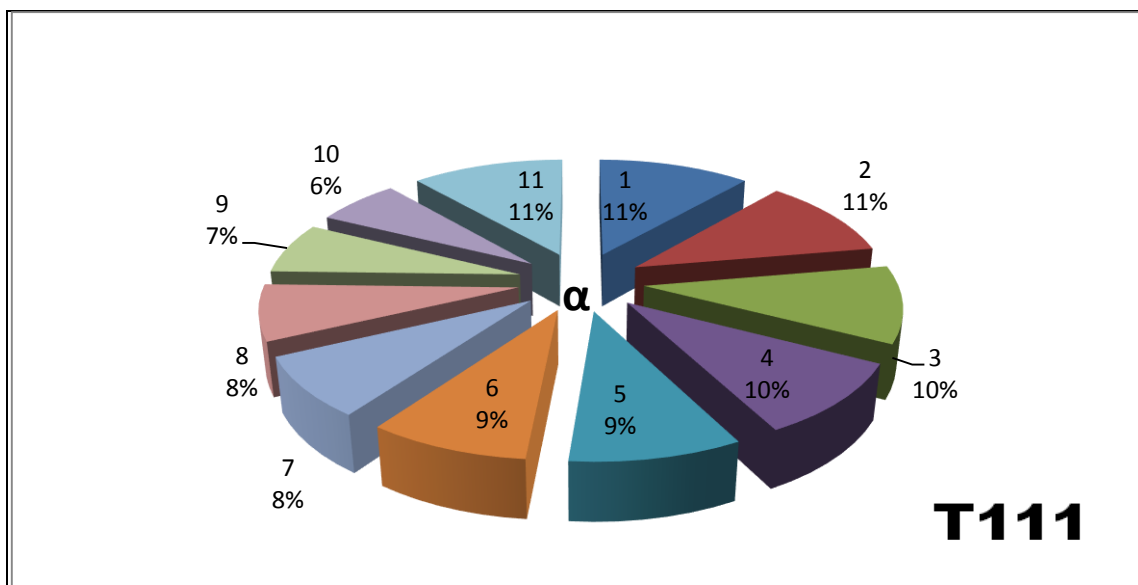
**Slika 45.** Procentualni prikaz alfe ( $\alpha$ ) za različite vrijednosti T111 prikazane u tabeli 11.

U tabeli 12 su prikazane vrijednosti za T111 koje se primiču lijevoj granici funkcije. Prelazak na novu lekciju L2 vrši se za vrijednosti parametara funkcije T111 (30,40,50).

R.B.	T 111	$\alpha$	NL
1.	(40,50,60)	1	L3
2.	(39,49,59)	0,95	L3
3.	(38,48,58)	0,90	L3
4.	(37,47,57)	0,85	L3
5.	(36,46,56)	0,80	L3
6.	(35,45,55)	0,75	L3
7.	(34,44,54)	0,70	L3
8.	(33,43,53)	0,65	L3
9.	(32,42,52)	0,60	L3
10.	(31,41,51)	0,55	L3
11.	(30,40,50)	1	L2

**Tabela 12.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [30,60].

Potrebno je obratiti pažnju na vrijednosti parametara T111 (40,50,60) i T111 (30,40,50) za koje je vrijednost alfe redak 1 (12%) i redak 11 (11%), slika 46.



**Slika 46.** Procentualni prikaz alfe ( $\alpha$ ) za različite vrijednosti T111 uzete iz tabele 12.

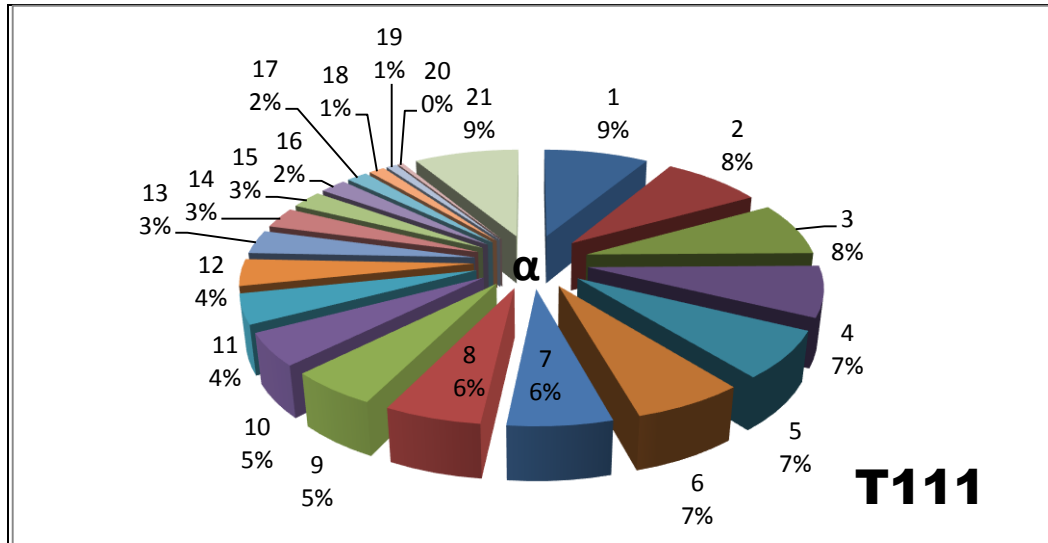
S osvrtnom na tabelu 13 možemo uočiti da se vrijednosti za FLC WWD mijenjaju što nije bio slučaj do tada, prilog 6. Za T111 (20,30,40) vrijednost WWD je 14,95, EP i UA imaju nepromjenjene vrijednosti. Vrijednost WWD-a je opala sa 15,20 na 14,95 iz razloga što T111 ima male vrijednosti parametara (20,30,40) a predstavlja jedan od ulaza u WWD FLC. Pored toga što su vrijednosti WWD-a u opadanju takođe opadaju i vrijednosti za alfu. Najniža vrijednost alfe je za T111 (11,21,31)  $\alpha = 0,05$  a za T111

(10,20,30)  $\alpha = 1$ . Vrijednosti  $\alpha = 1$  za T111 (10,20,30) prouzrokuje promjenu nastavne lekcije L2 u L1.

R.B.	T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
1.	(30,40,50)	15,2	21,45	10,7	1	L2
2.	(29,39,49)	15,2	21,45	10,7	0,95	L2
3.	(28,38,48)	15,2	21,45	10,7	0,90	L2
4.	(27,37,47)	15,2	21,45	10,7	0,85	L2
5.	(26,36,46)	15,2	21,45	10,7	0,80	L2
6.	(25,35,45)	15,2	21,45	10,7	0,75	L2
7.	(24,34,44)	15,2	21,45	10,7	0,70	L2
8.	(23,33,43)	15,2	21,45	10,7	0,65	L2
9.	(22,32,42)	15,2	21,45	10,7	0,60	L2
10.	(21,31,41)	15,2	21,45	10,7	0,55	L2
11.	(20,30,40)	14,95	21,45	10,7	0,50	L2
12.	(19,29,39)	14,45	21,45	10,7	0,45	L2
13.	(18,28,38)	13,95	21,45	10,7	0,40	L2
14.	(17,27,37)	13,45	21,45	10,7	0,35	L2
15.	(16,26,36)	12,95	21,45	10,7	0,30	L2
16.	(15,25,35)	12,45	21,45	10,7	0,25	L2
17.	(14,24,34)	11,95	21,45	10,7	0,20	L2
18.	(13,23,33)	11,45	21,45	10,7	0,15	L2
19.	(12,22,32)	10,95	21,45	10,7	0,10	L2
20.	(11,21,31)	10,45	21,45	10,7	0,05	L2
21.	(10,20,30)	9,95	21,45	10,7	1	L1

**Tabela 13.** Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [10,50].

Na osnovu slike 47 možemo zapaziti da se vrijednosti alfe kreću ispod navedene vrijednosti od  $\alpha = 0,50$ , u legendi grafika označene kao 12,13,14,15,16,17,18,19 i 20.



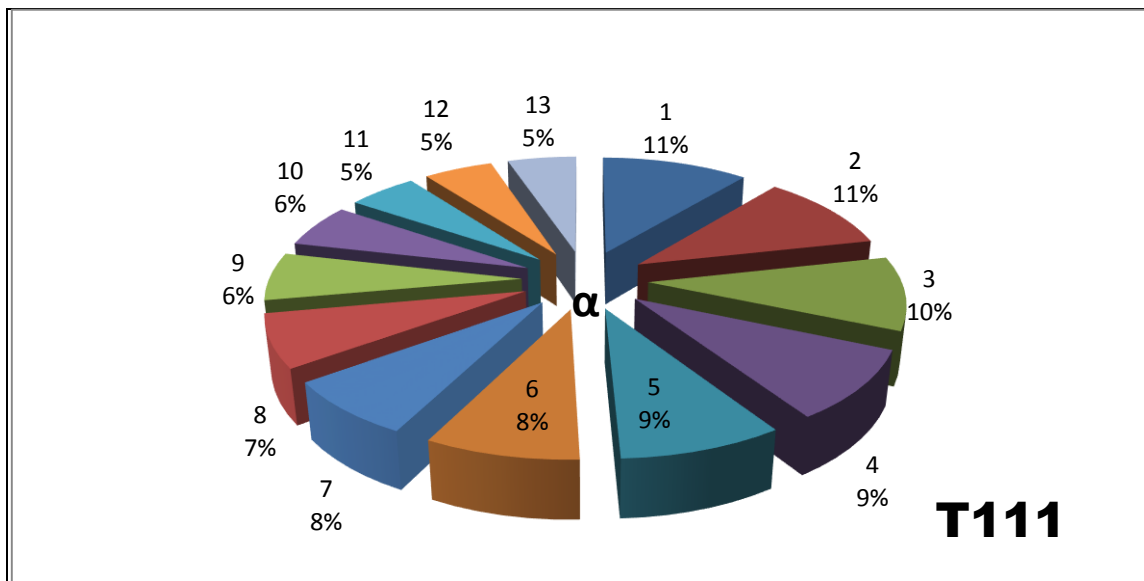
Slika 47. Procentualni prikaz  $\alpha$ -e za vrijednosti T111 prikazane u tabeli 13.

Iz tabele 14 vidimo da opadajuće vrijednosti alfe nemaju uticaj na promjenu nastavne lekcije L1. Vrijednosti FLC-a WWD su takođe u opadanju sa smanjivanjem vrijednosti parametara **a**, **b** i **c**. Testirano je ponašanje funkcije za decimalne vrijednosti parametra **a**, odnosno lijeva granica funkcije pripadnosti, iz čega vidimo da vrijednosti za alfu u oba slučaja nisu promjenjene i iznose  $\alpha = 0,47$ .

R.B.	T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
1.	(10,20,30)	9,95	21,45	10,7	1	L1
2.	(9,19,29)	9,50	21,45	10,7	0,95	L1
3.	(8,18,28)	9,00	21,45	10,7	0,89	L1
4.	(7,17,27)	8,50	21,45	10,7	0,84	L1
5.	(6,16,26)	8,00	21,45	10,7	0,79	L1
6.	(5,15,25)	7,50	21,45	10,7	0,74	L1
7.	(4,14,24)	7,00	21,45	10,7	0,68	L1
8.	(3,13,23)	6,50	21,45	10,7	0,64	L1
9.	(2,12,22)	6,00	21,45	10,7	0,58	L1
10.	(1,11,21)	5,50	21,45	10,7	0,53	L1
11.	(0,10,20)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
12.	(0,90,12,22)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
13.	(0,5,11,21)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1

Tabela 14. Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [0.50,30].

Na slici 48 procentualno su prikazane vrijednosti alfe gdje možemo zapaziti da decimalne vrijednosti za alfu manje od 0,5 konkretno 0,47 imaju postotak od 5% koji se ne mjenja ako promjenimo vrijednosti parametara **a**, **b** i **c**.



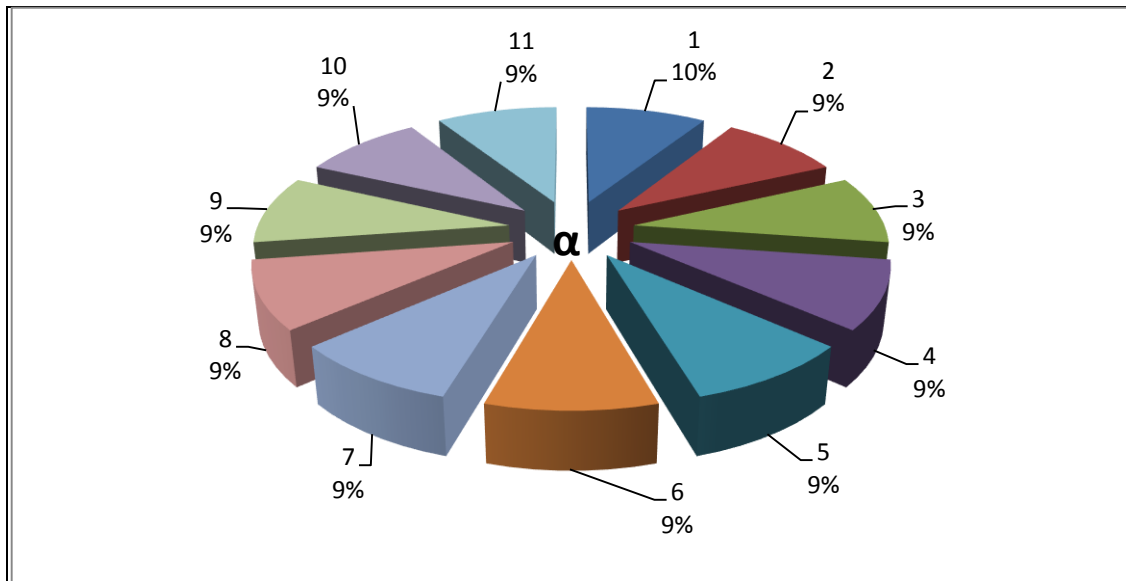
Slika 48. Procentualni prikaz  $\alpha$ -e za vrijednosti T111 prikazane u tabeli 14.

Ako studiozno posmatramo tabelu 15 možemo zapaziti da su vrijednosti parametra  $\alpha=0$  nepromjenjene što znači da ispitujemo lijevu granicu funkcije pripadnosti T111. Kao i kod desne granice imamo specijalan slučaj kada sistem ne nudi Studentu 1 ni jednu nastavnu lekciju, vidjeti u (30). Dakle, Student 1 moraće da nauči svih sedam nastavnih lekcija. Za vrijednost T111 (0,0,0) vrijednost FLC-a WWD je nula što pokazuje da više ne postoji potreba za daljom procjenom informatičkih kompetencija Studenta 1 jer je nivo procjenjenih kompetencija minimalan.

R.B.	T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
1.	(0,10,20)	5,00	21,45	10,7	0	0
2.	(0,9,9)	4,50	21,45	10,7	0	0
3.	(0,8,8)	4,00	21,45	10,7	0	0
4.	(0,7,7)	3,50	21,45	10,7	0	0
5.	(0,6,6)	3,00	21,45	10,7	0	0
6.	(0,5,5)	2,50	21,45	10,7	0	0
7.	(0,4,4)	2,00	21,45	10,7	0	0
8.	(0,3,3)	1,50	21,45	10,7	0	0
9.	(0,2,2)	1,00	21,45	10,7	0	0
10.	(0,1,1)	0,50	21,45	10,7	0	0
11.	(0,0,0)	0	21,45	10,7	0	0

Tabela 15. Rezultati testiranja Studenta 1 za vrijednost parametra koji se kreću u intervalu [0,20].





*Slika 49. Procentualni prikaz  $\alpha$ -e za vrijednosti T111 prikazane u tabeli 15.*

Na osnovu predhodno navedenih rezultata eksperimenta iz primjera 5 možemo zaključiti da promijena vrijednosti parametara (**a,b,c**) samo jednog nastavnog sadržaja T111 ima značajan uticaj na vrijednosti alfe ( $\alpha$ ) a samim tim i direktno utiče na prijedlog nastavne lekcije koja se predlaže Studentu 1, što se ne može reći za vrijednosti FLC-ova WWD, EP i UA.

#### **PRIMJER 6.**

U primjeru 6 opisan je eksperiment čiji je zadatak bio ispitati rad fazi logičkih kontrolera pri procjeni znanja studenta koji se zasnivaju na Mamdani FIS-u. Odnosno, functionisanje grane UA koja sadrži WWD i EP za različite vrijednosti TI-a koji predstavljaju ulazne varijable za navedene fazi kontrolere, slika 18. U svrhu eksperimenta modeliran je Student 2 sa razlitim vrijednostima parametara (**a,b,c**) i različitim funkcijama pripadnosti za nastavne sadržaje koji predstavljaju ulaze u WWD (T111, T112, T113, T114 i T115) i EP (T121, T122, T123 i T124). Za navedene slučajeve posmatraćemo ponašanje inteligentnog tutorskog sistema.

#### *Rezultati eksperimenta*

U tabeli 16 prikazani su rezultati testiranja fazi kontrolera WWD i EP za modelovanog Studenta 2 iz nastavnih sadržaja WWD ( T111, T112, T113, T114 i T115) i EP (T121, T122, T123 i T124). Vrijednosti svih TI za oba fazi kontrolera su (0,0,0) tako da možemo posmatrati ponašanje sistema ako ne postoje ulazni inputi. Iz tabele 16 vidimo da su vrijednosti svih izlaznih parametara jednaki nuli tako da sistem Studentu 2 ne predlaže ni jednu nastavnu lekciju. Fazi kontroleri WWD, EP i UA su u stanju mirovanja.

