

# Model vrednovanja ishoda učenja u STEM području zasnovan na principima obrazovnih sustava preporučivanja

---

Đurović, Gordan

Doctoral thesis / Disertacija

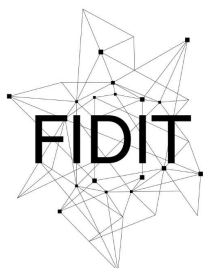
2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:195:467974>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Sveučilište u Rijeci  
Fakultet informatike  
i digitalnih tehnologija

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Informatics and Digital Technologies - INFORI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET INFORMATIKE I DIGITALNIH TEHNOLOGIJA

Gordan Đurović

**MODEL VREDNOVANJA ISHODA  
UČENJA U STEM PODRUČJU  
ZASNOVAN NA PRINCIPIMA  
OBRAZOVNIH SUSTAVA  
PREPORUČIVANJA**

DOKTORSKI RAD

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET INFORMATIKE I DIGITALNIH TEHNOLOGIJA

Gordan Đurović

**MODEL VREDNOVANJA ISHODA  
UČENJA U STEM PODRUČJU  
ZASNOVAN NA PRINCIPIMA  
OBRAZOVNIH SUSTAVA  
PREPORUČIVANJA**

DOKTORSKI RAD

Mentorica: prof. dr. sc. Nataša Hoić-Božić

Komentorica: izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab

Rijeka, 2023.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF INFORMATICS AND DIGITAL  
TECHNOLOGIES

Gordan Đurović

**MODEL OF LEARNING OUTCOMES  
EVALUATION IN STEM BASED ON THE  
PRINCIPLES OF EDUCATIONAL  
RECOMMENDER SYSTEMS**




DOCTORAL THESIS

Rijeka, 2023.

Mentorica rada: Prof. dr. sc. Nataša Hoić-Božić

Komentorica rada: Izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab

Doktorski rad obranjen je dana 12. travnja 2024. godine na Fakultetu informatike i digitalnih tehnologija, pred povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Ana Meštrović 
2. Prof. dr. sc. Božidar Kovačić 
3. Prof. dr. sc. Vedran Mornar 

## ZAHVALA

Od srca se zahvaljujem mentorici prof. dr. sc. Nataši Hoić-Božić i komentorici izv. prof. dr. sc. Martini Holenko Dlab bez čije podrške, razumijevanja i niza pravovremenih profesionalnih i prijateljskih sugestija istraživanje provedeno i prikazano u ovom radu ne bi bilo moguće provesti. Bez njihove pomoći, velikog truda i vremena koje su uložile u iščitavanju radnih verzija teksta doktorskog rada završna bi verzija bila manje zadovoljavajuća.

Zahvalio bih se i Povjerenstvu za ocjenu doktorskog rada u sastavku prof. dr. sc. Ana Meštrović, prof. dr. sc. Bižidar Kovačić i prof. dr. sc. Vedran Mornar koji su svojim sugestijama doprinijeli da prikaz rezultata istraživanja u doktorskome radu dosegne željenu razinu kojoj sam težio.

Najviše od svega zahvaljujem se svojoj obitelji (supruzi Maji, kćeri Ariani i sinu Adrianu) bez čije bi ljubavi tijekom svih proteklih godina putovanje do završetka ovog doktorskog rada ostalo samo neostvareni san.

Gordan Đurović

## SAŽETAK

U ovom se doktorskom radu opisuju istraživanja čiji je glavni cilj bio razviti model sustava za vrednovanje ishoda učenja u STEM području temeljenog na principima obrazovnih sustava preporučivanja. Razvijeni model omogućio je povezivanje podataka koji se u sustavu prikupljaju tijekom vrednovanja znanja studenata s podacima obrazovnog sustava preporučivanja, a sve s ciljem poticanja motiviranosti studenata za učenje te generiranja više vrsta preporuka kako bi se studentima omogućilo usvajanje ishoda učenja.

Ishodi učenja su pisani iskazi iskaza kojima se definira što studenti trebaju znati, razumjeti i/ili biti u stanju pokazati nakon što završe određeni proces učenja. Poznavanje i aktivno korištenje ishoda učenja studentima omogućava optimalnu organizaciju vremena i planiranih aktivnosti učenja, te stvara temelj za ostvarivanje boljih rezultata učenja. Tijekom učenja kontinuiranu podršku studentima mogu pružiti obrazovni sustavi preporučivanja. Njihova osnovna namjena je generiranje odgovarajućih preporuka individualnim studentima koje se izrađuju temeljem algoritama osmišljenih za njihov rad. S druge strane, sustavi za *online* vrednovanje predstavljaju alat putem kojega se može provoditi formativno i sumativno vrednovanje uz davanje brzih povratnih informacija o uspješnosti rada studenata. Model razvijen u provedenom istraživanju objedinio je funkcionalnosti ova dva sustava pri čemu su ishodi učenja iskorišteni kao povezujući element.

U obrazovanju u STEM području, jedna od uobičajenih metoda vrednovanja znanja studenata je putem rješavanja matematičkih zadataka. Većina ovih sustava koji se danas koriste svoju funkcionalnost zasniva na provjeri točnosti završnog rezultata zadataka čime se zanemaruju podaci o točnosti međurezultata u tim zadacima. Praćenje točnosti rada studenata na razini međurezultata može omogućiti kontinuirano praćenje usvojenost koncepata odnosno usvojenost ishoda učenja uz generiranje pravovremenih preporuka studentima s ciljem pozitivnog utjecaja na njihovu motiviranost za daljnji rad. Model sustava koji je razvijen u okviru ovog istraživanja uključuje praćenje uspješnosti rada studenata na razini međurezultata u zadacima, što predstavlja jednu od njegovih posebnosti.

Razvijeni model sustava omogućio je i uspješno uvođenje kontinuiranog *online* vrednovanja znanja u izvedbu odgojno-obrazovnog procesa. Praćenje uspješnosti studenata tijekom kontinuiranog vrednovanja znanja na razini međurezultata u rješavanim zadacima omogućilo je kreiranje proširenog skupa podataka za rad sustava. Ovaj prošireni skup podataka korišten je kao osnova za praćenje trenutne razine usvojenosti koncepata i ishoda učenja svakog studenta te generiranje tri tipa individualiziranih preporuka: preporuka suradnika, preporuka sljedećeg koraka u učenju odnosno preporuka za povećanje motivacije. Navedene su preporuke pozitivno utjecale na motiviranost studenata što je dovelo i do boljih rezultata učenja tijekom semestra, a omogućilo je studentima i usvajanje ishoda učenja.

Osmišljeni je model implementiran u obliku mrežne aplikacije čija je funkcionalnost ispitana u radu sa studentima upisanim na sveučilišne odnosno stručne prijediplomske studije na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Za rad aplikacije

osmišljeni su algoritmi zasnovani na primjeni neizrazite logike koji su koristili prošireni skup podataka prikupljenih provođenjem kontinuiranog *online* vrednovanja. Istraživanje je provedeno korištenjem metodologije istraživanja zasnovanog na dizajnu te je u eksperimentalnoj fazi istraživanja provedeno šest ciklusa u pet uzastopnih akademskih godina. Rezultati dobiveni provedenim istraživanjem potvrdili su pozitivan utjecaj osmišljenog modela sustava na motiviranost studenata uključenih u istraživanje, uspješnost sustava u omogućavanju usvajanja ishoda učenja temeljem generiranih preporuka individualnim studentima kao i ostvarivanje boljih rezultata učenja tijekom semestra.

**Ključne riječi:** ishodi učenja, obrazovni sustav preporučivanja, sustav za *online* vrednovanje, STEM, neizrazita logika



## ABSTRACT

This doctoral thesis describes a research whose main objective was to develop a model for the evaluation of learning outcomes in STEM education based on the principles of educational recommendation systems. The developed model made it possible to connect the data collected in the system during the assessment of students' knowledge with the data of the educational recommendation system, all with the aim of promoting students' motivation to learn and generating different types of recommendations that enable students to achieve learning outcomes.

Learning outcomes are written statements that define what students should know, understand and/or be able to demonstrate upon completion of a particular learning process. Knowing and actively using learning outcomes enables students to organize time and planned learning activities optimally and creates a basis for better learning results. During learning, students can be continuously supported by educational recommendation systems. Their main purpose is to generate appropriate recommendations for individual students based on algorithms developed for their work. On the other hand, *online* evaluation systems represent a tool that can be used for formative and summative evaluation while providing quick feedback on the success of students' work. The model developed in the conducted research combines the functionalities of these two systems, with learning outcomes serving as the connecting element.

In STEM education, solving math tasks is one of the most common ways to assess students' knowledge. Most of the systems used today are based on checking the accuracy of the final outcome, while the data on the accuracy of intermediate results in these tasks is ignored. Monitoring the accuracy of intermediate results can enable continuous monitoring of the achievement of concepts, i.e. the achievement of learning outcomes, while providing timely recommendations to students to positively influence their motivation for further work. The system model developed in this research includes the monitoring of students' work success at the level of intermediate results in the tasks, which is one of its distinctive features.

The developed model enabled the successful implementation of a continuous online evaluation in the educational process. The observation of student performance in continuous knowledge assessment at the level of intermediate results in solved tasks enabled the creation of an extended data set for system operation. This extended data set served as a basis for monitoring the current level at which students have mastered concepts, i.e. learning outcomes, and for creating three types of individualized recommendations: recommendations of associates, recommendations for the next learning step, and recommendations to increase motivation. The above recommendations had a positive impact on student motivation which led to better results of learning activities during the semester and enabled students to achieve the learning outcomes.

The designed model was implemented in the form of a network application, the functionality of which was tested in work with students enrolled in university and vocational undergraduate study programs at the Faculty of Engineering, University of

Rijeka. Algorithms based on the application of fuzzy logic were developed for the operation of the network application, using an extended data set collected by conducting a continuous online evaluation of students knowledge. The research was conducted using the design-based research methodology, and in the experimental phase of the research, six cycles were conducted in five consecutive years. The results of the conducted research confirmed the positive impact of the developed model on the motivation of the students involved in the research, the success of the model in helping students achieve learning outcomes based on the recommendations generated for each student, and the achievement of better results of learning activities during the semester.

**Keywords:** learning outcomes, educational recommendation system, system for *online* evaluation, STEM, fuzzy logic

## SADRŽAJ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>POPIS POKRATA .....</b>   | <b>X</b>  |
| <b>1. UVOD.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. <i>Cilj, hipoteze i znanstveni doprinosi istraživanja .....</i>                                     | 4         |
| 1.2. <i>Struktura rada .....</i>   | 6         |
| <b>2. TEORETSKE OSNOVE .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1. <i>Sustavi preporučivanja .....</i>   | 7         |
| 2.1.1. Model korisnika .....   | 8         |
| 2.1.1.1. Neizrazita logika .....   | 9         |
| 2.1.2. Model domene .....  | 11        |
| 2.1.3. Modul za izradu preporuka.....  | 12        |
| 2.1.4. Izrada preporuka u sustavima preporučivanja .....   | 12        |
| 2.1.4.1. Kolaborativno filtriranje .....   | 13        |
| 2.1.4.2. Preporučivanje temeljeno na sadržaju .....  | 15        |
| 2.1.4.3. Preporučivanje temeljeno na znanju.....   | 16        |
| 2.1.4.4. Hibridni pristup.....   | 17        |
| 2.1.5. Obrazovni sustavi preporučivanja.....   | 18        |
| 2.2. <i>Motivacijske strategije i sustavi za online vrednovanje.....</i>                                 | 21        |
| 2.2.1. Stilovi učenja.....   | 22        |
| 2.2.2. Provjere znanja kao motivacijska strategija u STEM području .....                                 | 24        |
| 2.2.3. Sustavi za <i>online</i> vrednovanje.....   | 26        |
| 2.3. <i>Istraživanje zasnovano na dizajnu .....</i>  | 29        |
| 2.3.1. Posebnosti metodologije istraživanja zasnovanog na dizajnu .....                                  | 29        |
| 2.3.2. Postupak provođenja istraživanja zasnovanog na dizajnu.....                                       | 30        |
| <b>3. MODEL OBRAZOVNOG SUSTAVA PREPORUČIVANJA S VREDNOVANJEM ISHODA UČENJA U STEM<br/>PODRUČJU .....</b> | <b>33</b> |
| 3.1. <i>Model domene.....</i>  | 35        |
| 3.2. <i>Model aktivnosti .....</i>   | 37        |
| 3.3. <i>Podsustav za modeliranje studenta.....</i>   | 39        |
| 3.3.1. Modul za vrednovanje .....  | 39        |
| 3.3.2. Model studenta .....  | 40        |
| 3.3.2.1. Određivanje usvojenosti koncepata i ishoda učenja .....   | 42        |
| 3.3.2.2. Formalni zapis modela studenta .....  | 50        |
| 3.4. <i>Modul za izradu preporuka.....</i>   | 50        |
| 3.4.1. Preporuka suradnika .....   | 51        |
| 3.4.1.1. Tehnika preporučivanja i formalni zapis problema .....  | 52        |
| 3.4.1.2. Određivanje preporuka .....   | 53        |
| 3.4.2. Preporuka sljedećeg koraka u učenju .....   | 54        |
| 3.4.2.1. Tehnika preporučivanja i formalni zapis problema .....  | 54        |
| 3.4.2.2. Određivanje preporuka i njihov tekstualni prikaz .....  | 58        |
| 3.4.3. Preporuka za povećanje motivacije .....   | 64        |
| 3.4.3.1. Tehnika preporučivanja i formalni zapis problema .....  | 64        |
| 3.4.3.2. Određivanje preporuka i njihov tekstualni prikaz .....  | 65        |
| <b>4. PROTOTIP MREŽNE APLIKACIJE ZA IMPLEMENTACIJU PREDLOŽENOG MODELA SUSTAVA.....</b>                   | <b>68</b> |
| 4.1. <i>Pretvaranje modela sustava u mrežnu aplikaciju.....</i>  | 68        |
| 4.2. <i>Relacijska baza podataka .....</i>   | 69        |
| 4.2.1. Podshema znanja.....  | 69        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.2.2.    | Podshema studenti .....  | 70         |
| 4.3.      | <i>Sloj poslovne logike</i> .....                                      | 72         |
| 4.3.1.    | Autentifikacija korisnika aplikacije.....                              | 72         |
| 4.3.2.    | Komunikacija s bazom podataka .....                                    | 73         |
| 4.3.3.    | Izvršavanje algoritama .....   | 74         |
| 4.4.      | <i>Prezentacijski sloj</i> .....                                       | 74         |
| 4.4.1.    | Dio mrežne aplikacije namijenjen studentima .....                      | 75         |
| 4.4.2.    | Dio mrežne aplikacije namijenjen nastavnicima.....                     | 82         |
| <b>5.</b> | <b>VREDNOVANJE SUSTAVA I VALIDACIJA POSTAVLJENIH HIPOTEZA .....</b>    | <b>93</b>  |
| 5.1.      | <i>Vrednovanje funkcionalnosti izgrađenog sustava</i> .....            | 93         |
| 5.2.      | <i>Opis provedenog istraživanja – priprema i dizajn</i> .....          | 95         |
| 5.2.1.    | Analiza problema .....   | 95         |
| 5.2.2.    | Hipoteze i polazno rješenje problema .....                             | 97         |
| 5.3.      | <i>Opis provedenog istraživanja – eksperimentalni dio</i> .....        | 98         |
| 5.3.1.    | Eksperimentalna faza – 1. i 2. DBR ciklus.....                         | 102        |
| 5.3.1.1.  | Dizajn istraživanja u 1. i 2. DBR ciklusu.....                         | 102        |
| 5.3.1.2.  | Rezultati provedbe 1. i 2. DBR ciklusa .....                           | 103        |
| 5.3.1.3.  | Zaključak provedbe 1. i 2. DBR ciklusa.....                            | 108        |
| 5.3.2.    | Eksperimentalna faza – 3. i 4. DBR ciklus.....                         | 108        |
| 5.3.2.1.  | Dizajn istraživanja u 3. i 4. DBR ciklusu.....                         | 108        |
| 5.3.2.2.  | Rezultati provedbe 3. i 4. DBR ciklusa .....                           | 111        |
| 5.3.2.3.  | Zaključak provedbe 3. i 4. DBR ciklusa.....                            | 115        |
| 5.3.3.    | Eksperimentalna faza – 5. i 6. DBR ciklus.....                         | 116        |
| 5.3.3.1.  | Dizajn istraživanja u 5. i 6. DBR ciklusu.....                         | 116        |
| 5.3.3.2.  | Rezultati provedbe 5. DBR ciklusa .....                                | 122        |
| 5.3.3.3.  | Rezultati provedbe 6. DBR ciklusa .....                                | 126        |
| 5.3.3.4.  | Zaključak provedbe 5. i 6. DBR ciklusa.....                            | 131        |
| 5.4.      | <i>Analiza dobivenih rezultata</i> .....                               | 131        |
| 5.4.1.    | Potvrđivanje prve hipoteze.....  | 131        |
| 5.4.1.1.  | Kontinuirani pristup učenju .....                                      | 131        |
| 5.4.1.2.  | Motiviranost studenata za učenje .....                                 | 132        |
| 5.4.1.3.  | Ostvareni rezultati učenja tijekom semestra.....                       | 134        |
| 5.4.1.4.  | Zaključak o potvrđenosti prve hipoteze .....                           | 135        |
| 5.4.2.    | Potvrđivanje druge hipoteze.....                                       | 135        |
| 5.4.2.1.  | Usvajanje ishoda učenja .....  | 137        |
| 5.4.2.2.  | Zaključak o potvrđenosti druge hipoteze .....                          | 138        |
| 5.5.      | <i>Opis provedenog istraživanja – poopćenje uočenih principa</i> ..... | 139        |
| 5.5.1.    | Generiranje preporuka praćenjem postupka vrednovanja.....              | 139        |
| 5.5.2.    | Kontinuirano vrednovanje tijekom semestra .....                        | 139        |
| 5.5.3.    | Praćenje razine usvojenosti ishoda učenja tijekom semestra .....       | 140        |
| <b>6.</b> | <b>ZAKLJUČAK .....</b>   | <b>141</b> |
|           | <b>LITERATURA .....</b>  | <b>146</b> |
|           | <b>POPIS SLIKA.....</b>  | <b>164</b> |
|           | <b>POPIS TABLICA .....</b>   | <b>166</b> |
|           | <b>POPIS OZNAKA .....</b>  | <b>169</b> |
|           | <b>ŽIVOTOPIS.....</b>  | <b>171</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Popis privitaka .....</b>   | <b>175</b> |
| <i>Privitak 1. Ak. god. 2017./18.: Analiza poznavanja ishoda učenja među studentima upisanim na studijske programe u obrazovanju u STEM području .....</i> | <i>176</i> |
| <i>Privitak 2. Ak. god. 2018./19.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 1. DBR ciklusa istraživanja .....</i>  | <i>178</i> |
| <i>Privitak 3. Ak. god. 2018./19.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 2. DBR ciklusa istraživanja .....</i>  | <i>180</i> |
| <i>Privitak 4. Ak. god. 2019./20.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 3. DBR ciklusa istraživanja .....</i>  | <i>182</i> |
| <i>Privitak 5. Ak. god. 2020./21.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 4. DBR ciklusa istraživanja .....</i>  | <i>183</i> |
| <i>Privitak 6. Ak. god. 2021./22.: Anonimni upitnik tijekom provođenja 5. DBR ciklusa istraživanja .....</i>   | <i>184</i> |
| <i>Privitak 6. Ak. god. 2021./22.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 5. DBR ciklusa istraživanja .....</i>  | <i>186</i> |
| <i>Privitak 7. Ak. god. 2022./23.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 6. DBR ciklusa istraživanja .....</i>  | <i>188</i> |

## POPIS POKRATA

- ASP.NET – *Active Server Pages Network Enabled Technologies* (hrv. okvir za razvoj dinamičkih internetskih stranica)
- CB – *Collaborative filtering* (hrv. preporučivanje temeljeno na sadržaju)
- CF – *Content-based recommending* (hrv. preporučivanje korištenjem kolaborativnog filtriranja)
- COG – *Center of gravity* (hrv. težište)
- DBR – *Design-Based Research* (hrv. metodologija istraživanja zasnovanog na dizajnu)
- ELARS – *E-learning Activities Recommender System* (hrv. sustav preporučivanja aktivnosti za e-učenje)
- ERS – *Educational Recommender System* (hrv. obrazovni sustav preporučivanja)
- FAM – *Fuzzy associative memory* (hrv. neizrazita asocijativna memorija)
- HTML – *HyperText Markup Language* (hrv. hipertekstni označni jezik)
- KB – *Knowledge-based recommending* (hrv. preporučivanje temeljeno na znanju)
- LINQ – *Language-Integrated Query* (hrv. upit integriran u programski jezik)
- LMS – *Learning management system* (hrv. sustav za upravljanje učenjem)
- MISO – *Multiple-input-single-output* (hrv. više ulaza jedan izlaz)
- MOM – *Mean of maximum* (hrv. srednja vrijednost maksimuma)
- MVC – *Model-View-Controller* (hrv. obrazac model-prikaz-upravljanje)
- ORM – *Object-relational mapping* (hrv. objektno-relacijsko preslikavanje)
- RCT – *Randomized control trials* (hrv. nasumična kontrolna ispitivanja)
- STEM – *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (hrv. znanost, tehnologija, inženjerstvo i matematika)

# 1. UVOD

Današnje se društvo može okarakterizirati kao digitalno društvo (eng. *digital society*), te je jedan od važnijih ciljeva odgojno-obrazovnih procesa obrazovanje stručnjaka koji će se moći nositi s problemima koji se u takvom društvu pojavljuju. U kontekstu digitalnog društva kroz obrazovanje se želi omogućiti studentima razvoj vještina kritičkog razmišljanja (eng. *critical thinking*), timskog rada (eng. *teamwork*), kreativnosti (eng. *creativity*), rješavanja problema (eng. *problem solving*) te računalnog razmišljanja (eng. *computational thinking*). Razvoj navedenih vještina kod studenata pokušava se postići pristupom koji se naziva STEM (eng. *science, technology, engineering and mathematics*) obrazovanje [Conde et.al., 2020].

Kontinuirani razvoj digitalnog društva stvara potrebu za sve većim brojem stručnjaka u STEM području. Dok potrebe tržišta rada za ovim stručnjacima neprestano rastu [Friesel, i sur., 2022] u proteklom je desetljeću uočen trend smanjivanja interesa potencijalnih studenata za upis obrazovnih programa u STEM području [Elliniadou & Sofianopoulou, 2022]. Na globalnoj su razini implementirane različite inicijative kojima se pokušava riješiti uočeni problem, a kod kojih je dio fokusa na razvoju motivacijskih elemenata koji mogu usmjeriti buduće studente na odabir tih studijskih programa. Osim poticanja budućih studenata da odaberu studijski program koji će ih voditi prema karijeri u STEM području, rezultati provedenih istraživanja su pokazali da je potrebno uskladiti elemente postojećih odgojno-obrazovnih procesa s očekivanjima budućih studenata [Ayuso i sur., 2022]. Važnu ulogu u ovom usklađivanju imaju ishodi učenja. Ishodi učenja ustalili su se u proteklom desetljeću kao polazni element u osmišljavanju i izradi studijskih programa. Na osnovi postavljenih ishoda učenja planiraju se svi elementi odgojno-obrazovnog procesa kojima se određuje što će se poučavati (nastavne teme, sadržaji za učenje) odnosno kako će se poučavati (strategije, metode i postupci učenja i poučavanja kao i aktivnosti studenata i nastavnika) [Hoić-Božić & Holenko Dlab, 2021]. Završni element u planiranju odgojno-obrazovnog procesa predstavlja vrednovanje kojim se provjerava razina ostvarenosti planiranih ishoda učenja [Rana i sur., 2021].

Ishodi učenja definiraju se u obliku pisanih iskaza kojima se izražava što studenti trebaju znati, razumjeti i/ili biti u stanju pokazati nakon što završe određeni proces učenja [Kovač & Kolić-Vehovec, 2008]. Određuju se na nivou cjelokupnog studijskog programa, nivou pojedinog predmeta, odnosno na nivou predavanja. Pravilna formulacija ishoda učenja temelj je za konstruktivno povezivanje sa svim elementima odgojno-obrazovnog procesa. Konstruktivno se povezivanje definira kao postignuti stupanj podudarnosti između definiranih ishoda učenja, planiranih aktivnosti studenata, načina poučavanja i načina ocjenjivanja [Kovač & Kolić-Vehovec, 2008]. Slijedom navedenoga, za svaku planiranu aktivnost procjenjuje se zahtjevnost te aktivnosti za studente. S ciljem postizanja što većeg stupnja podudarnosti s definiranim ishodima učenja, potrebno je voditi računa o odnosu vremena koje studenti imaju na raspolaganju za tu aktivnost i mogućnosti studenata da u tom vremenu ostvare

definirane ishode učenja povezane s tom aktivnosti. S druge strane, konstruktivno povezivanje definiranih ishoda učenja s načinima poučavanja podrazumijeva odabir odgovarajućih nastavnih metoda i tehnika čija će primjena osigurati usvajanje ishoda učenja [Njuguna, 2020].

Usvojenost ishoda učenja provjerava se njihovim vrednovanjem. Nastavnik samostalno definira obrazovna postignuća za svoj predmet, te u skladu s time i odabire postupak vrednovanja koji mora biti adekvatan za područje koje se želi vrednovati. Navedenim se pristupom želi postići što veći stupanj podudarnosti između definiranih ishoda učenja i postupaka vrednovanja kojima se njihova ostvarenost provjerava [Zhang i sur., 2022].

Slijedom navedenoga, ishodi se učenja mogu promatrati i kao poveznica koja objedinjuje sve elemente odgojno-obrazovnog procesa u zajedničku smislenu cjelinu. U studijskim programima koji su temeljeni na ishodima učenja, razumijevanje njihove svrhe od strane studenata jedan je od preduvjeta za uspjeh u provedbi obrazovnog procesa. Prednosti pravilne uporabe ishoda učenja za studente su višestruke. Poznavanjem i razumijevanjem ishoda učenja definiranih za određeni predmet, studenti mogu unaprijed znati što će uspješnim završetkom predmeta naučiti. Ove im informacije mogu pomoći pri odluci o upisu pojedinog predmeta [Javid i sur., 2021]. Nakon što upišu odabrani predmet, studenti se najčešće tijekom učenja usredotočuju na sadržaje koje očekuju tijekom postupaka vrednovanja. Korištenje ishoda učenja s ciljem organizacije procesa učenja studentima može pomoći u optimizaciji vremena koje imaju na raspolaganju za učenje [Mahajan & Kaur Sarjit Singh, 2017] kroz davanje jasne slike o tome što ih tijekom vrednovanja očekuje [Pokorni & Kuleto, 2022]. S druge strane, nepoznavanje odnosno nerazumijevanje ishoda učenja može dovesti do slabijih rezultata tijekom vrednovanja [Sweetman, 2017].

Osim ishoda učenja, motivacijske strategije mogu imati pozitivne učinke u prilagođavanju postojećih odgojno-obrazovnih procesa potrebama i očekivanjima današnjih studenata. Za primjenu u obrazovanju u STEM području razvijen je veći broj različitih motivacijskih strategija (npr. korištenje odgovarajućih stilova učenja i poučavanja, uvođenje e-aktivnosti, organizacija mješovitog učenja, uporaba digitalnih alata i sl.). Također, sve veće mogućnosti koje pruža *online* okruženje za učenje omogućile su korištenje postupaka vrednovanja kao motivacijskih strategija. Osnovna namjena motivacijskih strategija je poticanje studenata na učenje kao i pomoć studentima da razviju svoj pristup učenju. Provedena istraživanja su pokazala da studenti učenju pristupaju na tri različita načina: površinski pristup, dubinski pristup odnosno strateški pristup učenju [Shahri i sur., 2014]. Na početku studija studenti najčešće usvajaju površinski pristup učenju koji za cilj ima što brži završetak postavljenog zadatka bez njegove dubinske analize i povezivanja novih sadržaja s ranije usvojenim sadržajima predmeta [Donnison & Penn-Edwards, 2012.; Svedin et.al., 2013]. S druge strane, dubinski pristup učenju karakterizira povezivanje novih sadržaja koji se uče s ranije usvojenim sadržajima [Bralić, 2018]. Strateški pristup učenju predstavlja kombinaciju površinskog i dubinskog pristupa učenju.



Studente koji su na početku studija usvojili površinski pristup učenju treba tijekom obrazovnog procesa poticati da prijeđu na dubinski pristup učenju [Desiert i sur., 2018]. Korištenje motivacijskih strategija kojima se studenti potiču na kontinuirano učenje tijekom semestra jedan je od pristupa kojim se može pozitivno utjecati na studentski pristup učenju s ciljem dubljeg razumijevanja i usvajanja sadržaja predmeta [Perez-Puyana i sur., 2020]. U slučajevima kada studenti ne poznaju odnosno ne razumiju ishode učenja definirane za predmet, korištene motivacijske strategije koje imaju za cilj promjenu u pristupu učenju kod studenata biti će ograničenog uspjeha [Sweetman, 2017]. Uz isticanje ishoda učenja kao alata koji studentima može značajno pomoći u učenju, uvođenje *online* sustava u obrazovni proces (npr. obrazovnih sustava preporučivanja odnosno sustava za *online* vrednovanje) može značajno pomoći u postizanju navedenoga cilja.

Obrazovni sustavi preporučivanja (eng. *educational recommender systems* – ERS) danas su općeprihvaćeni *online* alati koji mogu na zadovoljavajući način pomoći tijekom obrazovnog procesa kroz izradu preporuka individualnim studentima [Thongchotchat i sur., 2023]. Njihov je rad zasnovan na različitim pristupima filtriranju prikupljenih podataka [Drachsler i sur., 2015]. Upotreba obrazovnih sustava preporučivanja omogućava individualizaciju obrazovnog procesa kroz uključivanje posebnosti u učenju za svakog studenta (npr. korištenjem podataka o stilovima učenja, predznanju ili pokazanom napretku u usvajanju sadržaja predmeta i sl.) [Meng i sur., 2021].

S druge strane, sustavi za *online* vrednovanje (eng. *online assessment systems*) danas se primjenjuju u formalnim obrazovnim okruženjima te pružaju niz prednosti u odnosu na klasične pristupe vrednovanju u formi pisanih provjera [Petrović i sur., 2017]. Koriste se za provođenje formativnih i sumativnih vrednovanja studenata. Njihova kontinuirana dostupnost (pogotovo za formativno vrednovanje) omogućava studentima kontinuirano praćenje njihovog napretka u učenju. Također, podaci prikupljeni o korištenju sustava od strane studenata mogu omogućiti nastavniku praćenje rada studenata, njihovo napredovanje u usvajanju sadržaja predmeta kao i smjernice za prilagođavanje obrazovnog procesa posebnostima studenata upisanih na predmet [Lukashenko & Anohina, 2009].

U obrazovanju u STEM području, a posebno u obrazovanju budućih inženjera, za svaki se predmet mogu definirati tri osnovna cilja obrazovanja: stjecanje činjeničnog znanja o sadržaju predmeta, postizanje sposobnosti analize postojećih sustava odnosno razvoj sposobnosti projektiranja novih sustava temeljem unaprijed određenih specifikacija. Vrednovanje uspješnosti studenata u stjecanju činjeničnog znanja može se provesti korištenjem pitanja s jednim i/ili višestrukim izborom. Ova vrsta vrednovanja se može jednostavno prenijeti u *online* okruženje. S druge strane, vrednovanje sposobnosti analize odnosno projektiranja novih sustava obično obuhvaća rješavanje zadataka koji uključuju skice, grafikone i matematičke izraze. Ovaj pristup rješavanju zadataka je s danas dostupnom tehnologijom teško implementirati u *online* okruženju [Andersen i sur., 2020]. S ciljem prilagođavanja

postojećih odgojno-obrazovnih procesa očekivanjima studenata, svakako je potrebno postupke vrednovanja u što je moguće većoj mjeri omogućiti u *online* okruženju.

Iz provedene analize dostupne literature može se zaključiti da su prihvaćanje i implementacija ishoda učenja od strane studenata i nastavnika (u većem obimu), odnosno korištenje kontinuiranih formativnih i sumativnih vrednovanja kao motivacijskih strategija te prilagodba postupaka vrednovanja *online* okruženju (u manjem obimu) odvojena područja u kojima se provode istraživanja. Ipak, objedinjavanje navedenih područja u jedinstveno istraživanje s ciljem motiviranja studenata na učenje predstavlja nedovoljno istraženi prostor koji ostavlja prostor za provođenje daljnjih istraživanja.

Istraživanje u ovom radu motivirano je mogućnošću objedinjavanja područja navedenih istraživanja s ciljem daljnjeg razvoja inovativnih *online* pristupa koji za cilj imaju unapređenje mogućnosti e-učenja u obrazovanju u STEM području. Za istraživanje prikazano u ovom radu razvijen je model sustava dobiven povezivanjem obrazovnog sustava preporučivanja sa sustavom za *online* vrednovanje. Ishodi učenja korišteni su kao povezujući element u razvijenom modelu sustava. S ciljem prilagodbe klasičnih postupaka vrednovanja sposobnosti analize kod studenata, naglasak u izgrađenom modelu sustava stavljen je na vrednovanje zasnovano na točnosti rješavanja matematičkih zadataka uz prijenos cjelokupnog matematičkog postupka rješavanja u *online* okruženje. Izgrađeni model sustava omogućio je i implementaciju kontinuiranih formativnih i sumativnih vrednovanja kako bi se studenti potakli na kontinuirani pristup učenju tijekom semestra, odnosno motivirali za daljnji razvoj osobnog pristupa učenju s ciljem prelaska na dubinski pristup učenju.

## 1.1. Cilj, hipoteze i znanstveni doprinosi istraživanja

Glavni je cilj istraživanja bio osmisliti i izgraditi model vrednovanja ishoda učenja u STEM području kojemu je funkcionalnost zasnovana na principima obrazovnih sustava preporučivanja. Navedeno je postignuto osmišljavanjem modela sustava čija struktura kombinira strukturu obrazovnih sustava preporučivanja sa strukturom sustava za *online* vrednovanje. Izgrađeni model uključuje praćenje točnosti rješavanja matematičkih zadataka na nivou svih koraka u tom postupku. Ovime je u izgrađeni model uključeno vrednovanje razine razvijenosti sposobnosti analize koju studenti kao jedan od ciljeva obrazovanja u STEM području moraju savladati. Ishodi učenja i njihovo vrednovanje uključeni su u izgrađenom modelu u svojstvu elementa koji povezuje sve dijelove modela u jedinstvenu funkcionalnu cjelinu.

U istraživanju su postavljene dvije znanstvene hipoteze:

**H1:** Korištenje kontinuiranog *online* vrednovanja znanja (formativnog i sumativnog) povećati će motivaciju STEM studenata, a posljedično dovesti i do boljih rezultata učenja tijekom semestra.

**H2:** Povezivanjem podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja generirati će se preporuke koje će studentima omogućiti usvajanje ishoda učenja.

Objektive postavljene hipoteze su kroz provedena istraživanja potvrđene.

Znanstveni doprinosi rada su:

1. Razvijen je model sustava za formativno i sumativno vrednovanje u STEM obrazovanju kao i metode te računalni postupci za njegovu primjenu temeljeni na principima obrazovnih sustava preporučivanja.
2. Oblikovani su i ugrađeni algoritmi za generiranje preporuka individualnim studentima, funkcionalnost kojih je zasnovana na proširenom skupu podataka iz osmišljenog modela studenta.
3. Izgrađen je prototip modela sustava za formativno i sumativno vrednovanje u STEM obrazovanju temeljen na principima obrazovnih sustava preporučivanja (u obliku mrežne aplikacije). Kroz izgrađenu mrežnu aplikaciju implementirani su predloženi pristup i osmišljeni algoritmi, te je provedeno verificiranje funkcionalnosti u stvarnom obrazovnom okruženju.

Iz sadržaja doktorskog rada objavljeni su sljedeći znanstveni radovi:

- Gordan Đurović, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Exploring the effectiveness of continuous online summative assessment in a vocational STEM course* // Journal of the Polytechnic of Rijeka, Vol. 10, 2022. pp. 73-90, DOI: 10.31784/zvr.10.1.5
- Gordan Đurović, *Continuous Summative Assessment Sessions as a Motivational Tool for STEM students: a Case study* // Proceedings of the 43<sup>rd</sup> International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO2020), 28 September - 2 October 2020., Opatija, Croatia, pp. 672-676, DOI: 10.23919/MIPRO48935.2020.9245384
- Gordan Đurović, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Continuous Summative Assessment Sessions in Vocational STEM Education* // Proceedings of the XIV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE2020), 8 - 10 July 2020., Porto, Portugal, pp. 287-292, DOI: 10.1109/TAEE46915.2020.9163777
- Martina Holenko Dlab, Gordan Đurović, Nataša Hoić-Božić, Ivica Botički, *Support for knowledge assessment in STEM education using ELARS recommender system* // Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on e-Learning, 26 - 27 September 2019., Belgrade, Serbia, pp. 55-59
- Gordan Đurović, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Research on the Use of Digital Tools by STEM students at the University of Rijeka*, TEM Journal, Vol. 8, No. 2, May 2019., DOI: 10.18421/TEM82-43
- Gordan Đurović, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *A Model of an Online Evaluation System for STEM Education* // Proceedings of the 42<sup>nd</sup>

International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO2019), 20 - 24 May 2019., Opatija, Croatia, pp. 785-788, DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756675.

## 1.2. Struktura rada

U prvom su poglavlju ovoga rada dane uvodne napomene, motivacija za provođenje opisanog istraživanja, cilj, hipoteze i znanstveni doprinosi rada kao i njegova struktura.

Drugo poglavlje rada obuhvaća teoretske osnove na kojima počiva provedeno istraživanje. Detaljno je dan pregled područja sustava preporučivanja, različitih metoda koje se koriste za stvaranje preporuka u njima kao i primjeri danas korištenih sustava. Naglasak je stavljen na obrazovne sustave preporučivanja te je opisana neizrazita logika koja se koristi u radu algoritama osmišljenog sustava. U ovom su poglavlju detaljno opisane i motivacijske strategije u obrazovanju u STEM području, s naglaskom na stilovima učenja odnosno provjerama znanja kao provjerenih i široko korištenih motivacijskih strategija. Uz širi prikaz područja opisani su i *online* sustavi za vrednovanje kao i primjeri danas korištenih sustava. S obzirom da je za provedeno istraživanje korištena metodologija istraživanja zasnovanog na dizajnu (eng. *design-based research, DBR*), dan je prikaz ove metodologije s opisima posebnosti u odnosu na druge metodološke pristupe provođenju istraživanja u obrazovnoj domeni.

U trećem poglavlju prikazan je osmišljeni model obrazovnog sustava preporučivanja s vrednovanjem ishoda učenja u STEM području. Osmišljeni je model svojom strukturom zasnovana na povezivanju struktura obrazovnih sustava preporučivanja i sustava za *online* evaluaciju. Detaljno su opisani model domene, model aktivnosti, podsustav za modeliranje korisnika te modul za izradu preporuka. U ovom su poglavlju detaljno prikazani algoritmi zasnovani na neizrazitoj logici koje osmišljeni sustav koristi u svojem radu.

U četvrtom poglavlju detaljno je prikazana implementacija osmišljenog modela sustava u obliku mrežne aplikacije. Mrežna je aplikacija zasnovana na model-prikaz-upravljanje obrascu (eng. *Model-View-Controller, MVC*) te su detaljno prikazana njezina tri sloja: relacijska baza podataka, sloj poslovne logike te prezentacijski sloj. Za svaki od navedenih slojeva mrežne aplikacije detaljno su prikazani pojedini elementi koje obuhvaća, strukturna organizacija kao i način funkcioniranja.

Peto poglavlje daje opis provedenog istraživanja i dobivene rezultate. Prikazano je vrednovanje funkcionalnosti izgrađenog sustava te je prema DBR fazama u istraživanju prikazana faza pripreme i dizajna istraživanja, eksperimentalni dio s detaljnim opisom provedenih ciklusa, analiza dobivenih rezultata te poopćenje principa koji su uočeni tijekom provođenja istraživanja.

Završno poglavlje daje zaključke o cjelokupnom istraživanju kao i smjernice za daljnja istraživanja.

## 2. TEORETSKE OSNOVE

Provedeno istraživanje zasnovano je na teoretskim osnovama sustava preporučivanja, motivacijskim strategijama u obrazovanju u STEM području (s naglaskom na korištenje formativnih i sumativnih vrednovanja kao motivacijske strategije) i metodologiji istraživanja zasnovanog na dizajnu (eng. *design-based research*, DBR). U provedbi istraživanja je korištena neizrazita logika (eng. *fuzzy logic*) s ciljem opisa dijela varijabli koje su korištene u izgrađenim algoritmima.

### 2.1. Sustavi preporučivanja

Tijekom višedesetljetnog razvoja Interneta korisnicima su postale dostupne velike količine podataka što je dovelo do problema u pronalaženju relevantnih informacija unutar skupa dostupnih informacija. S ciljem rješavanja uočenog problema, razvijeni su prvi sustavi za filtriranje informacija na čijim su osnovama zasnovani današnji sustavi koji se koriste za rješavanje problema prevelike količine dostupnih podataka [Roy & Dutta, 2022].

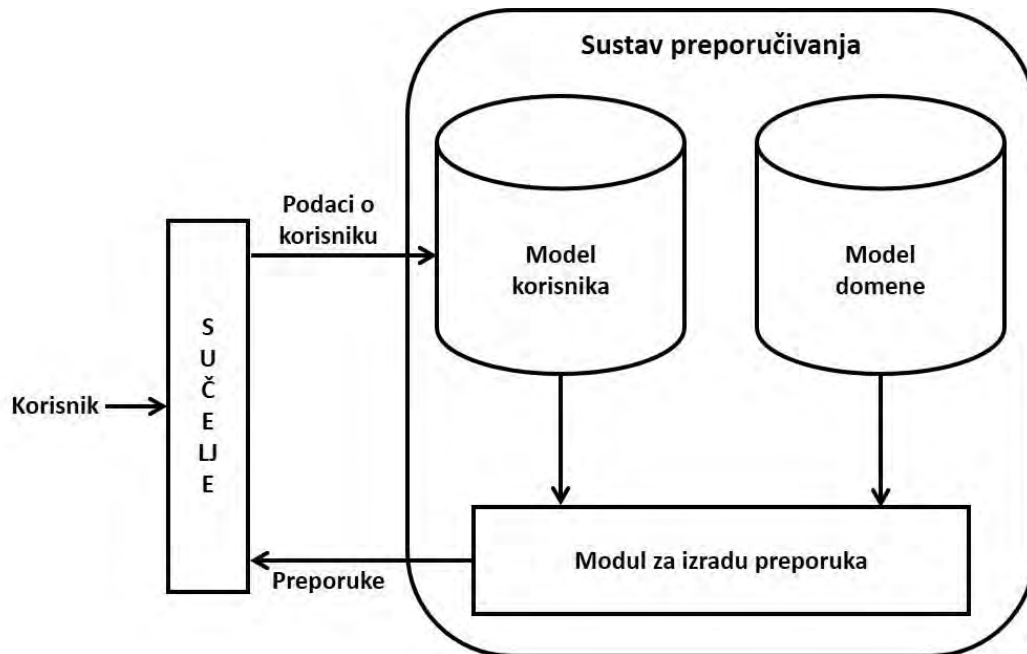
Sustavi preporučivanja u prvo su vrijeme razvijani prvenstveno za komercijalne potrebe. Osnovni cilj ovih sustava bio je preporučivanje proizvoda potencijalnim kupcima u internetskim trgovinama. Kroz razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija sustavi preporučivanja postali su interesantni i za obrazovnu domenu, što je dovelo do razvoja obrazovnih sustava preporučivanja (eng. *educational recommender systems – ERS*).

Prve inačice ERS-ova koristile su se isključivo za jednoobraznu distribuciju materijala za učenje (eng. *learning materials*) koji su u prvo vrijeme bili samo digitalne verzije klasičnih udžbenika. S ciljem ispunjavanja individualnih potreba korisnika s vremenom su razvijeni različiti pristupi zasnovani na inteligentnim i prilagodljivim algoritmima (kao što su inteligentni tutorski sustavi, prilagodljivi hipermedijski sustavi odnosno sustavi preporučivanja [Brusilovsky, 2008.; Raufi i sur., 2019]). U sljedećoj fazi razvoja sustavi su obogaćeni interaktivnošću, komunikacijskim mogućnostima, mogućnošću evaluacije te praćenja rada i napretka korisnika [Rtili i sur., 2014.; Hoić-Božić i sur., 2016].

S daljnjim razvojem Interneta razvijeni sustavi evoluiraju na način da se prilikom razvoja i izgradnje sustava fokus pomiče s autora samog sustava prema korisnicima sustava. Korisnici sustava dobivaju mogućnost aktivnog sudjelovanja u pripremi i organizaciji sadržaja što postaje uobičajeni dio u procesu e-učenja [Aini Abd Majid, 2014.; Unal & Cakir, 2021]. Na ovaj se način ERS-ovi prilagođavaju nastalim promjenama prerastajući u alat koji korisnicima pomaže u stvaranju vlastitih okruženja za učenje (eng. *personal learning environment*) [Anido-Rifon i sur., 2015.; Goksel & Mutlu, 2021]. Posljednjih se godina razvoj ERS-ova proširuje i na pomaganje studentima u donošenju odluka o odabiru studijskih programa i predmeta, kao i predviđanju uspjeha studenata tijekom studija temeljem podataka koji se korištenjem

različitih *online* platformi tijekom interakcije studenata s platformama pojedinih sveučilišta prikupljaju [Maphosa & Maphosa, 2023].

Struktura sustava preporučivanja sadrži tri osnovna elementa: model korisnika (eng. *user model*), model domene (eng. *domain model*) odnosno modul za izradu preporuka (eng. *recommender*). Na slici 2.1. prikazana je osnovna struktura sustava preporučivanja.



Slika 2.1. Osnovna struktura sustava preporučivanja

### 2.1.1. Model korisnika

Model korisnika objedinjuje informacije kojima je korisnik sustava opisan za potrebe rada sustava. Model korisnika može biti statičan i dinamičan. Statičan model korisnika podrazumijeva da se karakteristike kojima je korisnik opisan u sustavu s vremenom ne mijenjaju. Nefleksibilnost ovog pristupa čini ga pogodnim samo za vrlo jednostavne primjene u jednostavnim sustavima s nepromjenjivim sadržajima [Wang i sur., 2021].

Dinamičan model korisnika karakteriziraju promjenjive vrijednosti nekih od parametara koji se koriste za opis korisnika u sustavu. Na ovaj se način u model korisnika unose podaci o aktivnosti i napretku korisnika u radu sa sustavom [Muhammad & Ariatmanto, 2021]. Prikupljeni podaci o korisniku mogu se predstaviti putem tzv. prekrivenog modela (eng. *overlay model*). Navedeni se pristup temelji na podudarnosti s parametrima u modelu domene, pri čemu se procjenjuje podudarnost vrijednosti parametara u modelu korisnika u odnosu na odgovarajuće sadržaje pohranjene u modelu domene. Temeljem procijenjene podudarnosti sustav može odrediti posebnosti svakog pojedinog korisnika te svoj rad prilagoditi njegovim potrebama [Brusilovsky & Millan, 2007].

Osvježavanje podataka u modelu korisnika provodi se kontinuirano tijekom interakcije korisnika sa sustavom preporučivanja. Kontinuirano usklađivanje modela

korisnika omogućava točnije usklađivanje i individualizaciju podrške koju sustav preporučivanja daje korisniku [Huang i sur., 2017]. Postupci osvježavanja podataka u modelu korisnika provode se korištenjem algoritama na kojima počiva rad sustava. Prilikom izrade sustava odabiru se odgovarajući pristupi obradi dostupnih podataka u skladu sa željenim karakteristikama rada samog sustava. Uz tradicionalne matematičke pristupe poput teorije grafova ili korištenja matrica odnosno vektora i s njima povezanih metoda računanja, koriste se i različite metode umjetne inteligencije (poput umjetnih neuronskih mreža, neizrazitog računanja, evolucijskih strategija ili genetičkih algoritama). S obzirom da je u provedenom istraživanju korištena neizrazita logika kao osnova za izradu algoritama korištenih za rad sustava, u nastavku su prikazane teoretske osnove neizrazite logike.

### 2.1.1.1. Neizrazita logika

Teoriju neizrazitih skupova (eng. *fuzzy sets*) definirao je matematičar Lofti A. Zadeh [Zadeh, 1965]. Daljnjim istraživanjima utvrđeno je da se korištenjem neizrazitih skupova može formalno prikazati ljudski način razmišljanja u matematičkom obliku primjerenom za korištenje u računalima [Zadeh, 1973]. Na ovim je istraživanjima razvijena neizrazita logika kao matematički alat koji se može koristiti kao oblik umjetne inteligencije [Negnevitsky, 2002].

Jedan od osnovnih elemenata neizrazite logike su neizraziti skupovi te s njima povezane funkcije pripadnosti (eng. *membership functions*). Funkcije pripadnosti određuju stupanj pripadnosti određenog elementa pojedinom neizrazitom skupu.

Neizraziti skup se može formalno opisati na sljedeći način. Neka je  $X$  univerzalni skup čije elemente možemo označiti kao  $x$ . Neka je:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1] \quad (1)$$

funkcija pripadnosti određena za svaki element  $x$  kojom se određuje stupanj pripadnosti tog elementa skupu  $A$ . Neizraziti skup  $A$  možemo zapisati na sljedeći način:

$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}. \quad (2)$$

Funkcija pripadnosti  $\mu_A(x)$  nekog elementa  $x$  neizrazitom skupu  $A$  se određuje uvažavajući sljedeće:

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= 1 && \text{ukoliko } x \text{ u potpunosti pripada skupu } A, \\ \mu_A(x) &= 0 && \text{ukoliko } x \text{ ne pripada skupu } A, \\ 0 < \mu_A(x) < 1 && \text{ukoliko } x \text{ djelomično pripada skupu } A. \end{aligned} \quad (3)$$

Po svojem obliku funkcije pripadnosti koje se koriste u neizrazitoj logici mogu pripadati linearno rastućim, linearno padajućim, trokutnim, trapezoidnim odnosno Gausovim oblicima funkcija [Seda Mada i sur., 2017.; Doz i sur., 2022].

Linearno rastući oblik funkcije pripadnosti se formalno može zapisati na sljedeći način ( $a < b$ ):

$$\text{Linearno rastuća funkcija } (x, a, b) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

Linearno padajući oblik funkcije pripadnosti se formalno može zapisati na sljedeći način ( $a < b$ ):

$$\text{Linearno padajuća funkcija } (x, a, b) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & a < x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Trokutni oblik funkcije pripadnosti se formalno može zapisati na sljedeći način ( $a < b < c$ ):

$$\text{Trokutna funkcija } (x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a, x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x < c \end{cases} \quad (6)$$

Trapezoidni oblik funkcije pripadnosti se formalno može zapisati na sljedeći način ( $a < b < c < d$ ):

$$\text{Trapezoidna funkcija } (x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x \leq a, x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x \leq b \\ 1 & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \end{cases} \quad (7)$$

Gaussov oblik funkcije pripadnosti se formalno može zapisati na sljedeći način:

$$\text{Gauss}(x, \mu, \sigma) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (8)$$

Korištenje neizrazite logike se provodi u tri koraka. Prvi korak (fuzifikacija) predstavlja definiranje neizrazitih skupova kroz određivanje funkcija pripadnosti za svaki pojedini podskup (eng. *fuzzification*) kako bi se jednoznačna matematička vrijednost ulazne varijable mogla koristiti u okruženju neizrazitih skupova. Temeljem poznavanja vrijednosti ulaznih varijabli odabire se jedan ili više odgovarajućih oblika funkcija pripadnosti putem kojih se opisuju sve ulazne varijable.

Drugi korak obuhvaća definiranje pravila kojima će se povezati ulazne i izlazne varijable izgrađenog sustava (eng. *inference*). Treći korak (defuzifikacija) predstavlja pretvaranje dobivenih neizrazitih vrijednosti izlaznih varijabli u jednoznačne matematičke vrijednosti (eng. *defuzzification*). Na slici 2.2. prikazan je opisani proces.



Slika 2.2. Koraci u procesu fuzifikacije i defuzifikacije

Najčešće korištene metode defuzifikacije [Doz i sur., 2022] su srednja vrijednost maksimuma (eng. *mean of maximum*, MOM) odnosno vrijednost težišta (eng. *center of gravity*, COG).



Metoda srednje vrijednosti maksimuma se formalno može zapisati na sljedeći način:

$$MOM = \frac{1}{|T|} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (9)$$

pri čemu  $T = \{x: \mu(x)\}$  predstavlja skup svih podataka  $x$  koji imaju maksimalnu vrijednost pripadnosti skupu, a  $|T|$  je jednak broju članova promatranog skupa.

Metoda vrijednosti težišta za diskretnu vrijednost varijable  $x$  se formalno može zapisati na sljedeći način:

$$COG(A) = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)} \quad (10)$$

odnosno za slučaj kada se vrijednost varijable  $x$  promatra kao kontinuirana:

$$COG = \frac{\int \mu_A(x_i) \cdot x_i dx}{\int \mu_A(x_i) dx} \quad (11)$$

### 2.1.2. Model domene

Model domene obuhvaća sadržaje koji se preporučuju kao i sve informacije koji ih definiraju kako bi se mogli povezivati s potrebama korisnika. Jednostavnije izvedbe modela domene najčešće se predstavljaju u obliku vektora čiji su elementi skup nepovezanih koncepata (npr. dokumenti, ključne riječi, podatci i sl.). Složeniji modeli domene počivaju na pristupima ontologije odnosno taksonomije koji se koriste za međusobno povezivanje koncepata korištenih u modelu domene.

Modeli domene zasnovani na ontologiji imaju strukturu mreže s čvorovima u kojima svaki čvor predstavlja jedan koncept kojemu je pridružen težinski faktor. Čvorovi su međusobno povezani odgovarajućim vezama koje sugeriraju karakteristiku same veze (npr. veza između dva čvora može imati karakteristiku *imati*, *pripadati* i sl.). Modeli domene zasnovani na ontologiji imaju osnovnu prednost u mogućnosti proširivanja skupa sadržaja koji će se preporučivati temeljem semantike veza kojima su koncepti u njima povezani. Opisanim se pristupom mogu postići bolji rezultati prilikom preporučivanja sadržaja nego što je to slučaj kod modela domene u kojima koncepti nisu međusobno povezani. [Holenko Dlab, 2014.; Kumar Singh i sur., 2021.; Truong i sur., 2022].

S druge strane, modeli domene zasnovani na taksonomiji imaju hijerarhijsku strukturu. Koncepti sadržani u modelu domene klasificiraju se u odgovarajuće kategorije i potkategorije. Dodavanje novih koncepata u model domene u ovom se slučaju provodi kroz dodavanje na najnižem nivou izgrađene hijerarhije. Navedeni je pristup pogodan za korištenje u otvorenim sustavima u kojima se može pojaviti potreba za dodavanjem potpuno novih vrsta koncepata u odnosu na koncepte koji se već nalaze u modelu domene [Holenko Dlab, 2014.; Irvine, 2021].

S povećanjem složenosti modela domene zasnovanih na ontologiji odnosno taksonomiji može se pojaviti problem neplaniranih kompleksnosti unutar izgrađenog modela. Da bi se spriječilo nastajanje ovog problema uveden je višerazinski pristup izradi modela domene (eng. *multi-layer domain model*) [Frank, 2022]. Korištenje pristupa višerazinskog modeliranja domene podrazumijeva stvaranje modela koji će imati više razina kvalifikacije unutar istog modela [Aktinson & Kuhne, 2001]. Najjednostavniji oblik u primjeni višerazinskog pristupa izradi modela domene ima dvije razine.

### 2.1.3. Modul za izradu preporuka

Modul za izradu preporuka obuhvaća algoritme i pravila temeljem kojih će sustav generirati preporuke koje će biti prikazane korisnicima sustava. Za svoj rad koristi informacije pohranjene u modelu korisnika i modelu domene. Osnovne metode koje se koriste s ciljem stvaranja preporuka u sustavima preporučivanja [Anandakumar i sur., 2014.; Drachsler i sur., 2015.; Roy & Dutta, 2022]:

- kolaborativno filtriranje (eng. *collaborative filtering*),
- preporučivanje temeljeno na sadržaju (eng. *content-based recommending*),
- preporučivanje temeljeno na znanju (eng. *knowledge-based recommending*)
- hibridni pristup (eng. *hybrid approach*).

U nastavku je problem preporučivanja opisan na formalan način, te su detaljno opisane sve navedene metode.

### 2.1.4. Izrada preporuka u sustavima preporučivanja

Problem preporučivanja tj. izrade preporuka u sustavima preporučivanja formalno se može zapisati na sljedeći način. Neka je  $U$  skup koji sadrži sve korisnike sustava preporučivanja:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (12)$$

pri čemu je  $n$  ukupni broj korisnika sustava. Neka je  $LM$  skup koji obuhvaća sve sadržaje koji se u sustavu mogu preporučivati korisnicima:

$$LM = \{lm_1, lm_2, \dots, lm_k\} \quad (13)$$

pri čemu je  $k$  ukupni broj sadržaja koji se u sustavu mogu preporučivati. Između skupova prikazanih izrazima (12) i (13) moguće je za potrebe preporučivanja sadržaja korisnicima odrediti funkciju korisnosti  $f$  (eng. *utility function*) na sljedeći način:

$$f: U \times LM \rightarrow R \quad (14)$$

pri čemu je  $R$  skup realnih brojeva (npr. skup koji ne sadrži negativne brojeve odnosno skup koji sadrži pozitivne realne brojeve u određenom intervalu). Nastavno na navedeno, za svakog korisnika sustava  $u_i \in U$  rješenje problema preporučivanja leži u odabiru sadržaja  $lm_j \in LM$  za koji funkcija korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  ima najveću korisnost za tog korisnika u trenutku izrade preporuka:

$$lm^{max, u_i} \in LM = \operatorname{argmax} f(u_i, lm_j), \quad \forall u_i \in U \quad (15)$$

Korisnost sadržaja  $lm_j$  za korisnika  $u_i$  uobičajeno se iskazuje kao brojčana ocjena u unaprijed određenom intervalu. Ova ocjena predstavlja informaciju o relevantnosti promatranog sadržaja za promatranog korisnika u trenutku izrade preporuka. S ciljem izračunavanja brojčanih ocjena u sustavu preporučivanja se svaki korisnik opisuje modelom korisnika, a svaki sadržaj modelom sadržaja. Podatci koji čine model korisnika odnosno model sadržaja ovise o posebnostima izgrađenog sustava preporučivanja.

Za izradu preporuka koriste se dostupni ulazni podaci i odgovarajući algoritmi koji su usklađeni s željenim načinom rada promatranog sustava preporučivanja. Korištenjem ovih ulaznih podataka i izgrađenih algoritama, prilikom izrade preporuka predviđa se vrijednost funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  u trenutku izrade same preporuke.

#### **2.1.4.1. Kolaborativno filtriranje**

Metoda kolaborativnog filtriranja koristi podatke prikupljene od strane korisnika radi usporedbe i pronalaska drugih korisnika sa sličnim skupom podataka [Chatti i sur., 2013.; Maphosa & Maphosa, 2023]. Drugim riječima, vrijednost funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  za korisnika  $u_i \in U$  i sadržaj  $lm_j \in LM$  se procjenjuje temeljem vrijednosti funkcije korisnosti  $f(u_p, lm_j)$  određene za korisnika  $u_p \in U$  i sadržaj  $lm_j \in LM$  uz uvjet da je korisnik  $u_p$  po odabranim karakteristikama sličan korisniku  $u_i$ . Ova se metoda može podijeliti na pristup zasnovan na sličnosti odnosno na pristup zasnovan na modelu korisnika [Prem & Vikas, 2010.; Cremonesi i sur., 2011.; Dong i sur. 2022].

Kod pristupa zasnovanog na sličnosti na temelju prikupljenih podataka formiraju se grupe koje su određene temeljem jednog od sljedećih principa [Dong i sur. 2022]:

- filtriranje po korisnicima (eng. *user-based filtering*),
- filtriranje po sadržajima (eng. *item-based filtering*),
- filtriranje po stereotipu (eng. *stereotype-based filtering*).

Prilikom korištenja principa filtriranja po korisnicima, grupa sličnih korisnika se formira na temelju usporedbe ocjena sadržaja koje su korisnici za određene sadržaje dodijelili. Osnovna je pretpostavka ovog pristupa da su korisnici koji slično ocjenjuju iste sadržaje međusobno slični.

Prilikom provedbe filtriranja po sadržajima sustav preporučuje sadržaje koji su slični sadržajima koje je korisnik ranije ocijenio, uz uspoređivanje ocjena sadržaja koje su sadržaju dodijelili drugi korisnici sustava. Drugim riječima, promatranom se korisniku preporučuju sadržaji koji su od strane drugih korisnika ocijenjeni slično sadržajima preferiranim od strane promatranog korisnika.

Filtriranje po stereotipu zasnovano je na preporučivanju sadržaja temeljem preferencija drugih korisnika koji su slični s promatranim korisnikom, s tim da se sličnost korisnika određujem temeljem odabranih elemenata za opis svakog korisnika u sustavu.

Osnovna prednost metode kolaborativnog filtriranja je u tome što izrađene preporuke ne ovise o sadržaju već su zasnovane na ocjenama korisnika sustava. Ovo

omogućava da se pojedinom korisniku preporuče sadržaji koji se mogu značajno razlikovati od ranije preporučivanih sadržaja. S druge strane, osnovni nedostaci ovog pristupa izradi preporuka su:

- problem malog broja ocjena sadržaja (eng. *sparse rating problem*),
- problem tzv. hladnog starta novog korisnika odnosno novog sadržaja (eng. *cold-start problem*),
- problem pronalaženja sličnih korisnika (eng. *gray sheep problem*),
- problem nedovoljne različitosti sadržaja (eng. *non-diversity problem*).

Problem malog broja ocjena sadržaja može se javiti u situacijama u kojima je sustavu na raspolaganju dostupan samo mali broj ocjena pojedinih sadržaja. U ovim situacijama se sadržaji koje je ocijenio manji broj korisnika sustava uopće neće preporučivati neovisno o njihovim ocjenama. Ovaj problem naročito dolazi do izražaja u sustavima s velikim brojem sadržaja koji se mogu preporučivati.

Problem hladnog starta se javlja kada sustav počne koristiti novi korisnik odnosno kada se u sustav unese novi sadržaj za preporučivanje. Kako u toj situaciji sustav nema prethodne ocjene sadržaja od tog korisnika, sustav nije u mogućnosti izraditi preporuke. Isti se problem javlja i kod novih sadržaja koje još korisnici sustava nisu ocijenili. Sve dok sadržaj ne ocijeni određeni broj korisnika sustava, sustav taj sadržaj neće preporučivati. Ovaj se problem izrazito javlja u sustavima preporučivanja kod kojih se kontinuirano dodaje veći broj novih sadržaja za preporučivanje.

Problem pronalaženja sličnih korisnika javlja se u situacijama kada određeni korisnik nema dovoljnu sličnost s drugim korisnicima sustava. Kolaborativno filtriranje kao pristup u izradi preporuka pokazalo se dobrim u situacijama u kojima su se korisnici mogli uspješno razvrstati u podgrupe vrlo sličnih korisnika po odabranim karakteristikama. Korisnici koji se ne uklapaju u takve podgrupe neće imati koristi od navedenog pristupa jer im sustav neće davati odgovarajuće preporuke.

Problem raznovrsnosti sadržaja koji se kod kolaborativnog filtriranja može javiti uzrokovan je osnovnom samog pristupa da koristi ocjene sadržaja kao temeljni podatak za izradu preporuka. Naime, preporuke će u tako izgrađenom sustavu u potpunosti ovisiti o preferencijama korisnika, što može rezultirati situacijom u kojoj će sustav izgrađivati isključivo preporuke najpopularnijih sadržaja koji se preporučuju.

U pristupu zasnovanom na modelu korisnika koristi se vektorski prostor u kojemu su sadržaji i korisnici prikazani usporedivim vektorima. U ovom se pristupu svaki korisnik prikazuje vektorom oblika:

$$u_i = [u_{i_1}, u_{i_2}, u_{i_3}, \dots, u_{i_n}], \quad (16)$$

odnosno svaki sadržaj vektorom oblika:

$$lm_j = [lm_{j_1}, lm_{j_2}, lm_{j_3}, \dots, lm_{j_k}]. \quad (17)$$

Vrijednosti  $u_{i_n}$  odnosno  $lm_{j_k}$  određuju se korištenjem pristupa latentnih faktorskih modela u kojima se kroz iterativni postupak dobivaju vrijednosti za opis korisnika i za opis sadržaja. Ovakvim se zapisom složena matricna struktura koja inicijano povezuje korisnike i sadržaje s velikim brojem varijabli može pojednostavniti za obradu uz

zadržavanje „skrivenih“ povezanosti koje između korisnika i sadržaja postoje, a koje u matricnoj strukturi najčešće nisu jednostavno uočljive. Korištenjem metoda za usporedbu vektora (npr. kosinusna sličnost) može se u ovom slučaju odrediti sličnost vektora (16) i (17) te na temelju dobivenog rezultata izraditi odgovarajuća preporuka.

#### **2.1.4.2. Preporučivanje temeljeno na sadržaju**

Preporučivanje temeljeno na sadržaju zasnovano je na usporedbi iskazanog interesa korisnika i sadržaja koji se može preporučiti [Lops i sur., 2011.; Dong i sur. 2022]. Pristup izradi preporuke je utemeljen na ideji da će korisniku odgovarati sadržaji koji imaju karakteristike slične karakteristikama sadržaja s kojima je korisnik u prošlosti bio zadovoljan. Drugim riječima, vrijednost funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  za sadržaj  $lm_j \in LM$  u odnosu na korisnika  $u_i \in U$  procjenjuje se temeljem vrijednosti funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_p)$  za sadržaj  $lm_p$  određen od strane korisnika  $u_p$ , uz uvjet da je sadržaj  $lm_p$  sličan sadržaju  $lm_j$ . Zadovoljstvo korisnika ranije preporučenim sadržajima određuje se na temelju ocjene od strane korisnika (eksplicitno) ili na temelju praćenja interakcije korisnika sa sustavom (implicitno).

S ciljem pripreme opisa sadržaja odnosno opisa korisnika na međusobno usporediv način, sadržaji se obično opisuju vektorom s realnim vrijednostima koje odgovaraju određenim karakteristikama sadržaja koji se preporučuju na način prikazan izrazom (17). Preferencije korisnika vezane uz sadržaje koji se preporučuju također se prikazuju u obliku vektora na način prikazan izrazom (16) s tim da su elementi tog vektora težinske vrijednosti za sve odgovarajuće karakteristike sadržaja za promatranog korisnika. Na opisani je način moguće provesti direktnu usporedbu dvaju vektora te na temelju njihove sličnosti odrediti korisnost promatranog sadržaja za promatranog korisnika.

Uobičajeno je da se vrijednost funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  prilikom korištenja preporučivanja temeljenog na sadržaju određuje putem jednog od dva uobičajena pristupa [Javed i sur., 2021]:

- korištenjem heurističkih tehnika (eng. *heuristic-based techniques*),
- korištenjem izgrađenog modela (eng. *model-based techniques*).

Prilikom korištenja heurističkih tehnika koriste se heurističke formule poput kosinusne sličnosti, Euklidove udaljenosti i Pearsonove korelacije. S druge strane, u slučaju korištenja izgrađenog modela koristi se strojno učenje i izgrađeni statistički modeli poput Bayesovih klasifikatora (eng. *Bayesian classifiers*), algoritama za klasteriranje (eng. *clustering algorithms*) i umjetnih neuronskih mreža (eng. *artificial neural networks*).

Neovisno o pristupu koji se odabere, za preporučivanje temeljeno na sadržaju postoje određeni nedostaci:

- ograničena mogućnost automatske analize sadržaja (eng. *automatic feature extraction*),
- problem tzv. hladnog starta novog korisnika (eng. *cold-start problem*),

- problem neraznolikosti preporučenih sadržaja (eng. *content overspecialization problem*),
- problem nedovoljne različitosti sadržaja (eng. *non-diversity problem*).

Točnost izrade preporuke prilikom preporučivanja temeljenog na sadržaju temeljno ovisi o opisu samog sadržaja koji se preporučuje. Opis sadržaja ovisan je o detaljima kojima se sadržaj opisuje, posebno mogućnosti automatskog opisa sadržaja (u odnosu na ručni upis odabranih karakteristika). Najčešći je problem potreba za ručnim unosom opisa sadržaja što je vremenski izrazito zahtjevan pristup.

Problem hladnog starta novog korisnika u preporučivanju temeljenom na sadržaju očituje se u nedostatku podataka za izradu vektorskog zapisa prema izrazu (16) o preferencijama korisnika vezanih uz sadržaj koji se preporučuje. Bez ovih podataka sustav preporučivanja nema s čim usporediti vektorski zapis karakteristika sadržaja definiran izrazom (17).

Problem neraznolikosti preporučenih sadržaja očituje se u nastojanju sustava da opetovano preporučuje usko specijalizirane sadržaje koji su sve sličniji ranije uspješno preporučenim sadržajima. Navedeno je posljedica uvjeta da se traži maksimalna vrijednost funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  što najčešće uzrokuje preporučivanje izrazito sličnih sadržaja kod kojih je ta vrijednost uvijek vrlo visoka prema maksimalnoj vrijednosti.

Problem nedovoljne različitosti sadržaja očituje se u nemogućnosti sustava da korisniku ne preporuči sadržaje koji su previše slični sadržajima koji su ranije uspješno preporučeni korisniku.

#### **2.1.4.3. Preporučivanje temeljeno na znanju**

Preporučivanje temeljeno na znanju zasnovano je na uporabi unaprijed izgrađenog ekspertnog sustava unutar kojega su putem *ako – onda* pravila iskazane povezanosti između sadržaja i njegove povezanosti s iskazanim interesom korisnika [Adomavicius & Tuzhilin, 2005.; Kumar Singh et.al., 2021]. Navedeni se pristup izradi preporuka najčešće koristi u situacijama kada nije moguće zasnovati izradu preporuka na ocjenama sadržaja od strane korisnika.

Izgrađeni ekspertni sustav sastavljen od *ako – onda* pravila koristi se za određivanje vrijednosti funkcije korisnosti  $f(u_i, lm_j)$  za korisnika  $u_i \in U$  u odnosu na sadržaj  $lm_j \in LM$ . Algoritmi koji se koriste za određivanje vrijednosti funkcije korisnosti u osnovi provjeravaju zadovoljava li određeni sadržaj neki od uvjeta definiranih u izgrađenom ekspertnom sustavu znanja. Dobivena vrijednost funkcije korisnosti ima vrijednost 1 ukoliko je postavljeni uvjet zadovoljen, odnosno vrijednost 0 ukoliko postavljeni uvjet nije zadovoljen. U slučaju kada se provjerom znanja modeliranog izgrađenog ekspertnog sustava u odnosu na postavljeni uvjet utvrdi da više pravila ispunjava taj uvjet, korisniku se preporučuju svi takvi sadržaji.

Za razliku od pristupa izrade preporuka zasnovanih na kolaborativnom filtriranju odnosno temeljenih na sadržaju koji se preporučuje, kod pristupa temeljenog na

znanju ne postoji tzv. problem hladnog starta novog korisnika niti novog sadržaja. S druge strane, nedostaci ovog pristupa su:

- nemogućnost samostalnog učenja kroz interakciju s korisnicima,
- zahtjevno modeliranje ekspertnog znanja,
- zahtjevno održavanje baze znanja modelirane ekspertnim sustavom.

Nepostojanje sposobnosti samostalnog učenja osnovni je nedostatak pristupa temeljenog na znanju. Kvaliteta sustava ovisi o sposobnosti eksperata da izrade kvalitetan model znanja u kojem su obuhvaćeni svi potrebni sadržaji koji će se preporučivati. Ovaj postupak može biti izrazito zahtjevan, pogotovo u slučajevima kada je sadržaj koji će se preporučivati iznimno velik.

Naknadno održavanje izgrađene baze znanja može biti iznimno zahtjevno, pogotovo u slučajevima kada se sadržaji koji se preporučuju i koji su znanjem modelirani mijenjaju ili često nadopunjavaju.