TI	(a,b,c)	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
T111	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T112	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T113	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T114	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T115	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T121	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T122	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T123	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T124	(0,0,0)	0	0	0	0	0

**Tabela 16.** Vrijednosti TI (0,0,0) za WWD i EP.

U tabeli 17 prikazane su vrijednosti TI za fazi kontroler WWD (0,0,0) a (40,50,60) za EP tako da možemo posmatrati ponašanje sistema ako su izabrane vrijednosti parametara iz centralnog dijela opsega funkcije pripadnosti. Kontrolišemo rad dva fazi kontrolera EP i UA. Iz tabele 17 vidimo da vrijednosti izlaznih parametara za EP **50** i UA **49,95**. Sistem Studentu 2 ne predlaže ni jednu nastavnu lekciju jer je  $\alpha = 0$ . Fazi kontroler UA ima samo jedan ulazni input i to od fazi kontrolera EP tako da radi sa približno pola kapaciteta što se moglo i očekivali. Možemo da zaključimo da fazi kontroler EP funkcioniše za ulazne TI (T121, T122, T123 i T124) a WWD je u stanju mirovanja.

TI	(a,b,c)	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
T111	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T112	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T113	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T114	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T115	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T121	(40,50,60)	0	50	49,95	0	0
T122	(40,50,60)	0	50	49,95	0	0
T123	(40,50,60)	0	50	49,95	0	0
T124	(40,50,60)	0	50	49,95	0	0

**Tabela 17.** Vrijednosti TI (0,0,0) za WWD i TI (40,50,60) za EP.

Vrijednosti TI za fazi kontrolere WWD i EP smo zamijenili. U tabeli 18 prikazane su vrijednosti TI za fazi kontroler WWD (40,50,60) a (0,0,0) za EP tako da možemo posmatrati ponašanje sistema ako su izabrane vrijednosti parametara iz centralnog dijela opsega funkcije pripadnosti. Kontrolišemo rad fazi kontrolera WWD i UA. Iz tabele 18 vidimo da vrijednosti izlaznih parametara za WWD **50** i UA **49,95**. Sistem Studentu 2 predlaže nastavnu lekciju L3 jer je  $\alpha = 1$  za fazi kontroler WWD. Fazi

kontroler UA ima samo jednu aktivnu ulaznu varijablu i to od fazi kontrolera WWD tako da radi sa približno pola kapaciteta što se moglo i očekivali. Stoga fazi kontroler WWD funkcioniše za ulazne (T111, T112, T113, T114 i T115) a EP je u stanju mirovanja.

TI	(a,b,c)	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
T111	(40,50,60)	50	0	49,95	1	L3
T112	(40,50,60)	50	0	49,95	1	L3
T113	(40,50,60)	50	0	49,95	1	L3
T114	(40,50,60)	50	0	49,95	1	L3
T115	(40,50,60)	50	0	49,95	1	L3
T121	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T122	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T123	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T124	(0,0,0)	0	0	0	0	0

**Tabela 18.** Vrijednosti TI (40,50,60) za WWD i TI (0,0,0) za EP.

U tabeli 19 prikazani su rezultati testiranja fazi kontrolera WWD i EP iz nastavnih sadržaja WWD ( T111, T112, T113, T114 i T115) i EP (T121, T122, T123 i T124). Vrijednosti parametara svih TI za oba fazi kontrolera su (100,100,100) tako da možemo posmatrati ponašanje sistema ako su svi ulazi TI aktivni. Iz tabele 19 vidimo da svi izlazni parametri imaju istu vrijednost, što je i maksimalna vrijednost parametara. Fazi kontroleri WWD i EP su aktivni za odgovarajuće ulazne TI, a UA za sve TI.

TI	(a,b,c)	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
T111	(100,100,100)	99,9	0	99,9	0	0
T112	(100,100,100)	99,9	0	99,9	0	0
T113	(100,100,100)	99,9	0	99,9	0	0
T114	(100,100,100)	99,9	0	99,9	0	0
T115	(100,100,100)	99,9	0	99,9	0	0
T121	(100,100,100)	0	99,9	99,9	0	0
T122	(100,100,100)	0	99,9	99,9	0	0
T123	(100,100,100)	0	99,9	99,9	0	0
T124	(100,100,100)	0	99,9	99,9	0	0

**Tabela 19.** Vrijednosti TI (100,100,100) za WWD i EP.

U tabeli 20 prikazane su vrijednosti TI za fazi kontroler WWD (0,0,0) a (100,100,100) za EP tako da možemo posmatrati ponašanje sistema ako su izabrane vrijednosti parametara iz lijeve i desne granice funkcije pripadnosti. Kontrolišemo rad dva fazi

kontrolera EP i UA od kojih je jedan aktivan a drugi nije. Iz tabele 20 vidimo da su vrijednosti izlaznih parametara za EP **99,9**, UA i WWD **0**. Sistem Studentu 2 ne predlaže ni jednu nastavnu lekciju jer je  $\alpha = 0$ . Fazi kontroler UA ima samo jedan ulazni input i to od fazi kontrolera EP što je nedovoljno da pokrene UA. Kontroler EP funkcioniše za ulazne TI (T121, T122, T123 i T124) a WWD je u stanju mirovanja.

TI	(a,b,c)	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
T111	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T112	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T113	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T114	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T115	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T121	(100,100,100)	0	99,9	0	0	0
T122	(100,100,100)	0	99,9	0	0	0
T123	(100,100,100)	0	99,9	0	0	0
T124	(100,100,100)	0	99,9	0	0	0

**Tabela 20.** Vrijednosti TI (0,0,0) za WWD i TI (100,100,100) za EP.

U tabeli 21 prikazani su rezultati sa obrnutom strategijom u odnosu na predhodni slučaj. Vrijednosti TI za fazi kontroler WWD (100,100,100) a (0,0,0) za EP tako da možemo posmatrati ponašanje sistema ako su izabrane vrijednosti parametara iz lijeve i desne granice funkcije pripadnosti. Fazi kontroleri mogu imati dva stanja, aktivno i pasivno. U konkretnom slučaju WWD je aktivan a EP pasivan. Iz tabele 20 vidimo da su vrijednosti izlaznih parametara za WWD **99,9**, UA i EP **0**. Sistem Studentu 2 ne predlaže ni jednu nastavnu lekciju jer je  $\alpha = 0$ . Fazi kontroler UA ima samo jedan ulazni input i to od fazi kontrolera WWD što je nedovoljno da pokrene UA. Kontroler WWD funkcioniše za ulazne TI (T111, T112, T113, T134 i T115) a EP i UA su u stanju mirovanja.

TI	(a,b,c)	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
T111	(100,100,100)	99,9	0	0	0	0
T112	(100,100,100)	99,9	0	0	0	0
T113	(100,100,100)	99,9	0	0	0	0
T114	(100,100,100)	99,9	0	0	0	0
T115	(100,100,100)	99,9	0	0	0	0
T121	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T122	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T123	(0,0,0)	0	0	0	0	0
T124	(0,0,0)	0	0	0	0	0

**Tabela 21.** Vrijednosti TI (100,100,100) za WWD i TI (0,0,0) za EP.

Na osnovu rezultata prikazanih u primjeru 6 možemo zaključiti da fazi kontroleri WWD i EP obavljaju svoju funkciju samo ako TI koji predstavljaju njihove ulazne varijable imaju vrijednosti veće od nule. Fazi kontroler UA nije aktivan ako samo jedan od fazi kontrolera WWD ili EP nije aktivan, odnosno ako oba nisu aktivna, tabela 20 i tabela 21. Za maksimalne vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** od (100,100,100) fazi kontroler UA iznosi **99,90** za sve ulazne TI. U tom slučaju WWD nije aktivan za ulazne varijable (T121, T122, T123 i T124) a EP nije aktivan za ( T111, T112, T113, T114 i T115), tabela 19. U tabelama 17 i 18 prikazani su rezultati testiranja WWD, EP i UA u centralnoj zoni opsega (40,50,60) rada navedenih fazi kontrolera. Ostala čvorišta funkcionišu po analogiji na čvorište UA objašnjeno u primjeru 6.

---

### PRIMJER 7.

---

U primjeru 7 opisan je eksperiment čiji je zadatak bio procijeniti da li trenutni nivo studentovih informatičkih kompetencija za modul Word Processing (WP) ima uticaj na vrijednost Alfe i isporuku nastavne lekcije odgovarajućem studentu. Odnosno, ispitati rad svih čvorišta (UA, DC, F, O, MM i PO) i čvorova (WWD, EP, ET, SE, T, P, S, TC, TF, GO, P, O, S i CAP) u sistemu, prilog 5 i prilog 9. Testiranje sistema podrazumijeva kontrolu funkcionisanja šest čvorišta za različite proizvoljno određene vrijednosti TI-a koji predstavljaju ulazne varijable za navedene fazi kontrolere, prilog 5. U svrhu eksperimenta modeliran je Student 3 sa razlitim vrijednostima parametara (**a**,**b**,**c**) čije su vrijednosti veće od nule i različitim funkcijama pripadnosti za nastavne sadržaje koji predstavljaju 65 ulaznih varijabli za fazi kontrolere UA, DC, F, O, MM i PO, prilog 9. Za prethodno navedeni slučaj posmatraćemo ponašanje inteligentnog tutorskog sistema.

#### *Rezultati eksperimenta*

Na osnovu tabele prikazane u prilogu 9 možemo zapaziti da su vrijednosti  $WP=0$ ;  $\alpha=0$ , sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju i ako su svi TI-i trenutno aktivni odnosno vrijednosti parametara funkcije pripadnosti **a**, **b** i **c** su veće od nule. Razlog za takvo ponašanje sistema je u tome što većina TI-a imaju vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** koje su manje od 51. Ovakva pojava objašnjena je tako da Student 3 nije naučio nastavne sadržaje (TI) čije su vrijednosti za parametre **a**, **b** i **c** manje od 51. Da bi sistem bio aktivan nije dovoljno ispuniti uslov da parametri **a**, **b** i **c** imaju vrijednosti veće od nule, potrebno je da parametri ispunjavaju uslov (**a**, **b** i **c**)  $\geq 51$ . Sistem je podešen tako da u Čvorište 3, Čvorište 6, Čvorište 10, Čvorište 14, Čvorište 17 i Čvorište 20 postoji bar jedan TI čije su vrijednosti za parametar (**a**, **b** i **c**)  $\geq 51$ , prilog 9. Za eksperimentalne potrebe promjenićemo vrijednosti (**a**, **b** i **c**)  $\geq 51$  za odgovarajući TI u ranije navedenim čvorištima.

### Čvorište 3, FLC UA (Using the Application)

Na osnovu tabele 22 možemo zapaziti da T112, T114, T115, T121, T122 i T124 sadrže vrijednosti za parametre  $(a, b i c) \leq 51$ . Radi eksperimenta izvršili smo izmjenu vrijednosti za navedene TI i pratili ponašanje sistema. Vrijednosti prikazane u tabeli 22 zamijenjene su sljedećim vrijednostima za parametre **a**, **b** i **c**, T112 (50, 60,70), T114 (51,61,71), T115 (56,66,76), T121 (55,65,75), T122 (80,90,100) i T124 (63,73,83), prilog 10.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0
2.	T112	(30,40,50)	WWD	UA			
3.	T113	(70,80,100)					
4.	T114	(20,30,40)					
5.	T115	(15,25,35)					
6.	T121	(5,15,25)					
7.	T122	(8,18,28)	EP				
8.	T123	(55,65,75)					
9.	T124	(23,33,43)					

**Tabela 22.** Prikaz TI-a za Čvorište 3 sa vrijednostima za parameter  $(a, b i c) \leq 51$ .

Testiranjem sistema za nove vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** dobili smo da je i dalje  $\alpha = 0$ ,  $WP = 0$  i sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju. Što se moglo i pretpostaviti jer u drugim čvorištima postoje TI za koje važi da je  $(a, b i c) \leq 51$ .

### Čvorište 6, FLC DC (Document Creation)

U tabeli 23 vidimo da T211, T221, T222, T224, T225, T227 i T228 sadrže vrijednosti za parametre  $(a, b i c) \leq 51$ , izvršili smo izmjenu vrijednosti za navedene TI i posmatrali ponašanje sistema kao i kod prethodnog čvorištu. Vrijednosti prikazane u tabeli 23 zamjenjene su sljedećim vrijednostima za parametre **a**, **b** i **c**, T211 (55,65,75), T221 (55,65,75), T222 (53,63,73), T224 (72,82,92), T225 (65,75, 85), T227 (71,81,91).i T228 (55,65,75), prilog 11.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
10.	T211	(11,21,31)	4	6	0	0	0
11.	T212	(52,62,72)	ET	DC			
12.	T213	(68,78,88)					
13.	T221	(15,25,35)	5				
14.	T222	(23,33,43)	SE				
15.	T223	(67,77,87)					
16.	T224	(12,22,32)					
17.	T225	(25,35,45)					
18.	T226	(69,79,89)					
19.	T227	(41,51,61)					
20.	T228	(45,55,65)					

**Tabela 23.** Prikaz TI-a za Čvorište 6 sa vrijednostima za parameter (a, b i c)  $\leq 51$ .

Testiranjem sistema na osnovu novih vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** dobili smo da je  $WP=0$ ,  $\alpha =0$ , i da sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju.

#### Čvorište 10, FLC F (Formatting)

U tabeli 24 prikazano je Čvorište 10 koje je organizovano pomoću najvećeg broja TI-a u sistemu. Dakle, vidimo da T311, T312, T314, T315, T321, T323, T324, T326, T327 T329 T3210, T3211 i T332 sadrže vrijednosti za parametre (a, b i c)  $\leq 51$ . Izvršena je izmjena vrijednosti za navedene TI i testirano je ponašanje sistema. Vrijednosti prikazane u tabeli 24 zamjenjene su sljedećim vrijednostima za parametre **a**, **b** i **c**, T311 (55,65,75), T312 (54,64,74), T314 (50,60,70), T315 (55,65,75), T321 (52,62,72), T323 (55,65,75), T324 (53,63,73), T326 (52,62,72), T327 (55,65,75) T329 (51,61,71) T3210 (61,71,81) T3211 (71,81,91) i T332 (71,81,91), prilog 12.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
21.	T311	(15,25,35)	7	10	0	0	0
22.	T312	(24,34,44)	T	F			
23.	T313	(67,77,87)					
24.	T314	(10,20,30)					
25.	T315	(25,35,45)					
26.	T316	(69,79,89)					
27.	T321	(22,32,42)					
28.	T322	(68,78,88)	P				
29.	T323	(15,25,35)					
30.	T324	(23,33,43)					
31.	T325	(67,77,87)					
32.	T326	(12,22,32)					
33.	T327	(25,35,45)					
34.	T328	(69,79,89)					
35.	T329	(41,51,61)					
36.	T3210	(41,51,61)					
37.	T3211	(31,41,51)					
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(41,51,61)	S				

**Tabela 24.** Prikaz TI-a za Čvorište 10 sa vrijednostima za parametre  $(a, b \text{ i } c) \leq 51$ .

Testiranje sistema za nove vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** ima sljedeće rezultate  $\alpha = 0$ ,  $WP = 0$  i sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju.

#### Čvorište 14, FLC O (Objects)

Na osnovu tabele 25 možemo zapaziti da T411, T412, T414, T421, T422, T431 T432 i T433 sadrže vrijednosti za parametre  $(a, b \text{ i } c) \leq 51$ . Radi eksperimenta izvršili smo izmjenu vrijednosti za navedene TI i pratili ponašanje sistema. Vrijednosti prikazane u tabeli 25 zamjenjene su sljedećim vrijednostima za parametre **a**, **b** i **c**, T411 (55, 65,75), T412 (54,64,74), T414 (52,62,72), T421 (65,75,85), T422, (64,74,84), T431 (65,75,85) T432 (54,64,74) i T433 (67,77,87), prilog 13.



R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
40.	T411	(15,25,35)	11	14	0	0	0
41.	T412	(24,34,44)	TC	O			
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(10,20,30)					
44.	T421	(15,25,35)	12				
45.	T422	(24,34,44)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(25,35,45)	13				
48.	T432	(4,14,24)	GO				
49.	T433	(7,17,27)					

**Tabela 25.** Prikaz TI-a za Čvorište 14 sa vrijednostima za parametre (a, b i c)  $\leq 51$ .

Kada smo sistem testirali za nove vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** dobili smo da je i dalje  $\alpha = 0$ , sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju.

#### Čvorište 17, FLC MM (Mail Merge)

Na osnovu tabele 26 možemo zapaziti da T511, T512, T521 i T522 sadrže vrijednosti za parametre (a, b i c)  $\leq 51$ . Radi eksperimenta izvršili smo izmijenu vrijednosti za navedene TI i pratili ponašanje sistema. Vrijednosti prikazane u tabeli 22 zamjenjene su sljedećim vrijednostima za parametre **a**, **b** i **c**, T511 (75,85,95), T512 (74,84,94), T521 (78,88,98), T522 (74,84,94), prilog 14.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
50.	T511	(15,25,35)	15	17	0	0	0
51.	T512	(24,34,44)	P	MM			
52.	T513	(61,71,81)					
53.	T521	(18,28,38)	16				
54.	T522	(24,34,44)	O				

**Tabela 26.** Prikaz TI-a za Čvorište 17 sa vrijednostima za parametre (a, b i c)  $\leq 51$ .

Kada smo sistem testirali na nove vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** dobili smo da je i dalje  $\alpha = 0$ , sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju.

#### Čvorište 20, FLC PO (Prepare Outputs)

U tabeli 27 vidimo da T611, T612, T614, T616, T622 i T624 sadrže vrijednosti za parametre (a, b i c)  $\leq 51$ . Radi eksperimenta izvršili smo izmjenu vrijednosti za navedene TI i posmatrali ponašanje sistema. Vrijednosti prikazane u tabeli 27 zamjenjene su sljedećim vrijednostima za parametre **a**, **b** i **c**, T611 (72,82,92), T612

(70,80,90), T614 (75,85,95), T616 (75,85,95), T622 (70,80,90) i T624 (75,85,95), prilog 15.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
55.	T611	(12,22,32)	18	20	0	0	0
56.	T612	(20,30,40)	S	PO			
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)					
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)					
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

**Tabela 27.** Prikaz TI-a za Čvorište 20 sa vrijednostima za parametre (a, b i c)  $\leq 51$ .

Nakon testiranja sistema za Čvorište 20 možemo zapaziti da su vrijednosti  $\alpha = 0$ , WP=0 i da sistem Studentu 3 ne nudi ni jednu nastavnu lekciju kao i kod prethodnih slučajeva.

Stoga, možemo zaključiti da promjena vrijednosti parametara **a**, **b** i **c** u čvorištima (UA, DC, F, O, MM i PO) i čvorovima (WWD, EP, ET, SE, T, P, S, TC, TF, GO, P, O, S i CAP) ne utiče na vrijednost Alfe a samim tim i izbor nastavne lekcije. Procjena znanja studenta koja se vrši na nivou čvorišta je korisna za pravilan rad sistema a takav vid prosijene obezbjeđuje korekciju “ne” znanja studenta, primjer 6. Dakle, procjena znanja studenta na nivou modula u konkretnom slučaju WP za rad sistema nema neku bitnost jer su studentova “ne” znanja iskorigovana na osnovu procjene koja je urađena na nivou čvorišta. Vrijednost WP=0 pojavljuje se u svim slučajevima posmatranja rada sistema, odnosno ako je WP različito od nule onda je student savladao sve nastavne lekcije sa maksimalnom mjerom i sistem mu nema za ponuditi više nijednu nastavnu lekciju.

## ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

## 8.

### 8.1. Rezultati modelovanja ITS-a

Modelovanje inteligentnih tutorskih sistema s obzirom na promijenljivu karakteristiku sistema je veoma kompleksno. Ovakvi sistemi moraju imati mogućnost adaptacije na razne promijene unutar i van sistema. Dizajniranje modela ITS-a (6.1.) otvorilo je mnoga pitanja i dileme koje su bitne za dalji pravac razvoja relevantnog modela ITS-a. Proces modeliranja bazirao se na dva bitna elementa u sistemu a to su model tutora (7.1.) i model studenta (7.2.). Sistem je dizajniran tako da struktura kontrolera koji su redno/paralelno vezani odgovara modularno struktuiranoj nastavi, to je jedino što se u sistemu ne može mjenjati. Prilikom dizajniranja sistema vodilo se računa o proširivosti. Dakle, ITS je tako dizajniran da se svaki njegov dio može proširiti i nadograditi u neki potpuno novi ITS koji je nezavisan od bilo kog softverskog okruženja. U prvobitnoj koncepciji modelovanja sistema akcenat je stavljen na studenta ali kroz proces rada utvrđen je veliki uticaj tutora na ITS. Student u sistemu ima aplikativnu ulogu dok tutor svojim kompetencijama posredno i neposredno kontroliše mehanizme zaključivanja, i definiše pravila po kojima sistem zaključuje (6.3.4.) i (6.3.5.), u slučaju da ne postoji modul za automatsku sintezu baze pravila (6.3.7.). Tutor preuzima ulogu eksperta u ITS-u, tj. ima ovlaštenja potrebna za upravljanje i formiranje baza podataka. Proces upravljanja vrši nad bazom znanja (baza nastavnih silabusa), bazom nastavnih pravila, bazom testova, bazom nastavnih sadržaja i posredno bazom studenta. Stoga, uloga tutora je od krucijalnog značaja za rad ITS-ma. Formiranje modela ITS-a baziranog na standardu informatičkih kompetencija (ECDL) omogućava permanentno usavršavanje studenata kao i personalizaciju procesa učenja. Modeliranjem ITS-a definisan je dugoročan i efikasan način unapređenja informatičkih kompetencija studenata.

### 8.2. Mogućnosti daljeg razvoja ITS-a

Razvoj referentnog ITS-a može se bazirati na unapređenju komponenti koje se nalaze van sistema i komponenti koje se nalaze unutar sistema. Pravac razvoja komponenti iz okruženja ide ka proširivanju domenskog znanja pomoću ekspertnih baza i skupa pravila koja bi bila dirigovana od strane vanjskih tutora. Ovakav tip nadogradnje sistema bi mogao da obogati sistem na način da ekspertno znanje tutora bude na

visoko profesionalnom nivou i ne bi moralo da bude vezano za određeni nastavni silabus, geografsko, jezičko područje ili da zavisi od ekonomskih faktora. Na ovaj način bi se mogla izvršiti standardizacija znanja u ITS-u na svijetskom nivou. Sistem bi mogao da se prilagodi uslovima novog tutora i da na osnovu utvrđenih kriterijuma izabere najkompatibilnijeg tutora za postavljene uslove. Dakle, različiti tutori davali bi različita mišljenja o istom problemu a sistem bi se adaptirao na nove uslove. Ovakvo rješenje ITS-a bi djelimično otklonilo mogućnost upravljanja sistemom pomoću neodgovarajućih i nedovoljno edukovanih tutora i riješilo bi pitanje dostupnosti i angažmana profesionalnih tutora.

Jedno od mogućih rješenja sistema bila bi mogućnost adaptiranja sistema prema novim nastavnim paradigama zasnovanim na razvijajućoj nastavi, objašnjeno u poglavlju (1.1.). Bitnos ovakve adaptivne komponente sistema bi bila da se različita znanja koja sistem prikuplja van sistemskog okruženja ažuriraju i kreiraju bazu u sistemu koja bi bila ekspertno znanje, a sistemi zaključivanja bi se tome prilagodili. Procjena znanja studenata i obučavajući materijali bi bili prilagođeni potrebama i principima novih obrazovnih paradigmi.

ITS sa određenim izmjenama u modularnoj strukturi bi se mogao implementirati u medicinske svrhe. Projektovanje modula sa odgovarajućim sensorima mogao bi da se upotrebi u edukativne svrhe kod lica sa psiho-motoričkim poremećajima i lica ometenih u razvoju.

Razvoj komponenti ITS-a koje se nalaze unutar sistema mogu da promijene strukturu sistema, načine zaključivanja u sistemu promijenom pravila zaključivanja kao i principe procjene znanja studenata. Dakle, navedene promijene koje su vezane za interni rad sistema uglavnom na posredan i neposredan način zavise od tutora. Jedna od mana u modeliranju referentnog ITS-a je prevelik uticaj tutora na rad sistema. Tutor posredno upravlja procesom unapređenja kompetencija studenata. Da bi se to izbjeglo dalja istraživanja treba da se baziraju na unapređenju kompetencija studenata bez velikog uticaja tutora koji u nekim slučajevima i nije dovoljno kompetentan da upravlja sistemom. Istraživanje bi se razvijalo u pravcu automatski dirigovanih pomijeranja parametara **a**, **b** i **c** za funkciju pripadnosti određenih nastavnih sadržaja. Ideja bi bila razviti model unapređenja kompetencija studenata koji ima pedagoško opravdanje za nesimetrično pomijeranje parametara **a** i **c** za odgovarajuću funkciji pripadnosti.

### **8.3.Zaključak**

Na osnovu svega iznesenog u disertaciji možemo sa sigurnošću tvrditi da je moguće kreirati model inteligentnog tutorskog sistema koji će imati funkciju unapređenja informatičkih kompetencija studenata, što zadovoljava osnovnu pretpostavku doktorske disertacije.

Teorijsko dokazivanje osnovne hipoteze potvrđeno je i eksperimentom koji je izvršen na programskom jeziku Java tako što je napravljena simulacija modela inteligentnog tutorskog sistema za unapređenje informatičkih kompetencija. Simulacija ITS-a je testirana na nivou funkcionisanja mehanizma zaključivanja (7.2).

Dolazak do ovog zaključka potkrepljujemo dokazima pothipoteza (**H1, H2, H3 i H4**).

**H1:** Informatičke kompetencije studenata mogu se izraziti u AKO...ONDA formi, odnosno pomoću pravila odlučivanja, potpoglavlja (7.1.1.), (7.1.2.) i (7.1.3.).

Osnovni zadatak tutora u ITS-u je da vrši fazi upravljanje pomoću kvalitativnih opisa; koristeći se fazi AKO-ONDA pravilima. U konkretnom slučaju kvalitativna pravila bez obzira da li ih definiše tutor ili su automatski generisana opisuju pojave i procese u sistemu do nivoa lingvističkih AKO-ONDA pravila koja su implementirana u fazi logičke kontrolere, što je pretpostavka pothipoteze **H1**.

**H2:** Mehanizam zaključivanja (inteligentna komponenta tutorskog sistema) može se postići primijenom generalizovanog pravila Modus Ponens, potpoglavlja (6.3.3.) i (6.3.4.).

Mehanizam zaključivanja ITS-a se zasniva na Mamdani fazi inferentnom sistemu. Koji je realizovan pomoću primijene **min** operatora, koji je opet korišten za implementaciju fazi **AND** logičkog operatora. Mamdani fazi inferentni sistem je kompatibilan sa metodom odsjecanja a primijena AKO...ONDA pravila se realizuje pomoću generalizovanog Modus Ponens-a. Tako da se svaki ONDA dio svakog fazi pravila izvršava u onoj mjeri u kojoj je zadovoljen AKO dio odgovarajućeg pravila. Pravila koja koristi ovaj sistem su Mamdani fazi pravila bazirana na principu generalizovanog Modus Ponens-a, što je pretpostavka pothipoteze **H2**.

**H3:** Moguće je postići generisanje posebnog nastavnog plana i programa za svakog studenta ponaosob, a u zavisnosti od trenutnog nivoa njegovih informatičkih kompetencija, potpoglavlje (6.3.5.).

Alfa algoritam ima zadatak da izabere nastavnu lekciju koja je najpogodnija za određenog studenta na osnovu identifikacije trenutnog nivoa studentovih informatičkih kompetencija i da je isporuči studentu radi mogućnosti daljeg testiranja. U ITS-u svaki student je opisan određenim brojem atributa. Atributi su nastavni sadržaji koji se u terminologiji ECDL standarda definišu kao Task Item (TI). Više nastavnih sadržaja čine nastavnu lekciju, više lekcija nastavnu oblast, više oblasti nastavni modul a na kraju više modula nastavni plan i program (silabus). Dakle, procjena informatičkih kompetencija studenta i isporuka personalizovanih nastavnih planova i programa vrši se na nivou nastavnih sadržaja a doseže do nivoa nastavnih silabusa, što je pretpostavka pothipoteze **H3**.

**H4:** Pravila odlučivanja mogu se automatski generisati egzaktom metodom na osnovu postojećeg uzorka primijenom Teorije grubih skupova, potpoglavlje (6.3.7.).

Relevantni ITS je modeliran tako da postoji mogućnost da se baza pravila popuni pomoću automatski generisanih pravila odlučivanja. Odnosno, da se pravila odlučivanja generišu automatskim putem tehnikama baziranim na primijeni Teorije grubih skupova koja se zasniva na pretpostavci da je svaki objekat univerzuma u konkretnom slučaju student opisan pomoću konačnog skupa atributa, što je pretpostavka pothipoteze **H4**.

## LITERATURA

## L

1. Alevan V, McLaren B.M., Sewall J., Koedinger K.R. (2009). "A New Paradigm for Intelligent Tutoring Systems: Example-Tracing Tutors". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 19, 105-154.
2. Alevan V., McLaren B.M., Sewall J., Koedinger K.R. (2009). "A new paradigm for intelligent tutoring systems: Example-tracing tutors". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 19, 2, 105–154.
3. Anderson J. R., Corbett A. T., Koedinger K., Pelletier R. (1995). "Cognitive tutors: Lessons learned". *The Journal of Learning Sciences*. 4, 167-207.
4. Anderson, J. D. (1988). *The education of Blacks in the South, 1860-1935*. University of North Carolina Press.
5. Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (1995). Cognitive tutor: Lesson learned. *The journal of the learning sciences* 4(2): 167–207.
6. Arevalillo-Herráez, M., Arnau, D., & Marco-Giménez, L. (2013). Domain-specific knowledge representation and inference engine for an intelligent tutoring system. *Knowledge-Based Systems*, 49, 97-105.
7. Arroyo I., Cooper, D.G., Burleson W., Woolf B.P., Muldner K., Christopherson R. (2009). "Emotion sensors go to school". V. Dimitrova, R. Mizoguchi, B. du Boulay, A.C. Graesser (eds.) *Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2009*. 17–24.
8. Azevedo R., Witherspoon A., Chauncey A., Burkett C., Fike A. (2009). "Leelawong K., Biswas G. (2008). "Designing learning by teaching agents: The betty's brain system". *Journal Artificial Intelligence in Education*, 18, 3, 181–208.
9. Badaracco, M., & Martínez, L. (2013). A fuzzy linguistic algorithm for adaptive test in Intelligent Tutoring System based on competences. *Expert Systems with Applications*, 40(8), 3073-3086.

10. Baffes, P., and Mooney, R. 1996. Refinement-Based Student Modeling and Automated Bug Library Construction. In *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 7, 1 (1996), pp. 75-116.
11. Biggs, J. (1999). What the student does: Teaching for enhanced learning. *Higher education research & development*, 18(1), 57-75.
12. Bloom B. S. (1984). "The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring". *Educational Researcher*. 13, 4-16.
13. Bloom, B.S. 1984. The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. *Educational Researcher* 13 (6):4-16.
14. Boticki, I., Budisak I., Hoic-Bozic N., *Module For Online Assessment In Ahyco Learning Management System*, J. Math. Vol. 38, No. 2, 2008, pp. 115-131, Novi Sad.
15. Bozicevic, J., (2005), *Inteligentni poučavateljski sustavi* (str. 7-13). Zagreb: Hrvatsko društvo za sustave - CROSS.
16. Brankovic, D., & Mandic, D. P. (2003). *Metodika Informatičkog Obrazovanja sa osnovama informatike*, Banjaluka: Filozofski fakultet.
17. Brown, J., Burton, R., de Kleer, J. 1981, Pedagogical Natural Language and Knowledge Engineering Techniques in SOPHIE I, 11, and IIIH, Tutoring Systems, Sleeman et al (eds), Academic Press.
18. Brtka E., Brtka V., Eleven E. "Test as the Instrument for Knowledge Verification Within Web Authoring Systems", I Naučno-stručni skup Informacione tehnologije za e-obrazovanje ITeO, Proceedings, pp. 59-64, Panevropski univerzitet, 2-3 oktobar 2009, Banja Luka, Republika Srpska, ISBN 978-99955-49-14-5, COBISS.BH-ID 1241624.
19. Brtka E., Brtka V., Ognjenovic V., Berkovic V. "The data visualization technique in e-learning system", IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY, Sept. 20-22, 2012, pp. 489-492, ISBN: 978-1-4673-4750-1, doi: 10.1109/SISY.2012.6339570.
20. Brtka E., Brtka V., Radosav D. "The cognitive conflict in the extended RED - PiE model", 7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY, pp. 367-370, Sept. 25-26, 2009, Subotica, Serbia, doi: 10.1109/SISY.2009.5291130, IEEE Catalog Number: CFP0984C-CDR, ISBN: 978-1-4244-5349-8, Library of Congress: 2009909575.
21. Brtka V., Brtka E., Ognjenovic V., "The Rough Sets Theory Based Expert Systems", Proceedings of I International Symposium Engineering



- Management and Competitiveness 2011 (EMC2011), June 24-25, 2011, Zrenjanin, Serbia, pp. 429-432, ISBN: 978-86-7672-135-1.
22. Brtka V., Brtka E., Ognjenovic V., Berkovic I. "The rough sets based data analysis in small and medium sized enterprises", Proceedings of 6th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, SACI, pp. 373-378, 19-21 May 2011, doi:10.1109/SACI.2011.5873032.
  23. Brtka V., Brtka E., Ognjenović V., "The Software Tool For Teaching Basic Neural Network Concepts", Proceedings of International Conference on Information Technology and Development of Education – ITRO July 2011, Zrenjanin, Republic of Serbia, pp. 382-385, ISBN: 978-86-7672-134-4.
  24. Brtka V., Brtka E., Radosav D. "Evaluation of students achievements using mamdani fuzzy inference system", I Naučno-stručni skup Informacione tehnologije za e-obrazovanje ITeO, Proceedings, pp. 53-58, Panevropski univerzitet, 2-3 oktobar 2009, Banja Luka, Republika Srpska, ISBN 978-99955-49-14-5, COBISS.BH-ID 1241624.
  25. Brtka V., Brtka E., Radosav D. "Usage of educational computer software to improve the quality of the teaching process", I Naučno-stručni skup Informacione tehnologije za e-obrazovanje ITeO, Proceedings, pp. 129-134, Panevropski univerzitet, 2-3 oktobar 2009, Banja Luka, Republika Srpska, ISBN 978-99955-49-14-5, COBISS.BH-ID 1241624.
  26. Brtka V., Stojanov Z., Dobrilovic D., Berkovic I. Fuzzy Screening Applications in the Domain of Information Technologies. *In Proceedings of International Conference on Applied Internet and Information Technologies - AIIT*, Serbia, Zrenjanin, October 24, 2014. pp. 235–238.
  27. Brtka V., Stokic E., Srdic B., „Automated extraction of decision rules for leptin dynamics - A rough sets approach“, *Journal Of Biomedical Informatics*, vol. 41, br. 4, str. 667-674, 2008.
  28. Brusilovsky, P., Eklund, J., & Schwarz, E. (1998). Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1), 291-300.
  29. Cabada, R. Z., Estrada, M. L. B., & García, C. A. R. (2011). EDUCA: A web 2.0 authoring tool for developing adaptive and intelligent tutoring systems using a Kohonen network. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9522-9529.
  30. Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems(II)*, pp.190-202.