Ipak, temeljna prednost ovog pristupa uspješnije je izrađivanje preporuka prilikom početka rada sustava (kada kroz rad i interakciju s korisnicima nisu prikupljeni podaci koji bi se mogli koristiti za određivanje vrijednosti funkcije korisnosti). Ovaj se pristup najčešće koristi kada se sadržaji koji se preporučuju ne mijenjaju često već čine unaprijed određeni poznati skup sadržaja.

#### **2.1.4.4. Hibridni pristup**

Hibridni pristup stvaranju preporuka obuhvaća kombiniranje navedenih metoda s ciljem iskorištavanja najboljih mogućnosti svake pojedine metode [Anandakumar i sur., 2014.; Dong i sur. 2022]. Najčešće se prilikom korištenja hibridnog pristupa u izradi preporuka kombiniraju dvije od navedene tri moguće metode izrade preporuka. U [Burke, 2007] definirano je sedam kombinacija hibridnih pristupa:

1. Ponderiran (eng. *weighted*) - vrijednost funkcije korisnosti određuje se kao kombinacija rezultata različitih tehnika korištenjem težinskih faktora,
2. Izmjenjujući (eng. *switching*) - vrijednost funkcije korisnosti određuje se na način da sustav odabire jedan od pristupa te temeljem njega izrađuje preporuku,
3. Mješoviti (eng. *mixed*) - preporuke izrađene različitim tehnikama se prikazuju zajedno,
4. Kombiniranje značajki (eng. *feature combination*) - značajke dobivene iz različitih izvora se kombiniraju i koriste kao ulazni podatak u jedinstveni algoritam za izradu preporuka,
5. Povećanje značajki (eng. *feature augmentation*) - jedan se pristup koristi za izračunavanje značajke ili skupa značajki što se zatim koristi kao ulazni podatak za drugi pristup izradi preporuka,
6. Kaskadni (eng. *cascade*) - određena je unaprijed striktna prioritarna lista za tehnike pristupa izradi preporuka pri čemu se niže rangirane tehnike koriste za odlučivanje u slučaju dobivanja nerješivih situacija kod više rangiranih tehnika,

7. Višerazinski (eng. *meta-level*) - jedna se tehnika preporučivanja koristi za dobivanje modela koji se koristi kao ulaz za drugu tehniku preporučivanja.

Odabir kombinacije različitih metoda ovisi o posebnostima sustava preporučivanja i ciljevima koji se njegovim radom žele postići. Također, prilikom povezivanja različitih metoda za izradu preporuka, određene kombinacije nisu poželjne jer u njima dolazi do redundancije, dok neke kombinacije jednostavno nisu moguće. U tablici 2.1. prikazane su kombinacije različitih pristupa prema gore navedenim pristupima uz isticanje redundantnih i nemogućih kombinacija.

Tablica 2.1. Kombinacije hibridnih pristupa s isticanjem redundantnosti odnosno nemogućnosti kombiniranja

|                       | CB/CF | CB/KB | CF/CB | CF/KB | KB/CB | KB/CF |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ponderiran            | R     | ✓     | ✓     | ✓     | R     | R     |
| Izmjenjujući          | R     | ✓     | ✓     | ✓     | R     | R     |
| Mješoviti             | R     | ✓     | ✓     | ✓     | R     | R     |
| Kombiniranje značajki | R     | ✓     | ✓     | ✓     | R     | R     |
| Povećanje značajki    | ✓     | N     | ✓     | N     | ✓     | ✓     |
| Kaskadni              | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     |
| Višerazinski          | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     |

CB – preporučivanje po sadržaju; CF – kolaborativno filtriranje; KB – preporučivanje temeljeno na znanju

R – redundantno; N – nemoguće

Obrazovni sustavi preporučivanja koji koriste hibridni pristup za izradu preporuka često su tijekom rada zahtjevniji prema računalnim resursima s obzirom da su osmišljeni algoritmi za izradu preporuka kompleksniji.

### 2.1.5. Obrazovni sustavi preporučivanja

U području obrazovanja danas se koriste sustavi preporučivanja čija je svrha davanje pomoći nastavnicima i studentima u njihovom radu. Prema korisnicima kojima su namijenjeni ovi se sustavi mogu podijeliti na sustave koji su namijenjeni nastavnicima, sustave koji su namijenjeni studentima, odnosno sustave koje u skladu sa svojim ulogama u obrazovnom procesu zajednički koriste i studenti i nastavnici.

ERS-ovi namijenjeni nastavnicima usmjereni su na davanje povratnih informacija o ocjenama nastave i nastavnih sadržaja, pronalaženju i preporučivanju materijala i primjera dobre prakse za pripremu i izvođenje nastave, kao i davanje povratnih informacija o studentima koje mogu pomoći nastavniku u daljnjem radu. Tako su [Miranda i sur., 2012] razvili sustav preporučivanja namijenjen nastavnicima putem kojega mogu dijeliti svoja iskustva u nastavi. ERS oblikuje iskustva u preporuke nastavniku koje su temeljene na iskazanim iskustvima drugih nastavnika za isti obrazovni sadržaj. ERS koji daje povratnu informaciju o izrađenim *online* materijalima



za učenje razvili su [Tewari i sur., 2016] na način da ERS analizira iskazana mišljenja studenata o tim materijalima uz utvrđivanje primjerenosti težine materijala studentima kojima su namijenjeni (razumijevanje materijala od strane studenata). Preporučivanje primjera dobre prakse i dizajna učenja svrha je ERS-a nazvanog Mentor [Karga & Satrazemi, 2019], a koji za cilj ima pomaganje nastavniku u poboljšanju nastave. Pronalaženje mentora koji će pratiti rad i voditi studente koji se uključuju u znanstvena istraživanja svrha je ERS-a koji su razvili [Zhang i sur., 2016]. Ovaj sustav povezuje podatke o relevantnosti i mogućnosti povezivanja potencijalnih mentora sa studentima koristeći podatke prikupljene na istraživačkoj društvenoj mreži ScholarMate [ScholarMate, 2023]. Primjer ERS-a namijenjenog preuzimanju dijela administrativnih poslova nastavnika razvili su [Tejeda-Lorente i sur., 2015]. Ovaj sustav na sebe preuzima dio praćenja napretka studenata omogućavajući nastavniku da se posveti drugim poslovima povezanim s nastavnim procesom.

ERS-ovi razvijeni za pomoć studentima mogu se grupirati po vrsti podrške koju pružaju korisnicima kao i načinu na koji pružaju podršku. Ovi sustavi mogu se koristiti za povezivanje s kolegama za zajednički rad, izradu personaliziranih putova učenja, preporučivanje odgovarajućih objekata odnosno materijala za učenje, kao i pomoć u odabiru predmeta prilikom upisa. Također, većina ERS-ova namijenjenih studentima ima ugrađene i elemente namijenjene nastavnicima (praćenje rada studenata, statističke obrade rezultata i sl.) koje mogu pomoći nastavnicima u planiranju i provedbi nastavnih aktivnosti.

Autori [Syed i sur., 2017] su razvili ERS za preporučivanje materijala za učenje dostupnih unutar LMS-a (eng. *learning management system*) koje su izradili studenti prethodnih generacija. Također, sustav PLORS [Imran i sur., 2016] razvijen je s ciljem personalizacije učenja kroz preporučivanje različitih objekata za učenje određenih na temelju aktivnosti ranijih korisnika sustava. Aktivnosti ranijih korisnika se uspoređuju s aktivnostima aktivnih korisnika sustava te se njihove aktivnosti uspoređuju s ciljem pronalaženja sličnosti potrebnih za izradu preporuka. Korištenje oznaka (eng. *tags*) određenih od strane korisnika upotrijebljeno je u razvoju ERS-a koji su razvili [Klašnja-Miličević i sur., 2018] za korištenje unutar LMS-a Protus. Ovaj ERS koristi oznake koje korisnici dodjeljuju materijalima za učenje te ih povezuje s algoritmima za dubinsku analizu podataka kako bi se izradile preporuke o tome koji materijali za učenje najbolje odgovaraju pojedinom studentu.

ERS koji su razvili [Rahman & Abdullah, 2018] preporučuje studentima rezultate pretraga u Google pretraživaču usklađene s njihovim akademskim profilom. Sustav klasificira korisnike u grupe te temeljem sličnosti između članova grupe preporučuje internetske stranice povezane s pojmom koji se pretražuje. Autori [Wan & Niu, 2020] su razvili ERS u kojem se studenti svrstavaju u samoorganizirane grupe te se temeljem karakteristika grupe preporučuju objekti učenja. ERS koji pruža podršku studentima tijekom neformalnog učenja razvili su [Ismail i sur., 2019]. Ovaj sustav preporučuje sadržaje s Wikipedije uzimajući u obzir uočene navike studenata kao i nestrukturirane podatke tekstualnog oblika.

Autori [Nabizadeh i sur., 2019] su razvili sustav koji preporučuje personalizirani put učenja uzimajući u obzir vrijeme koje student ima na raspolaganju za svladavanje odabrane teme. Preporučivanje se zasniva na procjeni uspješnosti studenta a sadrži odgovarajuće lekcije i objekte učenja. U slučaju da student tijekom rješavanja preporučenih lekcija i objekata učenja ne postigne na početku predviđeni nivo uspješnosti, sustav će preporučiti i dodatne resurse za svladavanje sadržaja upisanih lekcija. S druge strane [Wu i sur., 2020] su razvili ERS koji određuje razinu usvojenosti sadržaja od strane studenata te preporučuje popis vježbi koji su po složenosti prilagođeni studentovom znanju. [Sarkar & Huber, 2021] su razvili ERS koji preporučuje personalizirani put učenja uz nekorištenje direktnih upita prema studentu za prikupljanje potrebnih podataka. Na ovaj se način omogućava prikupljanje podataka o karakteristikama studenta i njegovoj uspješnosti isključivo implicitnim putem što omogućava studentu da svoje vrijeme usredotoči na druge aktivnosti u okviru preporučenog personaliziranog puta učenja. Također, ERS koji su razvili [Pariserum Perumal i sur., 2019] zasnovan je na korištenju neizrazite logike, a osnovna mu je namijena preporučivanje materijala za e-učenje. Osmišljeni algoritmi zasnovani na neizrazitoj logici prilagođavaju sustav promjenama preferencija korisnika do kojih tijekom vremena korištenja sustava dolazi, koristeći se tehnikama rudarenja podataka i grupiranju dobivenih rezultata u tri razine koje se koriste za izradu individualiziranih preporuka.

Korištenje stilova učenja kao osnovu za izradu preporuka koristi veliki broj ERS-ova. Tako je ERS koji su razvili [Rishard i sur., 2022] namijenjen preporučivanju personaliziranih putova učenja temeljenih na stilovima učenja i nivou znanja studenta. Sustav prilikom izrade preporuka uzima u obzir razlike među studentima po pitanju vremena, interakcije studenta sa sustavom kao i trajanje procesa učenja. Autori [Nafea i sur., 2019] su razvili ERS koji koristi stilove učenja studenata na način da se u skladu s njima karakteriziraju profili studenata odnosno profili objekata za učenje. Temeljem usporedbe ovih profila izrađuju se preporuke za studente, uspješnost kojih se provjerava putem usporedbe sa studentskim ocjenama o zadovoljstvu tijekom korištenja preporučenog objekta za učenje.

ERS koji su razvili [El Aissaoui & Oughdir, 2020] koristi Felder-Silvermanov model stilova učenja i poučavanja za izradu profila studenta i profila sadržaja za učenje. ERS se temelji na modelu domene zasnovanom na ontologiji putem koje se povezuju sadržaji za učenje s odgovarajućim stilovima učenja. Ovaj ERS ima i sposobnost automatskog određivanja stila učenja studenata koji se koristi za izradu odgovarajućih preporuka. Istraživanja povezana sa stilovima učenja provode se i uz naglasak na njihovu primjenu u *online* okruženju. Tako su [Chen i sur., 2020] razvili ERS u kojem su implementirali model stila učenja primjenjiv za studente u *online* okruženju (eng. *online learning style*). Ovaj model stilova učenja prilagođava sadržaje za učenje u skladu s uočenim obrascima u ponašanju studenata tijekom provođenja *online* obrazovanja. Studenti se prema sličnosti svrstavaju u grupe te se za svaku grupu određuju preferencije i obrasci ponašanja. Uočeni obrasci su osnova za izradu

preporuka u obliku skupa preporuka usklađenih s karakteristikama promatrane grupe studenata.

ERS koji pomaže studentima prilikom odabira predmeta koji će upisati razvili su [Fernandez-Garcia i sur., 2020]. Ovaj je sustav zasnovan na kombinaciji nekoliko tehnika rudarenja podataka i strojnog učenja s ciljem izrade preporuka koje će pomoći studentima prilikom odabira predmeta. Autori [Huang i sur., 2019] su razvili ERS za preporučivanje dodatnih predmeta. Izrada preporuka počiva na vremenskim parametrima određenim temeljem kurikuluma i obaveza studenta te sličnosti studenta sa studentima u ranijim generacijama.

Autori [Al-Zahra i sur., 2021] su razvili sustav namijenjen nastavnicima koji koristi ostvarene ocjene studenata u ranijim studijskim godinama kako bi pomogao u unaprjeđenju procesa poučavanja i učenja u sljedećem generacijama studenata. Sustav koristi umjetne neuronske mreže za generiranje preporuka nastavnicima omogućavajući im da uvedu odgovarajuće aktivnosti putem kojih će se ostvariti postavljeni ishodi učenja.

## **2.2. Motivacijske strategije i sustavi za *online* vrednovanje**

Motivacija je jedan od temeljnih preduvjeta za uspjeh obrazovnog procesa. Razina motivacije s kojim studenti pristupaju učenju utječe na sve aspekte procesa učenja (njihov izbor materijala, ustrajnost te uspješnost) [Kirn i sur., 2012]. Također, motiviranost studenata je preduvjet za njihov aktivno sudjelovanje u obrazovnom procesu [Williams i sur., 2016.; Zabala i sur., 2017].

Iz perspektive studenata, tri su osnovna elementa koji moraju biti zadovoljeni da bi motivacijska strategija bila uspješna: osjećaj osobne važnosti sadržaja koji se proučava, mogućnost da na primjeren način mogu kontrolirati proces učenja kao i osjećaj da mogu uspjeti u svladavanju sadržaja koji uče. S ciljem zadovoljavanja navedenih potreba studenata, povratne informacije koje studenti dobivaju tijekom procesa učenja predstavljaju jedan od važnijih segmenata motivacijskih strategija [Zhu i sur., 2017.; Patlins, 2018]. Iako mogu biti primjenjive u različitim obrazovnim područjima, motivacijske strategije se prilagođavaju posebnosti područja obrazovanja u kojem se planiraju koristiti.

Tijekom zadnjih nekoliko desetljeća razvijen je i isproban veliki broj različitih motivacijskih strategija namijenjenih obrazovanju. Tako su s razvojem svjesnosti o postojanju različitih stilova učenja određeni odgovarajući stilovi poučavanja za različita obrazovne situacije [Felder & Silverman, 2002.; Oyzurt i sur., 2012.; Idrizi i sur., 2019]. Provedena su istraživanja također omogućila i određivanje principa na kojima se zasniva dizajniranje materijala koji se koriste u obrazovnom procesu, a uključuju različitost u stilovima učenja [Felder i sur., 2000.; Kennedy & Odell, 2014.; Thongchotchat i sur., 2023].

S razvojem Interneta dio obrazovnog procesa preseljen je iz klasičnog u *online* obrazovno okruženje. S obzirom na nove okolnosti, uz neke od postojećih motivacijskih strategija koje su se mogle prilagoditi razvijene su i nove motivacijske

strategije namijenjene isključivo korištenju u *online* okruženju. Tako je postavljen okvir za izradu e-aktivnosti (eng. *e-tivities*) [Salmon, 2004] te provedbu aktivnih pristupa učenju u *online* okruženju [Wright, 2015]. Na ovim je osnovama izvedba nastave postala kombinacija klasičnog pristupa i nastave u *online* okruženju te se naziva mješovito učenje (eng. *blended learning*) [Hoić-Božić & Holenko Dlab, 2021].

Postupci vrednovanja studenata jedna su od klasičnih motivacijskih strategija koje su prilagođene korištenju u *online* okruženju. Danas je uobičajena praksa korištenje sustava za *online* formativna vrednovanja [Petrovic i sur., 2017.; Elmahdi i sur., 2018.; Dy i sur., 2021], odnosno *online* sustava za personalizaciju postupka vrednovanja [Billiar i sur., 2014.; Manoharan, 2017].

### 2.2.1. Stilovi učenja

Stilovi učenja odnose se na različite načine kojima pojedinci primaju, obrađuju i pohranjuju informacije o sadržajima koje uče. U primjeni su različiti modeli koji imaju svoje posebnosti te su pogodni za primjenu u odgovarajućim obrazovnim okruženjima.

VARK model stilova učenja (eng. *visual, auditory, reading/writing, kinesthetic*) svrstava osobe u četiri osnovne karakteristike po stilu učenja: vizualnu (npr. korištenje obrazovnih video materijala, stvaranje mentalnih mapa, crtanje dijagrama i sl.), auditornu (npr. slušanje predavanja, sudjelovanje u diskusijama i sl.), čitalačku (npr. čitanje udžbenika, zapisivanje natuknica tijekom predavanja, pisanje sažetaka i sl.) odnosno kinestetičku (npr. rad kroz praktične projekte, eksperimentiranje, fizičke aktivnosti i sl.) [Idrizi i sur., 2019].

Myers-Briggsov model je zasnovan na međusobno isključivim osobinama ličnosti: ekstrovertnosti nasuprot introvertnosti, osjet nasuprot intuiciji, razmišljanje nasuprot osjećajima odnosno prosudba nasuprot opažanju. Preferirani stil učenja osobe se određuje temeljem načina na koji osoba komunicira sa svijetom oko sebe te načinom na koji obrađuje dobivene informacije. Na primjer, ekstrovertna osoba će prihvatiti grupni rad i suradnju, dok će introvertna osoba radije odabrati samostalni rad i učenje. Nastavno na ovu osobinu ličnosti, osoba će se razvrstati i prema tome na koji će način prihvaćati dobivene informacije. Tako je osjetni pristup karakteriziran slijednim pristupom prihvaćanja informacija u odnosu na intuitivni pristup koji je usmjeren na shvaćanje šireg konteksta. Razmišljanje karakterizira osobinu koja ukazuje na racionalnost u radu, dok korištenje osjećaja počiva na empatiji i uvažavanju svih različitih pogleda na isti sadržaj. Osobe koje karakterizira osobina prosudbe odabrati će smjer djelovanja i onda ga započeti provoditi, dok će osobe koje karakterizira osobina opažanja nastaviti prikupljati informacije i biti spremne za promjenu smjera djelovanja [King i sur., 2020].

Kolbov model stilova učenja zasnovan je na četiri faze u ciklusu učenja. Faze u ciklusu su promatranje, razmišljanje, aktivni rad i osjetilni pristup. Za svaku se osobu određuje stupanj preferencije svake od navedenih faza te se iz rezultata određuje pripadajući stil učenja. U ovom su modelu određena četiri stila učenja: konvergent (osoba koja uči kroz razmišljanje i aktivni rad), divergent (osoba koja uči kroz osjetilni

pristup i promatranje), apsorberent (osoba koja uči kroz promatranje i razmišljanje) odnosno akomodator (osoba koja uči kroz aktivan rad i osjetilni pristup) [Rokhima i sur., 2019].

Felder & Silvermanov model zasnovan je na koracima u procesu učenja te ima osam dimenzija prema kojima se određuju stilovi učenja pojedinca. Model predviđa osam dimenzija stilova učenja na način prikazan u tablici 2.2.

Osam dimenzija stilova učenja organizirani su u parovima koji odgovaraju koracima u samom procesu učenja. Tako su za prvi korak (prezentacija sadržaja) određene dvije dimenzije stila učenja: vizualna i glasovna.

Studenti koji prilikom prezentacije materijala koji se uči preferiraju vizualne prikaze materijala (grafički prikazi, slike, sheme i sl.) imati će stil učenja koji će naginjati prema vizualnoj dimenziji, dok će studenti koji preferiraju prezentiranje materijala u pisanom ili govornom obliku više naginjati prema glasovnoj dimenziji.

Drugi korak u procesu učenja predstavlja način percepcije prezentiranog sadržaja, te su dimenzije stila učenja određene za ovaj korak: osjetilna i intuitivna.

Tablica 2.2. Dimenzije stilova učenja u Felder & Silverman modelu

| Koraci u procesu učenja  | Dimenzije stilova učenja                |
|--|---|
| Način prezentiranja sadržaja<br>(eng. <i>input</i> )                       | Vizualna (eng. <i>visual</i> )          |
|  | Glasovna (eng. <i>verbal</i> )          |
| Način percepcije prezentiranog sadržaja<br>(eng. <i>perception</i> )       | Osjetilna (eng. <i>sensory</i> )        |
|  | Intuitivna (eng. <i>intuitive</i> )     |
| Način obrade prezentiranog sadržaja<br>(eng. <i>processing</i> )           | Aktivna (eng. <i>active</i> )           |
|  | Promišljajuća (eng. <i>reflective</i> ) |
| Način razumijevanja prezentiranog sadržaja<br>(eng. <i>understanding</i> ) | Kontinuirana (eng. <i>sequential</i> )  |
|  | Općenita (eng. <i>global</i> )          |

Studenti koji prilikom percipiranja prezentiranog sadržaja veću pažnju posvećuju prezentiranim činjenicama naginju prema osjetilnoj dimenziji, dok studenti koji veću pažnju posvećuju otkrivanju odnosa i povezanosti između prezentiranih činjenica više naginju intuitivnoj dimenziji.

Treći korak u procesu učenja predstavlja način obrade prezentiranog sadržaja. Za ovaj su korak u učenju određene dimenzije stila učenja: aktivna i promišljajuća.

Studenti koji se prilikom učenja odmah aktivno kreću baviti prezentiranim sadržajem i aktivnostima u njemu naginju aktivnoj dimenziji. S druge strane, studenti koji prije provođenja aktivnosti u procesu učenja prvo žele dobro promisliti kako pristupiti samoj aktivnosti više naginju promišljajućoj dimenziji.

Četvrti korak u procesu učenja predstavlja razumijevanje prezentiranog sadržaja. S obzirom na preferirani stil učenja, za ovaj su korak određene dimenzije: kontinuirana

i općenita. Studenti koji razumijevanju prezentiranog sadržaja pristupaju u linearnim koracima u kojima je sadržaj najčešće i prezentiran (logičkim slijedom) preferiraju kontinuiranu dimenziju, dok studenti koji pokušavaju razumjeti prezentirane sadržaje kroz razumijevanje pojedinih dijelova sadržaja (logičkih cjelina) ne prateći logički slijed praćen u njihovom prezentiranju naginju općenitoj dimenziji [Felder & Silverman, 2002].

Osnovna posebnost Felder & Silvermanovog modela je u tome što uvažava situacije u kojima se osoba po stilovima učenja ne uklapa u zasebne kategorije već se nalazi u kombinaciji različitih kategorija. Zbog navedene karakteristike ovaj je model preferiran u STEM obrazovanju [Felder & Brent, 2016].

Pravilno korištenje stilova učenja u obrazovnom procesu može značajno pomoći u motivaciji studenata za rad [Cano-og i sur., 2020.; Hariri i sur., 2021], te posljedično pozitivno utjecati na rezultate koje će studenti tijekom učenja ostvariti.

### **2.2.2. Provjere znanja kao motivacijska strategija u STEM području**

Ciljevi obrazovnog procesa u obrazovanju u STEM području mogu se podijeliti u tri područja [Andersen et al., 2020]:

1. usvajanje činjeničnog znanja,
2. sposobnost provođenja analize postojećih elemenata,
3. vještina dizajniranja novih elemenata.

Vrednovanje uspješnosti studenata u svakom od navedenih područja obuhvaća korištenje odgovarajućeg tipa testa za provjeru znanja [Bicer i sur., 2017].

Provjeru usvojenosti činjeničnog znanja moguće je provoditi korištenjem testova sa zadacima koji su zasnovani na pitanjima višestrukog izbora (s jednim ili više točnih odgovora) [Bremner i sur., 2018]. Ovaj se postupak provjere znanja može s današnjom tehnologijom jednostavno provoditi u *online* okruženju.

Provedba analize postojećih elemenata obuhvaća određivanje ključnih karakteristika u određenom elementu koji se proučava (npr. sustava ili strukture). Tradicionalno, vještina analize u obrazovanju u STEM području se poučava i provjerava korištenjem skica, izračuna, grafičkih prikaza odnosno blok dijagrama u papirnatom obliku. Opisani pristup omogućava uvid u cjelokupan postupak analize koji u većini slučajeva obuhvaća korištenje matematičkih postupaka i proračuna osmišljenih za provedbu analize konkretnog promatranog slučaja. Mogućnost uvida u pojedine korake u provedenoj analizi temelj je za pronalaženje eventualnih pogrešaka kao i za provjeru znanja u obrazovanju u STEM području. Ove vrste zadataka najčešće ne moraju biti u potpunosti točno riješene da bi se uzele u obzir za ocjenjivanje. Mogućnost uvida u pojedine korake pruža informaciju o načinu razmišljanja te primijenjenoj metodologiji tijekom provođenja zatražene analize, što samo po sebi ima vrijednost neovisno o točnosti ukupnog rješenja zadataka [Andersen i sur., 2019]. Današnja tehnologija ne omogućava potpuni prijenos opisanog postupka u *online* okruženje za potrebe provedbe provjera znanja, već samo dio koji se odnosi na matematičke izračune s jednoznačnim rezultatima [Andersen i sur., 2020].

Vještina dizajniranja novih elemenata predstavlja stvaranje novog dizajna nekog sustava ili strukture. Dizajniranje je obično određeno postavljanjem ograničavajućih rubnih uvjeta te svrhe i ključnih karakteristika koje bi novi sustav ili struktura trebali imati. Tijekom provedbe postupka dizajniranja najčešće se koriste skice, blok-dijagrami te matematički izračuni za pojedine elemente dizajna putem kojih se uobličuje završni oblik novog elementa. Provjere znanja u postupcima dizajniranja u obrazovanju u STEM području u tradicionalnom je pristupu provođena kroz skice, izračune, grafičke prikaze odnosno blok dijagrame u papirnatom obliku. S obzirom da postupci dizajniranja ne mogu biti unaprijed uniformno određeni, potpuni prijenos ovog pristupa vrednovanju znanja u *online* okruženje s današnjom tehnologijom još uvijek nije moguće provesti [Andersen i sur., 2020].

Za svaki od tri navedena cilja u obrazovanju u STEM području, provjera znanja s ciljem vrednovanje se može provoditi kroz dva temeljna pristupa: formativnog odnosno sumativnog [O'Mahony, 2013.; Sri and Muthuramalingam, 2016]. Oba pristupa provjeri znanja mogu se provoditi na klasičan način (testovi koji se rješavaju na papiru) odnosno uz pomoć sustava za *online* vrednovanje znanja.

Formativna provjera znanja studenata obično se provodi kontinuirano tijekom semestra [Hamidi i sur., 2013] s ciljem davanja brzih povratnih informacija studentima o trenutnoj razini na kojoj su usvojili obrazovne sadržaje [Moscinska & Rutkowski, 2012.; Petrovic i sur., 2015]. Na osnovu povratnih informacija koje studenti na ovaj način dobiju, omogućava im se da svoje aktivnosti u učenju usmjere prema dijelovima sadržaja predmeta koje nisu usvojili na odgovarajućoj razini. Pravilno osmišljena i provedena formativna provjera znanja studenata može pozitivno utjecati na njihovu motiviranost za daljnje učenje [O'Mahony, 2013.; Shafeek i sur., 2019].

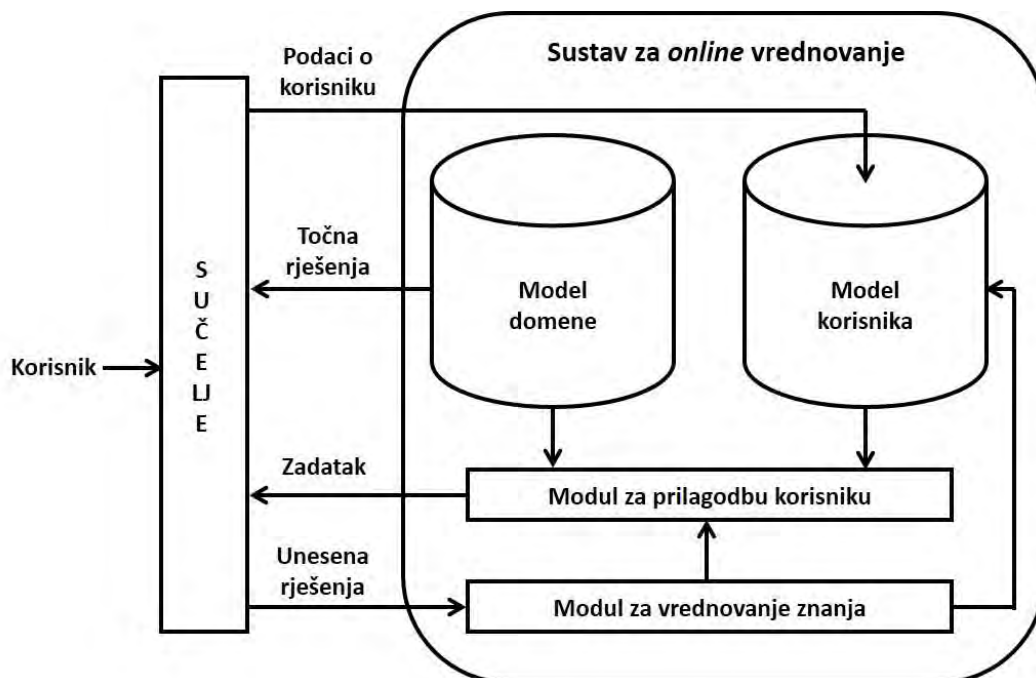
S druge strane, sumativne provjere znanja namijenjene su ocjenjivanju studenata i njihovog rada. Zbog svoje namjene sumativne procjene znanja mogu imati značajan utjecaj kako na njihovo daljnje akademsko napredovanje tako i na budući razvoj karijere pojedinog studenta [Hernandez & Moreno Oliver, 2014]. U visokoškolskom obrazovanju u STEM području sumativne se provjere znanja najčešće provode u obliku međuispita tijekom semestra (najčešće dvije do tri kontrolne zadaće) s odvojenim završnim ispitom. Organizacija sumativnih provjera znanja na ovakav tradicionalan način često utječe i na kontinuiranost u učenju kod studenata.

I formativne i sumativne provjere znanja mogu uspješno biti iskorištene kao motivacijske strategije u okviru obrazovnog procesa [Fonseca i sur., 2014.; Shafeek i sur., 2019]. Kontinuiranost formativnih provjera znanja kroz brze povratne informacije o razini usvojenosti dijelova sadržaja, odnosno uspjeh studenata na dobro osmišljenim sumativnim provjerama znanja mogu pozitivno utjecati na motivaciju studenata za daljnji rad i učenje [Azmi i sur., 2017]. Sustavi za *online* vrednovanje mogu značajno pomoći u implementaciji provjera znanja kao motivacijske strategije u obrazovanju u STEM području.

### 2.2.3. Sustavi za *online* vrednovanje

Osnovna karakteristika sustava za *online* vrednovanje (eng. *e-assessment systems*) je mogućnost davanja brzih povratnih informacija korisnicima o uspješnosti njihovog rada. Na ovaj se način formativna provjera znanja može adekvatno uključiti u obrazovni proces pružajući studentima stalno dostupnu mogućnost provjere razine usvojenosti ishoda učenja. S druge strane, sustavi za *online* vrednovanje pružaju kontinuirani uvid nastavniku u napredak studenata, čime se omogućava brza prilagodba strategije poučavanja i pripremljenih materijala trenutnim potrebama studenata. Ovi se sustavi dizajniraju za primjenu u određenom području obrazovanja u skladu sa specifičnostima toga područja.

Na slici 2.3. prikazana je osnovna struktura sustava za *online* vrednovanje koja sadrži četiri temeljna elementa: model korisnika, model domene, modul za prilagodbu korisniku odnosno modul za vrednovanje znanja [Lukashenko & Anohina, 2009].



Slika 2.3. Osnovna struktura sustava za *online* vrednovanje

Model korisnika (eng. *user model*) objedinjuje informacije o svakom pojedinom korisniku sustava (uz statične podatke poput imena i prezimena i e-mail adrese i promjenjive podatke o npr. rješavanim zadacima, rezultatima rješavanja i sl.). Ovdje prikupljene informacije (koje se nadopunjavaju tijekom interakcije korisnika sa sustavom) koriste se kao ulazni podatak za rad modula za prilagodbu korisniku.

Model domene (eng. *domain model*) sadrži sve informacije povezane s aktivnostima provjera znanja (poput teksta zadataka, popratnih slika, točnih odgovora i sl.). Ove se informacije koriste kao ulazni podatak za rad modula za prilagodbu korisniku odnosno za davanje povratne informacije o točnosti unesenih odgovora korisniku sustava.



Modul za prilagodbu korisniku (eng. *adaptation module*) namijenjen je određivanju zadataka koji će odgovarati pojedinom korisniku (odabir se vrši temeljem unaprijed određenih pravila poput znanja, vještina ili preferencija korisnika). Odabrani se zadatak putem sučelja prikazuje korisniku.

Modul za vrednovanje znanja (eng. *evaluation module*) namijenjen je određivanju točnosti rješavanja zadataka kao i generiranju povratne informacije o toj točnosti. Informacije o točnosti se iz ovog modula prosljeđuju kao ulazni podatak u model korisnika odnosno u modul za prilagodbu korisniku (točnost rješavanja se koristi kao ulazni podatak prilikom odabira sljedećeg zadatka za korisnika).

Analizom sustava za online vrednovanje autori u [Topuz i sur., 2022] su usporedili 22 sustava koji se mogu koristiti za vrednovanje u visokoškolskoj nastavi. U svim su sustavima analizirali tipove pitanja koji se mogu koristiti za provjere znanja te su utvrdili da se u sustavima najčešće koristi sljedeće (poredano od najkorištenijih prema manje korištenima):

- pitanja višestrukog izbora (eng. *multiple choice questions*),
- esej (eng. *essay*),
- odabir točno/netočno (eng. *true/false*),
- kratki pisani odgovor (eng. *short answer*),
- povezivanje opcija (eng. *option matching*),
- popunjavanje praznina (eng. *fill-in-the-blank*),
- višestruki odgovori (eng. *multiple response questions*).

Kao što se iz navedenih tipova pitanja može vidjeti, sustavi za *online* vrednovanje su najčešće dizajnirani za provjeru usvojenosti činjeničnog znanja. Odgovori na pitanja moraju biti jednoznačni kako bi ih sustav mogao provjeriti te u potpunosti odgovarati obliku i sintaksi točnog rješenja koje je uneseno u sustav od strane nastavnika.

U području visokoškolskog obrazovanja sustavi za *online* vrednovanje se mogu podijeliti u dvije grupe: sustavi koji su sastavni dio platformi za učenje i samostalni sustavi. Neki od primjera platformi za učenje koje omogućavaju provjere znanja korištenjem gore navedenih tipova pitanja su OpenMark [The Open University, 2020], Moodle (opcija kviza) [Moodle, 2020], Coursera [Coursera, 2020]. Sustav MoLearn [Lemantara i sur., 2018] osim mogućnosti provjere znanja putem pitanja s višestrukim izborom ima sposobnost analize odgovora esejskog tipa. Odgovore u obliku teksta koje studenti unesu u sustav se provjeravaju korištenjem metoda otkrivanja sličnosti u tekstovima te se koriste i za provjeru izvornosti unesenih odgovora.