31. Chakraborty S, Roy D, Basu A. Development of knowledge based intelligent tutoring system. *Advanced Knowledge Based Systems: Model, Applications & Research*. 2010;1:74-100.
32. Cho K., Schunn C. D. (2005). "Scaffolded writing and rewriting in the discipline: A web-based reciprocal peer review system". *Computers & Education*. 48, 3, 409-426.
33. Clancey, W. J. 1982, GUIDON, In Barr and Feigenbaum (editors), *The Handbook of Artificial Intelligence*, chapter Applications-oriented AI research: Education. William Kaufmann, Inc., Los Altos, 1982.
34. Competencies, K. (2002). Survey 5. *Brussels: Eurydice, European Unit*.
35. Conati C. (2002). "Probabilistic Assessment of User's Emotions in Educational Games". *Journal of Applied Artificial Intelligence*. Special issue on "Merging Cognition and Affect in HCI". 16, 7-8, 555-575
36. Conati, C., Gertner, A., VanLehn, K., & Druzdzel, M. 2002. On-line student modeling for coached problem solving using Bayesian networks. In *Proc. Sixth International Conference on User Modeling*, Vienna, 1997, pp. 231-242.
37. Cumming G., McDougal A. (2000). "Mainstreaming AIED into Education? International". *Journal of Artificial Intelligence in Education*. 11, 197-207.
38. D'Mello S.K, Craig S.D., Gholson B., Franklin S., Picard R., Graesser A (2005). "Integrating affect sensors in an Intelligent Tutoring System". *Affective Interactions: The Computer in the Affective Loop Workshop at 2005 Intl. Conf. on Intelligent User Interfaces*. AMC Press. 7-13
39. Devauchelle, B. (2004). *Le Brevet Informatique et Internet (B2i) d'un geste institutionnel aux réalités pédagogiques* (Doctoral dissertation, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis).
40. Devedzic V. (2004). "Education and the Semantic Web". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 14, 39-65
41. Dimitrova V., McCalla G., Bull S. (2007). "Open Learner Models: Future Research Directions" (Special Issue of IJAIED Part 2), *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 17, 3, 217-226
42. Dobrilovic Dalibor, Brtko Vladimir, Berkovic Ivana, Odadzic Borislav, „Evaluation of the Virtual Network Laboratory Exercises Using a Method Based on the Rough Set Theory“, *COMPUTER APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION*, vol. 20, no. 1, pp. 29-37, 2012.
43. Duffy, M. C., & Azevedo, R. (2015). Motivation matters: Interactions between achievement goals and agent scaffolding for self-regulated learning

- within an intelligent tutoring system. *Computers in Human Behavior*, 52, 338-348.
44. EACEA, E. (2009). Arts and cultural education at school in Europe. *Brussels: Eurydice, 2009.–104 p.p.*
  45. EACEA/Eurydice, 2009b. *National Testing of Pupils in Europe: Objectives, Organisation and Use of Results*. Brussels: EACEA P9 Eurydice.
  46. EACEA/Eurydice, 2009b. *National Testing of Pupils in Europe: Objectives, Organisation and Use of Results*. Brussels: EACEA P9 Eurydice.
  47. ECDL Foundation. (1997 - 2015). *European Computer Driving Licence Foundation*. Презето јануар 18, 2015 са ECDL: <http://www.ecdl.com/>
  48. Escudero, H., & Fuentes, R. (2010). Exchanging courses between different Intelligent Tutoring Systems: A generic course generation authoring tool. *Knowledge-Based Systems*, 23(8), 864-874.
  49. European Commission. (2010). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION EUROPE 2020A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, 3.3.2010.
  50. European commission, D.-G. f. (2004), *Implementation of "Education and Training 2010" work programme*. Working group on Basic skills, entrepreneurship and foreign languages.
  51. Europska Komisija, 2008 c. *Commission Staff Working Document on The use of ICT to support innovation and lifelong learning for all – A report on progress*. SEC(2008) 2629 final.
  52. Europska Komisija, 2010 b. *Communication to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Digital agenda for Europe (Digitalni plan za Europu)*. COM (2010) 245 final.
  53. EURYDICE, E. (2011). European Commission (2011). *Key data on learning and innovation through ICT at school in Europe*.
  54. Gagne RM. *Principles of Instructional Design*. Third Edition. Holt, Rinehart and Winston: New York; 1988.
  55. Gutierrez, F., & Atkinson, J. (2011). Adaptive feedback selection for intelligent tutoring systems. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 6146-6152.
  56. Hotomski P., (2006) "Sistemi veštačke inteligencije", Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

57. Jerinic, L., (1995). EduSof - A Shell for Intelligent Tutoring System. U D. Lipovac (Ur.), *Proceedings of 5th International Conference "Informatics in Education and New Information Technologies"*, pp.72-76, Zrenjanin.
58. Johnson D. S., „Approximation algorithms for combinatorial problems“, *Journal of Computer and System Sciences* 9, pp. 256–278, 1974.
59. Juárez-Ramírez, R., Navarro-Almanza, R., Gomez-Tagle, Y., Licea, G., Huertas, C., & Quinto, G. (2013). Orchestrating an Adaptive Intelligent Tutoring System: Towards Integrating the User Profile for Learning Improvement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106, 1986-1999.
60. Kavcic A., Pedraza-Jimenez R., Molina-Bulla H., Valverde-Albacete F.J., Cid-Sueiro J., NaviaVazquez A. 2003. Student modeling based on fuzzy inference mechanisms, *EUROCON 2003.Computer as a Tool. The IEEE Region 8*, vol.2, no.pp. 379- 383 vol.2, 22-24 Sept. 2003.
61. Kavcic, A. (2004, June). Fuzzy student model in InterMediActor platform. In *Information Technology Interfaces, 2004. 26th International Conference on* (pp. 297-302). IEEE.
62. Kimball, R. 1982, A self-improving tutor for symbolic integration. In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems*, New York: Academic Press, pp. 283-308.
63. Komisija/EACEA/Eurydice, E. (2012). *Developing Key Competences at School in Europe: Challenges and Opportunities for Policy*. Luksemburg: Ured za publikacije Europske unije.
64. Kularbphetpong, K., Kedsiribut, P., & Roonrakwit, P. (2015). Developing an Adaptive Web-based Intelligent Tutoring System Using Mastery Learning Technique. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 686-691.
65. Latham, A., Crockett, K., McLean, D., & Edmonds, B. (2012). A conversational intelligent tutoring system to automatically predict learning styles. *Computers & Education*, 59(1), 95-109.
66. Lyon-Maris, J., & Scallan, S. (2007). Do integrated training programmes provide a different model of training for general practice compared to traditional vocational training schemes?. *Education for Primary Care*, 18(6), 685-696.
67. MacGilchrist, B., Myers, K., Reed, J. (2004). *The intelligent school*. (2nd ed.). London: SAGE Publications.
68. Mandic D., (2012), Artificial intelligence in Supervised learning, in the book: 11th WSEAS International Conference. on ARTIFICIAL INTELLIGENCE,

- KNOWLEDGE ENGINEERING AND DATA BASES (AIKED '12) University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom, pp.14-24.
69. Mandic D., Jotanovic G., Jausevac G., Vladusic LJ. i Mandic A., (2014), Informatics Teaching Methodology in Improving Informatics Students Competencies, *Advances in Electrical Engineering and Educational Technologies, Proceedings of 2<sup>nd</sup> Internacional Conference on Systems, Control and Informatics (SCI 2014)*, Included in ISI-Web of Science, ISBN 978-1-61804-254-5, Athens, Greece, November 2014.
  70. Mandic D., Urosevic V., Tijanic M., (2010), E-learning and Security Problems in Cloud Computing Environment, *in the book 9th WSEAS International Conference on EDUCATION and EDUCATIONAL TECHNOLOGY (EDU '10)* Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN 978-960-474-232-5, ISSN: 1792-5061, Iwate, Japan, pp.381-386.
  71. Mandic, D, Kamuka, E., (2010), Internet Technologies in educational television, *in the book 9th WSEAS International Conference on EDUCATION and EDUCATIONAL TECHNOLOGY (EDU '10)*, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN 978-960-474-232-5, ISSN: 1792-5061, Iwate, Japan, pp.341-346.
  72. Mandic, D, Lalic, N., Bandjur, V., (2010), Managing Innovations in Education, *in the book 9th WSEAS International Conference. on ARTIFICIAL INTELLIGENCE, KNOWLEDGE ENGINEERING AND DATA BASES (AIKED '10)*, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-960-474-154-0, ISSN: 1790-5109, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom, pp.231-237.
  73. Mandic, D, Martinovic, D. Stamatovic, M., (2010), Informational Technology in Measuring Motor Characteristics Elementary School pupils, *in the book 9th WSEAS Intenational Conference. on ARTIFICIAL INTELLIGENCE, KNOWLEDGE ENGINEERING AND DATA BASES (AIKED '10)*, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-960-474-154-0, ISSN: 1790-5109, University of Kmbriage, Cambridge, United Kingdom, pp.226-231.
  74. Mandic, D, Planojevic, N. Tijanic, M., (2010), Legal Protection of Copyright Works that Appear in Web Based Applications, *in the book 7th WSEAS International Conference on APPLIED COMPUTING (ACC '10)* Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-960-474-236-3, ISSN: 1792-5908, Timisoara, Romania, pp.128-134.
  75. Mandic, D., (2008), Distance education in multimedia classrooms, *in the book: Education and new educational technologies, 4th. International*

- scientific conference on educational technology*, World scientific engineering academy and society, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, Corfu, Greece, pp. 147-153. (ISBN: 978-960-474-013-0).
76. Mandic, D., (2010), Knowledge Based Multimedia System for Teacher's Education, in the book, 9th WSEAS International Conference. on *ARTIFICIAL INTELLIGENCE, KNOWLEDGE ENGINEERING AND DATA BASES* (AIKED '10) University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom, pp.221-226.
  77. Mandic, D., Bandjur, V., Lalic, N., (2010), Computer Aided Research in Managing Educational Process, in the book *7th WSEAS International Conference on ENGINEERING EDUCATION (EDUCATION '10)*, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-960-474-202-8, ISSN: 1792-426X, Corfu, Greece, pp.373-378.
  78. Mandic, D., Lalic N., Lalic, S., (2010), Decision Support System in Educational Technology, in the book *7th WSEAS International Conference on APPLIED COMPUTING (ACC '10)* Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-960-474-236-3, ISSN: 1792-5908, Timisoara, Romania, pp.102-107.
  79. Mandic, D., Martinovic, D. Visnjic, D., (2009), WEB based technology in planning sports education in primary schools, *Journal of WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE and APPLICATIONS*, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, issue 8, vol. 6, ISSN: 1790-0832. Wisconsin, USA, 2009, pp. 1279-1288.
  80. Mandic, D., Martinovic, D., Dejjic, M., (2011), Computers in modern educational technology, in the book *8th WSEAS International Conference. on ENGINEERING EDUCATION* Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-1-61804-021-3, Corfu, Greece, pp.295-301.
  81. Mandic, D., Radovanovic, I., Sehovic, S., (2009), Informational Technology in life-long Teacher's Education, in the book *8th WSEAS Int. Conf. on EDUCATION and EDUCATIONAL TECHNOLOGY (EDU '09)*, Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN: 978-960-474-128-1, ISSN: 1790-5109, University of Genova, Geonova, Italy, pp.259-264.
  82. Mandic, D; Ristic, M., (2011), Evropski standardi informatičkih kompetencija, *Čigoja*, Beograd,. str. 355.
  83. Mandić, D., (1996), Essential of microcomputers and popular applications, (na engleskom jeziku), *Izdavač: University of Banat, Timisoara*, str. 189. , ISBN 973-97954-6-3.

84. Manske M., Conati C. (2005). "Modelling Learning in Educational Games". C.K. Looi, G. McCalla, B. Bredeweg, J. Breuker (eds.) *Artificial Intelligence in Education – Supporting Learning through Intelligent and Socially Informed Technology*. IOS. Amsterdam. 411- 418.
85. Marciniak, J. (2014). Building intelligent tutoring systems immersed in repositories of e-learning content. *Procedia Computer Science*, 35, 541-550.
86. McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for" intelligence." *American psychologist*, 28(1), 1.
87. McDonald, J. 1981, The Excheck CAI System, in University-Level Computer-Assisted instruction at Stanford: 1968-1980, P. Suppes, ed., Inst. for Math. Studies in the Social Sciences, Stanford Univ., Palo Alto, Calif., 1981.
88. Mitrovic A., Mayo M., Suraweera P., Martin B. (2001). "Constraint-based tutors: A success story". L. Monostori, J. Vancza, M. Ali (eds.). *Proceedings of the 14th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems IEA/AIE-2001*. Springer. Berlin. 5-10.
89. Mitrovic A., Weerasinghe A. (2009). "Revisiting Ill-Definedness and the Consequences for ITSs". V. Dimitrova, R. Mizoguchi, B du Boulay, A. Graesser (eds.) *Artificial Intelligence in Education. Building Learning Systems that Care: From Knowledge Representation to Affective Modeling*. 375–382.
90. Mitrovic, A., Ohlsson, S., & Barrow, D. K. (2013). The effect of positive feedback in a constraint-based intelligent tutoring system. *Computers & Education*, 60(1), 264-272.
91. Moore, M. G. (1989). Editorial: Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*, 3(2), 1–7.
92. Murray T. (2003). "An overview of intelligent tutoring system authoring tools: Updated analysis of the state of the art". T. Murray, S. Blessing, S. Ainsworth S. (eds.) *Authoring tools for advanced learning environments*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
93. Murray, T. 1999. Authoring Intelligent Tutoring Systems: An Analysis of the State of the Art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (1999), 10, pp. 98-129.
94. Nagao K., Takeuchi A. (1994). "Social interaction: Multimodal conversation with social agents". *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence*. AAAI Press. Menlo Park. 22-28.

95. Noh, N. M., Ahmad, A., Halim, S. A., & Ali, A. M. (2012). Intelligent Tutoring System using Rule-based And Case-based: A Comparison. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 67, 454-463.
96. Nwana, H. S. (1990). Intelligent Tutoring Systems: an overview. *Artificial Intelligence Review*, vol. 4(izd.4), pp. 251-277, doi:10.1007/BF00168958.
97. OECD, 2005. *The Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary*. [pdf]:<http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf>.
98. Ognjenovic V., Jovanovic M., Brtka V., Stojkov A., Berkovic I., Application of DSi Framework in Creation of Expert System Knowledge Base., *Proceedings of International Conference on Applied Internet and Information Technologies - AIIT*, Serbia, Zrenjanin, October 24, 2014. pp. 278–281.
99. Øhrn A., „Discernibility and Rough Sets in Medicine: Tools and Applications“, PhD thesis, Department of Computer and Information Science, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 1999.
100. Padayachee I. (2002). “Intelligent Tutoring Systems: Architecture and Characteristics”. Proceedings of the 32nd Annual SACLA Conference, Fish River Sun Eastern Cape. 27-29 June 2002.
101. Pawlak, Z., (1984). Rough probability. *Bull. Pol. Acad. Sci. Math*, 32, 607-615.
102. Phobun, P., & Vicheanpanya, J. (2010). Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4064-4069.
103. Pinkwart N., Ashley K., Aleven V. (2008). “What Do Argument Diagrams Tell Us About Students’ Aptitude Or Experience? A Statistical Analysis In An Ill-Defined Domain”. V. Aleven, K. Ashley, C. Lynch, N. Pinkwart (Eds.). *Proceedings of the Workshop on Intelligent Tutoring Systems for Ill-Defined Domains at the 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. 62-73.
104. Proulx J. (2008). “Some Differences between Maturana and Varela’s Theory of Cognition and Constructivism”. *Complicity: An International Journal of Complexity and Education*. 5, 1, 11-26.
105. Radosav Dragica, Brtka Eleonora, Brtka Vladimir, „Mining Association Rules from Empirical Data in the Domain of Education“, *International Journal Of Computers Communications & Control*, vol. 7, no. 5, pp. 933-944, 2012.