Autori [Jiang i sur., 2020] su razvili sustav koji omogućava automatsku izradu provjera znanja temeljem pitanja koja se nalaze u bazi podataka. Sustav pruža podršku nastavnicima u vidu generiranja provjere znanja, provedbe same provjere, određivanja točnosti rezultata u stvarnom vremenu kao i analize dobivenih rezultata. Rezultati analize dostupni su studentima i nastavnicima po završetku provjere znanja. S druge strane, autori [Al-hawari i sur., 2019] su razvili sustav namijenjen provjeri razine znanja novoupisanih studenata. U sustav je ukomponiran editor teksta koji

omogućava izradu provjera znanja u više obrazovnih disciplina, te automatizira izradu rasporeda provjera, ocjenjivanje i izradu izvješća o provedenim provjerama znanja. Sustav je povezan s bazom podataka s ciljem povećanja sigurnosti i sprječavanja nepoštenih praksi tijekom provjera znanja. S druge strane, za provjeru znanja na završnim ispitima iz fizike, autori [Wang i sur., 2020] su razvili sustav koji svoj rad temelji na korištenju grafikona znanja. Sustav detaljno analizira završni ispit i daje pregled analize uz isticanje slabih točaka koje su analizom teksta u radovima studenata uočene. Sustav koji su razvili [Chkiwa i sur., 2023.] u svojem radu koristi neizrazitu logiku s ciljem prilagođavanja postupka vrednovanja znanja studenata njihovoj dobi. Namjena sustava je i doprinos razvoju inteligentnog obrazovanja koje koristi strojno učenje i umjetnu inteligenciju kako bi studentima omogućilo individualizirana iskustva u učenju.

Sustav LibreEOL [Gervasi et. sl., 2022] pruža podršku za provođenje provjera znanja u situacijama u kojima postoje jednoznačna rješenja postavljenih zadataka (u obliku brojke, riječi ili jednostavnih kombinacija riječi). Autori [Opgen-Rhein i sur., 2018] su razvili sustav koji istražuje posebnosti u stilu odgovaranja studenata putem esejskih pitanja stvarajući njihov jedinstveni stil koji se uspoređuje s radovima za koje je u potpunosti utvrđeno da je autor upravo taj student. Sustav koristi pristupe umjetne inteligencije kako bi iz raspoloživih materijala izvukao relevantne indikatore koji čine osobni stil studenta.

Značajan fokus znanstvenih istraživanja u sustavima za *online* vrednovanje usmjeren na sigurnosne aspekte ovih sustava. Tako su autori [Gervasi i sur., 2022] razvili sustav za sigurno provođenje provjera znanja bez direktnog kontakta sa studentima. Sustav je korišten za vrednovanje znanja studenata prije, za vrijeme i po završetku semestra uz automatsko prepoznavanje lica studenata putem web kamera. Sličan sustav su razvili [Sukmandhani & Sutedja, 2019]. Njihov sustav objedinjuje sustav za *online* vrednovanje znanja sa računalnim prepoznavanje lica studenata putem mobitela. Autori [Frankl i sur., 2018] su razvili sustav nazvan SEE (eng. *secure exam environment*) s ciljem omogućavanja provođenja velikog broja provjera znanja *online*. Sustav omogućava studentima da koriste vlastite mobilne uređaje uz automatsko blokiranje pristupa tih uređaja sadržajima i internetskim stranicama koje ne bi trebale biti dostupne tijekom provođenja provjere znanja.

Zajednička karakteristika većine navedenih sustava je da su tipovi pitanja koja se u njima koriste usmjereni na provjeru usvojenosti činjeničnog znanja. Kao što je ranije navedeno, u obrazovanju u STEM području uz usvajanje činjeničnog znanja iznimno je važan razvoj vještina analize postojećih odnosno dizajniranja novih elemenata. S ciljem proširivanja mogućnosti postojećih sustava za *online* vrednovanje, jedan od pristupa je korištenje međurezultata dobivenih tijekom rješavanja matematičkih zadataka s ciljem praćenja postupka rješavanja. Autori u [Andersen i sur., 2020] istraživali su mogućnost prijenosa međurezultata u *online* sustav Inspira uz uvjet da se prilikom unošenja odgovarajućih međurezultata u sustav ne sugerira studentima o kojim se varijablama radi. Istraživanje je bilo usmjereno na postupak analize strujnih krugova u elektronici, a dobiveni su rezultati ukazali da studenti pozitivno prihvaćaju

ovaj pristup ukoliko im se ostavi mogućnost provođenja potrebnih izračuna i skiciranja u tradicionalnom obliku. S mogućnostima današnje tehnologije, razvoj navedenog pristupa uz nadogradnju elementima koji se mogu uspješno implementirati u sustave za *online* vrednovanje predstavlja put za provođenje daljnjih istraživanja.

### **2.3. Istraživanje zasnovano na dizajnu**

U [Creswell, 2007] definirano je pet tradicionalnih kvalitativnih pristupa provedbi znanstvenog istraživanja u obrazovnoj domeni: narativno istraživanje (eng. *narrative research*), fenomenologija (eng. *phenomenology*), etnografija (eng. *ethnography*), temeljno teorijsko istraživanje (eng. *grounded theory studies*) i studija slučaja (eng. *case study approach*). Uz ovih navedenih pet pristupa, u proteklom je desetljeću razvijeno i istraživanje zasnovano na dizajnu (eng. *design-based research*, DBR) s ciljem premošćivanja jaza između obrazovnih teorija i njihove primjene u praksi koji je bio prisutan kod tradicionalno korištenih pristupa.

DBR obuhvaća razvoj teorija koje se žele istražiti u okviru specifičnog područja obrazovanja zajedno sa sredstvima osmišljenima da podrže primjenu teoretskog pristupa u praksi. Kroz primjenu DBR pristupa dolazi do stvaranja odgovarajućih obrazovnih materijala kao i uvida u popratne znanstvene činjenice o načinima na koji se ti materijali mogu koristiti u obrazovanju [Bakker & Van Eerde, 2015].

#### **2.3.1. Posebnosti metodologije istraživanja zasnovanog na dizajnu**

U tradicionalnim pristupima provedbi znanstvenih istraživanja u obrazovnom području postupak započinje postavljanja hipoteze, nastavlja se osmišljavanjem odgovarajućeg eksperimenta za provjeru te hipoteze, te provođenju eksperimenta najčešće s kontrolnom i eksperimentalnom grupom ispitanika (s ciljem potvrđivanja ili odbacivanja postavljene hipoteze). Po završetku provedbe planiranog eksperimenta dobiveni se rezultati prikupljaju, uspoređuju i analiziraju s ciljem dobivanja zaključka o uspješnosti samog eksperimenta odnosno ispravnosti postavljene hipoteze [Fraenkel i sur., 2012]. Ipak, ovaj tradicionalni pristup istraživanju u obrazovnom području se prilikom testiranja obrazovnih teorija u realnom obrazovnom okruženju u pojedinim slučajevima može pokazati neučinkovitim [Bakker & Van Eerde, 2015].

Za DBR se može istaknuti pet osnovnih karakteristika:

1. Svrha DBR pristupa je da se pomoću njega istovremeno razvijaju teorije o učenju kao i sredstva koja su potrebna da bi podržala taj pristup učenju.
2. Po prirodi je DBR intervencionistički poput npr. nasumičnih kontrolnih ispitivanja (eng. *randomized control trials*, RCT) s tom razlikom da se pomoću DBR-a istraživanje u potpunosti provodi u realnim okruženjima (nema prijenosa dijela istraživanja iz „laboratorijskih uvjeta“ u realno okruženje).
3. DBR ima potencijalnu komponentu (prikazanu u obliku polazne hipoteze) i reflektivnu komponentu (koju predstavljaju rezultati koji se tijekom provođenja eksperimenta prikupljaju). Ove komponente ne moraju biti strogo odvojene u okviru planiranog eksperimenta koji se provodi. Postavljena hipoteza se

prilikom implementacije u realnom okruženju konstantno preispituje s uočenim rezultatima eksperimenta te ju je moguće kontinuirano dorađivati.

4. Po svojoj je prirodi DBR ciklički u obliku iterativnog procesa s posebnošću da su izmjene u istraživanju moguće i tijekom provedbe samog eksperimenta (nije neophodno čekati dovršetak započetog eksperimenta ukoliko uočeni rezultati sugeriraju da su dorade početne hipoteze opravdane). Na ovaj je način moguće unošenje izmjena kako tijekom samog ciklusa tako i između dvaju ciklusa tijekom istraživanja.
5. Teorije koje se istražuju korištenjem DBR metode moraju imati dovoljno široku mogućnost prenosivosti (eng. *transferability*) u druga realna obrazovna okruženja (npr. na druga sveučilišta).

Osnovna posebnost DBR metodologije u odnosu na tradicionalne pristupe istraživanju je u tome što omogućava istraživaču da tijekom provedbe osmišljenog eksperimenta unosi izmjene u parametre samog eksperimenta. Ove se izmjene uvijek zasnivaju na uočenim rezultatima provedenog dijela eksperimenta, a sve s ciljem da se reagira na uočene probleme te da se iskoriste uočeni trendovi u samom istraživačkom postupku. Ciklička priroda kao karakteristika DBR pristupa logičan je element ove posebnosti, jer omogućava provođenje cjelokupnog eksperimenta u manjim smislenim cjelinama [Wang & Hannafin, 2005.; Huang i sur., 2021]. Navedenim se pristupom sa svakim novim ciklusom cjelokupni eksperiment tijekom provedbe poboljšava na osnovi rezultata dobivenih u prethodnom ciklusu.

Značajna posebnost DBR pristupa koja proizlazi iz navedenih karakteristika je i ravnopravna interakcija istraživača, nastavnika i studenata tijekom provedbe samog eksperimenta [Cobb i sur., 2003.; Hanghoj i sur. 2022]. Na ovaj način, svi dionici uključeni u obrazovni proces mogu doprinijeti cjelokupnom istraživanju tijekom njegovog provođenja smanjujući potrebu za ponavljanjem istraživanja temeljem rezultata uočenih nakon dovršetka provedbe osmišljenog eksperimenta.

### **2.3.2. Postupak provođenja istraživanja zasnovanog na dizajnu**

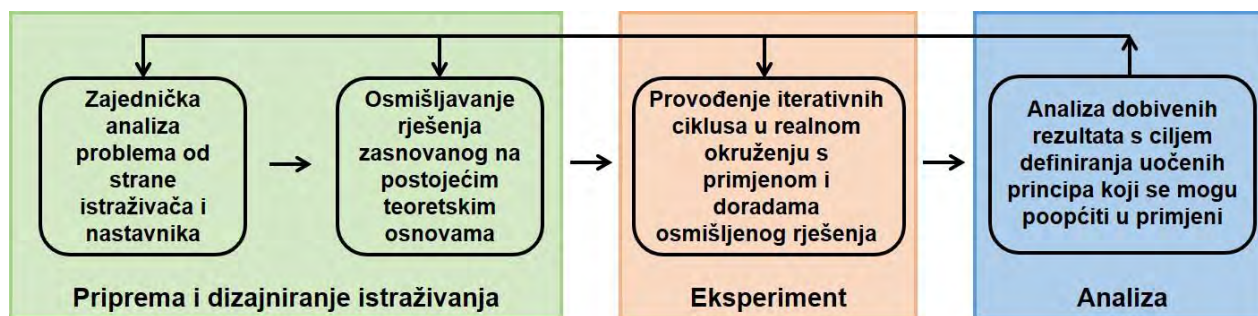
Kako bi se DBR metodologija mogla primijeniti u istraživanju, neophodno je voditi računa o sljedećim svojstvima DBR-a [Wang & Hannafin, 2005]:

- pragmatičnost – DBR usavršava i teoriju i praktičnu primjenu zasnovanu na toj teoriji, vrijednost doprinosa se procjenjuje temeljem poboljšanja ostvarenih razvijenim i implementiranim principima u praktičnoj primjeni,
- utemeljenost na relevantnim istraživanjima – DBR se temelji na relevantnim provedenim istraživanjima u teoretskom i praktičnom smislu, provodi se u realnom okruženju uz kontinuirano praćenje i proučavanje elemenata istraživanja,
- interaktivnost, iterativnost i fleksibilnost – istraživači sudjeluju kao dizajneri istraživanja kroz rad sa sudionicima u istraživanju, provodi se u formi iterativnih ciklusa analize, dizajna, implementacije i redizajna istraživanja, inicijalni plan

treba biti dovoljno širok da ostavlja prostor za unošenje izmjena kada se za to ukaže potreba tijekom provođenja istraživanja,

- integrativnost – mogu se kombinirati različite metode istraživanja kako bi se povećala vjerodostojnost dobivenih rezultata, odabrane se metode usklađuju s posebnostima pojedinih faza istraživanja,
- kontekstualnost – proces istraživanja, dobiveni rezultati i unesene promjene se kontinuirano dokumentiraju, izrađuju se smjernice za generalizaciju dobivenih rezultata

Uvažavajući navedena svojstva, provođenje istraživanja korištenjem DBR metodologije može se shematski prikazati po fazama na način prikazan na slici 2.4.



Slika 2.4. Shematski prikaz faza u DBR-u

Kao što se na slici 2.4 može vidjeti, DBR ima tri faze [Wang i sur., 2014]: pripremu i dizajniranje istraživanja, provođenje eksperimenta te analizu dobivenih rezultata. Prva se faza može podijeliti u dva dijela: analizu problema koji se želi istražiti koju zajednički provode istraživač i nastavnik, odnosno dio u kojem se osmišljava rješenje za analizirani problem koje će poslužiti kao polazna točka za provođenje eksperimenta.

Eksperimentiranje u realnom okruženju se provodi u nizu iterativnih ciklusa. Tijekom provođenja eksperimenta istraživač u suradnji s nastavnikom i sudionicima istraživanja temeljem uočenih trendova može uvoditi izmjene u parametre eksperimenta tijekom trajanja ciklusa ili između dva ciklusa [Wang & Hannafin, 2005].

Po završetku istraživanja završna faza je analiza dobivenih rezultata. Očekivani rezultat ove analize je detaljno dokumentirani poopćeni principi koji su se kroz istraživanje utvrdili s ciljem mogućnosti za njihovu primjenu u daljnjim istraživanjima ili u drugim istraživačkim područjima [Bakker & Van Eerde, 2015].

Prilikom odabira ispitanika za provođenje istraživanja, moguće je odabrati jedan od dva moguća scenarija:

- provođenje istraživanja s istom grupom ispitanika,
- provođenje istraživanja s različitim grupama ispitanika.

U slučaju kada se ciklusi DBR-a provode na način da u svim ciklusima sudjeluju isti ispitanici, tada se govori o tzv. zavisnom dizajnu (eng. *within-subject design*). Najveća prednost ovog pristupa je u tome što se korištenjem istih ispitanika tijekom

cijelog perioda provođenja eksperimenta smanjuje varijabilnost koju unosi korištenje različitih grupa ispitanika. Također, ovaj pristup omogućava korištenje manjeg broja ispitanika za provođenje istraživanja, te ne zahtjeva korištenje kontrolne grupe za potvrđivanje dobivenih rezultata.

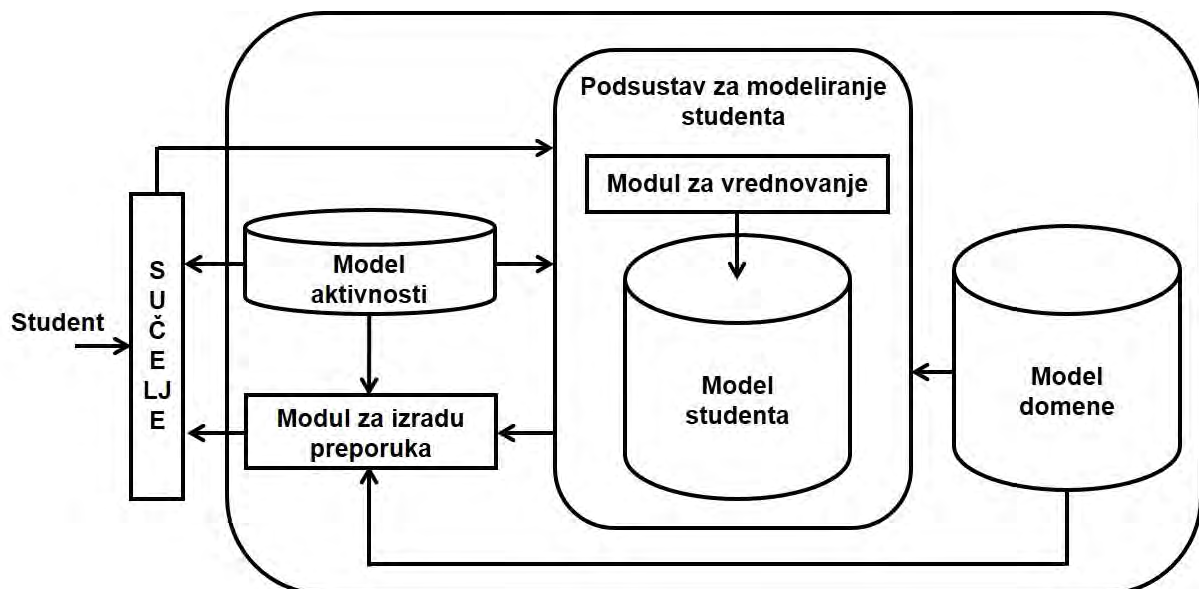
S druge strane, ukoliko se ciklusi DBR-a provode na način da u svakom ciklusu sudjeluje druga grupa ispitanika, tada se govori o tzv. nezavisnom dizajnu (eng. *between-subject design*). Iako se u ovom pristupu pojavljuje varijabilnost koja proizlazi iz individualnih razlika između ispitanika, odabirom ovog pristupa se sprječava navikavanje istih ispitanika na metode korištene tijekom istraživanja što može dovesti do utjecaja na ostvarene rezultate provedenog istraživanja. S obzirom da se kod ovog pristupa uobičajeno ispitanici dijele u kontrolnu i eksperimentalnu grupu, za provođenje ovog pristupa je neophodan dovoljan broj ispitanika koji će osigurati osnovne kriterije za statističku obradu dobivenih rezultata.

Odabir između zavisnog odnosno nezavisnog dizajna vrši se temeljem definicije problema koji se planira istraživati. Ovisno o definiranom problemu te cilju koji se istraživanjem želi ostvariti, ova se dva pristupa mogu po potrebi i kombinirati tijekom provođenja cjelokupnog planiranog istraživanja [Van Hoecke i sur., 2022].

### 3. MODEL OBRAZOVNOG SUSTAVA PREPORUČIVANJA S VREDNOVANJEM ISHODA UČENJA U STEM PODRUČJU

Model obrazovnog sustava preporučivanja s vrednovanjem ishoda učenja osmišljen je u obliku sustava koji objedinjuje elemente ERS-ova i sustava za *online* vrednovanje. Cilj je bio razviti pristup koji povezuje mogućnosti sustava preporučivanja i mogućnosti sustava za *online* vrednovanje kako bi se dobio prošireni skup podataka potreban za generiranje preporuka studentima, odnosno za vrednovanje ishoda učenja u STEM području.

Struktura ERS-a odnosno struktura sustava za *online* vrednovanje prikazane su u prethodnom poglavlju na slici 2.1. odnosno na slici 2.3. Usporedbom strukturnih elemenata ovih sustava mogu se uočiti sličnosti između njihovih struktura temeljem kojih je osmišljen model sustava prikazan na slici 3.1.



Slika 3.1. Strukturna shema osmišljenog modela sustava

Model studenta i model domene strukturni su elementi koji se nalaze i u strukturi ERS-a i u strukturi sustava za *online* vrednovanje. Također, modul za izradu preporuka u strukturi ERS-u po osnovnoj namjeni odgovara modulu za prilagodbu korisniku kod sustava za *online* vrednovanje. Modul za vrednovanje je sastavni dio podsustava za modeliranje studenta. U model sustava je uključen i model aktivnosti koji obuhvaća podatke o rješavanju zadataka temeljem kojih se provodi *online* vrednovanje.

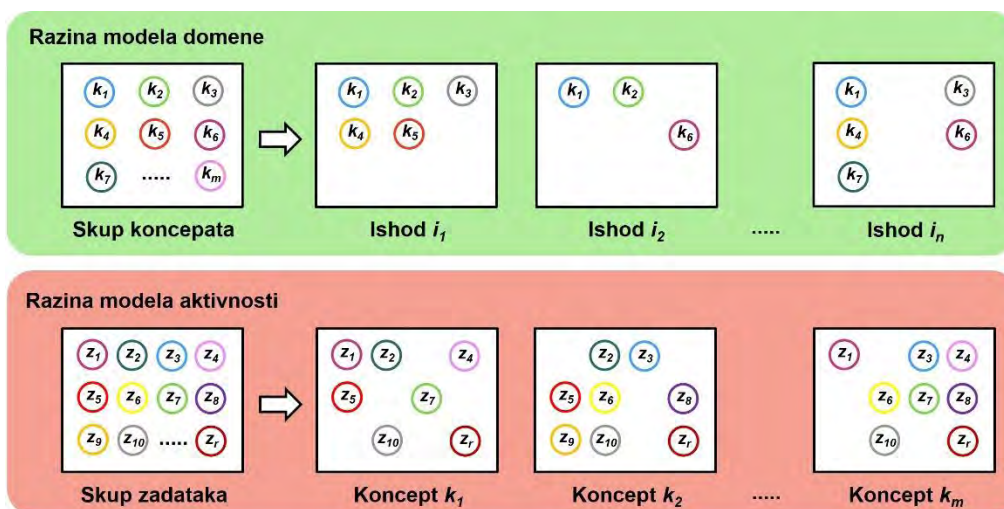
Model domene sadrži podatke o predmetima i njima pridruženim ishodima učenja. Za svaki od predmeta u modelu domene nalaze se podaci o konceptima nastavnog sadržaja, kao i povezanosti konceptata i ishoda učenja. Koncepti predstavljaju manje smislene cjeline sadržaja predmeta, a njihovim se usvajanjem ostvaruju ishodi učenja predmeta (svaki koncept putem težinskog faktora doprinosi

ukupnom ostvarenju ishoda učenja predmeta). Model domene povezan je s podsustavom za modeliranje studenta kao i s modulom za izradu preporuka. Podaci koji su pohranjeni u modelu domene koriste se kao ulazni podaci podsustava za modeliranja studenta te se uključuju u izradu individualiziranih preporuka koje sustav generira za svakog pojedinog studenta.

Model aktivnosti sadrži sve podatke o matematičkim zadacima rješavanjem kojih se provodi postupak vrednovanja. Postupak rješavanja matematičkog zadatka podijeljen je na podzadatke pri čemu se u okviru svakog podzadatka upisuje jedan međurezultat dobiven tijekom rješavanja zadatka. U modelu aktivnosti su stoga, uz tekst i sliku zadatka, pohranjene točne vrijednosti međurezultata i konačnih rezultata, kao i njihova povezanost s konceptima. Model aktivnosti je povezan s podsustavom za modeliranje studenta unutar kojega se nalazi modul za vrednovanje koji koristi podatke o zadacima i njihovim rješenjima s ciljem provjere točnosti rješavanja zadataka (što je jedan od ulaznih podataka potreban za rad modula za izradu preporuka).

Model domene i model aktivnosti predstavljaju dvije komponente koje opisuju znanje osmišljenog sustava.

Na razini modela domene nalazi se znanje o ishodima učenja kojima su pridruženi s njima povezani koncepti, a na razini modela aktivnosti se nalaze elementi potrebni za aktivnost rješavanja provjera odnosno zadaci za rješavanje i njima pridruženi koncepti. Na slici 3.2. prikazane su navedene dvije komponente.



Slika 3.2. Razina modela domene i modela aktivnosti

Podsustav za modeliranje studenta u sebi sadrži modul za vrednovanje i model studenta. Modul za vrednovanje generira skup podataka koji se dobivaju tijekom rješavanja matematičkih zadataka u sustavu od strane studenata. Ovaj skup podataka predstavlja dio podataka koji se koriste za izradu modela studenta.

U nastavku su detaljno opisani navedeni strukturni elementi osmišljenog modela sustava.



### 3.1. Model domene

U modelu domene pohranjeni su sadržaji koji predstavljaju znanje sustava o predmetima kroz popis ishoda učenja određenih za svaki predmet te njihovu povezanost s konceptima. S ciljem organizacije sadržaja predmeta za prikaz u modelu domene, potrebno je definirati međusobne odnose svih parametara kojima se sadržaj promatranog predmeta opisuje. U pripremi za opis znanja o predmetu u modelu domene, za sadržaj predmeta se definiraju ishodi učenja, a cjelokupni se sadržaj raščlanjuje na niz koncepata koji predstavljaju osnovne dijelove sadržaja predmeta.

Na slici 3.3. prikazana je povezanost sadržaja predmeta, ishoda učenja i koncepata.



Slika 3.3. Povezanost sadržaja predmeta, ishoda učenja i koncepata

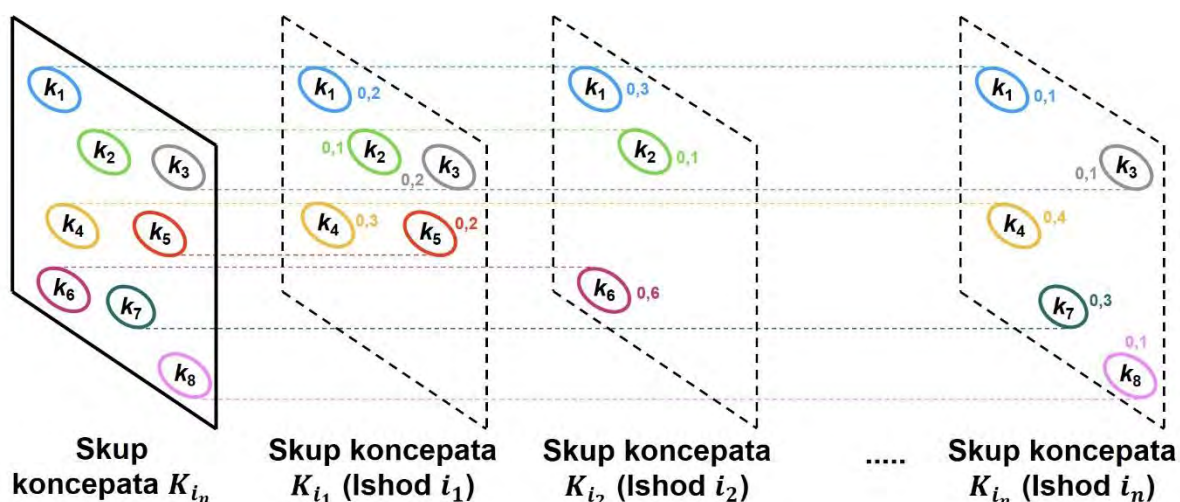
Formalni prikaz znanja o ishodima učenja i konceptima te njihovoj međusobnoj povezanosti koji se pohranjuje u modelu domene može se prikazati na sljedeći način.

Neka je  $P$  skup svih predmeta za koje su podaci pohranjeni u modelu domene. Neka je sadržaj predmeta  $p_h \in P$  raščlanjen na niz koncepata koji čine skup koncepata  $K_{p_h}$ . Neka su za predmet  $p_h$  određeni ishodi učenja koji čine skup ishoda učenja  $I_{p_h}$ . Za svaki ishod učenja  $i_n \in I_{p_h}$  određuje se skup koncepata  $K_{i_n}$ ,  $K_{i_n} \subseteq K_{p_h}$ , koji sadrži sve koncepte  $k_m$  koji su povezani s promatranim ishodom učenja  $i_n$ . Svaki koncept  $k_m$  može biti povezan s jednim ili više ishoda učenja određenim za predmet  $p_h$ .

Za svaki ishod učenja  $i_n \in I_{p_h}$  određuju se težinski faktori  $tf_{k_m} \in (0, 1]$  povezani s konceptima  $k_m \in K_{i_n}$ . Težinski faktor  $tf_{k_m}$  pridružen konceptu  $k_m$  predstavlja utjecaj usvojenosti tog koncepta na usvajanje ishoda učenja  $i_n$ . Vrijednosti navedenih težinskih faktora određuje nastavnik temeljem vlastitog znanja i iskustva, uz uvažavanje sljedećeg uvjeta:

$$\sum_{k_m \in K_{i_n}} tf_{k_m} = 1 \quad (18)$$

Težinski faktori  $tf_{k_m}$  pridruženi istom konceptu  $k_m$  za različite ishode učenja  $i_n$  mogu imati različite vrijednosti koje ovise o značaju promatranog koncepta na ostvarivanje određenog ishoda učenja. Na slici 3.4. prikazan je primjer pripadnosti koncepata  $k_m \in K_{i_n}$  ishodima učenja  $i_n \in I_{p_h}$  uz pridruživanje različitih vrijednosti težinskih faktora konceptima.



Slika 3.4. Primjer pripadnosti koncepta  $k_m \in K_{i_n}$  ishodima učenja  $i_n \in I_{p_h}$  uz pridruživanje različitih vrijednosti težinskih faktora

Primjer povezivanja ishoda učenja s konceptima putem težinskih faktora prikazan je u tablici 3.1. za predmet Elementi elektroenergetskih postrojenja.

Tablica 3.1. Primjer povezanost ishoda učenja s konceptima putem težinskih faktora u predmetu Elementi elektroenergetskih postrojenja

| Koncept                              | Ishod 1: Opisati osnovne karakteristike elektroenergetskih sustava | Ishod 2: Provesti analizu pojava pri prekidanju struje | Ishod 3: Opisati pogonsko i zaštitno uzemljenje | Ishod 4: Opisati mjerne transformatore i vrste mjerenja | Ishod 5: Provesti analizu izvedbe tipskih i specijalnih električnih krugova u postrojenju |
|--------------------------------------|--|--|---|---|---|
| Osnove elektroenergetskih sustava    | 0,2  | 0,3  | 0,2   | 0,05  | 0,3   |
| Pojam nazivnog/baznog napona         | 0,1  | 0,1  |   |   |   |
| Osnovno o sinkronim generatorima     | 0,2  |  |   | 0,05  | 0,05  |
| Osnovno o transformatorima           | 0,3  |  |   | 0,05  | 0,05  |
| Mehanički proračun vodiča            | 0,2  |  |   |   |   |
| Izbor sklopnih aparata               |  | 0,6  |   |   | 0,05  |
| Uzemljivači                          |  |  | 0,4   |   |   |
| Uzemljenje                           |  |  | 0,4   |   |   |
| Mjerenja u električnim postrojenjima |  |  |   | 0,8   | 0,05  |
| Pokazatelji pouzdanosti              |  |  |   |   | 0,3   |
| Uređaji sekundarne opreme            |  |  |   | 0,05  | 0,2   |

Za svaki koncept u modelu domene pripremljen je i resurs za učenje s kojim se povezuje (u obliku pisanih materijala za učenje u PDF formatu). Navedeni materijali kontinuirano su dostupni studentima tijekom rada sa sustavom, a u ovisnosti o

uspješnosti rada studenata sustav im u odgovarajućim okolnostima putem modula za izradu preporuka preporučuje i korištenje ovih materijala. Materijale za učenje priprema nastavnik temeljem vlastitog znanja i iskustva, a osnovna im je namjena omogućiti studentima pružanje ciljane podrške u svladavanju sadržaja povezanog s pojedinim konceptom.

### 3.2. Model aktivnosti

U modelu aktivnosti pohranjeno je znanje o zadacima i njihovoj povezanosti s konceptima iz modela domene. U sustavu se koriste matematički zadaci namijenjenih vježbanju sadržaja predmeta, rješavanjem kojih studenti razvijaju sposobnosti analize kao jednog od ciljeva u obrazovanju u STEM području. Većina predmeta u obrazovanju u STEM području zahtijeva poznavanje matematičkih alata i postupaka na dovoljno visokoj razini kako bi se predstavljeni koncepti mogli u potpunosti razumjeti i usvojiti [Bicer i sur., 2017]. Također, prilikom povezivanja teoretskih osnova s praktičnom primjenom u velikom se broju slučajeva koriste matematičke procedure i izračuni. Zbog navedenoga, provjere znanja u STEM području često počivaju na rješavanjima matematičkih zadataka zasnovanih na ustaljenim matematičkim procedurama kroz unaprijed poznate korake u rješavanju.

Kod ovakve vrste matematičkih zadataka postupak rješavanja obično pretpostavlja izračunavanje konačnog rezultata na temelju niza međurezultata. Za točno izračunavanje međurezultata neophodno je da student prethodno na dovoljno visokoj razini usvoji koncepte povezane s tim međurezultatom kako bi ih u rješavanju mogao pravilno primijeniti. Ispravnim izračunavanjem međurezultata potvrđuje se usvojenost koncepata te s njima povezanih ishoda učenja. Netočno rješavanje ukazuje da je potrebno usvojiti odnosno ponoviti koncepte povezane s tim međurezultatom kako bi se usvojili i s njima povezani ishodi učenja. Informacija o usvojenosti koncepata odnosno usvojenosti ishoda učenja može pomoći studentu prilikom planiranja daljnjeg učenja uz podršku koju putem generiranja preporuka zasnovanih na tim informacijama pruža sustav.

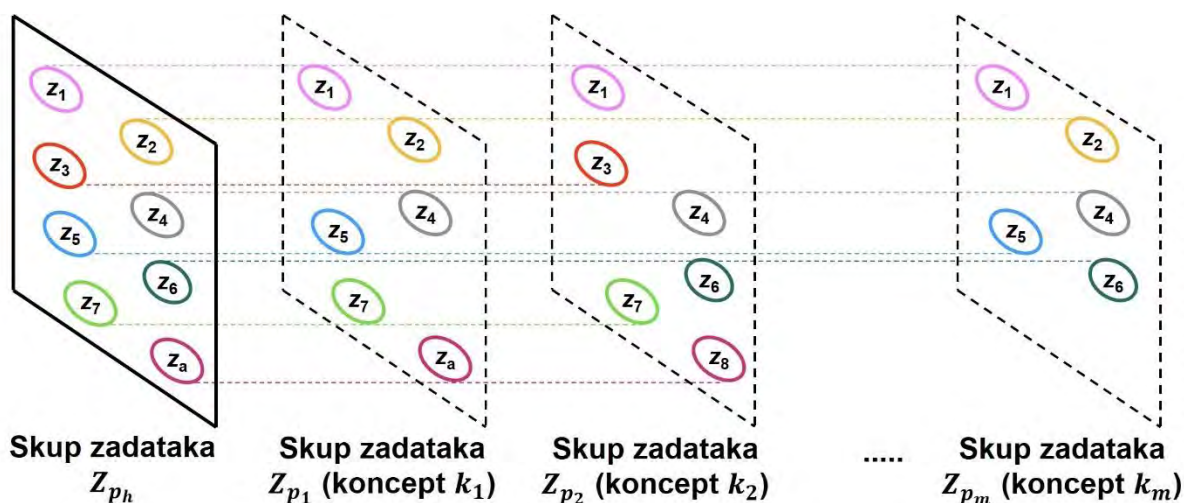
Prije unosa podataka o zadacima u model aktivnosti, za svaki se zadatak pripremaju svi potrebni elementi koji uz tekst zadatka i popratnu sliku obuhvaćaju:

- popis traženih međurezultata zadatka,
- točna rješenja svih traženih međurezultata,
- naznaku koji su međurezultati ujedno i konačni rezultati zadatka,
- dozvoljeno postotno odstupanje od unesenih točnih vrijednosti,
- bodovnu vrijednost koja se unošenjem točnog rješenja međurezultata ostvaruje,
- popis koncepata povezanih sa svakim pojedinim međurezultatom zadatka.

Formalno se navedeno može zapisati na sljedeći način. Neka je  $Z_{p_h}$  skup zadataka pripremljen za predmet  $p_h$ . Za svaki zadatak  $z_a, z_a \in Z_{p_h}$  određuje se skup  $M_{z_a}$  koji sadrži sve međurezultate promatranog zadatka. U skladu s posebnostima

zadatka  $z_a$  među međurezultatima  $m_r \in M_{z_a}$  određuje se koji će se međurezultati smatrati konačnim rezultatom zadatka. Za svaki pojedini međurezultat  $m_r \in M_{z_a}$  određuje se i postotno odstupanje od točnog rezultata koje je za  $m_r$  dopušteno. Na ovaj se način osigurava da se razlike u rezultatu koje proizlaze iz zaokruživanja decimalnih vrijednosti tijekom provođenja izračuna mogu uvažiti i potvrditi kao točan rezultat.

Svakom  $m_r \in M_{z_a}$  se pridružuje jedan ili više koncepata za koje vrijedi da je  $k_m \in K_{p_h}$ . Povezanost međurezultata s pojedinim konceptom predstavlja i vezu zadatka kojemu taj međurezultat pripada s tim konceptom. Na slici 3.5. prikazan je primjer pripadnosti zadataka  $z_a, z_a \in Z_{p_h}$  pojedinim konceptima  $k_m, k_m \in K_{p_h}$ .



Slika 3.5. Primjer pripadnosti zadataka  $z_a \in Z_{p_h}$  konceptima  $k_m \in K_{p_h}$

Za svaki zadatak  $z_a$  određuje se ukupan broj bodova koji se njegovim rješavanjem može ostvariti. Ukupan se broj bodova raspoređuje između međurezultata povezujući svaki  $m_r$  s određenim bodovnim rezultatom. Ukupni zbroj svih bodova koji su povezani s članovima skupa  $M_{z_a}$  mora biti jednak ukupnom broju bodova koji je određen za zadatak  $z_a$ .

Model aktivnosti obuhvaća podatke o provjerama koji se formalno mogu zapisati na sljedeći način. Neka su u predmetu  $p_h$  zadaci iz skupa  $Z_{p_h}$  podijeljeni u konačni broj disjunktih skupova zadataka  $Z_{TA_g}$ . Za svaku provjeru  $TA_g$  određuju se sljedeći parametri:

1. naziv provjere  $STEM\_TA\_Name$ ,
2. redni broj provjere  $STEM\_TA\_Rank$ ,
3. skup zadataka  $Z_{TA_g}$  koji sadrži sve zadatke koji se u provjeri mogu rješavati,
4. datum i vrijeme  $tb_{TA_g}$  početka provođenja provjere,
5. datum i vrijeme  $te_{TA_g}$  završetka provođenja provjere,

6. vrijeme u minutama  $t_{TA_g}$  koji student ima na raspolaganju za rješavanje zadatka  $z_a$ ,

7. ukupni broj pokušaja rješavanja zadataka  $n_{TA_g}$  koje student može pokrenuti

Datume i vremena  $tb_{TA_g}$  odnosno  $te_{TA_g}$  određuje se u skladu s izvedbenim planom predmeta, dok preostale parametre određuje nastavnik temeljem vlastitog znanja i iskustva u skladu s posebnostima i složenošću zadataka koje provjera  $TA_g$  obuhvaća. Broj pokušaja  $n_{TA_g}$  može biti veći od ukupnog broja zadataka koji se nalaze u skupu  $Z_{TA_g}$  kako bi se omogućilo da studenti ranije riješene zadatke mogu ponovo riješiti uz nepredvidivost informacije o kojem će se zadatku točno raditi (dodjela putem slučajnog odabira iz skupa  $Z_{TA_g}$ ) što im pomaže u procesu učenja. U navedenom slučaju sustav će prvo studentu slučajnim odabirom dodijeliti sve zadatke koji se nalaze u skupu  $Z_{TA_g}$  te će ih tek nakon toga početi ponovo nuditi studentu za rješavanje.

Temeljem navedenoga, za svaku provjeru  $TA_g$  može se definirati uređena sedmorka:

$$\left(STEM\_TA\_Name, STEM\_TA\_Rank, Z_{TA_g}, tb_{TA_g}, te_{TA_g}, t_{TA_g}, n_{TA_g}\right) \quad (19)$$

koja u potpunosti definiraju sve potrebne parametre kako bi se provjera  $TA_g$  mogla provesti putem modula za vrednovanje.

### 3.3. Podsustav za modeliranje studenta

Podsustav za modeliranje studenta sastoji se od modula za vrednovanje i modela studenta. Osnovna je namjena podsustava izgradnja modela studenta kao temeljnog elementa cjelokupnog sustava.

#### 3.3.1. Modul za vrednovanje

Modul za vrednovanje dio je podsustava za modeliranje studenta pa je njegova osnovna zadaća prikupljanje podataka za opis studenta u modelu studenta. Vrednovanje rada studenta provodi se putem provjera  $TA_g$  pohranjenih u modelu aktivnosti.

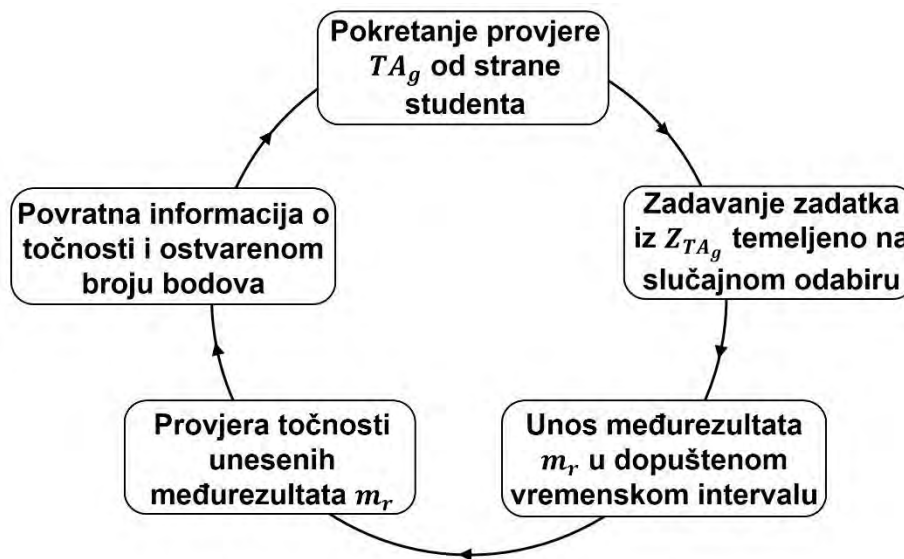
Student može u terminu određenom za pristup provjeri (vremenski period određen parametrom za početak  $tb_{TA_g}$  odnosno za završetak  $te_{TA_g}$  provođenja provjere  $TA_g$ ) pokrenuti provjeru  $n_{TA_g}$  puta i rješavati zadatke iz skupa  $Z_{TA_g}$ .

Pokretanjem provjere  $TA_g$  studentu se slučajnim odabirom dodjeljuje jedan od zadataka iz skupa  $Z_{TA_g}$  koji mu do tog trenutka nije bio ponuđen za rješavanje. U vremenskom intervalu  $t_{TA_g}$  određenom za rješavanje zadatka  $z_a$  u provjeri  $TA_g$  od studenta se očekuje da unese vrijednosti svih međurezultata  $m_r, m_r \in M_{z_a}$  koji se u postupku rješavanja zadatka  $z_a$  traže. Rješavanje zadatka  $z_a$  završava ili istekom

vremenskog intervala  $t_{TA_g}$  ili potvrdom studenta da je završio s rješavanjem zadataka i unosom traženih vrijednosti u za to predviđena polja.

Po završetku rješavanja zadatka  $z_a$  modul za vrednovanje provodi usporedbu unesenih traženih vrijednosti s točnim vrijednostima koje su pohranjene u modelu aktivnosti (uvažavajući mogućnost definiranog postotnog odstupanja). Studentu se prikazuje povratna informacija o točnosti unesenih vrijednosti svih međurezultata  $m_r, m_r \in M_{z_a}$  kao i podatak o broju bodova ostvarenih rješavanjem zadatka  $z_a$ .

Opisani proces provođenja provjera u modulu za vrednovanje shematski je prikazan na slici 3.6.



Slika 3.6. Shematski prikaz provedbe provjera  $TA_g$

### 3.3.2. Model studenta

Model studenta sadrži četiri dimenzije kojima se pojedini student opisuje: stil učenja (prema Felder & Silverman modelu), uspješnost u rješavanju zadataka, usvojenost koncepata i usvojenost ishoda učenja. Na slici 3.7. prikazane su navedene karakteristike.



Slika 3.7. Četiri dimenzije za opis studenta u modelu sustava

Model studenta prikazan na slici 3.7. određuje se za svakog studenta koji koristi sustav. Formalno se navedeno može zapisati na sljedeći način. Neka je  $\mathcal{S}$  skup svih studenata  $s$  koji koriste sustav. Studenti koji su upisani na predmet  $p_h$  grupirani su u podskupu  $\mathcal{S}_{p_h}$ ,  $\mathcal{S}_{p_h} \subseteq \mathcal{S}$ . Svaki student  $s_d$  može biti pridružen jednom ili više predmeta  $p_h$ , tj. pripadati jednom ili više podskupova  $\mathcal{S}_{p_h}$ .

Prije početka izvođenja predmeta studenti koriste standardizirani *online* upitnik dostupan na internetskim stranicama Državnog sveučilišta Sjeverne Karoline [NC State University, 2023] kako bi odredili svoje stilove učenja u skladu s posebnostima odabranog Felder & Silvermanovog modela (opisanog u potpoglavlju 2.2.1.). U modelu studenta podaci povezani s dimenzijom o stilu učenja se prikupljaju eksplicitnim putem, tj. studenti ih direktno unose putem pripremljenog obrasca. U sustavu, podatci o stilovima učenja  $LS_{s_d}$  za svakog studenta  $s_d$  predstavljaju se vektorom:

$$LS_{s_d} = [d_1, d_2, \dots, d_8] \quad (20)$$

Podaci o preostalim karakteristikama studenta prikazanima na slici 3.7. prikupljaju se implicitnim putem tijekom rada studenta sa sustavom.

Druga dimenzija kojom se studenti opisuju u modelu se odnosi na uspješnost u rješavanju zadataka. Navedeni se podaci prikupljaju tijekom rada studenata sa sustavom, a obuhvaćaju sljedeće parametre:

1. broj zadataka  $nZ_{s_dTA_g}$  koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$ ,
2. vrijeme  $t_{s_dTA_g}$  koje je student  $s_d$  utrošio za rješavanje zadataka u provjeri  $TA_g$ ,
3. ukupni broj točno riješenih međurezultata  $ntm_{s_dTA_g}$  u zadacima koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$ ,
4. rang  $rnz_{s_dp_h}$  studenta  $s_d$  u odnosu na druge studente iz skupa  $\mathcal{S}_{p_h}$  prema ukupnom broju rješavanih zadataka  $nZ_{s_dp_h}$  na predmetu  $p_h$ ,
5. rang  $rnz_{s_dTA_g}$  studenta  $s_d$  u odnosu na druge studente iz skupa  $\mathcal{S}_{p_h}$  prema ukupnom broju rješavanih zadataka  $nZ_{s_dTA_g}$  u provjeri  $TA_g$ .

Treća i četvrta dimenzija se odnose na usvojenost koncepata odnosno usvojenost ishoda učenja. U ovom je segmentu model studenta izveden u obliku dvorazinskog prekrivenog modela (eng. *overlay model*). Primjena navedenog pristupa provedena je putem prekrivanja modela domene na način da se za svaki koncept  $k_m$ ,  $k_m \in \mathcal{K}_{p_h}$  procjenjuje razina usvojenosti koncepta  $y_{k_m}$  kako bi se na temelju dobivenih rezultata i težinskih faktora  $tf_{k_m}$  pohranjenih u modelu domene procijenila razina usvojenosti ishoda učenja  $y_{i_n}$ , za sve ishode  $i_n$ ,  $i_n \in \mathcal{I}_{p_h}$ .

U nastavku su detaljno pojašnjeni algoritmi koji se koriste za određivanje usvojenosti koncepata odnosno usvojenosti ishoda učenja za potrebe modela studenta.

### 3.3.2.1. Određivanje usvojenosti konceptata i ishoda učenja

Određivanje usvojenosti ishoda učenja započinje izračunavanje usvojenosti pojedinog konceptata  $k_m$ . Usvojenost konceptata izračunava se kada student pristupi nekoj od provjera znanja  $TA_g$  korištenjem algoritma zasnovanog na neizrazitoj logici. Izgrađeni sustav neizrazitog zaključivanja ima tzv. oblik više-ulaza-jedan-izlaz (eng. *multiple-input-single-output*, MISO) s tri ulazne i jednom izlaznom varijablom. Ulazne varijable u izgrađeni neizraziti sustav zaključivanja za studenta  $s_d$  su:

1. broj točno riješenih međurezultata  $ntm_{s_dTA_g}$  u odnosu na ukupni broj međurezultata  $nm_{TA_g}$  u zadacima koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$  (ulazna varijabla  $x_1$ ),
2. broj rješivanih zadataka  $nZ_{s_dTA_g}$  koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$  (ulazna varijabla  $x_2$ ),
3. prosječno vrijeme rješavanja zadataka  $tp_{s_dTA_g}$  koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$  u odnosu na prosječno vrijeme rješavanja zadataka  $tg_{TA_g}$  za sve studente  $s_d \in S_{p_h}$  u provjeri  $TA_g$  (ulazna varijabla  $x_3$ ).

Ukupni broj međurezultata  $nm_{TA_g}$  u zadacima koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$  izračunava se temeljem podataka o zadacima pohranjenim u modelu aktivnosti za zadatke koje je student rješavao u provjeri  $TA_g$ . Prosječno vrijeme rješavanja zadataka  $tp_{s_dTA_g}$  se određuje temeljem podatka o vremenu  $t_{s_dTA_g}$  pohranjenom u modelu studenta i ukupnog broja zadataka  $nZ_{s_dTA_g}$  koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$  korištenjem izraza:

$$tp_{s_dTA_g} = \frac{t_{s_dTA_g}}{nZ_{s_dTA_g}} \quad (21)$$

Izlazna varijabla iz izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja je:

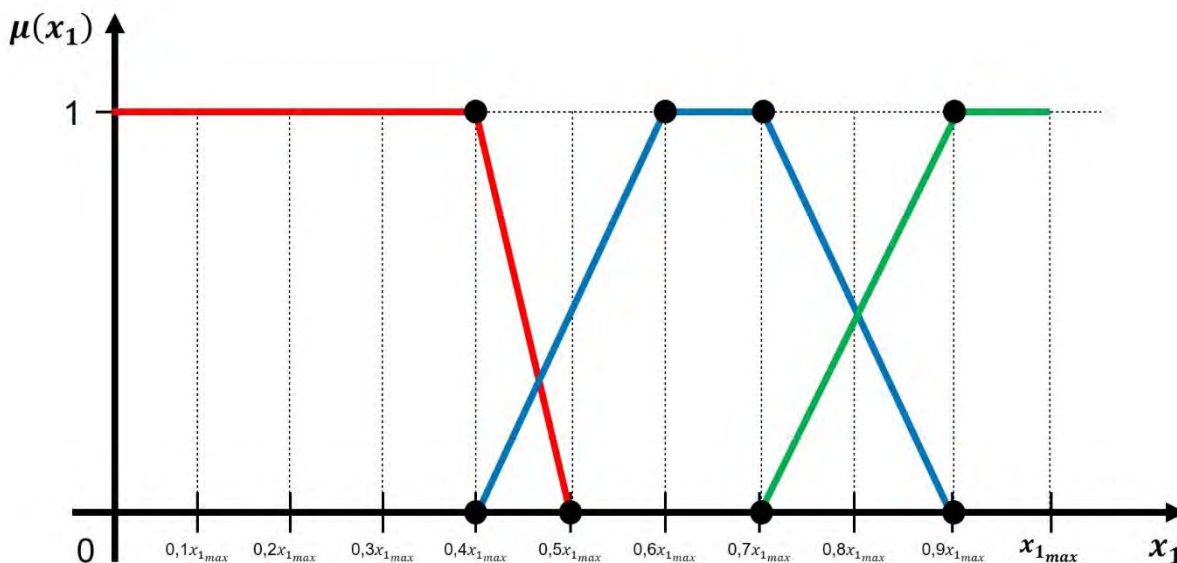
1. usvojenost konceptata (izlazna varijabla  $y_{k_m}$ ).

Opis ulaznih i izlazne varijable neizrazitim skupovima određuje nastavnik temeljem vlastitog znanja i iskustva u skladu s pravilima za njihovo određivanje prikazanih u potpoglavlju 2.1.1.1. Opis varijabli neizrazitim skupovima predstavlja prijenos znanja nastavnika u oblik pogodan za korištenje u računalima. Nastavnik je tijekom izrade sustava neizrazitog zaključivanja u ulozi eksperta te može po potrebi provesti dorade u opisu varijabli kako bi izgrađeni sustav bio usklađen sa znanjem eksperta koji ga je izgradio [Negnevitsky, 2002].

- **Ulazna varijabla  $x_1$**

Na slici 3.8. prikazan je opis ulazne varijable  $x_1$  neizrazitim skupovima.





Slika 3.8. Opis ulazne varijable  $x_1$  neizrazitim skupovima

Ulazna varijabla  $x_1$  opisana je pomoću tri neizrazita skupa, jednog s linearno padajućom, drugoga s trapezoidnim i trećeg s linearno rastućom funkcijom pripadnosti. Na slici 3.8. oni su označeni različitim bojama, a sukladno tome prikazani skupovi se odnose na sljedeće:

- - točno je riješen maleni broj međurezultata (skup  $M_{x_1}$ ),
- - točno je riješen srednje velik broj međurezultata (skup  $S_{x_1}$ ),
- - točno je riješen veliki broj međurezultata (skup  $V_{x_1}$ ).

Za određivanje raspona vrijednosti na osi apscisa za opis varijable  $x_1$  neizrazitim skupovima upotrijebljena je mogućnost korištenja opisa varijable neizrazitim skupovima i odgovarajućim funkcijama pripadnosti uz promjenjivi raspon vrijednosti na osi apscisa [Djurovic & Peric, 2004]. Vrijednost  $x_{1max}$  je promjenjiva i odgovara ukupnom broju međurezultata  $nm_{TA_g}$  povezanih s konceptom  $k_m$  za kojega se usvojenost u rješavanim zadacima izračunava. Na ovaj se način vrijednost ulazne varijable  $x_1$  u izgrađenom neizrazitom sustavu zaključivanja individualizira i prilagođava radu svakog pojedinog studenta  $s_d$ . Zbog navedenog vrijednosti ulazne varijable  $x_1$  na osi apscisa ovise o vrijednosti varijable  $x_{1max}$  na sljedeći način:

$$x_1 = \frac{x_{1max}}{k} \quad (22)$$

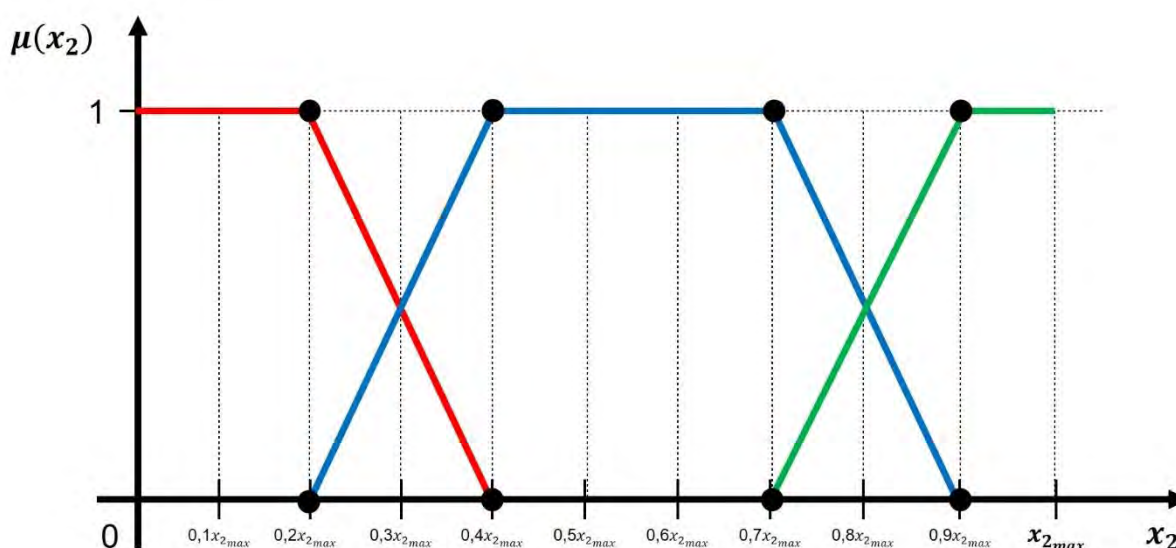
pri čemu je  $k \in \langle 0, x_{1max} \rangle$ . Slijedom navedenoga, matematički zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_1)$  za neizrazite skupove prikazane na slici 3.8. se formalno mogu zapisati po intervalima na osi apscisa na način prikazan u tablici 3.2.

Tablica 3.2. Formalni zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_1)$  po intervalima

| Interval                               | Neizraziti skup 1                          | Neizraziti skup 2                            | Neizraziti skup 3                           |
|--|--|--|---|
| $0 < x_1 \leq 0,4x_{1,max}$            | $\mu(x_1) = 1$                             | -  | -   |
| $0,4x_{1,max} < x_1 \leq 0,5x_{1,max}$ | $\mu(x_1) = \frac{-x_1}{0,1x_{1,max}} + 5$ | $\mu(x_1) = \frac{x_1}{0,2x_{1,max}} - 2$    | -   |
| $0,5x_{1,max} < x_1 \leq 0,6x_{1,max}$ | -  | $\mu(x_1) = \frac{x_1}{0,2x_{1,max}} - 2$    | -   |
| $0,6x_{1,max} < x_1 \leq 0,7x_{1,max}$ | -  | $\mu(x_1) = 1$                               | -   |
| $0,7x_{1,max} < x_1 \leq 0,9x_{1,max}$ | -  | $\mu(x_1) = \frac{-x_1}{0,2x_{1,max}} + 4,5$ | $\mu(x_1) = \frac{x_1}{0,2x_{1,max}} - 3,5$ |
| $0,9x_{1,max} < x_1 \leq x_{1,max}$    | -  | -  | $\mu(x_1) = 1$                              |

• **Ulazna varijabla  $x_2$**

Na slici 3.9. prikazan je opis ulazne varijable  $x_2$  neizrazitim skupovima.



Slika 3.9. Opis ulazne varijable  $x_2$  neizrazitim skupovima

Ulazna varijabla  $x_2$  opisana je pomoću tri neizrazita skupa, jednog s linearno padajućom, drugoga s trapezoidnim i trećeg s linearno rastućom funkcijom pripadnosti. Na slici 3.4. oni su označeni različitim bojama, a sukladno tome prikazani skupovi se odnose na sljedeće:

- - student je rješavao maleni broj zadataka (skup  $M_{x_2}$ ),
- - student je rješavao srednje velik broj zadataka (skup  $S_{x_2}$ ),
- - student je rješavao veliki broj zadataka (skup  $V_{x_2}$ ).

Vrijednost  $x_{2,max}$  je promjenjiva i odgovara ukupnom broju različitih zadataka  $nmax_{TA_g}$  koje studenti mogu rješavati u provjeri  $TA_g$ . Na ovaj se način promatrani opis varijable  $x_2$  neizrazitim skupovima prilagođava ukupnom broju zadataka pripremljenim

od strane nastavnika za provjeru  $TA_g$ . Ulazna vrijednost varijable  $x_2$  jednaka je broju zadataka  $nz_{s_dTA_g}$  koje je student u provjeri  $TA_g$  do promatranog trenutka rješavao.

S obzirom da studenti mogu imati na raspolaganju više pokušaja rješavanja zadataka nego što je ukupan broj pripremljenih zadataka od strane nastavnika, u situaciji kada je:

$$x_2 > x_{2max} \quad (23)$$

za daljnja se računanja uvijek uzima da je:

$$x_2 = x_{2max} \quad (24)$$

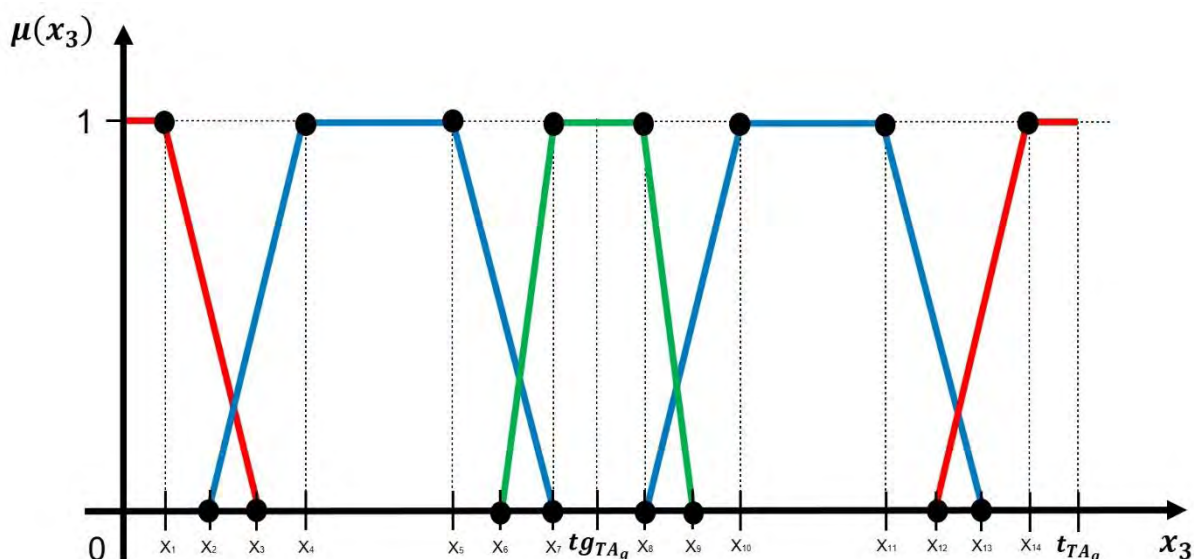
Matematički zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_2)$  za neizrazite skupove prikazane na slici 3.8. se formalno može zapisati po intervalima na osi apscisa na način prikazan u tablici 3.3.

Tablica 3.3. Formalni zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_2)$  po intervalima

| Interval                                | Neizraziti skup 1                         | Neizraziti skup 2                           | Neizraziti skup 3                          |
|---|---|---|--|
| $0 < x_2 \leq 0,2x_{2max}$              | $\mu(x_2) = 1$                            | -   | -  |
| $0,2x_{2max} < x_2 < 0,4x_{2max}$       | $\mu(x_2) = \frac{-x_2}{0,2x_{2max}} + 2$ | $\mu(x_2) = \frac{x_2}{0,2x_{2max}} - 1$    | -  |
| $0,4x_{2max} \leq x_2 \leq 0,7x_{2max}$ | -   | $\mu(x_2) = 1$                              | -  |
| $0,7x_{2max} < x_2 < 0,9x_{2max}$       | -   | $\mu(x_2) = \frac{-x_2}{0,2x_{2max}} + 4,5$ | $\mu(x_2) = \frac{x_2}{0,2x_{2max}} - 3,5$ |
| $0,9x_{2max} \leq x_2 \leq x_{2max}$    | -   | -   | $\mu(x_2) = 1$                             |

### • Ulazna varijabla $x_3$

Na slici 3.10. prikazan je opis ulazne varijable  $x_3$  neizrazitim skupovima.



Slika 3.10. Opis ulazne varijable  $x_3$  neizrazitim skupovima

Ulazna varijabla  $x_3$  opisana je pomoću pet neizrazitih skupova, jednog s linearno padajućom, tri s trapezoidnim i jednim s linearno rastućom funkcijom pripadnosti. Na

slici 3.9. oni su označeni različitim bojama, a sukladno tome prikazani skupovi se odnose na sljedeće:

- - odstupanje prosječnog vremena rješavanja  $t_{Z_{TA_g}}$  od  $t_{g_{TA_g}}$  je veliko (skup  $V_{x_3}$ ),
- - odstupanje prosječnog vremena rješavanja  $t_{Z_{TA_g}}$  od  $t_{g_{TA_g}}$  je srednje (skup  $S_{x_3}$ ),
- - odstupanje prosječnog vremena rješavanja  $t_{Z_{TA_g}}$  od  $t_{g_{TA_g}}$  je maleno (skup  $M_{x_3}$ ).

Vrijednost  $t_{TA_g}$  odgovara maksimalnom vremenu određenom za rješavanje zadatka. S druge strane, sredina intervala  $t_{g_{TA_g}}$  oko koje su zrcalno određeni neizraziti skupovi je promjenjiva. Ulazna vrijednost  $x_3$  jednaka je prosječnom vremenu rješavanja jednog zadatka  $tp_{s_d TA_g}$  za promatranog studenta  $s_d$

S obzirom da su krajnje vrijednosti intervala  $x \in [0, t_{TA_g}]$  kojima pripada ulazna vrijednost  $x_3$  nepromjenjive, interval se dijeli u tri podintervala:  $0 < x_3 < t_{g_{TA_g}}$ ,  $x_3 = t_{g_{TA_g}}$  odnosno  $t_{g_{TA_g}} < x_3 < t_{TA_g}$ . Vrijednost varijable  $t_{g_{TA_g}}$  se određuje kao:

$$t_{g_{TA_g}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{s_d}} t_{uk}}{n_{s_d}} \quad (25)$$

pri čemu je  $n_{s_d}$  broj studenata koji su do trenutka izračuna rješavali zadatke u provjeri  $TA_g$ , a  $t_{uk}$  ukupno vrijeme rješavanja zadataka tih studenata.

U odnosu na vrijednost  $t_{g_{TA_g}}$  određuje se promjenjivi raspon vrijednosti na osi apscisa za svaki podinterval zasebno. Vrijednosti istaknutih točaka na osi apscisa na slici 3.9. po podintervalima su određene na način prikazan u tablici 3.4.

Tablica 3.4. Formule za izračun vrijednosti istaknutih točaka na slici 3.9.

| Interval $0 < x_3 < t_{g_{TA_g}}$ |                                | Interval $t_{g_{TA_g}} < x_3 < t_{TA_g}$ |  |
|-----------------------------------|--------------------------------|--|--|
| Točka                             | Formula                        | Točka                                    | Formula  |
| $X_1$                             | $X_1 = 0,1 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_8$                                    | $X_8 = 0,1 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$    |
| $X_2$                             | $X_2 = 0,2 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_9$                                    | $X_9 = 0,2 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$    |
| $X_3$                             | $X_3 = 0,3 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_{10}$                                 | $X_{10} = 0,3 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$ |
| $X_4$                             | $X_4 = 0,4 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_{11}$                                 | $X_{11} = 0,6 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$ |
| $X_5$                             | $X_5 = 0,7 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_{12}$                                 | $X_{12} = 0,7 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$ |
| $X_6$                             | $X_6 = 0,8 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_{13}$                                 | $X_{13} = 0,8 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$ |
| $X_7$                             | $X_7 = 0,9 \cdot t_{g_{TA_g}}$ | $X_{14}$                                 | $X_{14} = 0,9 \cdot (t_{TA_g} - t_{g_{TA_g}})$ |

Matematički zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_3)$  za neizrazite skupove u podintervalu  $0 < x_3 < t_{g_{TA_g}}$  se formalno mogu zapisati na način prikazan u tablici 3.5.

Tablica 3.5. Formalni zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_3)$  za podinterval  $0 < x_3 < tg_{TA_g}$

| Interval       | Neizraziti skup 1                            | Neizraziti skup 2                            | Neizraziti skup 3                         |
|----------------|--|--|---|
| 0 do $X_1$     | $\mu(x_3) = 1$                               | -  | -   |
| $X_1$ do $X_2$ | $\mu(x_3) = \frac{-x_3}{0,2tg_{TA_g}} + 1,5$ | -  | -   |
| $X_2$ do $X_3$ | $\mu(x_3) = \frac{-x_3}{0,2tg_{TA_g}} + 1,5$ | $\mu(x_3) = \frac{x_3}{0,2tg_{TA_g}} - 1$    | -   |
| $X_3$ do $X_4$ | -  | $\mu(x_3) = \frac{x_3}{0,2tg_{TA_g}} - 1$    | -   |
| $X_4$ do $X_5$ | -  | $\mu(x_3) = 1$                               | -   |
| $X_5$ do $X_6$ | -  | $\mu(x_3) = \frac{-x_3}{0,2tg_{TA_g}} + 4,5$ | -   |
| $X_6$ do $X_7$ | -  | $\mu(x_3) = \frac{-x_3}{0,2tg_{TA_g}} + 4,5$ | $\mu(x_3) = \frac{x_3}{0,1tg_{TA_g}} - 8$ |
| $X_7$ do $t_g$ | -  | -  | $\mu(x_3) = 1$                            |

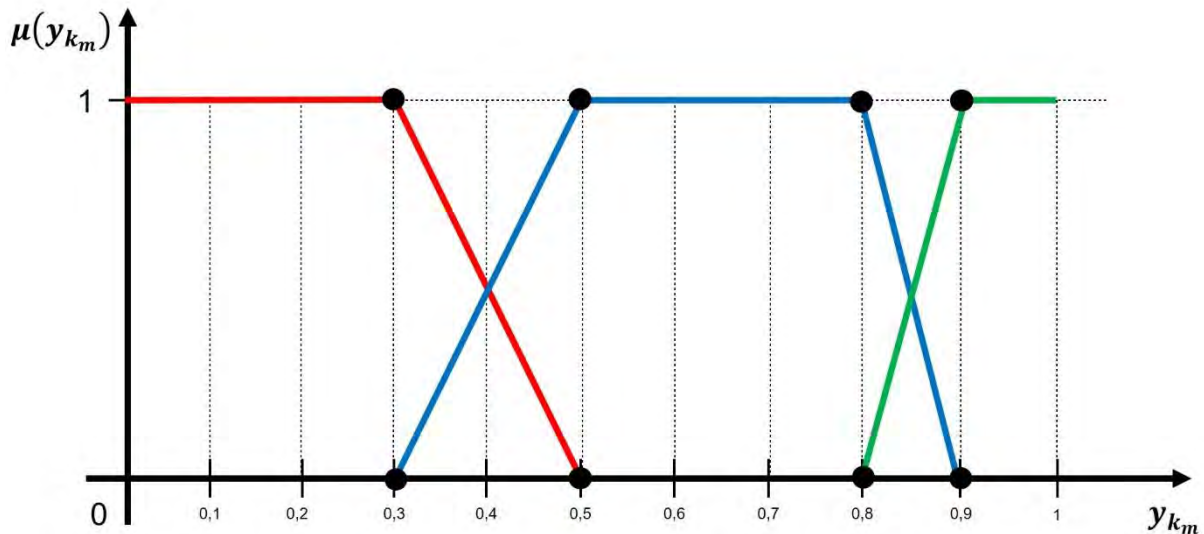
Matematički zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_3)$  za neizrazite skupove u podintervalu  $tg_{TA_g} < x_3 < t_{TA_g}$  se formalno mogu zapisati na način prikazan u tablici 3.6. uz prilagodbu vrijednosti ulazne varijable intervalu na način da je  $x_3 \rightarrow x_3^* = x_3 - tg_{TA_g}$ , odnosno uz vrijednost promatranog intervala  $t_{int} = t_{TA_g} - tg_{TA_g}$ .

Tablica 3.6. Formalni zapis funkcija pripadnosti  $\mu(x_3)$  za podinterval  $tg_{TA_g} < x_3 < t_{TA_g}$

| Interval             | Neizraziti skup 1                             | Neizraziti skup 2                             | Neizraziti skup 3                            |
|----------------------|---|---|--|
| $tg_{TA_g}$ do $X_8$ | -   | -   | $\mu(x_3^*) = 1$                             |
| $X_8$ do $X_9$       | -   | $\mu(x_3^*) = \frac{x_3^*}{0,2t_{int}} - 0,5$ | $\mu(x_3^*) = \frac{-x_3^*}{0,1t_{int}} + 2$ |
| $X_9$ do $X_{10}$    | -   | $\mu(x_3^*) = \frac{x_3^*}{0,2t_{int}} - 0,5$ | -  |
| $X_{10}$ do $X_{11}$ | -   | $\mu(x_3^*) = 1$                              | -  |
| $X_{11}$ do $X_{12}$ | -   | $\mu(x_3^*) = \frac{-x_3^*}{0,2t_{int}} + 4$  | -  |
| $X_{12}$ do $X_{13}$ | $\mu(x_3^*) = \frac{x_3^*}{0,2t_{int}} - 3,5$ | $\mu(x_3^*) = \frac{-x_3^*}{0,2t_{int}} + 4$  | -  |
| $X_{13}$ do $X_{14}$ | $\mu(x_3^*) = \frac{x_3^*}{0,2t_{int}} - 3,5$ | -   | -  |
| $X_{14}$ do $t_{zi}$ | $\mu(x_3^*) = 1$                              | -   | -  |

• Izlazna varijabla  $y_{k_m}$

Na slici 3.11 prikazan je opis izlazne varijable  $y_{k_m}$  neizrazitim skupovima.