106. Rickel J., Johnson W. L. (1999). "Animated Agents for Procedural Training in Virtual Reality: Perception, *Cognition, and Motor Control*". *Applied Artificial Intelligence*. 13, 343-382
107. Robinson, K. (2011). *Out of our minds: Learning to be creative*. John Wiley & Sons.
108. Roscoe, R. D., Allen, L. K., Weston, J. L., Crossley, S. A., & McNamara, D. S. (2014). The Writing Pal intelligent tutoring system: Usability testing and development. *Computers and Composition*, 34, 39-59.
109. Russell S., Norvig P. (2009). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall. New York
110. Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (Eds.). (2003). *Key competencies for a successful life and well-functioning society*. Hogrefe Publishing.
111. Samsonovich A.V., Jong K.A.D., Kitsantas A., Peters E.E., Dabbagh N., Kalbfleisch M.L. (2008). "Cognitive constructor: An intelligent tutoring system based on a biologically inspired cognitive architecture (bica)". P. Wang, B. Goertzel, S. Franklin (eds.) *AGI. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 171, 311–325. IOS Press, Amsterdam.
112. Sanchez, R. P., Bartel, C. M., Brown, E., & DeRosier, M. (2014). The acceptability and efficacy of an intelligent social tutoring system. *Computers & Education*, 78, 321-332.
113. Saracho, O.N., Spodek, B. (2012). *Handbook of Research on the Education of Young Children/3rd*. New York: Routledge/Taylor and Francis Group.
114. Schiaffino S., Garcia P., Amandi A. (2008). "eTeacher: Providing personalized assistance to e-learning students". *Computers and Education*. 51, 1744-1754.
115. Schulze, K. G., Shelby, R. N., Treacy, D. J., Wintersgill, M. C., Vanlehn, K., & Gertner, A. (2000). Andes: An intelligent tutor for classical physics. *Journal of Electronic Publishing*, 6(1).
116. Sesic, B. (1980). *Opšta Metodologija* (T. 5). (V. Bozica, Ur.) Beograd: Jokovic Dragoslav.
117. Shang Y., Shi H., Chen S. (2001). "An Intelligent Distributed Environment for Active Learning". *ACM Journal on Educational Resources in Computing*. 1, 2, 1-17.
118. Shipman, V. C. *Structure and development of cognitive competencies and styles prior to school entry*. Princeton, N J.: Educational Testing Service, 1971. PR-71-19.

119. Shute, V. J., Psotka, J. (1996). "Intelligent tutoring systems: Past, Present and Future". D. Jonassen (ed.). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Scholastic Publications*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp 570-60.
120. Sleeman, D., & Brown, J. S. 1982. Introduction: Intelligent Tutoring Systems. *Intelligent Tutoring Systems*, D. Sleeman, J. S. Brown, Ed. Academic Press, 1982, pp. 1-11.
121. Stankov S., Glavinic V., Granic A. i Rosic M., (2001.) Inteligentni Tutorski Sustavi- Istraživanje, Razvoj i Primjena, *Fakultet prirodoslovno matematičkih znanosti i odgojnih područja Sveučilišta u Splitu, CARNet - Časopis Edupoint*, Zagreb.
122. Stankov, S., Glavinic, V., Granic, A., & Rosic, M. (2001). Inteligentni tutorski sustavi istraživanje, razvoj i primjena. *časopis "Edupoint-informacijske tehnologije u edukaciji"*, godište I, broj, 1.
123. Tapscott, D. (1998). *Growing up digital* (Vol. 302). New York: McGraw-Hill.
124. Tripp S., Bichelmeyer B. (1990). "Rapid Prototyping: An Alternative Instructional Design Strategy". *Educational Technology Research and Development*. 38, 1, 31-44.
125. UNESCO, ICT Competency Standards For Teachers, by the United Nations Educational, *Scientific and Cultural Organization*, United Kingdom, Published in 2008.
126. UNESCO, *Recognizing the potential of ICT in early childhood education, Analytical survey*, UNESCO, 2010.<http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001904/190433e.pdf>
127. Vaessen, B. E., Prins, F. J., & Jeurig, J. (2014). University students' achievement goals and help-seeking strategies in an intelligent tutoring system. *Computers & Education*, 72, 196-208.
128. Valverde-Albacete, F. J., Pedraza-Jiménez, R., Molina-Bulla, H., Cid-Sueiro, J., & Díaz-Pérez, P. Navia-Vázquez (2003). InterMediActor: an Environment for Instructional Content Design Based on Competences. *Educational Technology & Society*, 6(4), 30-47.
129. VanLehn K., Freedman R., Jordan P., Murray R. C., Rosé C. P., Schulze K., Shelby R., Treacy D., Weinstein A., Wintersgill M. (2000). "Fading and Deepening: The Next Steps for Andes and other Model-Tracing Tutors". G. Gauthier, C. Frasson, K. VanLehn (Eds.). *Intelligent Tutoring Systems: 5th International Conference*. Springer. Berlin. 474-483.

130. VanLehn K., Ohlsson S., Nason R. (1994). "Applications of simulated students: An exploration". *Journal of Artificial Intelligence in Education*. 5,2, 135-175.
131. Vilotijevic, M. & Mandic, D., (2004), Upravljanje promenama-inovacijama u obrazovanju, Filozofski fakultet u S. Sarajevu, Ministarstvo prosvete Republike Srpske, S. Sarajevo, pp. 168.
132. Vilotijevic, N., Mandic, D, Nikolic, I., (2010), Constructivist Approach to Planning and Implementation Didactic-IT Innovation in Education, *in the book 9th WSEAS International Conference on EDUCATION and EDUCATIONAL TECHNOLOGY (EDU '10)* Included in ISI/SCI Web of Science and Web of Knowledge, ISBN 978-960-474-232-5, ISSN: 1792-5061, Iwate, Japan, pp.370-374.
133. Waalkens, M., Alevan, V., & Taatgen, N. (2013). Does supporting multiple student strategies lead to greater learning and motivation? Investigating a source of complexity in the architecture of intelligent tutoring systems. *Computers & Education*, 60(1), 159-171.
134. Wang, D., Han, H., Zhan, Z., Xu, J., Liu, Q., & Ren, G. (2015). A problem solving oriented intelligent tutoring system to improve students' acquisition of basic computer skills. *Computers & Education*, 81, 102-112.
135. Wang, T., & Mitrovic, A. 2002. Using neural networks to predict student's performance. In Proc. Of International Conference on Computers in Education, 2002, pp. 969-973.
136. Wenger, E. (1987). Artificial intelligence and tutoring system: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge. *California: Morgan Kaufmann Publishers. Texto publicado na: Pátio-revista pedagógica Editora Artes Médicas Sul Ano, 1, 19-21.*
137. Wilson B. G., Jonassen D. H., Cole P. (1993). "Cognitive Approaches to Instructional Design". G. M. Piskurich (ed.). *The ASTD Handbook of Instructional Technology*. McGraw-Hill. New York. 21.1-21.2.
138. Wilson B.G. (2005). "Broadening Our Foundation for Instructional Design: Four Pillars of Practice". *Educational Technology*. 45, 2, 10-5.
139. Woolf B.P., Cunningham P. (1987). "Building a community memory for intelligent tutoring systems". K. Forbus, H. Shrobe (eds.) *Proceedings of the sixth national conference on artificial intelligence*. AAAI Press. Menlo Park
140. Xu D., Wang H., Su K. (2002). "Intelligent student profiling with fuzzy models". Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'02).

141. Youngs, G., Ohsako, T., & Medel-Añonuevo, C. (2000). Creative and inclusive strategies for lifelong learning. *Report of internat. Round table*, 27-29.
142. Z. Pawlak, A. Skowron: Rough sets and Boolean reasoning, *An International Journal of Information Sciences* 177, pp. 41–73, 2007.
143. Z. Pawlak, A. Skowron: Rough sets: Some extensions, *An International Journal of Information Sciences* 177, pp. 28–40, 2007.
144. Z. Pawlak: Rough Sets, Present State and Further Prospects, *Third International Workshop on Rough Set and Soft Computing RSSC*, 1994.
145. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
146. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
147. Zapata-Rivera, D., Greer, J. 2004. Interacting with Inspectable Bayesian Student Models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol 14. pp., 127–168.

**SKRAĆENICE****S**

1. (AAAI) Association for the Advancement of Artificial Intelligence
2. (AI) Artificial Intelligence
3. (CAI).Computer Aided Instruction
4. (CAP) Check and Print
5. (CBI) Computer Based Instruction
6. (DC) Document Creation
7. (ECDL) European Computer Driving Licence
8. (ECDL-F) European Computer Driving Licence Foundation
9. (EP) Enhancing Productivity
10. (ET) Enter Text
11. (F) Formatting
12. (FLC) Fuzzy Logic Controller
13. (GMP) Generalizovani Modus Ponens
14. (GO) Graphical Objects
15. (ICT) Information and communications technology
16. (IKT) Informaciono-komunikaciona i tehnološka
17. (ITS) Intelligent Tutoring Systems
18. (LMS) Learning Management Systems
19. (MD) Modul domena
20. (MFIS) Mamdani Fuzzy Inference System
21. (MK) Modul za komunikaciju
22. (MM) Mail Merge
23. (MP) Modus Ponens
24. (MS) Modul studenta

25. (MZ) Mehanizam zaključivanja
26. (O) Objects
27. (O) Outputs
28. (P) Preparation
29. (PO) Prepare Outputs
30. (S) Setup
31. (S) Styles
32. (SE) Select, Edit
33. (SOLO) Structure of the Observed Learning Outcome
34. (T) Text
35. (TC) Table Creation
36. (TF) Table Formatting
37. (TM) Modul tutora
38. (UA) Using the Application
39. (WP) Word processing
40. (WWD) Working with Documents

**PRILOZI**

## PRILOG 1

P

*Primjer nastavne lekcije iz modula Word processing. Na prvoj stranici je tekst a na drugoj uputstva za rad i memorandum.*

---

Paula Jones,  
7 Fairway Hill,  
London W1

Članovima Badminton kluba Keepfit Ovo je poziv za Godišnju Generalnu Skupštinu koja će se održati u ponedjeljak 12. januara 2004. u 6 sati poslijepodne u Oldpark House.

Dnevni red Izbor blagajnika i sekretara

Prezentacija godišnjeg obračuna

Izvještaj klupskog kapetana

Prezentacija proračuna za 2004

Izbor uprave

Izbor revizora

Ponude za novi teren

Jim Green,

Sekretar



Vaš zadatak je da pripremite cirkularno pismo s obavještenjima o predstojećoj godišnjoj skupštini vašeg badminton kluba. U ispitu će se od vas tražiti da prilagodite pismo, primjenite različite funkcije oblikovanja, kao i da izvedete operacije cirkularnog pisma tako da se pismo može isporučiti svim članovima kluba.

	Objašnjenje	Moguće bodova	Ostvareno bodova
1.	Otvorite aplikaciju za obradu teksta. Otvorite datoteku <i>test31.doc</i> na vašem disku.	1	
2.	Sačuvajte dokument na vašem disku pod imenom <i>agm.doc</i> .	1	
3.	Napravite novi odlomak od teksta koji počinje sa <i>Ovo je poziv....</i> i novi odlomak od teksta koji počinje sa <i>Izbor blagajnika...</i>	1	
4.	Centrirajte tekst <i>Članovima Badminton kluba Keepfit</i> i sačuvajte promjene.	1	
5.	U tekstu <i>Članovima Badminton kluba Keepfit</i> promijenite boju fonta u plavu.	1	
6.	Podebljajte naslov <i>Članovima Badminton kluba Keepfit</i> .	1	
7.	Promijenite veličinu fonta u okviru celog dokumenta na 12 tačaka i sačuvajte promjenu.	1	
8.	Primijenite grafičke oznake na spisak od <i>Izbor blagajnika i sekretara</i> do <i>Ponude za novi teren</i> .	1	
9.	Primijenite dvostruki prored na spisak od <i>Izbor blagajnika i sekretara</i> do <i>Ponude za novi teren</i> .	1	
10	Unesite tekst <i>Badminton klub Keepfit</i> u zaglavlje dokumenta.	1	
11	Odšampajte jedan primerak dokumenta na štampaču, ako je dostupan, ili odšampajte u datoteku na vašem disku. Za štampanje u datoteku upotrebite naziv datoteke <i>test31.prn</i> .	1	
12	Cirkularno pismo: upotrijebite postojeći dokument	1	

.	<i>agm.doc</i> kao glavni dokument u formi pisma.		
13	Upotrebite datoteku <i>addrlst.doc</i> sa vašeg diska kao izvor podataka za spajanje sa glavnim dokumentom u formi pisma <i>agm.doc</i> .	1	
14	Zamjenite postojeća imena i adrese sa spojnim poljima: . <<Ime>> <<Prezime>> <<Adresa>> <<Grad>> <<Pošt.br.>>	1	
15	Spojite pismo sa izvorom podataka i napravite spojeni dokument. Sačuvajte spojeni dokument pod imenom <i>merg31.doc</i> . Sačuvajte i zatvorite sve otvorene dokumente.	1	
16	Otvorite datoteku <i>memorandum.doc</i> na vašem disku. . Sačuvajte <i>memoramdum.doc</i> kao šablon na vašem disku pod nazivom <i>memo.dot</i> . Zatvorite šablon <i>memo.dot</i> i zatvorite aplikaciju za obradu teksta.	1	
		16	

---



---

PEGASUS BADMINTON KLUB  
MEMORANDUM

---



---

TO:

FROM:

SUBJECT:

date:

## PRILOG 2

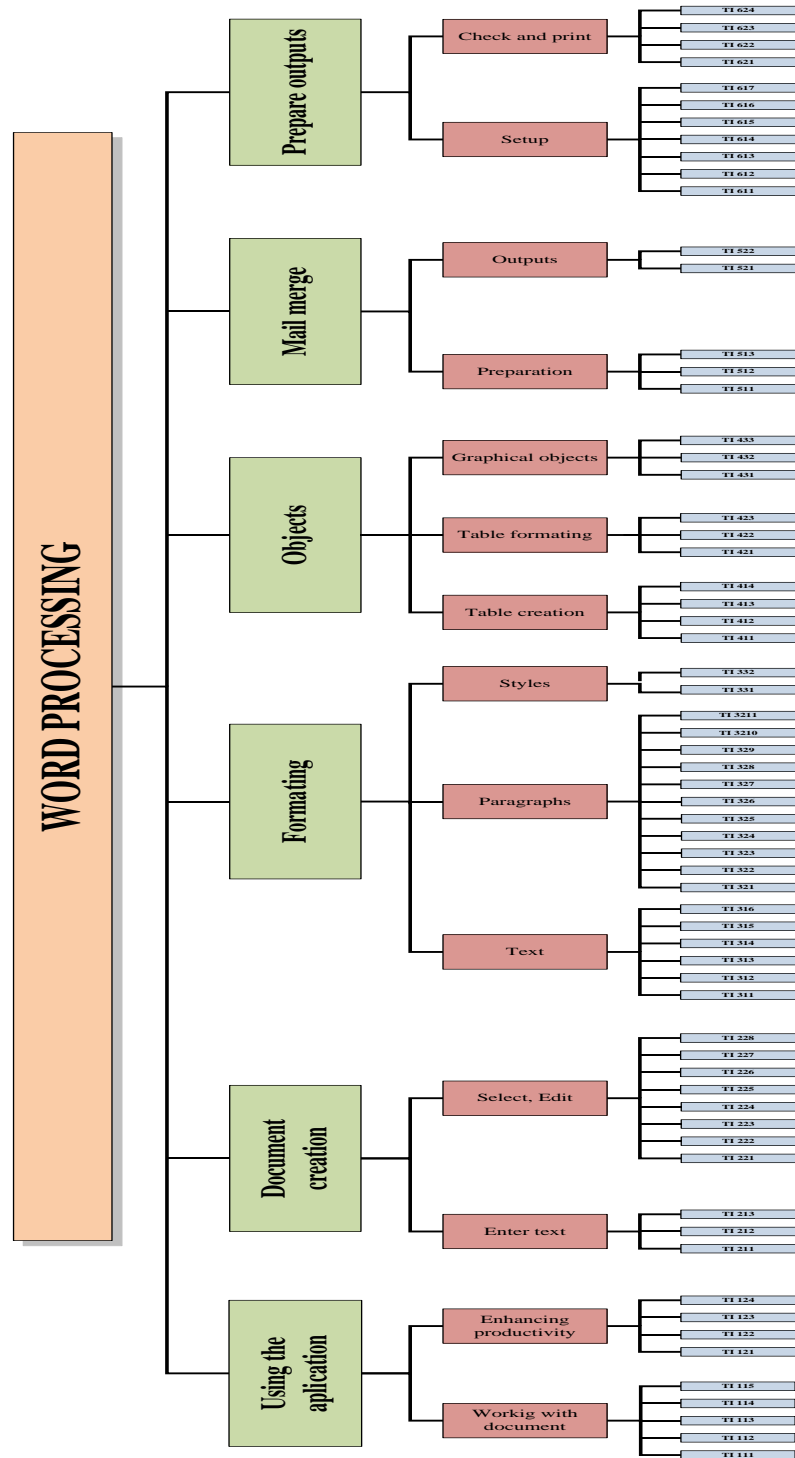
*Prikaz vrijednosti nastavnih sadržaja (TI) u okviru nastavnih lekcija.*

NASTAVNA LEKCIJA (NL)	1	2	3	4	5	6	7
	TI111	(10,20,30)	(30,40,50)	(30,40,50)	(30,40,50)	(40,50,30)	(80,90,10)
TI113	(10,20,30)	(40,50,60)	(80,90,10)	(25,35,45)	-----	-----	-----
TI114	(80,90,10)	-----	(10,20,30)	(15,25,35)	(40,50,60)	(30,40,50)	(10,20,30)
TI212	(40,50,60)	(10,20,30)	(80,90,10)	-----	-----	-----	-----
TI213	-----	-----	-----	-----	(30,40,50)	-----	-----
TI227	(10,20,30)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TI311	(5,10,20)	-----	-----	(80,90,10)	(40,50,60)	(20,30,40)	-----
TI312	(10,20,30)	-----	(5,15,35)	(80,90,10)	(40,50,30)	-----	-----
TI313	-----	-----	-----	-----	-----	(20,30,45)	-----
TI314	(5,10,20)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TI324	-----	(20,30,40)	-----	(40,50,60)	(80,90,10)	-----	-----
TI325	-----	(10,20,30)	(40,50,60)	-----	-----	(70,80,90)	-----
TI328	-----	(70,80,90)	(10,20,30)	(40,50,60)	(20,30,40)	(80,90,10)	-----
TI329	-----	(15,20,40)	(5,10,15)	-----	-----	-----	-----
TI411	-----	-----	-----	(5,15,20)	(30,40,60)	(80,90,95)	-----
TI412	-----	-----	-----	(10,20,30)	(30,40,50)	(90,95,10)	-----
TI414	-----	-----	-----	(30,40,50)	-----	(60,70,80)	-----
TI421	-----	-----	-----	(10,20,30)	-----	-----	-----
TI422	-----	-----	-----	(30,40,50)	-----	(20,30,40)	-----
TI431	-----	-----	-----	(20,40,50)	(20,30,40)	-----	-----
TI432	-----	-----	-----	-----	(10,20,30)	-----	-----
TI511	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(20,25,35)
TI513	-----	-----	-----	-----	-----	-----	(30,40,50)

NASTAVNA LEKCIJA (NL)	1	2	3	4	5	6	7
	<b>TI611</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>TI612</b>	(10,20,30)	(40,50,60)	(25,35,55)	-----	(20,30,40)	-----	(80,90,10)
<b>TI615</b>	-----	(10,30,50)	(75,80,95)	-----	(15,25,45)	-----	(35,45,55)
<b>TI616</b>	(10,20,30)	(15,20,40)	-----	-----	-----	(40,50,60)	(80,90,10)
<b>TI623</b>	-----	-----	-----	-----	(60,80,10)	(10,5,20)	-----
<b>TI624</b>	-----	-----	-----	-----	-----	(5,10,15)	-----

PRILOG 3

Model organizacije modularne nastave (ECDL) iz Word processing-a.