Slika 3.11. Opis izlazne varijable  $y_{k_m}$  neizrazitim skupovima

Izlazna varijabla  $y_{k_m}$  opisana je pomoću tri neizrazita skupa, jednog s linearno padajućom, drugoga s trapezoidnim i trećeg s linearno rastućom funkcijom pripadnosti. Na slici 3.6. oni su označeni različitim bojama, a sukladno tome prikazani skupovi se odnose na sljedeće:

- - promatrani koncept je slabo usvojen (skup  $S_{y_{k_m}}$ ),
- - promatrani koncept je dobro usvojen (skup  $D_{y_{k_m}}$ ),
- - promatrani koncept je izvrsno usvojen (skup  $I_{y_{k_m}}$ ).

S obzirom da se putem opisa izlazne varijable  $y_{k_i}$  provodi izračun ukupne usvojenosti pojedinog koncepta temeljem funkcija pripadnosti za ulazne varijable  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_3$ , ukupna postotna usvojenost koncepta se izračunava korištenjem pristupa vrijednosti težišta neizrazitih skupova za diskretne vrijednosti prema izrazu (10). Dobivena vrijednost izlazne funkcije  $y_{k_m}$  predstavlja usvojenost promatranog koncepta u skupu zadataka  $Z_{TA_g}$  povezanog s provjerom  $TA_g$ . Formalni zapis opisa izlazne varijable  $y_{k_m}$  prikazane na slici 3.10 po intervalima je opisan u tablici 3.7.

Tablica 3.7. Formalni zapis funkcija pripadnosti  $\mu(y_{k_m})$  po intervalima

| Interval                  | Neizraziti skup 1                          | Neizraziti skup 2                         | Neizraziti skup 3                       |
|---------------------------|--|---|---|
| $0 \leq y_{k_m} \leq 0,3$ | $\mu(y_{k_m}) = 1$                         | -   | -                                       |
| $0,3 < y_{k_m} \leq 0,5$  | $\mu(y_{k_m}) = \frac{-y_{k_m}}{20} + 2,5$ | $\mu(y_{k_m}) = \frac{y_{k_m}}{20} - 1,5$ | -                                       |
| $0,5 < y_{k_m} \leq 0,8$  | -  | $\mu(y_{k_m}) = 1$                        | -                                       |
| $0,8 < y_{k_m} \leq 0,9$  | -  | $\mu(y_{k_m}) = \frac{-y_{k_m}}{10} + 9$  | $\mu(y_{k_m}) = \frac{y_{k_m}}{10} - 8$ |
| $0,9 < y_{k_m} \leq 1$    | -  | -   | $\mu(y_{k_m}) = 1$                      |

- **Ako – onda pravila za povezivanje ulaznih s izlaznom varijablom u sustavu neizrazitog zaključivanja**

Izgrađeni neizraziti sustav zaključivanja ima tri ulazne ( $x_1, x_2$  i  $x_3$ ) i jednu izlaznu ( $y_{k_i}$ ) varijablu. Povezanost ulaznih s izlaznom varijablom definira se korištenjem *ako – onda* pravila koja zajedno predstavljaju neizrazitu asocijativnu memoriju sustava zaključivanja (eng. *fuzzy associative memory – FAM*).

U tablici 3.8. prikazana su pravila određena za izgrađeni neizraziti sustav zaključivanja uz korištenje navedenih oznaka.

Tablica 3.8. Pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja

| P  | $x_1$     | $x_2$     | $x_3$     | $y$           |
|----|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 1  | $M_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 2  | $S_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 3  | $V_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 4  | $M_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 5  | $S_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 6  | $V_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 7  | $M_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 8  | $S_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 9  | $V_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $V_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 10 | $M_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 11 | $S_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 12 | $V_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 13 | $M_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 14 | $S_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 15 | $V_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 16 | $M_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 17 | $S_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 18 | $V_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $S_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 19 | $M_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 20 | $S_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 21 | $V_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 22 | $M_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $S_{y_{km}}$  |
| 23 | $S_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 24 | $V_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $I_{y_{k_i}}$ |
| 25 | $M_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 26 | $S_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $D_{y_{km}}$  |
| 27 | $V_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $M_{x_3}$ | $I_{y_{k_m}}$ |

Primjeri pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja temeljem podataka prikazanih u tablici 3.7. su:

P1 – AKO (točan\_broj\_riješanih\_međurezultata je u skupu  $M_{x_1}$ ) I (broj\_riješanih\_zadataka je u skupu  $M_{x_2}$ ) I (vrijeme\_riješavanja\_zadatka je u skupu  $V_{x_3}$ ) ONDA (usvojenost\_koncepta\_je u skupu  $S_{y_{km}}$ )

P2 – AKO (točan\_broj\_riješanih\_međurezultata je u skupu  $S_{x_1}$ ) I (broj\_riješanih\_zadataka je u skupu  $M_{x_2}$ ) I (vrijeme\_riješavanja\_zadatka je u skupu  $V_{x_3}$ ) ONDA (usvojenost\_koncepta\_je u skupu  $S_{y_{km}}$ )

⋮

P27 – AKO (točan\_broj\_riješanih\_međurezultata je u skupu  $V_{x_1}$ ) I (broj\_riješanih\_zadataka je u skupu  $V_{x_2}$ ) I (vrijeme\_riješavanja\_zadatka je u skupu  $M_{x_3}$ ) ONDA (usvojenost\_koncepta\_je u skupu  $I_{y_{k_m}}$ )

Sustav neizrazitog zaključivanja kao izlaznu vrijednost daje informaciju o usvojenosti koncepta u intervalu  $y_{k_m} \in [0,1]$ . Opisanim se postupkom za svaki koncept

$k_m \in \mathbf{K}_{p_h}$  određuje vrijednost  $y_{k_m}$  koja predstavlja trenutnu razinu usvojenosti koncepta  $k_m$ . Informacija o usvojenosti konceptata temelj je za izračunavanje usvojenosti ishoda učenja. Sukladno povezanosti konceptata i ishoda učenja putem težinskih faktora  $t_{f_{k_m}}$  (opisanoj u potpoglavlju 3.1.) dobiveni rezultati predstavljaju ulazni podatak potreban za određivanje razine usvojenosti svih ishoda učenja  $i_n \in \mathbf{I}_{p_h}$  na predmetu  $p_h$ .

### 3.3.2.2. Formalni zapis modela studenta

Formalni zapis modela studenta temelji se na četiri dimenzije prikazane na slici 3.7., te detaljno opisane u prethodnom tekstu. Model studenta u sustavu se može opisati  $n$ -torkom  $(d_1, d_2, \dots, d_8, nz_{s_d TA_1}, nz_{s_d TA_2}, \dots, nz_{s_d TA_g}, t_{s_d TA_1}, t_{s_d TA_2}, \dots, t_{s_d TA_g}, ntm_{s_d TA_g}, rnz_{s_d TA_g}, nz_{s_d p_h}, rnz_{s_d p_h}, y_{k_1}, y_{k_2}, \dots, y_{k_m}, y_{i_1}, y_{i_2}, \dots, y_{i_n})$  pri čemu je:

- $d_1, d_2, \dots, d_8$  vrijednosti u vektorskom zapisu  $LS_{s_d}$  koje predstavljaju podudarnost sa stilovima učenja prema Felder & Silvermanovom modelu,  $d_1, \dots, d_8 \in [0,11]$ ,
- $nz_{s_d TA_1}, nz_{s_d TA_2}, \dots, nz_{s_d TA_g}$  ukupni brojevi zadataka koje je student  $s_d$  rješavao u provjerama  $TA_g$ ,
- $t_{s_d TA_1}, t_{s_d TA_2}, \dots, t_{s_d TA_g}$  ukupna vremena koja je student  $s_d$  utrošio za rješavanje zadataka u provjerama  $TA_g$ ,
- $ntm_{s_d TA_g}$  ukupni broj točno riješenih međurezultata u zadacima koje je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$ ,
- $rnz_{s_d TA_g}$  rang studenta  $s_d$  u odnosu na druge studente  $s_{p_h} \in \mathbf{S}_{p_h}$  prema ukupnom broju rješavanih zadataka  $nz_{s_d TA_g}$  u provjeri  $TA_g$ ,
- $nz_{s_d p_h}$  ukupni broj zadataka koje je student  $s_d$  rješavao na predmetu  $p_h$ ,
- $rnz_{s_d p_h}$  rang studenta  $s_d$  u odnosu na druge studente  $s_{p_h} \in \mathbf{S}_{p_h}$  prema ukupnom broju rješavanih zadataka  $nz_{s_d p_h}$  na razini predmeta  $p_h$ ,
- $y_{k_1}, y_{k_2}, \dots, y_{k_m}$  usvojenost konceptata  $k_m, k_m \in \mathbf{K}_{p_h}, y_{k_1} \dots y_{k_m} \in [0,1]$ ,
- $y_{i_1}, y_{i_2}, \dots, y_{i_n}$  usvojenost ishoda učenja  $i_n, i_n \in \mathbf{I}_{p_h}, y_{i_1} \dots y_{i_n} \in [0,1]$ .

## 3.4. Modul za izradu preporuka

Modul za izradu preporuka namijenjen je izradi preporuka studentima kao individualnim korisnicima sustava. Modul sadrži algoritme, pravila i parametre koji su potrebni za određivanje preporuka. Za svoj rad koristi podatke koji su pohranjeni u modelu domene, modelu aktivnosti i modelu studenta.

U sustavu se izrađuju ukupno tri vrste preporuka:

1. preporuka suradnika,
2. preporuka sljedećeg koraka u učenju
3. preporuka za povećanje motivacije,



Sve navedene vrste preporuka čine zajedničku cjelinu koja ima za cilj pružanje pomoći studentima u usvajanju ishoda učenja. Preporuka suradnika zasnovana je na preporučivanju temeljenom na sadržaju pri čemu se koristi sličnosti studenata po stilovima učenja.

Preostale dvije vrste preporuka zasnovane su na pristupu temeljenom na znanju. Ta je tehnika odabrana jer pruža mogućnost implementiranja ekspertnog znanja nastavnika, nužnog za pomoć studentima u usvajanju ishoda učenja. Tako sustav izrađuje preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini predmeta  $p_h$  i na razini provjere  $TA_g$  kako bi se studentima pomoglo da tijekom učenja usmjere svoju pozornost na aktivnosti koje će im pomoći u usvajanju ishoda učenja.

Preporuke za povećanje motivacije imaju za cilj poticanje studenata na daljnji rad te se generiraju korištenjem podatka o njihovom međusobnom odnosu po broju rješavanih zadataka na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$ . Povećanjem motiviranosti studenata za rad želi se postići usvajanje ishoda učenja na višoj razini.

U nastavku su za sve navedene vrste preporuka detaljno opisani njihova namjena, odabrana tehnika preporučivanja te način određivanja preporuke.

#### **3.4.1. Preporuka suradnika**

Namjena ove vrste preporuka je davanje informacije studentu o sličnosti po stilu učenja sa drugim studentima upisanim na isti predmet s ciljem povezivanja odgovarajućih suradnika za zajednički rad. Navedene informacije pomažu studentu da uspješnije provodi planirane aktivnosti učenja uz pretpostavku da usklađenost aktivnosti učenja sa stilovima učenja osigurava postizanje boljih rezultata učenja, a time i usvajanje ishoda učenja predmeta na višoj razini [Hasan i sur., 2021]. Iako su aktivnosti koje se putem sustava provode namijenjene individualnom radu studenata, ova vrsta preporuka potiče studente da po potrebi i u skladu s osobnim preferencijama potraže odgovarajuću pomoć kroz zajedničko učenje sa studentima koji su im po stilovima učenja slični.

Stilovi učenja se određuju prema Felder & Silvermanovom modelu koji je odabran zbog svoje posebnosti o razvrstavanju osoba u kombinacije različitih kategorija, na način koji je detaljno opisan u potpoglavlju 2.2.1. Podaci o preferencijama stilova učenja za svakog se studenta zapisuju u modelu studenta.

Ulazni podaci koji se koriste za izradu ove vrste preporuka u modelu studenta su prikazani vektorom  $LS_{s_d}$ . Za svakog se studenta vrijednosti određuju korištenjem *online* upitnika te ih student samostalno unosi u sustav. Temeljem unesenih vrijednosti u sustavu se izrađuje popis studenata po sličnosti po stilovima učenja koji je kontinuirano dostupan svakom studentu, te se studenti po potrebi na njega mogu vraćati. Također, u preporuci sljedećeg koraka u učenju koriste se podaci o sličnosti po stilu učenja s drugim studentima u slučajevima kada se studentu preporuča zajednički rad kao oblik učenja.

### 3.4.1.1. Tehnika preporučivanja i formalni zapis problema

Tehnika preporučivanja odabrana za izradu ove vrste preporuke je pristup preporučivanja temeljenog na sadržaju. Osnovna prednost ovog pristupa dolazi do izražaja kada su poznati svi podaci koji se prilikom određivanja funkcije korisnosti za promatranog studenta koriste. S obzirom da su za sve studente ovi podaci uniformirani, navedena se prednost pristupa izradi preporuka može uspješno iskoristiti.

Formalno se problem izrade ove vrste preporuka može zapisati na sljedeći način. Neka je  $s_d, s_v \in \mathcal{S}_{p_h}$  student kojemu će se za mogućnost zajedničkog rada preporučiti studenti  $s_v$  koji pripadaju skupu  $\mathcal{S}_{p_h}$  (uz uvjet da je  $d \neq v$ ) temeljem sličnosti po stilovima učenja. Sukladno podacima o stilovima učenja pohranjenim u modelu studenta, svaki student  $s_d$  se za potrebe određivanja sličnosti s drugim studentima opisuje u obliku jednodimenzionalnog vektora koji sadrži osam vrijednosti:

$$\begin{aligned} LS_{s_1} &= [d_{1_1}, d_{2_1}, \dots, d_{8_1}] \\ LS_{s_2} &= [d_{1_2}, d_{2_2}, \dots, d_{8_2}] \\ &\vdots \\ LS_{s_{|\mathcal{S}_{p_h}|}} &= [d_{1_d}, d_{2_d}, \dots, d_{8_d}] \end{aligned} \quad (26)$$

Neka je  $f_{PS}$  funkcija korisnosti  $f_{PS}: LS_{s_d} \times LS_{s_v} \rightarrow [0,1]$ . Za promatranog studenta  $s_d$  određuju se rezultati funkcije korisnosti  $f_{PS}$  u odnosu na sve ostale studente koji su upisani na predmet  $p_h$ . Što je vrijednost funkcije korisnosti  $f_{PS}$  bliža maksimalnoj vrijednosti, to je sličnost studenta  $s_d$  s promatranim drugim studentom  $s_v$  veća.

Za određivanje vrijednosti funkcije korisnosti  $f_{PS}$  koristi se kosinusna sličnost dvaju vektora (eng. *cosine similarity*) [Adilaksa & Musdholifah, 2021]. Kosinusna sličnost, koja predstavlja vrijednost funkcije korisnosti  $f_{PS}$ , za dva vektora  $LS_{s_d} = [d_{1_d}, d_{2_d}, \dots, d_{8_d}]$  i  $LS_{s_v} = [d_{1_v}, d_{2_v}, \dots, d_{8_v}]$  određuje se pomoću sljedeće formule:

$$\text{sim}(LS_{s_d}, LS_{s_v}) = \frac{LS_{s_d} \cdot LS_{s_v}}{\|LS_{s_d}\| \cdot \|LS_{s_v}\|} \quad (27)$$

pri čemu je:  $LS_{s_d} \cdot LS_{s_v} = \sum_{k=1}^8 (d_{k_d} \cdot d_{k_v})$ ,

$$\|LS_{s_d}\| = \sqrt{d_{1_d}^2 + d_{2_d}^2 + \dots + d_{8_d}^2},$$

$$\|LS_{s_v}\| = \sqrt{d_{1_v}^2 + d_{2_v}^2 + \dots + d_{8_v}^2}.$$

Odabirom kosinusne sličnosti kao metode za usporedbu vektorskih zapisa kojim su stilovi učenja studenata prikazani u modelu studenta smanjuje se potreba za provođenjem složenijih preračunavanja dobivenih vrijednosti što omogućava brži rad sustava. Dobivene vrijednosti funkcija korisnosti za parove  $(LS_{s_d}, LS_{s_v})$  predstavljaju mjeru sličnosti između ta dva studenta.

Kao što je navedeno u potpoglavlju 2.1.4.2., prilikom korištenja preporučivanja temeljenog na sadržaju mogu se pojaviti i određeni problemi. Zbog posebnosti sadržaja koji se preporučuje (sličnost s drugim korisnicima), može se pojaviti problem hladnog starta. Naime, da bi se proveo postupak određivanja sličnosti promatranog

studenta s drugim studentima upisanim na predmet, neophodno je da veći broj studenata unese podatke o svojem stilu učenja u sustav. Navedeni se problem može riješiti na način da se u sustavu definira minimalan broj zapisa o stilovima učenja studenata (u provedenom istraživanju je određeno da je minimum 5 zapisa) koji moraju biti uneseni prije određivanja sličnosti između studenata.

### 3.4.1.2. Određivanje preporuka

Dobivene vrijednosti funkcija korisnosti  $f_{PS}$  upotrebljavaju se za izradu liste preporučenih suradnika koja sadrži podatke o imenima i prezimenima te sličnostima studenta  $s_d$  sa svim drugim studentima  $s_v$  upisanim na promatrani predmet  $p_h$ . Dobivena se lista sortira od većih prema manjim vrijednostima, u što za cilj ima preporučivanje najslabijih studenata. Za potrebe izrade ove vrste preporuka iz izrađene liste se koristi prvih 10 rezultata. Uvedeno ograničenje broja prikazanih rezultata za svakog studenta osigurava preglednost izrađene preporuke.

S obzirom da su dobiveni rezultati u listi u intervalu  $[0,1]$  dobivene se vrijednosti za potrebe prikaza u tekstu preporuke pretvaraju u oblik postotka, pri čemu su granice intervala redom pretvaraju u  $0 \rightarrow 0\%$  odnosno  $1 \rightarrow 100\%$  sličnosti.

Pri izradi ove vrste preporuka koristi se Algoritam 1.

---

#### Algoritam 1: Preporuka suradnika

---

**Ulaz:** stilovi učenja  $LS_{S_v}$  studenata  $s_v$ ,  $s_v \in S_{p_h}$ , broj studenata koji su unijeli podatke o stilu učenja u sustav  $br_{stud}$ , student  $s_d$  za kojega se određuju sličnosti po stilu učenja

**Izlaz:** lista studenata posložena po sličnosti sa studentom  $s_d$  od veće prema manjoj vrijednosti, vrijednost sličnosti  $sim_{s_v}$  izražena u postotnom obliku, tekst preporuke

---

ako je  $br_{stud} < 5$

ispiši "Premali broj podataka za određivanje sličnosti."

inače

za sve studente  $s_v \in S_{p_h}$ , uz uvjet  $d \neq v$

odredi sličnost po stilu učenja  $sim_{s_v}$  u odnosu na studenta  $s_d$

sortiraj vrijednosti  $sim_{s_v}$  počevši od najveće vrijednosti

u listu pridruži 10 najslabijih studenata  $s_v$  prema vrijednosti sličnosti  $sim_{s_v}$

ispiši listu s imenima i vrijednostima sličnosti  $sim_{s_v}$  uz popratni tekst

---

Tekstualni prikaz ove vrste preporuka ima sljedeći oblik:

*U skladu s podacima o stilovima učenja studentica i studenata na predmetu, u nastavku je prikazana lista Vaših kolegica i kolega koji su Vam po stilovima učenja najslabiji, kao i postotna sličnost po stilu učenja između Vas i njih:*

<Student\_1>: Sličnost s Vašim stilom učenja je < $sim_{s_1}$ > %

<Student\_2>: Sličnost s Vašim stilom učenja je < $sim_{s_2}$ > %

.....

<Student\_n>: Sličnost s Vašim stilom učenja je < $sim_{s_v}$ > %

*Predlažemo Vam da u skladu s podacima o sličnosti Vašeg stila učenja sa stilovima učenja drugih studentica i studenata planirate zajednički rad tijekom semestra. Zajednički rad s osobom koja Vam je po stilu učenja slična omogućiti će brže postizanje željenih rezultata učenja te usvajanje ishoda učenja na višoj razini.*

pri čemu se na poziciji  $\langle Student\_n \rangle$  ispisuje ime i prezime studenta, a na poziciji  $\langle sim_{s_v} \rangle$  dobivena vrijednost sličnosti izražena u obliku postotka.

### 3.4.2. Preporuka sljedećeg koraka u učenju

Namjena ove vrste preporuka je preporučivanje sljedećeg koraka u učenju na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$ . Osnovna razlika između navedenih razina je u sveobuhvatnom pružanju podrške studentu na razini predmeta odnosno fokusiranom prikazu za ciljani dio sadržaja predmeta na razini provjere. Navedenim se pristupom studentima kontinuirano pružaju informacije o aktivnostima u učenju koje im mogu pomoći u usvajanju ishoda učenja temeljem rezultata koje su ostvarili rješavajući zadatke u sustavu. Temeljem tih rezultata sustav provodi vrednovanje ishoda učenja za svakog pojedinog studenta te im kontinuirano uz tekst ove vrste preporuka na razini predmeta  $p_h$ , daje i grafički prikaz informacija o razini na kojoj su do tog trenutka usvojili ishode učenja određene na razini predmeta  $p_h$ .

Ulazni podaci koji se koriste za izradu ove vrste preporuka u sustavu su pohranjeni u modelu domene, modelu aktivnosti te modelu studenta. Iz modela domene koriste se podaci o ishodima učenja  $i_n$  određenim za predmet  $p_h$ . Iz modela aktivnosti koriste se podaci o pripadnosti zadataka  $z_a$  provjeri  $TA_g$  (skup  $Z_{TA_g}$ ) te povezanosti međurezultata  $m_r$  i koncepata  $k_m$  u tim zadacima (skup  $M_{z_a}$ ). Korišteni podaci iz modela studenta ( $ntm_{s_dTA_g}, nz_{s_dTA_1} \dots nz_{s_dTA_g}$ ) obuhvaćeni su dimenzijom koja se odnosi na uspješnost u rješavanju zadataka te se u sustavu prikupljaju implicitno, tj. praćenjem aktivnosti studenta.

#### 3.4.2.1. Tehnika preporučivanja i formalni zapis problema

Tehnika preporučivanja odabrana za izradu ove vrste preporuka je pristup temeljen na znanju. S ciljem implementacije izgrađen je neizraziti sustav zaključivanja u kojem je korištenjem *ako – onda* pravila i opisa ulaznih odnosno izlazne varijable neizrazitim skupovima modelirano znanje za izradu preporuka. Neizrazita logika kao temelj algoritma korištenog za izradu ove vrste preporuka omogućava ugradnju ekspertnog znanja i iskustva nastavnika u postupak određivanja preporuke sljedećeg koraka u učenju. Osnovna prednost koja se odabranim pristupom postiže je mogućnost sustava da već nakon rješavanja prvog zadatka (kada sustav još nije mogao prikupiti značajnu količinu podataka o studentu) temeljem modeliranog znanja i iskustva nastavnika u neizrazitom sustavu zaključivanja, generira odgovarajuću preporuku svakom studentu.

Formalno se problem izrade ove vrste preporuka, korištenjem izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja opisanog u nastavku, može zapisati na sljedeći

način. Neka je  $s_d, s_d \in \mathcal{S}_{p_h}$ , student za kojega se određuje preporuka i za koga su podaci o broju točno riješenih međurezultata  $x_1$  odnosno broju rješavanih zadataka  $x_2$  pohranjeni u modelu studenta. Neka je  $f_{SK}$  funkcija korisnosti  $f_{SK}: x_1 \times x_2 \rightarrow [0,1]$ . Korištenjem izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja određuje se rezultat funkcije korisnosti  $f_{SK}$  za studenta  $s_d$  temeljem kojega se utvrđuje preporuka odnosno optimalni sljedeći korak u učenju. Neizraziti sustav zaključivanja korišten za izradu ove preporuke sadrži dvije ulazne i jednu izlaznu varijablu. Ulazna varijabla  $x_1$  opisana je neizrazitim skupovima prikazanim na slici 3.8. te se funkcija pripadnosti  $\mu(x_1)$  za ulaznu varijablu  $x_1$  određuje u skladu s formalnim zapisima navedenim po intervalima u tablici 3.2. Ulazna varijabla  $x_2$  opisana je neizrazitim skupovima prikazanim na slici 3.9. te se funkcija pripadnosti  $\mu(x_2)$  za ulaznu varijablu  $x_2$  određuje uvažavajući izraze (22) odnosno (23) u skladu s formalnim zapisima navedenim po intervalima u tablici 3.3.

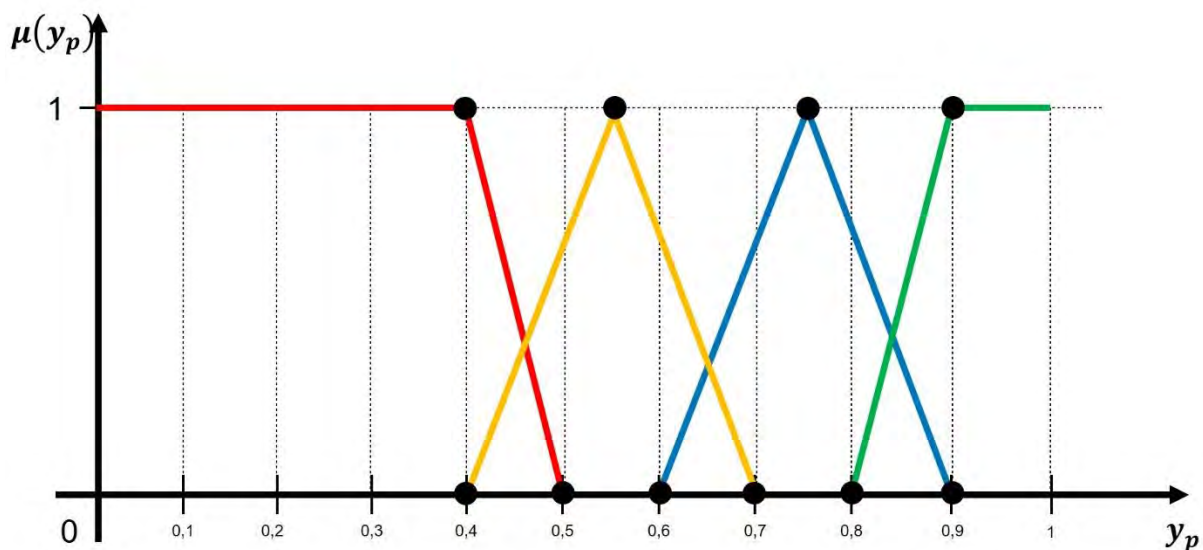
S obzirom da se isti neizraziti sustav zaključivanja koristi za izradu preporuke sljedećeg koraka i na razini predmeta  $p_h$  i na razini provjere  $TA_g$ , vrijednost varijabli  $x_{1_{max}}$  i  $x_1$  odnosno  $x_{2_{max}}$  i  $x_2$  određuje se na razini predmeta  $p_h$  na sljedeći način:

- varijabla  $x_{1_{max}}$  odgovara ukupnom broju međurezultata u svim zadacima koje je student rješavao u svim provjerama  $TA_g$  kojima je do trenutka određivanja preporuke pristupio,
- varijabla  $x_1$  odgovara ukupnom broju točno riješenih međurezultata u svim zadacima koje je student rješavao u svim provjerama  $TA_g$  kojima je do trenutka određivanja preporuke pristupio,
- varijabla  $x_{2_{max}}$  odgovara zbroju ukupnog broja različitih zadataka koje je student mogao rješavati u svim provjerama  $TA_g$  kojima je do trenutka određivanja preporuke pristupio,
- varijabla  $x_2$  odgovara ukupnom broju zadataka koje je student rješavao u svim provjerama  $TA_g$  kojima je do trenutka određivanja preporuke pristupio uz uvažavanje izraza (23) i (24),

a na razini provjere  $TA_g$  na sljedeći način:

- varijabla  $x_{1_{max}}$  odgovara ukupnom broju međurezultata u svim zadacima koje je student rješavao u promatranoj provjeri  $TA_g$ ,
- varijabla  $x_1$  odgovara ukupnom broju točno riješenih međurezultata u svim zadacima koje je student rješavao u promatranoj provjeri  $TA_g$ ,
- varijabla  $x_{2_{max}}$  odgovara zbroju ukupnog broja različitih zadataka koje je student mogao rješavati u promatranoj provjeri  $TA_g$ ,
- varijabla  $x_2$  odgovara ukupnom broju zadataka koje je student rješavao u promatranoj provjeri  $TA_g$  uz uvažavanje izraza (23) i (24).

Izlazna varijabla  $y_p$  neizrazitog sustava zaključivanja predstavlja rezultat funkcije korisnosti  $f_{SK}$  za studenta  $s_d$ . Opis izlazne varijable  $y_p$  neizrazitim skupovima u izgrađenom neizrazitom sustavu zaključivanja prikazan je na slici 3.12.



Slika 3.12. Opis izlazne varijable  $y_p$  neizrazitim skupovima

Izlazna varijabla  $y_p$  opisana je pomoću četiri neizrazita skupa, jednog s linearno padajućom, dva s trokutnim i jednog s linearno rastućom funkcijom pripadnosti. Na slici 3.12. oni su označeni različitim bojama, a sukladno tome prikazani skupovi se odnose na sljedeće:

- - rezultat je neprihvatljiv (skup  $N_{y_p}$ ),
- - rezultat je prihvatljiv (skup  $P_{y_p}$ ),
- - rezultat je dobar (skup  $D_{y_p}$ ),
- - rezultat je izvrstan (skup  $I_{y_p}$ ).

Opis izlazne varijable  $y_p$  navedenim neizrazitim skupovima provodi nastavnik temeljem vlastitog iskustva i znanja. U navedenom je slučaju opis proveden korištenjem četiri neizrazita skupa čime se postigla veća preciznost za dobivanje ukupnog rezultata. Naime, ulazne varijable  $x_1$  odnosno  $x_2$  tijekom rada studenata sa sustavom mogu poprimiti vrijednosti koje su na različitim krajevima spektra u njihovom opisu (npr. ulazna varijabla  $x_1 \in \mathbf{M}_{x_1}$ , a ulazna varijabla  $x_2 \in \mathbf{V}_{x_2}$ ). U takvim će slučajevima opis izlazne varijable  $y_p$  na opisani način osigurati adekvatno određivanje njezine vrijednosti, a time i preporuke sljedećeg koraka u učenju koja će se prikazati promatranom studentu.

Za izračun izlazne vrijednosti sustava neizrazitog zaključivanja  $y_p$ , koristi se izraz (10). Formalni zapis opisa izlazne varijable  $y_p$  prikazane na slici 3.12. po intervalima je opisan u tablici 3.9.

Tablica 3.9. Formalni zapis funkcija pripadnosti  $\mu(y_p)$  po intervalima

| Interval              | Neizraziti skup 1                | Neizraziti skup 2                   | Neizraziti skup 3                | Neizraziti skup 4               |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| $0 \leq y_p \leq 0,4$ | $\mu(y_p) = 1$                   | -                                   | -                                | -                               |
| $0,4 < y_p \leq 0,5$  | $\mu(y_p) = \frac{-y_p}{10} + 5$ | $\mu(y_p) = \frac{y_p}{15} - 2,67$  | -                                | -                               |
| $0,5 < y_p < 0,55$    | -                                | $\mu(y_p) = \frac{y_p}{15} - 2,67$  | -                                | -                               |
| $y_p = 0,55$          | -                                | $\mu(y_p) = 1$                      | -                                | -                               |
| $0,55 < y_p \leq 0,6$ | -                                | $\mu(y_p) = \frac{-y_p}{15} + 4,67$ | -                                | -                               |
| $0,6 < y_p \leq 0,7$  | -                                | $\mu(y_p) = \frac{-y_p}{15} + 4,67$ | $\mu(y_p) = \frac{y_p}{15} - 4$  | -                               |
| $0,7 < y_p < 0,75$    | -                                | -                                   | $\mu(y_p) = \frac{y_p}{15} - 4$  | -                               |
| $y_p = 0,75$          | -                                | -                                   | $(y_p) = 1$                      | -                               |
| $0,75 < y_p \leq 0,8$ | -                                | -                                   | $\mu(y_p) = \frac{-y_p}{15} + 6$ | -                               |
| $0,8 < y_p \leq 0,9$  | -                                | -                                   | $\mu(y_p) = \frac{-y_p}{15} + 6$ | $\mu(y_p) = \frac{y_p}{10} - 8$ |
| $0,9 < y \leq 1$      | -                                | -                                   | -                                | $\mu(y_p) = 1$                  |

Povezanost ulaznih varijabli  $x_1$  i  $x_2$  s izlaznom varijablom  $y_p$  definiran je ako – onda pravilima koje zajedno čine FEM neizrazitog sustava zaključivanja. U tablici 3.10. prikazana su pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja za generiranje individualiziranih preporuka korištenjem skraćenica za odgovarajuće neizrazite skupove.

Tablica 3.10. Pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja

| P | $x_1$     | $x_2$     | $y_p$     |
|---|-----------|-----------|-----------|
| 1 | $M_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $N_{y_p}$ |
| 2 | $S_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $P_{y_p}$ |
| 3 | $V_{x_1}$ | $M_{x_2}$ | $P_{y_p}$ |
| 4 | $M_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $N_{y_p}$ |
| 5 | $S_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $P_{y_p}$ |
| 6 | $V_{x_1}$ | $S_{x_2}$ | $D_{y_p}$ |
| 7 | $M_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $N_{y_p}$ |
| 8 | $S_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $D_{y_p}$ |
| 9 | $V_{x_1}$ | $V_{x_2}$ | $I_{y_p}$ |

Primjeri pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja temeljem podataka prikazanih u tablici 3.10. su:

P1 – AKO (točan\_broj\_riješanih\_međurezultata je u skupu  $M_{x_1}$ ) AND (broj\_riješanih\_zadataka je u skupu  $M_{x_2}$ ) ONDA (rezultat je u skupu  $N_{y_p}$ )

P2 – AKO (točan\_broj\_riješanih\_međurezultata je u skupu  $S_{x_1}$ ) AND (broj\_riješanih\_zadataka u skupu  $M_{x_2}$ ) ONDA (rezultat je u skupu  $P_{y_p}$ )

⋮

P9 – AKO (točan\_broj\_riješanih\_međurezultata je u skupu  $V_{x_1}$ ) AND (broj\_riješanih\_zadataka je u skupu  $V_{x_2}$ ) ONDA (rezultat je u skupu  $I_{y_p}$ )

Korištenjem prikazanih *ako – onda* pravila neizraziti sustav zaključivanja kroz defuzifikaciju daje jednoznačnu vrijednost izlazne varijable u intervalu  $y_p \in [0, 1]$ . S obzirom na dobivenu vrijednost izlazne varijable  $y_p$  za studenta  $s_d$  se izrađuje individualizirana preporuka o sljedećem koraku u učenju.

### 3.4.2.2. Određivanje preporuka i njihov tekstualni prikaz

Temeljem dobivene vrijednosti izlazne varijable  $y_p$  za studenta  $s_d$  se određuje i ispisuje odgovarajuća preporuka. S obzirom da se preporuke sljedećeg koraka u učenju generiraju na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$ , njihov tekstualni prikaz se razlikuje. Ipak, tekst preporuka je na obje razine koncipiran na način da osim u slučaju kada su studenti usvojili koncepte i ishode učenja na najvišoj razini, preporuka u sebi sadrži dvije moguće opcije sljedećeg koraka u učenju (ukupno su moguće četiri opcije: zajednički rad, proučavanje materijala za učenje, dodatno rješavanje zadataka u promatranom sadržaju odnosno prelazak na nove sadržaje). Ovaj je pristup odabran s ciljem da se dodatno uvažavaju posebnosti u učenju svakog pojedinog studenta koji onda ima mogućnost odabrati opciju koja mu više odgovara prema osobnim preferencijama.

U prikazanim algoritmima varijabla *<točnost>* može imati jednu od sljedećih vrijednosti: *loša, slaba, prihvatljiva, zadovoljavajuća* odnosno *izvrсна*, dok varijabla *<broj\_zadataka>* može imati jednu od sljedećih vrijednosti: *minimalan, malen, prihvatljiv, dobar* odnosno *zadovoljavajući*. U tablici 3.11. prikazane su povezanosti navedenih tekstualnih vrijednosti s intervalima u opisu ulaznih varijabli  $x_1$  i  $x_2$ .