## PRILOG 4

*Prikaz modula Word processing u okviru (ECDL) standarda na engleskom jeziku.*

CATEGORY	SKILL SET	REF.	TASK ITEM
1.Using the Application	1.1 Working with Documents	1.1.1	Open, close a word processing application. Open, close documents.
		1.1.2	Create a new document based on default template, other available template like: memo, fax, agenda.
		1.1.3	Save a document to a location on a drive. Save a document under another name to a location on a drive.
		1.1.4	Save a document as another file type like: text file, Rich Text Format, template, software specific file extension, version number.
		1.1.5	Switch between open documents.
	1.2 Enhancing Productivity	1.2.1	Set basic options/preferences in the application: user name, default folder to open, save documents.
		1.2.2	Use available Help functions.
		1.2.3	Use magnification/zoom tools.
		1.2.4	Display, hide built-in toolbars.Restore, minimize the ribbon.
2. Document Creation	2.1 Enter Text	2.1.1	Switch between page view modes.
		2.1.2	Enter text into a document.
		2.1.3	Insert symbols or special characters like: ©, ®, ™.
	2.2 Select, Edit	2.2.1	Display, hide non-printing formatting marks like: spaces, paragraph marks, manual line break marks, tab characters.
		2.2.2	Select character, word, line, sentence, paragraph, entire body text.

CATEGORY	SKILL SET	REF.	TASK ITEM
		2.2.3	Edit content by entering, removing characters, words within existing text, by overtyping to replace existing text.
		2.2.4	Use a simple search command for a specific word, phrase.
		2.2.5	Use a simple replace command for a specific word, phrase.
		2.2.6	Copy, move text within a document, between open documents.
		2.2.7	Delete text.
		2.2.8	Use the undo, redo command.
<b>3. Formatting</b>	<b>3.1 Text</b>	3.1.1	Change text formatting: font
		3.1.2	Apply text formatting: bold, italic, underline.
		3.1.3	Apply text formatting: subscript, superscript.
		3.1.4	Apply different colours to text.
		3.1.5	Apply case changes to text.
		3.1.6	Apply automatic hyphenation.
	<b>3.2 Paragraphs</b>	3.2.1	Create, merge paragraph(s).
		3.2.2	Insert, remove soft carriage return (line break).
		3.2.3	Recognize good practice in aligning text: use align, indent, tab tools rather than inserting spaces.
		3.2.4	Align text left, centre, right, justified.
		3.2.5	Indent paragraphs: left, right, first line.
		3.2.6	Set, remove and use tabs: left, centre, right, decimal.
		3.2.7	Recognize good practice in paragraph spacing: apply spacing between paragraphs rather than use the Return key.

CATEGORY	SKILL SET	REF.	TASK ITEM
		3.2.8	Apply spacing above, below paragraphs. Apply single, 1.5 lines, double line spacing within paragraphs.
		3.2.9	Add, remove bullets, numbers in a single level list. Switch between different standard bullet, number styles in a single level list.
		3.2.10	Add a box border and shading/background colour to a paragraph.
	<b>3.3 Styles</b>	3.3.1	Apply an existing character style to selected text.
		3.3.2	Apply an existing paragraph style to one or more paragraphs.
<b>4 .Objects</b>	<b>4.1 Table Creation</b>	4.1.1	Create a table ready for data insertion.
		4.1.2	Insert, edit data in a table.
		4.1.3	Select rows, columns, cells, entire table.
		4.1.4	Insert, delete, rows and columns.
	<b>4.2 Table Formatting</b>	4.2.1	Modify column width, row height.
		4.2.2	Modify cell border line style, width, colour.
		4.2.3	Add shading/background colour to cells.
	<b>4.3 Graphical Objects</b>	4.3.1	Insert an object (picture, image, chart, drawn object) to a specified location in a document.
		4.3.2	Select an object.
		4.3.3	Copy, move an object within a document, between open documents.
		4.3.4	Resize, delete an object.
<b>5 .Mail Merge</b>	<b>5.1 Preparation</b>	5.1.1	Open, prepare a document, as a main document for a mail merge.
		5.1.2	Select a mailing list, other data file, for use in a mail merge.
		5.1.3	Insert data fields in a mail merge main document (letter, address labels).



CATEGORY	SKILL SET	REF.	TASK ITEM
	<b>5.2 Outputs</b>	<b>5.2.1</b>	Merge a mailing list with a letter, label document as a new file or printed output.
		<b>5.2.2</b>	Print mail merge outputs: letters, labels.
<b>6.Prepare Outputs</b>	<b>6.1 Setup</b>	<b>6.1.1</b>	Change document orientation: portrait, landscape. Change paper size.
		<b>6.1.2</b>	Change margins of entire document, top, bottom, left, right.
		<b>6.1.3</b>	Recognize good practice in adding new pages: insert a page break rather than using the Return key.
		<b>6.1.4</b>	Insert, delete a page break in a document.
		<b>6.1.5</b>	Add, edit text in headers, footers.
		<b>6.1.6</b>	Add fields in headers, footers: date, page number information, file name.
		<b>6.1.7</b>	Apply automatic page numbering to a document.
	<b>6.2 Check and Print</b>	<b>6.2.1</b>	Spell check a document and make changes like: correcting spelling errors, deleting repeated words.
		<b>6.2.2</b>	Add words to a built-in custom dictionary using a spell checker..
		<b>6.2.3</b>	Preview a document.
		<b>6.2.4</b>	Print a document from an installed printer using output options like: entire document, specific pages, number of copies.

*Prikaz modula Word processing u okviru (ECDL) standarda na srpskom jeziku.*

KATEGORIJA	VJEŠTINA	OZN.	NASTAVNI SADRŽAJ
<b>1. Korištenje aplikacije</b>	<b>1.1 Rad s dokumentima</b>	<b>1.1.1</b>	Pokretanje, zatvaranje aplikacije za obradu riječi. Otvaranje, zatvaranje dokumenata.
		<b>1.1.2</b>	Kreiranje novog dokument korištenjem zadanog predloška, drugi raspoloživi predlošci kao: memorandum, faks, dnevni red.
		<b>1.1.3</b>	Snimanje dokumenta na određenu lokaciju na disku. Snimanje dokumenta pod drugim imenom na određenu lokaciju na disku.
		<b>1.1.4</b>	Snimanje dokumenta u obliku druge datoteke kao: tekst (.txt), obogaćeni tekst - Rich Text Format (.rtf), predložak, posebnu vrstu datoteke specifične za program, isti program ali različita verzija.
		<b>1.1.5</b>	Prebacivanje između otvorenih dokumenata.
	<b>1.2 Povećanje produktivnosti</b>	<b>1.2.1</b>	Izmjena osnovnih postavki u aplikaciji: korisničko ime, primarna kartica za otvaranje i snimanje dokumenta.
		<b>1.2.2</b>	Korištenje dostupne funkcije pomoći.
		<b>1.2.3</b>	Korištenje alata za uvećanje/zumiranje dokumenta.
		<b>1.2.4</b>	Prikazivanje, sakrivanje alatnih traka. Obnavljanje, minimizacija traka.
<b>2. Kreiranje dokumenta</b>	<b>2.1 Unos teksta</b>	<b>2.1.1</b>	Prebacivanje između različitih vrsta pogleda na dokument.
		<b>2.1.2</b>	Unos teksta u dokument.
		<b>2.1.3</b>	Umetanje simbola ili posebnih znakova kao: ©, ®, ™.
	<b>2.2 Označavanje, uređivanje</b>	<b>2.2.1</b>	Prikazivanje, sakrivanje oznaka koje se ne ispisuju kao što su: razmak, oznaka odlomka, oznaka prekida reda, tabular.
		<b>2.2.2</b>	Označavanje znaka, riječi, reda, rečenice,

KATEGORIJA	VJEŠTINA	OZN.	NASTAVNI SADRŽAJ
			odlomka ili cijelog teksta.
		2.2.3	Uređivanje sadržaja unošenjem, brisanjem znaka, riječi unutar postojećeg teksta, pisanje preko postojećeg teksta.
		2.2.4	Upotreba funkcije Traži za pronalaženje određene riječi, fraze.
		2.2.5	Upotreba funkcije Zamijeni za pronalaženje i zamjenu određene riječi, fraze.
		2.2.6	Kopiranje i premještanje teksta unutar dokumenta, između otvorenih dokumenata.
		2.2.7	Brisanje teksta.
		2.2.8	Korištenje funkcija za poništavanje (undo) i vraćanje izmjena (redo).
<b>3. Oblikovanje</b>	<b>3.1 Tekst</b>	3.1.1	Promjena oblikovanja teksta: slova: veličina fonta, vrsta fonta.
		3.1.2	Primjena oblikovanja teksta: podebljano, kurziv, podvučeno.
		3.1.3	Primjena oblikovanja teksta: indeks, eksponent.
		3.1.4	Primjena različitih boja na tekst.
		3.1.5	Primjena vrste slova (mala/velika) na tekst.
		3.1.6	Primjena automatskog rastavljanja riječi.
	<b>3.2 Pasusi</b>	3.2.1	Kreiranje, spajanje odlomaka.
		3.2.2	Umetanje, brisanje oznake za kraj reda.
		3.2.3	Prepoznavanje dobre prakse u poravnavanju teksta: korištenje poravnanja, uvlačenje, tabulara umjesto umetanja praznih mjesta.
		3.2.4	Poravnanje teksta: lijevo, po sredini, desno, obostrano.
		3.2.5	Uvlačenje odlomka: lijevo, desno, prvog

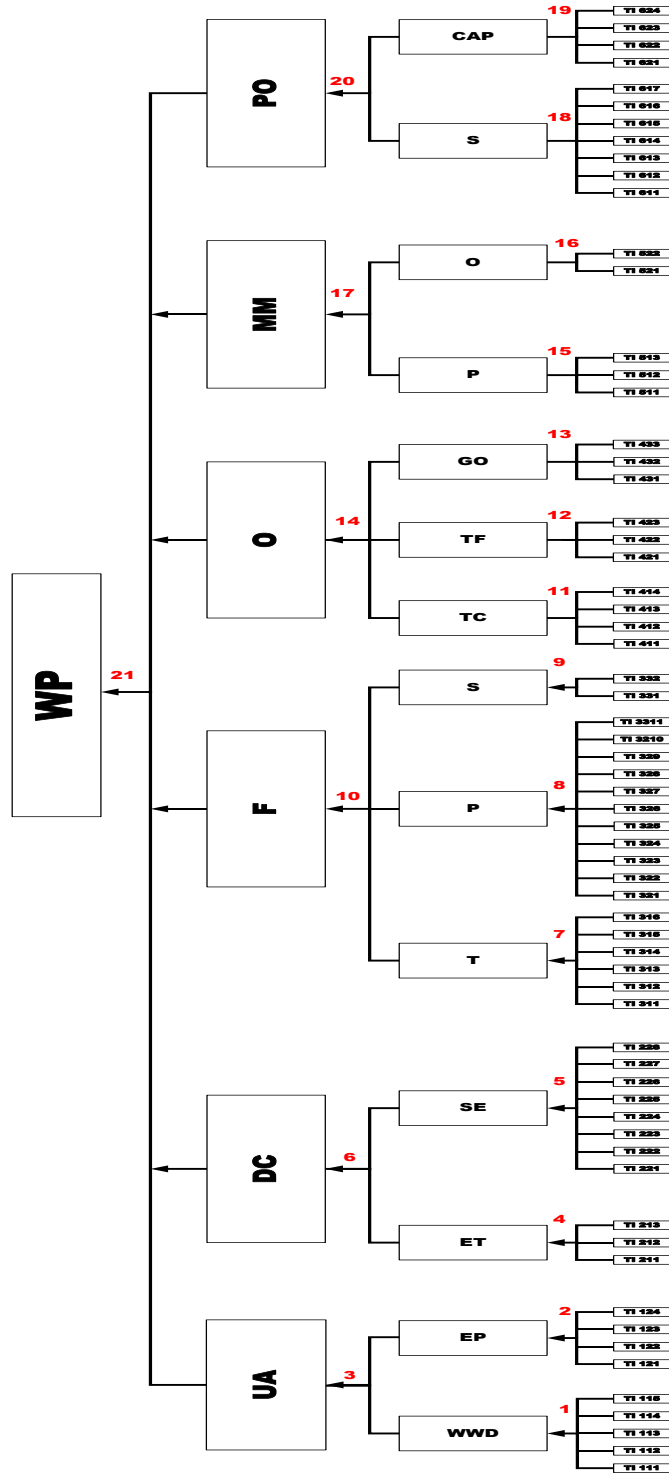
KATEGORIJA	VJEŠTINA	OZN.	NASTAVNI SADRŽAJ
			reda.
		3.2.6	Postavljanje, brisanje i korištenje tabulara: lijevi, centralni, desni, decimalni.
		3.2.7	Prepoznavanje dobre prakse u korištenju razmaka među odlomcima: primjena razmaka između odlomaka umjesto korištenja praznih odlomaka.
		3.2.8	Primjena razmaka ispred i iza odlomaka. Primjena jednostrukog, 1.5 proreda, dvostrukog proreda unutar odlomka.
		3.2.9	Primjena, brisanje grafičkih oznaka, numeriranja na listi. Mijenjanje stila grafičkih oznaka i numeriranja na listi.
		3.2.10	Dodavanje okvira i sjenčenja na odlomak.
	<b>3.3 Stilovi</b>	3.3.1	Primjena postojećeg stila na označeni tekst.
		3.3.2	Primjena postojećeg stila na jedan ili više odlomaka.
<b>4 . Objekti</b>	<b>4.1 Kreiranje tabele</b>	4.1.1	Kreiranje tabele za unos podataka.
		4.1.2	Umetanje, uređivanje podataka u tablici.
		4.1.3	Označavanje redaka, stupaca, ćelija, cijele tablice.
		4.1.4	Umetanje, brisanje redaka, stupaca.
	<b>4.2 Oblikovanje tabele</b>	4.2.1	Mijenjanje širine stupca, visine reda.
		4.2.2	Mjenjanje postavki obruba ćelije: vrsta, boja, debljina crte.
		4.2.3	Dodavanje sjenčanja ćelijama.
	<b>4.3 Grafički objekti</b>	4.3.1	Umetanje objekata (slika, skica, crteža, grafikona) na odgovarajuću lokaciju u dokumentu.
		4.3.2	Označavanje objekata.

KATEGORIJA	VJEŠTINA	OZN.	NASTAVNI SADRŽAJ		
		4.3.3	Kopiranje i pomjeranje objekata unutar dokumenta, između otvorenih dokumenata.		
		4.3.4	Promjena veličine, brisanje objekta.		
<b>5 . Cirkularna pisma</b>	<b>5.1 Priprema</b>	5.1.1	Otvaranje, pripremanje dokumenta kao glavnog dokumenta za cirkularno pismo.		
		5.1.2	Izbor adresara, drugih datoteka potrebnih za korištenje u cirkularnom pismu.		
		5.1.3	Umetanje polja u glavni dokument (pismo, markice).		
	<b>5.2 Izlazi</b>	5.2.1	Spajanje adresara s pismom, naljepnicom kao novi dokument ili ispis.		
		5.2.2	Štampanje spojenih dokumenata: pisma, naljepnice.		
<b>6. Priprema za štampanje</b>	<b>6.1 Postavke</b>	6.1.1	Promjena orijentacije dokumenta: portret, pejzaž. Promjena veličine papira.		
		6.1.2	Promjena margina u cijelom dokumentu, gore, dolje, lijevo, desno.		
		6.1.3	Prepoznavanje dobre prakse u dodavanju stranica: primjena preloma stranice umjesto korištenja praznih odlomaka.		
		6.1.4	Umetanje i brisanje preloma stranice u dokumentu.		
		6.1.5	Umetanje i uređivanje teksta u zaglavljima, podnožjima.		
		6.1.6	Umetanje polja u zaglavlje i podnožje: datum, informacije o broju stranica, ime datoteke.		
		6.1.7	Primjena automatskog numerisanja stranica u dokumentu.		
			<b>6.2 Provjera i štampa</b>	6.2.1	Provjera pravopisa i gramatike i izmjene: korekcija pogrešno napisanih riječi, brisanje riječi koje se ponavljaju.
				6.2.2	Dodavanje riječi u rječnik.