Tablica 3.11. Tekstualne vrijednosti ulaznih varijabli  $x_1$  i  $x_2$  po intervalima

| Granice intervala (ulazna varijabla $x_1$ ) | <i>&lt;točnost&gt;</i> | Granice intervala (ulazna varijabla $x_2$ ) | <i>&lt;broj_zadataka&gt;</i> |
|---|------------------------|---|------------------------------|
| $0 < x_1 \leq 0,39x_{1max}$                 | loša                   | $0 < x_2 \leq 0,19x_{2max}$                 | minimalan                    |
| $0,4x_{1max} < x_1 \leq 0,49x_{1max}$       | slaba                  | $0,2x_{2max} < x_2 < 0,39x_{2max}$          | malen                        |
| $0,5x_{1max} < x_1 \leq 0,69x_{1max}$       | prihvatljiva           | $0,4x_{2max} \leq x_2 \leq 0,69x_{2max}$    | prihvatljiv                  |
| $0,7x_{1max} < x_1 \leq 0,89x_{1max}$       | zadovoljavajuća        | $0,7x_{2max} < x_2 < 0,89x_{2max}$          | dobar                        |
| $0,9x_{1max} < x_1 \leq x_{1max}$           | izvrсна                | $0,9x_{2max} \leq x_2 \leq x_{2max}$        | zadovoljavajući              |



Pri izradi ove vrste preporuka na razini provjere  $TA_g$  koristi se Algoritam 2.

---

### Algoritam 2: Preporuka sljedećeg koraka u učenju (razina provjere $TA_g$ )

---

**Ulaz:** skup međurezultata  $M_{z_a}$  u zadacima  $z_a, z_a \in Z_{p_h}$  koje je studenta  $S_d$  rješavao, broj točno riješenih međurezultata  $ntm_{TA_g}$  u rješavanim zadacima  $z_a, z_a \in Z_{p_h}$  za studenta  $S_d$ , skup zadataka  $Z_{TA_g}$  pripremljen za rješavanje u provjeri  $TA_g$ , broj rješavanih zadataka  $nz_{TA_g}$  u provjeri  $TA_g$  za studenta  $S_d$

**Izlaz:** vrijednost izlazne varijable <točnost>, vrijednost izlazne varijable <broj\_zadataka>, tekst preporuke <preporuka1\_provjera>

---

postavi inicijalne vrijednosti varijabli  $x_1, x_{1max}, x_2$  i  $x_{2max}$  na vrijednost 0

za svaki zadatak  $z_a, z_a \in Z_{TA_g}$  koji je student  $s_d$  rješavao u provjeri  $TA_g$

odredi kardinalni broj skupa  $M_{z_a}$  i pribroji ga trenutnoj vrijednosti varijable  $x_{1max}$   
 pridruži vrijednost  $ntm_{TA_g}$  varijabli  $x_1$

odredi kardinalni broj skupa  $Z_{TA_g}$  i pridruži vrijednost varijabli  $x_{2max}$

pridruži vrijednost  $nz_{TA_g}$  varijabli  $x_2$

ako je  $x_2 > x_{2max}$

vrijednost varijable  $x_2$  izjednači s vrijednosti varijable  $x_{2max}$

odredi vrijednost funkcije pripadnosti  $\mu(x_1)$

odredi vrijednost funkcije pripadnosti  $\mu(x_2)$

odredi vrijednost izlazne varijable  $y_p$  korištenjem *ako-onda* pravila neizrazitog sustava zaključivanja u ovisnosti o vrijednosti  $x_1$  pridruži varijabli <točnost> odgovarajuću vrijednost

u ovisnosti o vrijednosti  $x_2$  pridruži varijabli <broj\_zadataka> odgovarajuću vrijednost

ispiši tekst preporuke s umetnutim vrijednostima varijabli <točnost> i <broj\_zadataka> i tekstom <preporuka1\_provjera> u ovisnosti o vrijednosti varijable  $y_p$

---

Tekst preporuke ciljnom studentu ovisi o vrijednosti izlazne varijable  $y_p$  dobivene korištenjem izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja. U tablici 3.12. prikazana su pravila za generiranje teksta <preporuka1\_provjera> na razini provjere  $TA_g$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$ .

Tablica 3.12. Pravila za generiranje teksta u preporuci sljedećeg koraka u učenju na razini provjere  $TA_g$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$

| Interval<br>(određuje nastavnik temeljem vlastitog iskustva i znanja) | Zajednički rad | Materijali za učenje | Dodatno rješavanje zadataka | Prelazak na nove zadatke |
|---|----------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $0,00 < y_p < 0,49$   | ✓              | ✓                    | -                           | -                        |
| $0,50 < y_p < 0,69$   | -              | ✓                    | ✓                           | -                        |
| $0,70 < y_p < 0,89$   | -              | -                    | ✓                           | ✓                        |
| $0,90 \leq y_p \leq 1,00$   | -              | -                    | -                           | ✓                        |

Tekstualni prikaz preporuka na razini provjere  $TA_g$  ima sljedeći oblik:

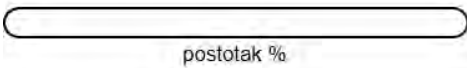
*Točnost Vašeg rješavanja temeljem do sada rješavanih zadataka u ovoj provjeri je <točnost>. Ukupan broj zadataka koje ste do sada rješavali u ovoj provjeri je <broj\_zadataka> ( $n_{z_{sd}TA_g}$ ). <preporuka1\_provjera>.*

U tablici 3.13. prikazani su tekstovi preporuka koje se prikazuju studentima na razini provjere  $TA_g$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$ .

Tablica 3.13. Tekst preporuka o sljedećem koraku u učenju na razini provjere  $TA_g$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$

| Interval                  | Tekst preporuke <preporuka1_provjera>   |
|---------------------------|---|
| $0,00 < y_p < 0,49$       | <p>Vaši dosadašnji rezultati rješavanja zadataka u ovoj provjeri ukazuju <b>da niste na dovoljnoj razini usvojili koncepte</b> povezane sa zadacima u ovoj provjeri. Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u ovoj provjeri predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>zajedno s nekim od kolegica i kolega</b> koji su Vam slični po stilu učenja (popis potencijalnih suradnika možete vidjeti odabirom linka Moj stil učenja) <b>prođite kroz sadržaje</b> koje obuhvaćaju zadaci u ovoj provjeri. Zajednički rad Vam može pomoći u usvajanju koncepata odnosno ishoda učenja,</li> <li>2) <b>samostalno ponovite sadržaje koristeći pisane materijale u PDF formatu dostupne uz koncepte</b> prije daljnjeg rješavanja zadataka kako biste pokušali uspješno savladati koncepte.</li> </ol> |
| $0,50 < y_p < 0,69$       | <p>Vaši dosadašnji rezultati rješavanja zadataka u ovoj provjeri ukazuju <b>da je potreban dodatni rad kako biste usvojili koncepte</b> povezane sa zadacima u ovoj provjeri. Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u ovoj provjeri predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>samostalno ponovite sadržaje koristeći pisane materijale u PDF formatu dostupne uz koncepte</b> prije daljnjeg rješavanja zadataka kako biste pokušali uspješno savladati koncepte,</li> <li>2) <b>riješite još zadataka</b> kako biste dodatno potvrdili odnosno poboljšali usvojenost koncepata i usvojenost ishoda učenja na zadovoljavajućoj razini.</li> </ol>   |
| $0,70 < y_p < 0,89$       | <p>Vaši dosadašnji rezultati rješavanja zadataka u ovoj provjeri ukazuju <b>da ste na prihvatljivoj razini usvojili koncepte</b> povezane sa zadacima u ovoj provjeri. Kako biste bili još uspješniji u rješavanju zadataka u ovoj provjeri predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>riješite još zadataka</b> kako biste dodatno potvrdili odnosno poboljšali usvojenost koncepata i usvojenost ishoda učenja na zadovoljavajućoj razini,</li> <li>2) <b>ukoliko ste osobno zadovoljni postignutim rezultatima prijedete na rješavanje drugog skupa zadataka.</b></li> </ol>   |
| $0,90 \leq y_p \leq 1,00$ | <p>Čestitamo, Vaši dosadašnji rezultati ukazuju <b>da ste usvojili koncepte</b> povezane sa zadacima u ovoj provjeri. Želimo Vam da i u svladavanju preostalih sadržaja i usvajanju svih koncepata i ishoda učenja budete barem ovoliko uspješni.</p>   |

Uz tekstualni dio preporuke sustav studentu prikazuje i grafičku komponentu preporuke sljedećeg koraka u učenju korištenjem progresnih traka (eng. *progressbar*) koje prikazuju trenutnu razinu usvojenosti koncepata povezanih sa zadacima u promatranoj provjeri  $TA_g$ . Progresna traka putem koje se prikazuje postotak usvojenosti  $y_{k_m} \in [0\%, 100\%]$  svakog pojedinog koncepta  $k_m$  prikazuje se u jednoj od četiri boje (crvena, žuta, plava odnosno zelena) koje dodatno sugeriraju studentu uspješnost u usvajanju promatranih koncepata. Intervali po kojima se mijenja boja progresne trake u grafičkom su prikazu usklađeni s intervalima izlazne varijable  $y_p$  prikazanim u tablicama 3.12. odnosno 3.13. Način prikaza grafičkog elementa preporuke prikazan je na slici 3.13.

| Koncept       | Postotak usvojenosti koncepta  | Materijali za učenje |
|---------------|--|----------------------|
| Koncept $k_m$ |  postotak % | Materijal.pdf        |

Slika 3.13. Prikaz grafičkog elementa preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini provjere  $TA_g$

Za izradu preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini predmeta  $p_h$  koristi se Algoritam 3.

---

### Algoritam 3: Preporuka sljedećeg koraka u učenju (razina predmeta $p_h$ )

---

**Ulaz:** skup međurezultata  $M_{z_a}$  u zadacima  $z_a, z_a \in Z_{p_h}$  koje je student  $s_d$  rješavao, broj točno riješenih međurezultata  $ntm_{TA_g}$  u rješavanim zadacima  $z_a, z_a \in Z_{p_h}$  za studenta  $s_d$ , skup zadataka  $Z_{TA_g}$  pripremljen za rješavanje u provjeri  $TA_g$ , broj rješavanih zadataka  $nz_{TA_g}$  u provjeri  $TA_g$  za studenta  $s_d$

**Izlaz:** ukupni broj zadataka  $nz_{s_d p_h}$  koje je student  $s_d$  rješavao na predmetu  $p_h$ , vrijednost izlazne varijable  $\langle točnost \rangle$ , vrijednost izlazne varijable  $\langle broj\_zadataka \rangle$ , tekst preporuke  $\langle preporuka1\_predmet \rangle$

---

postavi inicijalne vrijednosti varijabli  $x_1, x_{1_{max}}, x_2$  i  $x_{2_{max}}$  na vrijednost 0

za svaku provjeru  $TA_g$  u kojoj je student  $s_d$  rješavao zadatke

za svaki zadatak  $z_a, z_a \in Z_{TA_g}$  koji je student rješavao u provjeri  $TA_g$

odredi kardinalni broj skupa  $M_{z_a}$  i pribroji ga trenutnoj vrijednosti varijable  $x_{1_{max}}$

pribroji vrijednost  $ntm_{TA_g}$  trenutnoj vrijednosti varijable  $x_1$

odredi kardinalni broj skupa  $Z_{TA_g}$  i pribroji ga trenutnoj vrijednosti varijable  $x_{2_{max}}$

pribroji vrijednost  $nz_{TA_g}$  trenutnoj vrijednosti varijable  $x_2$

pridruži vrijednost varijable  $x_2$  varijabli  $nz_{s_d p_h}$

spremi vrijednost varijable  $nz_{s_d p_h}$  u model studenta

ako je  $x_2 > x_{2_{max}}$

vrijednost varijable  $x_2$  izjednači s vrijednosti varijable  $x_{2_{max}}$

---

---

odredi vrijednost funkcije pripadnosti  $\mu(x_1)$   
 odredi vrijednost funkcije pripadnosti  $\mu(x_2)$   
 odredi vrijednost izlazne varijable  $y_p$  korištenjem *ako-onda* pravila neizrazitog sustava zaključivanja u ovisnosti o vrijednosti  $x_1$  pridruži varijabli <točnost> odgovarajuću vrijednost  
 u ovisnosti o vrijednosti  $x_2$  pridruži varijabli <broj\_zadataka> odgovarajuću vrijednost  
 ispiši tekst preporuke s umetnutim vrijednostima varijabli <točnost> i <broj\_zadataka> i tekstem <preporuka1\_predmet> u ovisnosti o vrijednosti varijable  $y_p$

---

Tekstualni prikaz preporuka na razini predmeta  $p_h$  ima sljedeći oblik:

*Do sada ste od <br\_provjera\_predmet> provjera planiranih u skladu s izvedbenim planom predmeta pristupili rješavanju zadataka u <br\_provjera\_student> provjere. Točnost Vašeg rješavanja temeljem do sada rješavanih zadataka na predmetu je <točnost>. Ukupan broj zadataka koje ste do sada rješavali na predmetu je <broj\_zadataka> ( $nz_{sdph}$ ).  
 <preporuka1\_predmet>.*

Tekst odgovarajuće preporuke ovisi o vrijednosti izlazne varijable  $y_p$  dobivene korištenjem izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja. U tablici 3.14. prikazana su pravila za generiranje preporuka na razini predmeta  $p_h$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$ .

Tablica 3.14. Pravila za generiranje preporuka na razini predmeta  $p_h$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$

| Interval<br>(određuje nastavnik temeljem vlastitog iskustva i znanja) | Konzultacije s nastavnikom, zajednički rad sa suradnicima | Materijali s predavanja, dodatni materijali | Rješavanje zadataka u aktivnim provjerama | Uspješno usvojeni koncepti / ishodi učenja |
|---|---|---|---|--|
| $0,00 < y_p < 0,49$   | ✓   | ✓   | -   | -  |
| $0,50 < y_p < 0,69$   | -   | ✓   | ✓   | -  |
| $0,70 < y_p < 0,89$   | -   | -   | ✓   | ✓  |
| $0,90 \leq y_p \leq 1,00$   | -   | -   | -   | ✓  |

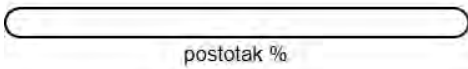
U tablici 3.15. prikazani su tekstovi preporuka koje se prikazuju studentima na razini predmeta  $p_h$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable  $y_p$ .

Tablica 3.15. Tekst preporuka o sljedećem koraku na razini predmeta  $p_h$  temeljem vrijednosti izlazne varijable  $y_p$

| Interval            | Tekst preporuke <preporuka1_predmet>  |
|---------------------|---|
| $0,00 < y_p < 0,49$ | Vaši dosadašnji rezultati ukazuju <b>da niste na dovoljnoj razini usvojili koncepte</b> potrebne za svladavanje sadržaja predmeta odnosno usvajanje ishoda učenja. Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u dostupnim provjerama te posljedično usvojili ishode učenja, predlažemo Vam sljedeće mogućnosti: |

|                           |  |
|---------------------------|--|
|                           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>obratite se za pomoć putem konzultacija predmetnom nastavniku ili nekom od kolegica/kolega</b> koji su Vam je po stilu učenja slični (popis potencijalnih suradnika možete vidjeti odabirom linka Moj stil učenja),</li> <li>2) <b>proučite dostupne materijale s predavanja</b> (zabilješke, prezentacije) kao i dodatne pripremljene materijale u PDF formatu, skripte i sl. kako biste pokušali savladati koncepte.</li> </ol>   |
| $0,50 < y_p < 0,69$       | <p>Vaši dosadašnji rezultati ukazuju <b>da je potreban dodatni rad kako biste usvojili koncepte</b> potrebne za svladavanje sadržaja predmeta odnosno usvajanje ishoda učenja. Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u dostupnim provjerama te posljedično usvojili ishode učenja, predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>proučite dostupne materijale s predavanja</b> (zabilješke, prezentacije) kao i dodatne pripremljene materijale u PDF formatu, skripte i sl. kako biste pokušali savladati koncepte,</li> <li>2) u provjerama koje su trenutno aktivne <b>pristupite rješavanju dodatnih zadataka</b> kako biste povećali Vašu točnost rješavanja.</li> </ol>  |
| $0,70 < y_p < 0,89$       | <p>Vaši dosadašnji rezultati ukazuju <b>da ste na prihvatljivoj razini usvojili koncepte</b> povezane s provjerama u kojima ste do sada rješavali zadatke. Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u dostupnim provjerama te posljedično usvojili ishode učenja, predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) u provjerama koje su trenutno aktivne <b>pristupite rješavanju dodatnih zadataka</b> kako biste povećali Vašu točnost rješavanja te razinu usvojenosti koncepata odnosno ishoda učenja,</li> <li>2) ukoliko ste zadovoljni razinom na kojoj ste usvojili koncepte odnosno ishode učenja, <b>pređete na rješavanje zadataka u provjerama koje slijede.</b></li> </ol> |
| $0,90 \leq y_p \leq 1,00$ | <p>Čestitamo, Vaši dosadašnji rezultati ukazuju <b>da ste usvojili koncepte</b> povezane s provjerama u kojima ste do ovog trenutka rješavali zadatke. Uspješno usvajanje ovih koncepata osiguralo je i uspješno usvajanje ishoda učenja koji su s njima povezani. Želimo Vam da i u svladavanju preostalih sadržaja premeta putem organiziranih provjera i usvajanju svih ishoda učenja budete barem ovoliko uspješni.</p>  |

S ciljem isticanja važnosti ishoda učenja čije se vrednovanje putem sustava provodi, uz tekstualni dio preporuke sustav studentu na razini predmeta  $p_h$  prikazuje i grafičku komponentu preporuke sljedećeg koraka u učenju korištenjem progresnih traka. Progresne trake u skladu s intervalima izlazne varijable  $y_p$  prikazanim u tablicama 3.14. odnosno 3.15. prikazuje se u jednoj od četiri boje (crvena, žuta, plava odnosno zelena). Način prikaza grafičkog elementa preporuke prikazan je na slici 3.14.

| Ishod učenja | Postotak usvojenosti ishoda učenja   |
|--------------|--|
| Ishod $i_n$  |  |

Slika 3.14. Prikaz grafičkog elementa preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini predmeta  $p_h$

Vrednovanje ishoda učenja provodi se tijekom cijelog semestra putem povezanosti koncepata i ishoda učenja na način prikazan na slici 3.5. Ovaj grafički element preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini predmeta  $p_h$  studentima daje kontinuiranu informaciju o kretanju trenda usvojenosti ishoda učenja  $i_n$  tijekom semestra, tj. rastu odnosno padu razine usvojenosti nakon svakog rješavanog zadatka u aktivnim provjerama  $TA_g$  tijekom semestra. Završna razina usvojenosti ishoda učenja  $i_n$  studentima je poznata po završetku mogućnosti rješavanja zadataka u svim planiranim provjerama  $TA_g$ .

### 3.4.3. Preporuka za povećanje motivacije

Namjena ove vrste preporuke je povećanje motiviranosti studenata za daljnji rad kroz davanje povratnih informacija o rangu (s popratnim savjetima) u odnosu na druge studente, a s ciljem povećanja razine usvojenosti ishoda učenja. Rangiranje studenata predstavlja element igrifikacije (eng. *gamification*), koja se u obrazovnim aktivnostima provodi s ciljem povećanja motivacije i interesa studenata za učenje [Hoić-Božić & Holenko Dlab, 2021]. Preporuka za povećanje motivacije generira se na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$ . Prikazivanje ove vrste preporuka na navedene dvije razine omogućava kontinuirano poticanje motivacije studenata tijekom rada sa sustavom. Na razini predmeta  $p_h$  student dobiva preporuku koja obuhvaća cjelokupni rad u svim provjerama, dok na razini provjere  $TA_g$  preporuka čini fokusirani prikaz na ciljani dio sadržaja predmeta.

Ulazni podaci  $(nz_{s_dTA_1} \dots nz_{s_dTA_g}, rnz_{s_dTA_g}, nz_{s_dp_h}, rnz_{s_dp_h})$  koji se koriste za izradu ove vrste preporuka u modelu studenta su dio dimenzije koja se odnosi na uspješnost u rješavanju zadataka. Ovi se podaci u sustavu prikupljaju implicitno, tj. praćenjem aktivnosti studenata.

#### 3.4.3.1. Tehnika preporučivanja i formalni zapis problema

Tehnika preporučivanja odabrana za izradu ove vrste preporuke je pristup temeljen na znanju. Osnovna prednost ovog pristupa je u mogućnosti ugradnje ekspertnog znanja nastavnika u postupak izrade preporuke što je nužno za pružanje pomoći studentima u usvajanju ishoda učenja. Formalni prikaz izrade ove vrste preporuka može se prikazati na sljedeći način. Za svakog studenta  $s_d$ ,  $s_d \in \mathcal{S}_{p_h}$  sustav prikuplja podatak o broju rješavanih zadataka  $nz_{s_dTA_g}$  tijekom svake provjere  $TA_g$  koji se pohranjuje u modelu studenta. Temeljem prikupljenih podataka sustav za svakog studenta  $s_d$  određuje podatak o ukupnom broju rješavanih zadataka  $nz_{s_dp_h}$  na razini predmeta  $p_h$  koristeći sljedeći izraz:

$$nz_{s_dp_h} = \sum_{x=1}^g nz_{s_dTA_x} \quad (28)$$

Studente se na razini predmeta  $p_h$  rangira od veće prema manjoj vrijednosti temeljem vrijednosti varijable  $nz_{s_dp_h}$ , odnosno na razini provjere  $TA_g$  temeljem

vrijednosti varijable  $nZ_{s_dTA_g}$ . Svakom se studentu dodjeljuje odgovarajući rang (rang  $pnz_{s_d p_h}$  po broju rješavanih zadataka na razini predmeta  $p_h$  odnosno  $pnz_{s_dTA_g}$  na razini provjere  $TA_g$ ) koji se pohranjuje u modelu studenta.

Također, temeljem prikupljenih podataka izračunava se prosječni broj rješavanih zadataka na razini predmeta  $p_h$ :

$$pnz_{p_h} = \frac{\sum_{x=1}^d nZ_{s_d p_h}}{n_{s_d}} \quad (29)$$

odnosno na razini provjere  $TA_g$ :

$$pnz_{TA_g} = \frac{\sum_{x=1}^g nZ_{s_dTA_g}}{n_{s_dTA_g}} \quad (30)$$

pri čemu je  $n_{s_d}$  broj studenata koji su do trenutka izračuna rješavali zadatke u barem jednoj provjeri  $TA_g$ , a  $n_{s_dTA_g}$  broj studenata koji su do trenutka izračunavanja rješavali zadatke u promatranoj provjeri  $TA_g$ .

Na razini predmeta  $p_h$  odnos vrijednosti varijable  $nZ_{s_d p_h}$  za studenta  $s_d$  u odnosu na vrijednost varijable  $pnz_{p_h}$  može biti u jednom od sljedećih odnosa:

$$\begin{aligned} nZ_{s_d p_h} &< pnz_{p_h} \\ nZ_{s_d p_h} &= pnz_{p_h} \\ nZ_{s_d p_h} &> pnz_{p_h} \end{aligned} \quad (31)$$

dok na razini provjere  $TA_g$  vrijednost varijable  $nZ_{s_dTA_g}$  za studenta  $s_d$  u odnosu na vrijednost varijable  $pnz_{TA_g}$  može biti u jednom od sljedećih odnosa:

$$\begin{aligned} nZ_{s_dTA_g} &< pnz_{TA_g} \\ nZ_{s_dTA_g} &= pnz_{TA_g} \\ nZ_{s_dTA_g} &> pnz_{TA_g} \end{aligned} \quad (32)$$

U ovisnosti o odnosu između vrijednosti varijabli  $nZ_{s_d p_h}$  i  $pnz_{p_h}$  odnosno vrijednosti varijabli  $nZ_{s_dTA_g}$  i  $pnz_{TA_g}$  izrađuju se preporuke za svakog individualnog studenta na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$ .

### 3.4.3.2. Određivanje preporuka i njihov tekstualni prikaz

Izračunavanje ranga i odnosa studenta i grupe po broju rješavanih zadataka na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$  provodi se tijekom rada studenta sa sustavom te se kontinuirano usklađuje u ovisnosti o aktivnostima promatranog studenta i drugih studenata upisanih na predmet  $p_h$ . Tekst generiranih preporuka na razini predmeta  $p_h$  i na razini provjere  $TA_g$  je identičnog oblika uz isticanje razine na kojoj se preporuka prikazuje.

U prikazanom algoritmu varijabla *<odnos>* može imati jednu od sljedećih vrijednosti: *manje*, *jednako* odnosno *više*. U tablici 3.16. prikazane su povezanosti navedenih tekstualnih vrijednosti s odnosima varijabli u izrazima (31) i (32).

Tablica 3.16. Tekstualne vrijednosti varijable *<odnos>* sukladno izrazima (31) i (32)

| Razina predmeta $p_h$      | Razina provjere $TA_g$       | <i>&lt;odnos&gt;</i> |
|----------------------------|------------------------------|----------------------|
| $nz_{s_d p_h} < pnz_{p_h}$ | $nz_{s_d TA_g} < pnz_{TA_g}$ | manje                |
| $nz_{s_d p_h} = pnz_{p_h}$ | $nz_{s_d TA_g} = pnz_{TA_g}$ | jednako              |
| $nz_{s_d p_h} > pnz_{p_h}$ | $nz_{s_d TA_g} > pnz_{TA_g}$ | više                 |

Pri izradi ove vrste preporuka koristi se Algoritam 4. S obzirom da se isti algoritam koristi za generiranje preporuka za povećanje motivacije na obje razine u prikazanom su algoritmu korištene opće oznake za varijable sukladno prikazu u tablici 3.17.

Tablica 3.17. Opće oznake varijabli korištene u algoritmu 4

| Opis varijable                   | Razina predmeta $p_h$ | Razina provjere $TA_g$ | Opća oznaka u algoritmu 4 |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| Ukupan broj rješanih zadataka    | $nz_{s_d p_h}$        | $nz_{s_d TA_g}$        | $nz$                      |
| Prosječan broj rješanih zadataka | $pnz_{p_h}$           | $pnz_{TA_g}$           | $pnz$                     |
| Rang studenta                    | $rnz_{s_d p_h}$       | $rnz_{s_d TA_g}$       | $rnz$                     |

---

#### Algoritam 4: Preporuka za povećanje motivacije

---

**Ulaz:** ukupni broj rješanih zadataka  $nz$

**Izlaz:** rang studenta  $rnz$ , prosječni broj rješanih zadataka  $pnz$ , varijabla *<odnos>*, tekst preporuke *<preporuka2>*

---

za svakog studenta  $s_v \in S_{p_h}$

    dohvati broj ukupno rješanih zadataka  $nz$

    spremi dobivenu vrijednost uz ime i prezime studenta u listu za rangiranje  $L_{rang}$

sortiraj listu  $L_{rang}$  počevši od najveće vrijednosti  $nz$

odredi zbroj svih vrijednosti  $nz$  pohranjenih u listi  $L_{rang}$

izračunaj prosječni broj rješanih zadataka  $pnz$  i zaokruži dobivenu vrijednost na cjelobrojnu za promatranog studenta  $s_d$

    odredi vrijednost varijable  $rnz$  kao poziciju studenta  $s_d$  u listi  $L_{rang}$

    spremi vrijednost varijable  $rnz$  u model studenta

    dohvati broj ukupno rješanih zadataka  $nz$

odredi međusobni odnos varijabli  $nz$  i  $pnz$  te pridruži varijabli *<odnos>* odgovarajuću vrijednost u ovisnosti o vrijednosti varijable  $rnz$

ispiši tekst preporuke s umetnutim vrijednostima varijabli  $nz$ ,  $rnz$ , *<odnos>*,  $pnz$  i tekstem *<preporuka2>* u ovisnosti o vrijednosti varijable  $rnz$

---



Tekstualni prikaz preporuke za povećanje motivacije na razini provjere  $TA_g$  ima sljedeći oblik:

*Usporedbom s Vašim kolegicama i kolegama trenutno ste po ukupnom broju rješavanih zadataka u ovoj provjeri rangirani na  $\langle rnz_{sdTA_g} \rangle$  mjestu. Broj zadataka koji ste rješavali  $\langle odnos \rangle$  je od prosječnog broja rješavanih zadataka u ovoj provjeri koji iznosi  $\langle pnz_{TA_g} \rangle$ .*  
 $\langle preporuka2 \rangle$

dok na razini predmeta  $p_h$  ima sljedeći oblik:

*Usporedbom s Vašim kolegicama i kolegama trenutno ste po ukupnom broju rješavanih zadataka na predmetu rangirani na  $\langle rnz_{sdp_h} \rangle$  mjestu. Broj zadataka koje ste rješavali  $\langle odnos \rangle$  je od prosječnog broja rješavanih zadataka na ovom predmetu koji iznosi  $\langle pnz_{p_h} \rangle$ .*  
 $\langle preporuka2 \rangle$

U tablici 3.18. prikazani su tekstovi preporuka  $\langle preporuka2 \rangle$  koje se prikazuju studentima na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti varijable  $rnz$  (varijabla  $\langle razina \rangle$  može poprimiti vrijednosti: „na predmetu“ odnosno „u ovoj provjeri“)

Tablica 3.18. Tekst preporuka za povećanje motivacije na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$  u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti varijable  $rnz$

| $rnz$ | Tekst preporuke $\langle preporuka2 \rangle$  |
|-------|---|
| 1     | Čestitamo, u odnosu na svoje kolegice i kolege ste $\langle razina \rangle$ rješavali najviše zadataka. Samo tako nastavite i sigurno ćete uspješno usvojiti ishode učenja.   |
| 2     | Svaka čast na uspjehu, blizu ste najboljeg mogućeg ranga po broju rješavanih zadataka $\langle razina \rangle$ . Predlažemo Vam <b>da riješite još zadataka</b> kako biste postigli najbolji mogući rang i još uspješnije usvojili ishode učenja. |
| >2    | Predlažemo Vam <b>da svakako riješite još zadataka</b> kako biste što je to više moguće poboljšali svoj rang po broju rješavanih zadataka $\langle razina \rangle$ . Veći broj riješenih zadataka pomoći će Vam u usvajanju ishoda učenja.        |

## 4. PROTOTIP MREŽNE APLIKACIJE ZA IMPLEMENTACIJU PREDLOŽENOG MODELA SUSTAVA

Za izgradnju sustava temeljenog na osmišljenom modelu kao polazni temelj je iskorišten ERS nazvan ELARS (eng. *E-Learning Activities Recommender System*) [Holenko Dlab, 2014].

Obrazovni sustav preporučivanja ELARS razvijen je s ciljem popularizacije korištenja digitalnih alata u suradničkom učenju (eng. *collaborative learning*). U svojoj osnovnoj inačici bio je namijenjen personalizaciji u kontekstu individualnih i grupnih e-aktivnosti moderiranog e-učenja. Sustav je kroz e-aktivnosti koje su obuhvaćale korištenje slobodno dostupnih *online* digitalnih alata generirao preporuke na nivou pojedinca i na nivou grupe, podržavajući na taj način rad studenata tijekom planiranih e-aktivnosti (individualizirane preporuke studentima i grupama studenata odnosile su se na dostupne izborne e-aktivnosti, potencijalne suradnike za e-aktivnosti, digitalne alate ponuđene za realizaciju e-aktivnosti odnosno savjete kojima se potiče aktivnije sudjelovanje studenata u e-aktivnostima) [Hoić-Božić i sur., 2016]. Za implementaciju osmišljenog modela sustava prilagođenog obrazovanju u STEM području, iskorištena je organizacijska struktura ELARS-a na koju su nadograđeni potrebni algoritmi i dijelovi sustava u skladu sa shemom osmišljenog modela prikazanom na slici 3.1.

### 4.1. Pretvaranje modela sustava u mrežnu aplikaciju

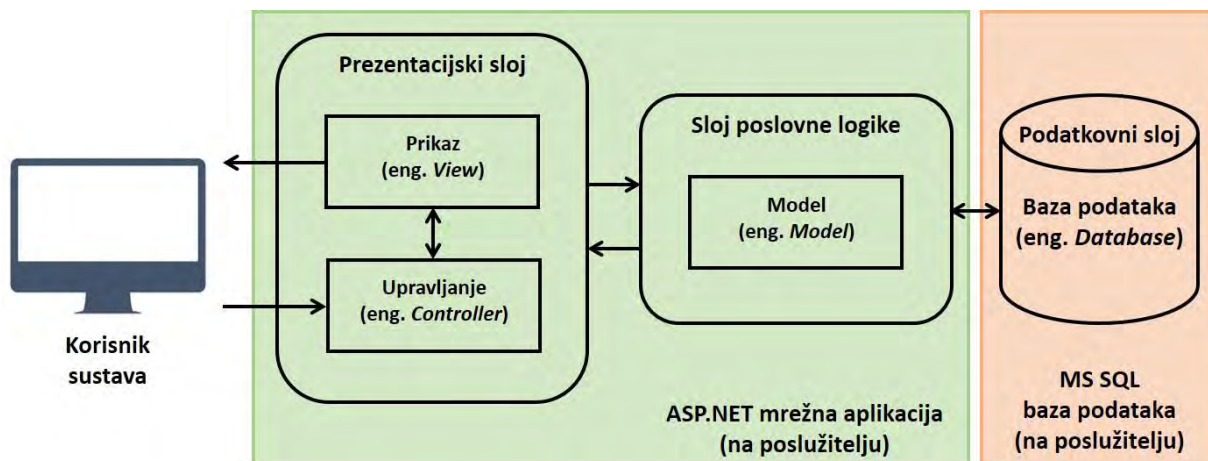
Za razvoj programskog sustava u obliku mrežne aplikacije korišten je *Microsoft .NET Framework v.4.8* te integrirano razvojno okruženje (eng. *integrated development environment, IDE*) *Microsoft Visual Studio Enterprise 2019*. Za sam razvoj sustava odabran je programski jezik C#.

Razvijena mrežna aplikacija ima tri sloja:

- podatkovni sloj (eng. *data layer*),
- sloj poslovne logike (eng. *business logic layer*),
- prezentacijski sloj (eng. *presentation layer*).

Razvijena mrežna aplikacija izvodi se na mrežnom poslužitelju, a zasnovana je na Model-Prikaz-Upravljanje obrascu (eng. *Model-View-Controller, MVC*). Izgrađena je na ASP.NET platformi za razvoj dinamičkih internetskih stranica (eng. *Active Server Pages Network Enabled Technologies, ASP.NET*) koju je razvio Microsoft [Microsoft, 2023].

Na slici 4.1. prikazana je organizacijska shema razvijene mrežne aplikacije po navedenim slojevima.



Slika 4.1. Organizacija razvijene mrežne aplikacije po slojevima

Kao što se na Slici 4.1. može vidjeti, ASP.NET mrežna aplikacija zasnovana na MVC obrascu obuhvaća *Prezentacijski sloj* i *Sloj poslovne logike*. Prezentacijski sloj obuhvaća elemente prikaza i upravljanja, dok sloj poslovne logike predstavlja model u MVC obrascu. *Podatkovni sloj* je baza podataka (MS SQL relacijska baza). Sva tri sloja razvijene mrežne aplikacije nalaze se na poslužitelju, a korisnik sustavu pristupa putem web preglednika. Svaki od prikazanih organizacijskih elemenata izgrađene mrežne aplikacije detaljno je opisan u nastavku.

## 4.2. Relacijska baza podataka

Relacijska MS SQL baza podataka predstavlja podatkovni sloj razvijene mrežne aplikacije. Izgradnji baze podataka moguće je pristupiti na tri načina: izradom modela baze (eng. *model first*), izgradnjom baze podataka (eng. *database first*) odnosno izradom koda (eng. *code first*). S obzirom da je za osnovu razvijene mrežne aplikacije iskorištena već postojeća struktura ERS-a ELARS, pristup izgradnjom baze podataka se nametnuo kao logičan. Prilikom izgradnje baze podataka upotrijebljen je *Microsoft SQL Server Management Studio 2012*.