KATEGORIJA	VJEŠTINA	OZN.	NASTAVNI SADRŽAJ
		6.2.3	Pregled dokumenta prije štampanja.
		6.2.4	Štampanje dokumenta na instaliranom štampaču koristeći opcije kao: cijeli dokument, određene stranice, broj kopija.

PRILOG 5

Struktura FLC-a koji su redno/paralelno vezani odgovara modulu Word processing-a.



## PRILOG 6

*Prikaz svih kalkulacija urađenih u Java programskom jeziku za različite vrijednosti nastavnog sadržaja (T111), primjer 5.*

T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
(0,10,20)	5,00	21,45	10,7	0	0
(0,9,9)	4,50	21,45	10,7	0	0
(0,8,8)	4,00	21,45	10,7	0	0
(0,7,7)	3,50	21,45	10,7	0	0
(0,6,6)	3,00	21,45	10,7	0	0
(0,5,5)	2,50	21,45	10,7	0	0
(0,4,4)	2,00	21,45	10,7	0	0
(0,3,3)	1,50	21,45	10,7	0	0
(0,2,2)	1,00	21,45	10,7	0	0
(0,1,1)	0,50	21,45	10,7	0	0
(0,0,0)	0	21,45	10,7	0	0
(49,59,69)	15,2	21,45	10,7	0,45	0
(48,58,68)	15,2	21,45	10,7	0,40	0
(47,57,67)	15,2	21,45	10,7	0,35	0
(46,56,66)	15,2	21,45	10,7	0,30	0
(45,55,65)	15,2	21,45	10,7	0,25	0
(44,54,64)	15,2	21,45	10,7	0,20	0
(43,53,63)	15,2	21,45	10,7	0,15	0
(42,52,62)	15,2	21,45	10,7	0,10	0
(41,51,61)	15,2	21,45	10,7	0,05	0
(50,60,70)	15,2	21,45	10,7	0	0
(81,91,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(82,92,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(83,93,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(84,94,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(85,95,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(86,96,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(87,97,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(88,98,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(89,99,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(90,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(0,0,0)	15,2	21,45	10,70	0	0
(100,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(0,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(0,0,100)	15,2	21,45	10,7	0	0



T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
(0,0,0)	15,2	21,45	10,70	0	0
(100,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(0,100,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(0,0,100)	15,2	21,45	10,7	0	0
(9,19,29)	9,50	21,45	10,7	0,95	L1
(8,18,28)	9,00	21,45	10,7	0,89	L1
(7,17,27)	8,50	21,45	10,7	0,84	L1
(6,16,26)	8,00	21,45	10,7	0,79	L1
(5,15,25)	7,50	21,45	10,7	0,74	L1
(4,14,24)	7,00	21,45	10,7	0,68	L1
(3,13,23)	6,50	21,45	10,7	0,64	L1
(2,12,22)	6,00	21,45	10,7	0,58	L1
(1,11,21)	5,50	21,45	10,7	0,53	L1
(0.90,12,22)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
(0.5,11,21)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
(10,20,30)	9,95	21,45	10,7	1	L1
(9,19,29)	9,50	21,45	10,7	0,95	L1
(8,18,28)	9,00	21,45	10,7	0,89	L1
(7,17,27)	8,50	21,45	10,7	0,84	L1
(6,16,26)	8,00	21,45	10,7	0,79	L1
(5,15,25)	7,50	21,45	10,7	0,74	L1
(4,14,24)	7,00	21,45	10,7	0,68	L1
(3,13,23)	6,50	21,45	10,7	0,64	L1
(2,12,22)	6,00	21,45	10,7	0,58	L1
(1,11,21)	5,50	21,45	10,7	0,53	L1
(0,10,20)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
(0.90,12,22)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
(0.5,11,21)	5,00	21,45	10,7	0,47	L1
(30,40,50)	15,2	21,45	10,7	1	L2
(29,39,49)	15,2	21,45	10,7	0,95	L2
(28,38,48)	15,2	21,45	10,7	0,90	L2
(27,37,47)	15,2	21,45	10,7	0,85	L2
(26,36,46)	15,2	21,45	10,7	0,80	L2
(25,35,45)	15,2	21,45	10,7	0,75	L2
(24,34,44)	15,2	21,45	10,7	0,70	L2
(23,33,43)	15,2	21,45	10,7	0,65	L2
(22,32,42)	15,2	21,45	10,7	0,60	L2
(21,31,41)	15,2	21,45	10,7	0,55	L2
(20,30,40)	14,95	21,45	10,7	0,50	L2
(19,29,39)	14,45	21,45	10,7	0,45	L2

T 111	WWD	EP	UA	$\alpha$	NL
(18,28,38)	13,95	21,45	10,7	0,40	L2
(17,27,37)	13,45	21,45	10,7	0,35	L2
(16,26,36)	12,95	21,45	10,7	0,30	L2
(15,25,35)	12,45	21,45	10,7	0,25	L2
(14,24,34)	11,95	21,45	10,7	0,20	L2
(13,23,33)	11,45	21,45	10,7	0,15	L2
(12,22,32)	10,95	21,45	10,7	0,10	L2
(11,21,31)	10,45	21,45	10,7	0,05	L2
(30,40,50)	15,2	21,45	10,7	1	L2
(39,49,59)	15,2	21,45	10,7	0,95	L3
(38,48,58)	15,2	21,45	10,7	0,90	L3
(37,47,57)	15,2	21,45	10,7	0,85	L3
(36,46,56)	15,2	21,45	10,7	0,80	L3
(35,45,55)	15,2	21,45	10,7	0,75	L3
(34,44,54)	15,2	21,45	10,7	0,70	L3
(33,43,53)	15,2	21,45	10,7	0,65	L3
(32,42,52)	15,2	21,45	10,7	0,60	L3
(31,41,51)	15,2	21,45	10,7	0,55	L3
(40,50,60)	15,2	21,45	10,7	1	L3
(60,70,80)	15,2	21,45	10,7	0,5	L6
(80,90,90)	15,2	21,45	10,7	1	L6
(79,89,90)	15,2	21,45	10,7	0,90	L6
(78,88,90)	15,2	21,45	10,7	0,84	L6
(77,87,90)	15,2	21,45	10,7	0,77	L6
(76,86,90)	15,2	21,45	10,7	0,72	L6
(75,85,90)	15,2	21,45	10,7	0,67	L6
(74,84,90)	15,2	21,45	10,7	0,63	L6
(73,83,90)	15,2	21,45	10,7	0,59	L6
(72,82,90)	15,2	21,45	10,7	0,55	L6
(71,81,90)	15,2	21,45	10,7	0,53	L6
(80,90,100)	15,2	21,45	10,70	1	L6
(59,69,79)	15,2	21,45	10,7	0,45	L7
(58,68,78)	15,2	21,45	10,7	0,40	L7
(57,67,7)	15,2	21,45	10,7	0,35	L7
(56,66,76)	15,2	21,45	10,7	0,30	L7
(55,65,75)	15,2	21,45	10,7	0,25	L7
(54,64,74)	15,2	21,45	10,7	0,20	L7
(53,63,73)	15,2	21,45	10,7	0,15	L7
(52,62,72)	15,2	21,45	10,7	0,10	L7
(51,61,71)	15,2	21,45	10,7	0,05	L7

<b>T 111</b>	<b>WWD</b>	<b>EP</b>	<b>UA</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>NL</b>
(61,71,81)	15,2	21,45	10,7	0,55	L7
(62,72,82)	15,2	21,45	10,7	0,60	L7
(63,73,83)	15,2	21,45	10,7	0,65	L7
(64,74,84)	15,2	21,45	10,7	0,70	L7
(65,75,85)	15,2	21,45	10,7	0,75	L7
(66,76,86)	15,2	21,45	10,7	0,80	L7
(67,77,87)	15,2	21,45	10,7	0,85	L7
(68,78,88)	15,2	21,45	10,7	0,90	L7
(69,79,89)	15,2	21,45	10,7	0,95	L7
(70,80,90)	15,2	21,45	10,70	1	L7

## PRILOG 7

Prikaz nastavnih lekcija (L1, L2, L3, L4, L5, L6 i L7) na programskom jeziku Java.

```
private void initMaterial(){

    ConceptSet lekcija1 = new ConceptSet();
    lekcija1.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(11,20,30,));
    lekcija1.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija1.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(80,90,100,));
    lekcija1.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija1.addConcept("2.2.7", new TeachingConcept(80,90,100,));
    lekcija1.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija1.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija1.addConcept("3.1.4", new TeachingConcept(5,10,20,));
    lekcija1.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija1.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(10,20,30,));
    teachingMaterial.addMaterial("lekcija1", lekcija1);

    ConceptSet lekcija2 = new ConceptSet();
    lekcija2.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(30,40,50,));
    lekcija2.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija2.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija2.addConcept("3.2.4", new TeachingConcept(20,30,40,));
    lekcija2.addConcept("3.2.5", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija2.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(70,80,90,));
    lekcija2.addConcept("3.2.9", new TeachingConcept(15,20,40,));
    lekcija2.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija2.addConcept("6.1.5", new TeachingConcept(10,30,50,));
    lekcija2.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(15,20,40,));
    teachingMaterial.addMaterial("lekcija2", lekcija2);

    ConceptSet lekcija3 = new ConceptSet();
    lekcija3.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija3.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(80,90,100,));
    lekcija3.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija3.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(80,90,100,));
    lekcija3.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(5,15,35,));
    lekcija3.addConcept("3.2.5", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija3.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(10,20,30,));
    lekcija3.addConcept("3.2.9", new TeachingConcept(5,10,15,));
    lekcija3.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(25,35,55,));
    lekcija3.addConcept("6.1.5", new TeachingConcept(75,80,95,));
    teachingMaterial.addMaterial("lekcija3", lekcija3);

    ConceptSet lekcija4 = new ConceptSet();
    lekcija4.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(25,35,45,));
    lekcija4.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(15,25,35,));
    lekcija4.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(80,90,100,));
    lekcija4.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(80,90,100,));
    lekcija4.addConcept("3.2.4", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija4.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(40,50,60,));
    lekcija4.addConcept("4.1.1", new TeachingConcept(5,15,20,));
    lekcija4.addConcept("4.1.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
```

```
lekcija4.addConcept("4.1.4", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija4.addConcept("4.2.1", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija4.addConcept("4.2.2", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija4.addConcept("4.3.1", new TeachingConcept(20,40,50,));
teachingMaterial.addMaterial("lekcija4", lekcija4);

ConceptSet lekcija5 = new ConceptSet();
lekcija5.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(40,50,30,));
lekcija5.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(40,50,60,));
lekcija5.addConcept("2.1.3", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija5.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(40,50,60,));
lekcija5.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(40,50,30,));
lekcija5.addConcept("3.2.4", new TeachingConcept(80,90,100,));
lekcija5.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(20,30,40,));
lekcija5.addConcept("4.1.1", new TeachingConcept(30,40,60,));
lekcija5.addConcept("4.1.2", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija5.addConcept("4.3.1", new TeachingConcept(20,30,40,));
lekcija5.addConcept("4.3.2", new TeachingConcept(10,20,30,));
lekcija5.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(20,30,40,));
lekcija5.addConcept("6.1.5", new TeachingConcept(15,25,45,));
lekcija5.addConcept("6.2.3", new TeachingConcept(60,80,100,));
teachingMaterial.addMaterial("lekcija5", lekcija5);

ConceptSet lekcija6 = new ConceptSet();
lekcija6.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(80,90,100,));
lekcija6.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija6.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(20,30,40,));
lekcija6.addConcept("3.1.3", new TeachingConcept(20,30,45,));
lekcija6.addConcept("3.2.5", new TeachingConcept(70,80,90,));
lekcija6.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(80,90,100,));
lekcija6.addConcept("4.1.1", new TeachingConcept(80,90,95,));
lekcija6.addConcept("4.1.2", new TeachingConcept(90,95,100,));
lekcija6.addConcept("4.1.4", new TeachingConcept(60,70,80,));
lekcija6.addConcept("4.2.2", new TeachingConcept(20,30,40,));
lekcija6.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(40,50,60,));
lekcija6.addConcept("6.2.3", new TeachingConcept(10,5,20,));
lekcija6.addConcept("6.2.4", new TeachingConcept(5,10,15,));
teachingMaterial.addMaterial("lekcija6", lekcija6);

ConceptSet lekcija7 = new ConceptSet();
lekcija7.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(70,80,90,));
lekcija7.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(10,20,30,));
lekcija7.addConcept("5.1.1", new TeachingConcept(20,25,35,));
lekcija7.addConcept("5.1.3", new TeachingConcept(30,40,50,));
lekcija7.addConcept("6.1.1", new TeachingConcept(15,25,45,));
lekcija7.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(80,90,100,));
lekcija7.addConcept("6.1.5", new TeachingConcept(35,45,55,));
lekcija7.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(80,90,100,));
teachingMaterial.addMaterial("lekcija7", lekcija);

}
```

## PRILOG 8

*Prikaz modela Studenta na programskom jeziku Java.*

```
private void initStudent(){

    student.addConcept("1.1.1", new TeachingConcept(50,60,70,));
    student.addConcept("1.1.2", new TeachingConcept(30,40,50,));
    student.addConcept("1.1.3", new TeachingConcept(70,80,100,));
    student.addConcept("1.1.4", new TeachingConcept(20,30,40,));
    student.addConcept("1.1.5", new TeachingConcept(15,25,35,));

    student.addConcept("1.2.1", new TeachingConcept(5,15,25,));
    student.addConcept("1.2.2", new TeachingConcept(8,18,28,));
    student.addConcept("1.2.3", new TeachingConcept(55,65,75,));
    student.addConcept("1.2.4", new TeachingConcept(23,33,43,));

    student.addConcept("2.1.1", new TeachingConcept(11,21,31,));
    student.addConcept("2.1.2", new TeachingConcept(22,62,52,));
    student.addConcept("2.1.3", new TeachingConcept(68,78,88,));

    student.addConcept("2.2.1", new TeachingConcept(15,25,35,));
    student.addConcept("2.2.2", new TeachingConcept(23,33,43,));
    student.addConcept("2.2.3", new TeachingConcept(67,77,87,));
    student.addConcept("2.2.4", new TeachingConcept(12,22,32,));
    student.addConcept("2.2.5", new TeachingConcept(25,35,45,));
    student.addConcept("2.2.6", new TeachingConcept(69,79,89,));
    student.addConcept("2.2.7", new TeachingConcept(41,51,61,));
    student.addConcept("2.2.8", new TeachingConcept(45,55,65,));

    student.addConcept("3.1.1", new TeachingConcept(15,25,35,));
    student.addConcept("3.1.2", new TeachingConcept(24,34,44,));
    student.addConcept("3.1.3", new TeachingConcept(67,77,87,));
    student.addConcept("3.1.4", new TeachingConcept(10,20,30,));
    student.addConcept("3.1.5", new TeachingConcept(25,35,45,));
    student.addConcept("3.1.6", new TeachingConcept(69,79,89,));

    student.addConcept("3.2.1", new TeachingConcept(22,32,42,));
    student.addConcept("3.2.2", new TeachingConcept(68,78,88,));
    student.addConcept("3.2.3", new TeachingConcept(15,25,35,));
    student.addConcept("3.2.4", new TeachingConcept(23,33,43,));
    student.addConcept("3.2.5", new TeachingConcept(67,77,87,));
    student.addConcept("3.2.6", new TeachingConcept(12,22,32,));
    student.addConcept("3.2.7", new TeachingConcept(25,35,45,));
    student.addConcept("3.2.8", new TeachingConcept(69,79,89,));
    student.addConcept("3.2.9", new TeachingConcept(41,51,61,));
    student.addConcept("3.2.10", new TeachingConcept(41,51,61,));
    student.addConcept("3.2.11", new TeachingConcept(31,41,51,));

    student.addConcept("3.3.1", new TeachingConcept(69,79,89,));
    student.addConcept("3.3.2", new TeachingConcept(41,51,61,));
```

```
student.addConcept("4.1.1", new TeachingConcept(15,25,35,));
student.addConcept("4.1.2", new TeachingConcept(24,34,44,));
student.addConcept("4.1.3", new TeachingConcept(67,77,87,));
student.addConcept("4.1.4", new TeachingConcept(10,20,30,));

student.addConcept("4.2.1", new TeachingConcept(15,25,35,));
student.addConcept("4.2.2", new TeachingConcept(24,34,44,));
student.addConcept("4.2.3", new TeachingConcept(67,77,87,));

student.addConcept("4.3.1", new TeachingConcept(25,35,45,));
student.addConcept("4.3.2", new TeachingConcept(4,14,24,));
student.addConcept("4.3.3", new TeachingConcept(7,17,27,));

student.addConcept("5.1.1", new TeachingConcept(15,25,35,));
student.addConcept("5.1.2", new TeachingConcept(24,34,44,));
student.addConcept("5.1.3", new TeachingConcept(61,71,81,));

student.addConcept("5.2.1", new TeachingConcept(18,28,38,));
student.addConcept("5.2.2", new TeachingConcept(24,34,44,));

student.addConcept("6.1.1", new TeachingConcept(12,22,32,));
student.addConcept("6.1.2", new TeachingConcept(20,30,40,));
student.addConcept("6.1.3", new TeachingConcept(65,75,85,));
student.addConcept("6.1.4", new TeachingConcept(45,55,65,));
student.addConcept("6.1.5", new TeachingConcept(60,70,80,));
student.addConcept("6.1.6", new TeachingConcept(45,55,65,));
student.addConcept("6.1.7", new TeachingConcept(60,70,80,));

student.addConcept("6.2.1", new TeachingConcept(70,80,90,));
student.addConcept("6.2.2", new TeachingConcept(20,30,40,));
student.addConcept("6.2.3", new TeachingConcept(65,75,85,));
student.addConcept("6.2.4", new TeachingConcept(45,55,65,));
}
```

## PRILOG 9

Vrijednosti TI-ja za modul Word processing (WP) koji sadrži 6 čvorišta (UA, DC, F, O, MM i PO).

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0
2.	T112	(30,40,50)	WWD	UA			
3.	T113	(70,80,100)					
4.	T114	(20,30,40)					
5.	T115	(15,25,35)					
6.	T121	(5,15,25)					
7.	T122	(8,18,28)	EP				
8.	T123	(55,65,75)					
9.	T124	(23,33,43)					
10.	T211	(11,21,31)	4	6			
11.	T212	(22,62,52)	ET	DC			
12.	T213	(68,78,88)					
13.	T221	(15,25,35)	5				
14.	T222	(23,33,43)	SE				
15.	T223	(67,77,87)					
16.	T224	(12,22,32)					
17.	T225	(25,35,45),					
18.	T226	(69,79,89)					
19.	T227	(41,51,61)					
20.	T228	(45,55,65)					
21.	T311	(15,25,35)	7	10	F		
22.	T312	(24,34,44)	T				
23.	T313	(67,77,87)					
24.	T314	(10,20,30)					
25.	T315	(25,35,45)					
26.	T316	(69,79,89)					
27.	T321	(22,32,42)	8				
28.	T322	(68,78,88)	P				
29.	T323	(15,25,35)					
30.	T324	(23,33,43)					
31.	T325	(67,77,87)					
32.	T326	(12,22,32)					
33.	T327	(25,35,45)					
34.	T328	(69,79,89)					
35.	T329	(41,51,61)					



R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
36.	T3210	(41,51,61)			0	0	0
37.	T3211	(31,41,51)					
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(41,51,61)	S				
40.	T411	(15,25,35)	11	14			
41.	T412	(24,34,44)	TC				
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(10,20,30)		O			
44.	T421	(15,25,35)	12				
45.	T422	(24,34,44)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(25,35,45)	13				
48.	T432	(4,14,24)	GO				
49.	T433	(7,17,27)					
50.	T511	(15,25,35)	15	17			
51.	T512	(24,34,44)	P				
52.	T513	(61,71,81)		MM			
53.	T521	(18,28,38)	16				
54.	T522	(24,34,44)	O				
55.	T611	(12,22,32)	18	20			
56.	T612	(20,30,40)	S				
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)					
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

## PRILOG 10

Izmijenjene vrijednosti parametara *a*, *b* i *c* za Čvorište 3.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL				
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0				
2.	T112	(50,60,70)	WWD	UA							
3.	T113	(70,80,100)									
4.	T114	(51,61,71)									
5.	T115	(56,66,76)									
6.	T121	(55,65,75)						2			
7.	T122	(80,90,100)	EP								
8.	T123	(55,65,75)									
9.	T124	(63,73,83)									
10.	T211	(11,21,31)	4					6			
11.	T212	(22,62,52)	ET					DC			
12.	T213	(68,78,88)									
13.	T221	(15,25,35)	5								
14.	T222	(23,33,43)	SE								
15.	T223	(67,77,87)									
16.	T224	(12,22,32)									
17.	T225	(25,35,45)									
18.	T226	(69,79,89)									
19.	T227	(41,51,61)									
20.	T228	(45,55,65)									
21.	T311	(15,25,35)		7	10						
22.	T312	(24,34,44)	T	F							
23.	T313	(67,77,87)									
24.	T314	(10,20,30)									
25.	T315	(25,35,45)									
26.	T316	(69,79,89)									
27.	T321	(22,32,42)						8			
28.	T322	(68,78,88)	P								
29.	T323	(15,25,35)									
30.	T324	(23,33,43)									
31.	T325	(67,77,87)									
32.	T326	(12,22,32)									
33.	T327	(25,35,45)									
34.	T328	(69,79,89)									
35.	T329	(41,51,61)									
36.	T3210	(41,51,61)									

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
37.	T3211	(31,41,51)			0	0	0
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(41,51,61)	S				
40.	T411	(15,25,35)	11	14			
41.	T412	(24,34,44)	TC				
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(10,20,30)		O			
44.	T421	(15,25,35)	12				
45.	T422	(24,34,44)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(25,35,45)	13				
48.	T432	(4,14,24)	GO				
49.	T433	(7,17,27)					
50.	T511	(15,25,35)	15	17			
51.	T512	(24,34,44)	P				
52.	T513	(61,71,81)		MM			
53.	T521	(18,28,38)	16				
54.	T522	(24,34,44)	O				
55.	T611	(12,22,32)	18	20			
56.	T612	(20,30,40)	S				
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)		PO			
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

## PRILOG 11

Izmijenjene vrijednosti parametara *a*, *b* i *c* za Čvorište 6.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL				
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0				
2.	T112	(50,60,70)	WWD	UA							
3.	T113	(70,80,100)									
4.	T114	(51,61,71)									
5.	T115	(56,66,76)									
6.	T121	(55,65,75)						2			
7.	T122	(80,90,100)	EP								
8.	T123	(55,65,75)									
9.	T124	(63,73,83)									
10.	T211	(51,61,71)	4					6	DC		
11.	T212	(52,62,72)	ET								
12.	T213	(68,78,88)									
13.	T221	(55,65,75)	5								
14.	T222	(53,63,73)	SE								
15.	T223	(67,77,87)									
16.	T224	(72,82,92)									
17.	T225	(55,65,75)									
18.	T226	(69,79,89)									
19.	T227	(71,81,91)									
20.	T228	(55,65,75)									
21.	T311	(15,25,35)		7	10	F					
22.	T312	(24,34,44)		T							
23.	T313	(67,77,87)									
24.	T314	(10,20,30)									
25.	T315	(25,35,45)									
26.	T316	(69,79,89)									
27.	T321	(22,32,42)	8								
28.	T322	(68,78,88)	P								
29.	T323	(15,25,35)									
30.	T324	(23,33,43)									
31.	T325	(67,77,87)									
32.	T326	(12,22,32)									
33.	T327	(25,35,45)									
34.	T328	(69,79,89)									
35.	T329	(41,51,61)									
36.	T3210	(41,51,61)									

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
37.	T3211	(31,41,51)			0	0	0
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(41,51,61)	S				
40.	T411	(15,25,35)	11	14			
41.	T412	(24,34,44)	TC				
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(10,20,30)		O			
44.	T421	(15,25,35)	12				
45.	T422	(24,34,44)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(25,35,45)	13				
48.	T432	(4,14,24)	GO				
49.	T433	(7,17,27)					
50.	T511	(15,25,35)	15	17			
51.	T512	(24,34,44)	P				
52.	T513	(61,71,81)		MM			
53.	T521	(18,28,38)	16				
54.	T522	(24,34,44)	O				
55.	T611	(12,22,32)	18	20			
56.	T612	(20,30,40)	S				
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)		PO			
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

## PRILOG 12

Izmijenjene vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  za Čvorište 10.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL				
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0				
2.	T112	(50,60,70)	WWD	UA							
3.	T113	(70,80,100)									
4.	T114	(51,61,71)									
5.	T115	(56,66,76)									
6.	T121	(55,65,75)						2			
7.	T122	(80,90,100)	EP								
8.	T123	(55,65,75)									
9.	T124	(63,73,83)									
10.	T211	(52,62,72)	4					6	DC		
11.	T212	(68,78,88)	ET								
12.	T213	(55,65,75)	5								
13.	T221	(53,63,73)									
14.	T222	(67,77,87)		SE							
15.	T223	(72,82,92)									
16.	T224	(55,65,75)									
17.	T225	(69,79,89)									
18.	T226	(71,81,91)									
19.	T227	(55,65,75)									
20.	T228	(52,62,72)	7		10						
21.	T311	(55,65,75)									
22.	T312	(54,64,74)		T							
23.	T313	(67,77,87)									
24.	T314	(50,60,70)									
25.	T315	(55,65,75)									
26.	T316	(69,79,89)									
27.	T321	(52,62,72)	8					F			
28.	T322	(68,78,88)	P								
29.	T323	(55,65,75)									
30.	T324	(53,63,73)									
31.	T325	(67,77,87)									
32.	T326	(52,62,72)									
33.	T327	(55,65,75)									
34.	T328	(69,79,89)									
35.	T329	(51,61,71)									
36.	T3210	(61,71,81)									

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
37.	T3211	(71,81,91)			0	0	0
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(71,81,91)	S				
40.	T411	(15,25,35)	11	14			
41.	T412	(24,34,44)	TC				
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(10,20,30)		O			
44.	T421	(15,25,35)	12				
45.	T422	(24,34,44)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(25,35,45)	13				
48.	T432	(4,14,24)	GO				
49.	T433	(7,17,27)					
50.	T511	(15,25,35)	15	17			
51.	T512	(24,34,44)	P				
52.	T513	(61,71,81)		MM			
53.	T521	(18,28,38)	16				
54.	T522	(24,34,44)	O				
55.	T611	(12,22,32)	18	20			
56.	T612	(20,30,40)	S				
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)		PO			
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

## PRILOG 13

Izmijenjene vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  za Čvorište 14.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL				
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0				
2.	T112	(50,60,70)	WWD	UA							
3.	T113	(70,80,100)									
4.	T114	(51,61,71)									
5.	T115	(56,66,76)									
6.	T121	(55,65,75)						2			
7.	T122	(80,90,100)	EP								
8.	T123	(55,65,75)									
9.	T124	(63,73,83)									
10.	T211	(52,62,72)	4					6	DC		
11.	T212	(68,78,88)	ET								
12.	T213	(55,65,75)	5								
13.	T221	(53,63,73)									
14.	T222	(67,77,87)		SE							
15.	T223	(72,82,92)									
16.	T224	(55,65,75)									
17.	T225	(69,79,89)									
18.	T226	(71,81,91)									
19.	T227	(55,65,75)									
20.	T228	(52,62,72)									
21.	T311	(55,65,75)			7	10	F				
22.	T312	(54,64,74)	T								
23.	T313	(67,77,87)									
24.	T314	(50,60,70)									
25.	T315	(55,65,75)									
26.	T316	(69,79,89)									
27.	T321	(52,62,72)		8							
28.	T322	(68,78,88)	P								
29.	T323	(55,65,75)									
30.	T324	(53,63,73)									
31.	T325	(67,77,87)									
32.	T326	(52,62,72)									
33.	T327	(55,65,75)									
34.	T328	(69,79,89)									
35.	T329	(51,61,71)									
36.	T3210	(61,71,81)									



R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
37.	T3211	(71,81,91)			0	0	0
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(71,81,91)	S				
40.	T411	(55,65,75)	11	14			
41.	T412	(54,64,74)	TC	O			
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(52,62,72)					
44.	T421	(65,75,85)	12				
45.	T422	(64,74,84)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(65,75,85)	13				
48.	T432	(54,64,74)	GO				
49.	T433	(67,77,87)					
50.	T511	(15,25,35)	15		17		
51.	T512	(24,34,44)	P	MM			
52.	T513	(61,71,81)					
53.	T521	(18,28,38)	16				
54.	T522	(24,34,44)	O				
55.	T611	(12,22,32)	18	20			
56.	T612	(20,30,40)	S	PO			
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)					
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

## PRILOG 14

Izmijenjene vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  za Čvorište 17.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL				
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0				
2.	T112	(50,60,70)	WWD	UA							
3.	T113	(70,80,100)									
4.	T114	(51,61,71)									
5.	T115	(56,66,76)									
6.	T121	(55,65,75)						2			
7.	T122	(80,90,100)	EP								
8.	T123	(55,65,75)									
9.	T124	(63,73,83)									
10.	T211	(52,62,72)	4					6	DC		
11.	T212	(68,78,88)	ET								
12.	T213	(55,65,75)	5								
13.	T221	(53,63,73)									
14.	T222	(67,77,87)		SE							
15.	T223	(72,82,92)									
16.	T224	(55,65,75)									
17.	T225	(69,79,89)									
18.	T226	(71,81,91)									
19.	T227	(55,65,75)									
20.	T228	(52,62,72)	7		10						
21.	T311	(55,65,75)									
22.	T312	(54,64,74)		T							
23.	T313	(67,77,87)									
24.	T314	(50,60,70)									
25.	T315	(55,65,75)									
26.	T316	(69,79,89)									
27.	T321	(52,62,72)	8	F							
28.	T322	(68,78,88)	P								
29.	T323	(55,65,75)									
30.	T324	(53,63,73)									
31.	T325	(67,77,87)									
32.	T326	(52,62,72)									
33.	T327	(55,65,75)									
34.	T328	(69,79,89)									
35.	T329	(51,61,71)									
36.	T3210	(61,71,81)									

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
37.	T3211	(71,81,91)			0	0	0
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(71,81,91)	S				
40.	T411	(55,65,75)	11	14			
41.	T412	(54,64,74)	TC	O			
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(52,62,72)					
44.	T421	(65,75,85)	12				
45.	T422	(64,74,84)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(65,75,85)	13				
48.	T432	(54,64,74)	GO				
49.	T433	(67,77,87)					
50.	T511	(75,85,95)	15		17		
51.	T512	(74,84,94)	P	MM			
52.	T513	(61,71,81)					
53.	T521	(78,88,98)	16				
54.	T522	(74,84,94)	O				
55.	T611	(12,22,32)	18	20			
56.	T612	(20,30,40)	S	PO			
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(45,55,65)					
59.	T615	(60,70,80)					
60.	T616	(45,55,65)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(20,30,40)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(45,55,65)					

## PRILOG 15

Izmijenjene vrijednosti parametara  $a$ ,  $b$  i  $c$  za Čvorište 20.

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL				
1.	T111	(50,60,70)	1	3	0	0	0				
2.	T112	(50,60,70)	WWD	UA							
3.	T113	(70,80,100)									
4.	T114	(51,61,71)									
5.	T115	(56,66,76)									
6.	T121	(55,65,75)						2			
7.	T122	(80,90,100)	EP								
8.	T123	(55,65,75)									
9.	T124	(63,73,83)									
10.	T211	(52,62,72)	4					6	DC		
11.	T212	(68,78,88)	ET								
12.	T213	(55,65,75)	5								
13.	T221	(53,63,73)									
14.	T222	(67,77,87)		SE							
15.	T223	(72,82,92)									
16.	T224	(55,65,75)									
17.	T225	(69,79,89)									
18.	T226	(71,81,91)									
19.	T227	(55,65,75)									
20.	T228	(52,62,72)	7		10						
21.	T311	(55,65,75)									
22.	T312	(54,64,74)		T							
23.	T313	(67,77,87)									
24.	T314	(50,60,70)									
25.	T315	(55,65,75)									
26.	T316	(69,79,89)									
27.	T321	(52,62,72)						8	F		
28.	T322	(68,78,88)		P							
29.	T323	(55,65,75)									
30.	T324	(53,63,73)									
31.	T325	(67,77,87)									
32.	T326	(52,62,72)									
33.	T327	(55,65,75)									
34.	T328	(69,79,89)									
35.	T329	(51,61,71)									
36.	T3210	(61,71,81)									

R.B.	TI	(a,b,c)	Čvor	Čvorište	WP	$\alpha$	NL
37.	T3211	(71,81,91)			0	0	0
38.	T331	(69,79,89)	9				
39.	T332	(71,81,91)	S				
40.	T411	(55,65,75)	11	14			
41.	T412	(54,64,74)	TC	O			
42.	T413	(67,77,87)					
43.	T414	(52,62,72)					
44.	T421	(65,75,85)	12				
45.	T422	(64,74,84)	TF				
46.	T423	(67,77,87)					
47.	T431	(65,75,85)	13				
48.	T432	(54,64,74)	GO				
49.	T433	(67,77,87)					
50.	T511	(74,84,94)	15		17		
51.	T512	(61,71,81)	P	MM			
52.	T513	(78,88,98)					
53.	T521	(74,84,94)	16				
54.	T522	(74,84,94)	O				
55.	T611	(72,82,92)	18	20			
56.	T612	(70,80,90)	S	PO			
57.	T613	(65,75,85)					
58.	T614	(75,85,95)					
59.	T615	(60,70,80)					
60.	T616	(75,85,95)					
61.	T617	(60,70,80)					
62.	T621	(70,80,90)	19				
63.	T622	(70,80,90)	CAP				
64.	T623	(65,75,85)					
65.	T624	(75,85,95)					