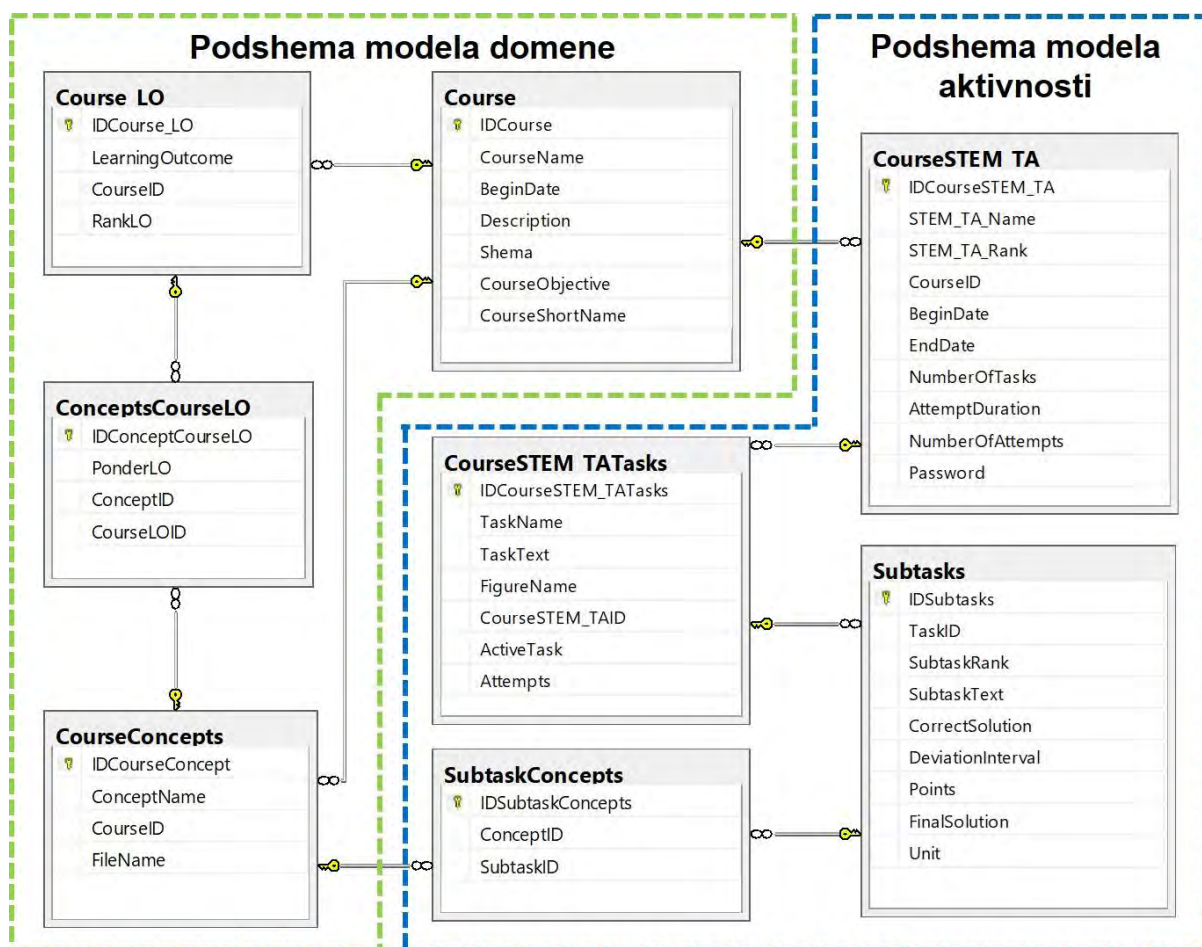
Model baze podataka čine sljedeće podsheme:

- podshema znanja (model domene i model aktivnosti)
- podshema studenti.

Detaljan opis svake od navedenih podshema prikazan je u nastavku.

### 4.2.1. Podshema znanja

U bazi podataka znanje je organizirano u okviru modela domene i modela aktivnosti. Slijedom navedenoga prikazana podshema obuhvaća dvije povezane podsheme na način prikazan na slici 4.2.



Slika 4.2. Podshema modela domene i podshema modela aktivnosti u bazi podataka

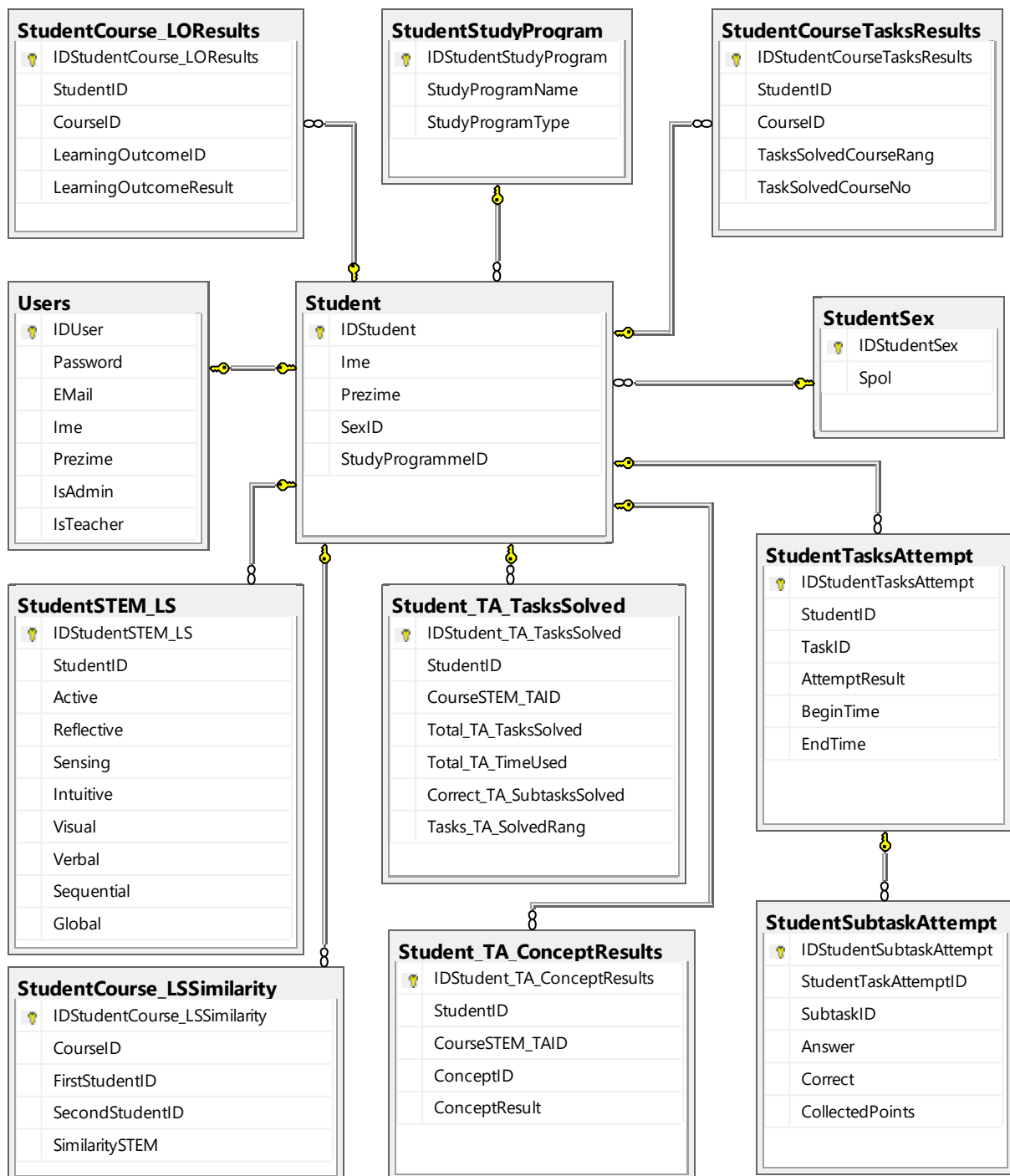
U podshemi modela domene nalaze se podaci o svakom predmetu  $p_h$ ,  $p_h \in P$  (tablica **Course**). Također, za svaki predmet  $p_h$  pohranjeni su i podaci o konceptima  $k_m \in K_{p_h}$  (tablica **CourseConcepts**) te ishodima učenja  $i_n \in I_{p_h}$  (tablica **Course\_LO**), kao i podaci o težinskim faktorima  $tf_{k_m}$  (tablica **ConceptsCourseLO**) koji povezuju koncepte i ishode učenja.

U podshemi modela aktivnosti nalaze se podaci o provjerama  $TA_g$  (tablica **CourseSTEM\_TA**) odnosno podaci o zadacima  $z_a \in Z_{p_h}$  (tablica **CourseSTEM\_TATasks**) i njihovim međurezultatima  $m_r \in M_{z_a}$  (tablica **Subtasks**).

Navedene podsheme povezane su na razini tablica **Course/CourseSTEM\_TA** odnosno tablica **CourseConcepts/SubtaskConcepts**.

#### 4.2.2. Podshema studenti

Podshema studenti odgovara modelu studenta opisanog u potpoglavlju 3.3.2. Podshema je prikazana na slici 4.3.



Slika 4.3. Podshema student u bazi podataka

Podshema modela studenta nalaze se podaci koji se koriste za izradu modela studenta formalno opisanu u potpoglavlju 3.3.2.2. Uz osnovne podatke o svakom studentu, u modelu su pohranjeni podatci o stilu učenja studenta (tablica **StudentSTEM\_LS**). Podaci o uspješnosti rada i rangu pohranjeni su na razini predmeta  $p_h$  (tablica **StudentCourseTasksResults**) i razini provjere  $TA_g$  (tablica **Student\_TA\_TasksSolved**). U prikazanoj podshemi pohranjeni su i podaci o usvojenosti koncepata  $y_{k_m}$  (tablica **Student\_TA\_ConceptResults**) odnosno usvojenosti ishoda učenja  $y_{i_n}$  (tablica **StudentCourse\_LOResults**).

Uz navedene parametre u prikazanoj podshemi su i tablice u kojima se pohranjuju podaci o svim pokušajima rješavanja zadataka tijekom svih provedenih provjera (tablice **StudentTasksAttempt** i **StudentSubtaskAttempt**), a koji se koriste za određivanje parametara navedenih u modelu studenta.

### 4.3. Sloj poslovne logike

U sloju poslovne logike nalaze se algoritmi osmišljeni za rad izgrađene mrežne aplikacije. Navedeni algoritmi povezuju podatkovni sloj s prezentacijskim slojem aplikacije koristeći zahtjeve koje generira korisnik aplikacije putem prezentacijskog sloja i povezujući ih s podacima pohranjenim u bazi podataka (podatkovnom sloju aplikacije). Algoritmi u sloju poslovne logike nalaze se u upravljačkom dijelu (eng. *controller*) u skladu s MVC arhitekturom.

Na slici 4.4. prikazana je shema protoka podataka (eng. *data flow*) u MVC arhitekturi.



Slika 4.4. Prikaz protoka podataka u MVC arhitekturi.

Korisnik sustava putem internetskog preglednika postavlja zahtjev koji se upućuje u upravljački dio MVC arhitekture (eng. *controller*). Upravljanje komunicira s modelom u koji upisuje i/ili iz kojega preuzima ranije upisane podatke. Nakon toga, upravljački dio komunicira s dijelom za prikaz s ciljem prikaza zatraženih podataka kao odgovora na zahtjev postavljen od strane korisnika sustava.

#### 4.3.1. Autentifikacija korisnika aplikacije

ASP.NET platforma za izradu mrežnih aplikacija omogućava korištenje već unaprijed određenih sigurnosnih elemenata namijenjeni autentifikaciji korisnika. Tako su sve sigurnosne funkcije obuhvaćene u biblioteci naziva *System.Web.Security* pri čemu se u izrađenoj mrežnoj aplikaciji koristi postojeća klasa *Membership*.

Za rad u izgrađenoj mrežnoj aplikaciji neophodno je provesti autentifikaciju korisnika. Autentifikacija se provodi provjerom unesenog korisničkog imena i lozinke u odgovarajući obrazac (eng. *Form authentication*). S obzirom da je izgrađena mrežna aplikacija namijenjena različitim vrstama korisnika koji imaju različite ovlasti (studenti, odnosno nastavnici), za provođenje autentifikacije se koristi autentifikacija zasnovana na ulogama (eng. *Role-based authentication*).

### 4.3.2. Komunikacija s bazom podataka

Za povezivanje baze podataka s elementima mrežne aplikacije korišten je aplikacijski okvir nazvan *Entity Framework*. On predstavlja objektno-relacijski okvir za preslikavanje odnosno mapiranje elemenata izgrađene baze podataka (eng. *object-relational mapping – ORM*) i sastavni je dio MVC pristupa. Ovaj okvir sve elemente relacijske baze podataka automatski predstavlja kao C# objekte korištenjem LINQ-a (eng. *Language-Integrated Query*). LINQ je dio .NET okvira koji provodi pripremu upita prema bazi podataka pomoću sintakse slične programskom jeziku C#. *Entity framework* pretvara izrađene LINQ elemente u SQL jezik (eng. *Structured Query Language*) koji je namijenjen radu s bazama podataka. Jednom pripremljeni upit u SQL obliku se izvršava nad bazom podataka, a *Entity framework* po završetku provedbe SQL upita dobiveni odgovor na postavljeni upit automatski pretvara u rezultate koje je moguće dohvatiti iz mrežne aplikacije kroz izgrađeni model.

Na opisani način provodi se komunikacija između modula za vrednovanje i modula za izradu preporuka koji su elementi koji pripadaju sloju poslovne logike.

Modul za vrednovanje koristi se za provođenje provjera  $TA_g$  i rješavanje zadataka  $z_a$  u njima. Nakon pokretanja provjere dohvaća se zadatak iz baze podataka koji se prezentira studentu. Za svaki je zadatak određen vremenski interval u kojem student treba dovršiti rješavanje zadatka unošenjem međurezultata u odgovarajuća polja. Po završetku rješavanja (ili isteku vremenskog intervala) u bazu se podataka pohranjuju uneseni međurezultati te se provodi njihova usporedba s točnim vrijednostima međurezultata  $m_r$  za taj zadatak koje su pohranjene u bazi podataka. Studentu se prikazuje povratna informacija o točnosti rješavanja uz isticanje točnih vrijednosti preuzetih iz baze podataka za međurezultate za koje je student unio netočne vrijednosti.

Algoritmi koji se u modelu studenta koriste za ažuriranje podataka o studentu svoj rad zasnivaju na podacima pohranjenim u bazi podataka te podacima koji se prikupljaju putem sučelja tijekom rada studenta s aplikacijom. Tako se korištenjem podataka o broju točno riješenih međurezultata  $ntm_{s_dTA_g}$ , broju rješavanih zadataka  $nz_{s_dTA_g}$  te prosječnom vremenu  $tp_{s_dTA_g}$  potrebnom za rješavanje zadatka u provjeri koji su pohranjeni u bazi podataka određuje razina usvojenosti koncepata  $y_{k_m}$  korištenjem izrađenih algoritama, a dobiveni se podatak o razini usvojenosti svakog pojedinog koncepta pohranjuje u bazu podataka. Ovi se podaci koriste za određivanje razine usvojenosti ishoda učenja  $y_{i_n}$  koji se također pohranjuju u bazi podataka, a koriste se a davanje povratne informacije studentima o uspješnosti njihovog rada putem generiranih individualnih preporuka.

Modul za izradu preporuka koristi podatke pohranjene u bazi podataka za generiranje individualiziranih preporuka. Tako se za generiranje preporuke suradnika koriste podaci o stilovima učenja  $LS_{s_d}$  pohranjeni u vektorskom obliku u bazi podataka. Prilikom generiranja preporuke sljedećeg koraka u učenju koristi se neizraziti sustav zaključivanja koji temeljem podataka o ukupnom broju točno riješenih međurezultata  $ntm_{s_dTA_g}$  određenog na razini predmeta  $p_h$  odnosno na razini provjere  $TA_g$  i ukupnom

broju zadataka koje je student rješavao u svim provjerama na razini predmeta  $p_h$  ( $nz_{sd}p_h$ ) odnosno na razini provjere  $TA_g$  ( $nz_{sd}TA_g$ ) određuje elemente generirane preporuke. Podaci za rad neizrazitog sustava zaključivanja se dohvaćaju iz baze podataka te se dio podataka i sprema u bazu da bi bili dostupni za daljnje korištenje.

Preporuka za povećanje motivacije koristi podatke pohranjene u bazi podataka koji se odnose na ukupan broj rješavanih zadataka na razini predmeta  $p_h$  ( $nz_{sd}p_h$ ) odnosno na razini provjere  $TA_g$  ( $nz_{sd}TA_g$ ) s ciljem rangiranja studenata rangovima  $rnz_{sd}p_h$  na razini predmeta  $p_h$  odnosno  $rnz_{sd}TA_g$  na razini provjere  $TA_g$ . Dobiveni se rangovi pohranjuju u bazi podataka kako bi se osigurao brži rad aplikacije prilikom generiranja ove vrste preporuka.

### 4.3.3. Izvršavanje algoritama

U sloju poslovne logike izvršavaju se svi algoritmi osmišljeni za rad izgrađene aplikacije. Ovi algoritmi u detaljno prikazani u 3. poglavlju, a u tablici 4.1. dan je njihov objedinjeni prikaz s tehnikom koja je korištena te namjenom.

Tablica 4.1. Prikaz algoritama koji se izvršavaju u sloju poslovne logike

| Algoritam   | Tehnika   | Namjena                                   |
|---|---|---|
| Usvojenost ishoda učenja temeljem usvojenosti koncepata       | neizraziti sustav zaključivanja uz upotrebu težinskih faktora | praćenje razine usvojenosti ishoda učenja |
| Sličnost po stilu učenja                                      | kosinusna sličnost  | izrada preporuka                          |
| Preporuka sljedećeg koraka u učenju (razina predmeta $p_h$ )  | neizraziti sustav zaključivanja                               | izrada preporuka                          |
| Preporuka sljedećeg koraka u učenju (razina provjere $TA_g$ ) | neizraziti sustav zaključivanja                               | izrada preporuka                          |
| Rangiranje studenata  | sortiranje po rezultatima                                     | izrada preporuka                          |

Navedeni se algoritmi u aplikaciji izvršavaju prilikom svakog koraka (ulaz na stranicu predmeta, riješeni zadatak i sl.) koji student tijekom korištenja aplikacije napravi. Na ovaj se način osigurava ažuriranje podataka pohranjenih u bazi podataka kao i pružanje povratnih informacija studentima istovremeno s promjenama do kojih dolazi tijekom rada studenata s aplikacijom.

## 4.4. Prezentacijski sloj

Prezentacijski sloj izgrađene mrežne aplikacije izveden je korištenjem *Razor View Engine* tehnologije koji se sastoji od skupa .cshtml datoteka u kojima se kombiniraju naredbe pisane u C# programskom jeziku s HTML kôdom. Prilikom prikaza izgrađenih internetskih stranica u internetskom pregledniku, sustav generira čisti HTML kôd.

Organizacijski, prezentacijski sloj mrežne aplikacije je izveden u dva odvojena dijela: dio za studente i dio za nastavnike.



#### 4.4.1. Dio mrežne aplikacije namijenjen studentima

U dijelu mrežne aplikacije namijenjenom studentima dostupni su elementi aplikacije izgrađeni za osmišljene studentske aktivnosti (upravljanje pristupnim podacima, popis predmeta na koje su upisani, stranice pojedinih predmeta kao i sustav za rješavanje zadataka po temama te prikaz preporuka i povratnih motivacijskih poruka).

Studenti se prilikom korištenja mrežne aplikacije moraju identificirati putem unošenja korisničkih podataka. Nakon uspješne identifikacije, studentu su dostupni zajednički elementi aplikacije prikazani na slici 4.5.



Slika 4.5. Zajednički elementi mrežne aplikacije za studente

Kao što se na slici 4.5. može vidjeti, dijelovi mrežne aplikacije kojoj studenti imaju pristup obuhvaćaju njihov profil (**Moj profil**), popis predmeta na koje su upisani (**Moji predmeti**), stranicu sa stilovima učenja (**Moj stil učenja**), te mogućnost kontakta s osobama koje održavaju mrežnu aplikaciju (**Kontakt**).

Profil studenta obuhvaća najosnovnije podatke o studentu (ime, prezime, korisničko ime te mogućnost promjene lozinke za pristup mrežnoj aplikaciji). Upis studenata u sustav provodi nastavnik, koji unosi inicijalne podatke od kojih lozinku student može putem prikazanog profila prilagođavati svojim željama.

Dio mrežne aplikacije koji se odnosi na stilove učenja omogućava studentima unos podataka o njihovom STEM stilu učenja sukladno prikazu u tablici 2.2. Nakon što studenti unesu svoje podatke, sustav će s ciljem izrade preporuke o suradnicima za zajednički rad provesti usporedbu s drugim studentima upisanim na promatrani predmet. Usporedba po stilu učenja provodi se korištenjem algoritma prikazanog u potpoglavlju 3.2.1., a rezultat usporedbe se studentima prikazuje u obliku postotne

sličnosti s drugim studentima. U prikazu se rezultati sortiraju od najveće vrijednosti (koja predstavlja i najveću sličnost) prema manjim vrijednostima. Na slici 4.6. prikazan je primjer prezentiranja dobivenih rezultata o sličnosti po STEM stilu učenja s drugim studentima.

Slika 4.6. Prikaz sličnosti studenata po STEM stilovima učenja

Najveći dio vremena studenti će provoditi u dijelu mrežne aplikacije koji se odnosi na predmete na koje su upisani. Ovom dijelu aplikacije studenti pristupaju odabirom linka **Moji predmeti**. Prikaz svih predmeta na koje su studenti upisani olakšava snalaženje studentima u okviru aplikacije. Izgled strane na kojoj im je ovaj popis prikazan dan je na slici 4.7.

Slika 4.7. Prikaz popisa predmeta za studente

Uz datum početka za svaki je predmet moguće vidjeti cilj predmeta te shemu predmeta. Odabirom linkova za promatrani predmet otvoriti će se lista s popisom ciljeva predmeta, odnosno slika sa shemom predmeta.




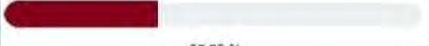
Odabirom predmeta s popisa studentu se otvara stranica s prikazom usvojenosti ishoda učenja za odabrani predmet. Na slici 4.8. je prikazan izgled navedene stranice.

Home
Moj profil
Moji predmeti
Moj stil učenja
Kontakt

[< Povratak](#)

## Usvojenost ishoda učenja

Razina na kojoj ste usvojili pojedini ishod učenja određuje se tijekom semestra temeljem usvojenosti pojedinih konceptata. Vaše trenutne razine usvojenosti ishoda učenja na ovom kolegiju prikazani su u sljedećoj tablici:

| Ishod učenja   | Razina usvojenosti   |
|--|--|
| Opisati elemente elektroenergetskih mreža  | <br>91.76 %  |
| Opisati nadomjesne modele elemenata elektroenergetskih mreža                       | <br>51.10 %  |
| Primijeniti metode za analizu električnih prilika u dijelu elektroenergetske mreže | <br>75.54 %  |
| Provesti proračun padova napona i gubitaka u razdjelnim mrežama                    | <br>37.70 % |

**POVRATNA INFORMACIJA O VAŠEM RADU**

Do sada ste **od 9 provjera** planiranih u skladu s izvedbenim planom predmeta pristupili rješavanju zadataka u **5 provjera**. Točnost Vašeg rješavanja temeljem do sada rješavanih zadataka na predmetu je **prihvatljiva**. Ukupan broj zadataka koje ste do sada rješavali na predmetu je **dobar (32)**.

**PREPORUKA:** Vaši dosadašnji rezultati ukazuju **da je potreban dodatni rad kako biste usvojili koncepte** potrebne za svladavanje sadržaja predmeta odnosno usvajanje ishoda učenja. Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u dostupnim provjerama te posljedično usvojili ishode učenja, predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:

- 1) **proučite dostupne materijale s predavanja** (zabilješke, prezentacije) kao i dodatne pripremljene materijale u PDF formatu, skripte i sl. kako biste pokušali savladati koncepte,
- 2) u provjerama koje su trenutno aktivne **pristupite rješavanju dodatnih zadataka** kako biste povećali točnost Vašeg rješavanja.

Usporedbom s Vašim kolegicama i kolegama trenutno ste po ukupnom broju rješavanih zadataka na predmetu rangirani na **3 mjestu**. Broj zadataka koje ste rješavali **veći** je od prosječnog broja rješavanih zadataka na ovom predmetu koji iznosi **27**. Predlažemo Vam **da svakako riješite još zadataka** kako biste što je to više moguće poboljšali svoj rang po broju rješavanih zadataka na predmetu. Veći broj riješenih zadataka pomoći će Vam u usvajanju ishoda učenja.

**RJEŠAVANJE ZADATAKA**

Da biste pristupili dijelu sustava namijenjenom rješavanju zadataka odaberite sadržaj koji želite:

| Pristup provjerama znanja   | Povezanost ishoda učenja i konceptata |
|---|---------------------------------------|
| Elementi elektroenergetskih mreža                                   | <a href="#">prikaži</a>               |
| Nadomjesni modeli elemenata elektroenergetskih mreža                | <a href="#">prikaži</a>               |
| Metode analize električnih prilika u dijelu elektroenergetske mreže | <a href="#">prikaži</a>               |
| Proračun padova napona i gubitaka u razdjelnim mrežama              | <a href="#">prikaži</a>               |

[< Povratak](#)

Slika 4.8. Prikaz usvojenosti ishoda učenja

Kao što se na slici 4.8. može vidjeti, na ovoj su stranici studentima dostupne povratne informacije o trenutnoj usvojenosti ishoda učenja. Korištenjem progresnih traka (eng. *progressbar*) za grafički prikaz usvojenosti ishoda učenja ostvaruje se vizualno uočljiv element za prikaz povratnih informacija studentu. Boja progresnih traka ovisi o postotku usvojenosti ishoda učenja, s tim da su moguće četiri boje: crvena (nedovoljna usvojenost), žuta (minimalna usvojenost), plava (prihvatljiva usvojenost) i zelena (velika usvojenost). Navedeni grafički prikaz predstavlja vizualnu komponentu individualiziranih preporuka (detaljno opisanih u potpoglavlju 3.4)..

Na dnu stranice nalazi se tablica s popisom sadržaja za provjere. Odabirom naziva odgovarajućeg sadržaja student prelazi na stranicu prikazanu na slici 4.9.

| Naziv                            | Vrsta              | Alat  | Početak         | Kraj            | Status     |
|----------------------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|------------|
| Nadomjesni modeli vodova         | Aktivnost provjere | ELARS | 08.11.22. 13:00 | 22.11.22. 13:00 | završeno ✓ |
| Nadomjesni modeli transformatora | Aktivnost provjere | ELARS | 22.11.22. 13:00 | 06.12.22. 13:00 | u tijeku   |

Slika 4.9. Popis sadržaja za provjeru znanja

Kao što se na slici 4.9. može vidjeti, uz naziv sadržaja studenti dobivaju i informacije o vrsti, datumu i vremenu početka i završetka te statusu provjere (završena odnosno u tijeku).

U provjerama koje su označene kao završene studenti mogu pristupiti svojim rezultatima, ali u njima više ne mogu aktivno raditi. S druge strane, u provjerama koje su označene da su u tijeku studenti mogu rješavati zadatke s ciljem postizanja što uspješnijeg rezultata rada odnosno usvajanja ishoda učenja

Svaka provjera u sustavu obuhvaća sve zadatke koji su studentima na raspolaganju za rješavanje unutar promatranog sadržaja. Odabirom neke od provjera, studentima se prikazuje stranica s provjerama, na način prikazan na slici 4.10.

Kao što se može vidjeti na slici 4.10., na stranici namijenjenoj provjeri prikazani su podaci o mogućem i iskorištenom broju pokušaja rješavanja zadataka, ostvareni rezultati u dosadašnjim pokušajima, individualizirana preporuka te grafički prikaz usvojenosti konceptata koji su povezani s međurezultatima u rješavanim zadacima. Uz svaki pojedini koncept studentima su dostupni i pisani materijali za učenje (u PDF formatu) izrađeni ciljano za dio sadržaja na koje se taj koncept odnosi.

< Povratak

## Provjera znanja "Nadomjesni modeli transformatora"

Broj pokušaja: 3/50

Riješi provjeru ponovno

Rezultati u dosadašnjim pokušajima:

| Pokušaj | Rezultat | Početak            | Kraj               | Koncepti   |
|---------|----------|--------------------|--------------------|--|
| 1.      | 0.25     | 04.12.22.<br>12:48 | 04.12.22.<br>13:01 | Primjena kompleksnog računa , Primjena nadomjesnih modela transformatora , Izračun snage trofaznih sustava |
| 2.      | 3.25     | 04.12.22.<br>13:41 | 04.12.22.<br>14:04 | Primjena kompleksnog računa , Primjena nadomjesnih modela transformatora , Izračun snage trofaznih sustava |
| 3.      | 2.75     | 04.12.22.<br>14:05 | 04.12.22.<br>14:23 | Primjena kompleksnog računa , Primjena nadomjesnih modela transformatora , Izračun snage trofaznih sustava |

### POVRATNA INFORMACIJA O VAŠEM RADU

Točnost Vašeg rješavanja temeljem do sada rješavanih zadataka u ovoj provjeri je **slaba**. Ukupan broj zadataka koje ste do sada rješavali u ovoj provjeri je **minimalan (3)**.

**PREPORUKA:** Vaši dosadašnji rezultati ukazuju **da niste na dovoljnoj razini usvojili koncepte** povezane sa zadacima u ovoj provjeri.

Kako biste bili uspješniji u rješavanju zadataka u ovoj provjeri predlažemo Vam sljedeće mogućnosti:

- 1) **zajedno s nekim od kolegica i kolega** koji su Vam slični po stilu učenja (npr. Marko Markanović, Karlo Đurić, Juraj Tomašić) **prođite kroz sadržaje** koje obuhvaćaju zadaci u ovoj provjeri. Zajednički rad Vam može pomoći u usvajanju koncepata odnosno ishoda učenja.
- 2) **samostalno ponovite sadržaje** koristeći pisane materijale u PDF formatu dostupne uz koncepte prije daljnjeg rješavanja zadataka kako biste pokušali uspješno savladati koncepte.

Usporedbom s Vašim kolegicama i kolegama trenutno ste po ukupnom broju rješavanih zadataka u ovoj provjeri rangirani na **9 mjestu**. Broj zadataka koji ste rješavali **manji** je od prosječnog broja rješavanih zadataka u ovoj provjeri koji iznosi **13**.

Predlažemo Vam **da svakako riješite još zadataka** kako biste što je to više moguće poboljšali svoj rang po broju rješavanih zadataka u ovoj provjeri. Veći broj riješenih zadataka pomoći će Vam u usvajanju ishoda učenja.

### Usvojenost koncepata

Rješavanjem zadataka se provjerava koliko ste uspješno usvojili pojedine koncepte. Svaki dio zadatka (međurezultat) povezan je s jednim ili više koncepata. Prilikom određivanja Vaše ukupne uspješnosti u usvajanju pojedinog koncepta sustav uzima u obzir Vaš ukupni broj točnih pokušaja u odnosu na ukupan broj mogućih pokušaja za svaki koncept, ukupan broj zadataka koji ste rješavali, kao i vrijeme koje Vam je bilo potrebno za rješavanje tih zadataka u usporebi s drugim studentima u grupi. Vaš postotak usvojenosti za svaki pojedini koncept možete pogledati u donjoj tablici u kojoj uz svaki od koncepata možete naći i poveznicu na dodatne materijale u PDF formatu.

| Koncept                                    | Postotak usvojenosti koncepta  | Preporučeni materijali        |
|--|--|-------------------------------|
| Primjena kompleksnog računa                | <br>65.44 % | <a href="#">1Komprac.pdf</a>  |
| Primjena nadomjesnih modela transformatora | <br>44.10 % | <a href="#">14NMtrafo.pdf</a> |
| Izračun snage trofaznih sustava            | <br>74.10 % | <a href="#">11SnagaTS.pdf</a> |

< Povratak

Slika 4.10. Prikaz stranice za pristup rješavanju zadataka

## Provjera znanja

### Zadatak

Bodovi: 6,00

Za mrežu prema slici odredite početnu struju i snagu trofaznog i jednofaznog kratkog spoja u čvoru 2. Zadatak je potrebno riješiti metodom jediničnih vrijednosti ( $S_B = 1000$  MVA). Zanemarite djelatne otpore elemenata, predopterećenje mreže te korekcijske faktore. Zadano:

$EEM1 : U_N = 400kV; S_{k3}'' = 15000MVA; S_{k1}'' = 10000MVA;$

$EEM2 : U_N = 20kV; S_{k3}'' = 750MVA; S_{k1}'' = 500MVA;$

$GEN : x_1'' = 18\%; U_N = 10,5kV; S_N = 90MVA; X_2 = X_1; X_0 = \infty;$

$ET1 : 400/110; u_k = 12,3\%; S_N = 300MVA; X_0 = X_1;$

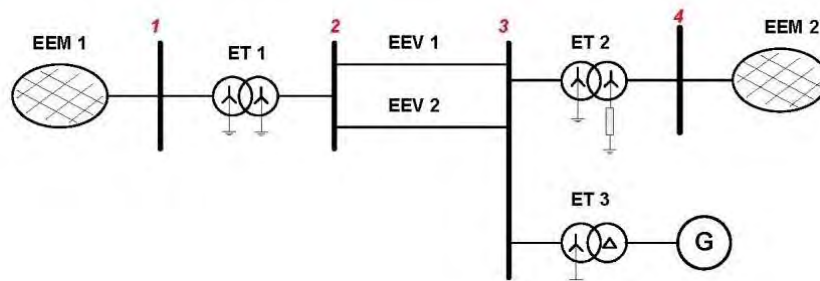
$ET2 : 110/20; u_k = 10\%; S_N = 80MVA; X_0 = X_1; R = 40\Omega;$

$ET3 : 110/10,5; u_k = 9\%; S_N = 90MVA; X_0 = X_1;$

$EEV1 : X_1 = 0,33\Omega/km; x_0 = 3x_1; \text{duljina } 60km;$

$EEV2 : X_1 = 0,33\Omega/km; x_0 = 3x_1; \text{duljina } 60km.$

Preostalo vrijeme: 24 : 34



**Napomena:** Decimalne brojeve upišite konsteći decimalnu točku.

MEĐUREZULTATI:

$Z_{1pu} = j$   (1,00 bodova)

$Z_{2pu} = j$   (1,00 bodova)

REZULTAT:

Modul ( $Z_{0pu}$ ) =  (1,00 bodova)

Kut ( $Z_{0pu}$ ) =  stupnjeva (1,00 bodova)

Modul ( $I_{k3pu}$ ) =  (1,00 bodova)

Modul ( $I_{k1pu}$ ) =  (1,00 bodova)

Predaj

Slika 4.11. Primjer prikaza zadatka studentima

Uz navedeno, na stranici prikazanoj na slici 4.10. studentima se prikazuju preporuke za povećanje aktivnosti odnosno preporuka sljedećeg koraka. Preporuka za povećanje aktivnosti u provjerama detaljno je opisana u potpoglavlju 3.4.3., dok je preporuka sljedećeg koraka detaljno opisana u potpoglavlju 3.4.4. Grafički prikaz usvojenosti koncepata povezanih sa zadacima izveden je u skladu s grafičkim prikazom usvojenosti ishoda učenja prikazanom na slici 4.8. I za ovaj se grafički prikaz koriste progresivne trake različitih boja koje predstavljaju vizualno uočljiv element za

prikaz povratnih informacija studentu. Kao i za ishode učenja, progresivne trake su u jednoj od četiri boje: crvena (nedovoljna usvojenost koncepta), žuta (minimalna usvojenost koncepta), plava (prihvatljiva usvojenost koncepta) i zelena (velika usvojenost koncepta). Opisani grafički prikaz predstavlja vizualnu komponentu povezanu s obje preporuke koje se studentima na ovoj stranici prikazuju.

Home
Moj profil
Moji predmeti
Moj stil učenja
Kontakt

[< Povratak](#)

## Analiza

### Zadatak

Za mrežu prema slici odredite početnu struju i snagu trofaznog i jednofaznog kratkog spoja u čvoru 2. Zadatak je potrebno riješiti metodom jediničnih vrijednosti ( $S_B = 1000$  MVA). Zanemarite djelatne otpore elemenata, predopterećenje mreže te korekcijske faktore. Zadano:

*EEM1* :  $U_N = 400kV$ ;  $S_{k3}'' = 15000MVA$ ;  $S_{k1}'' = 10000MVA$ ;  
*EEM2* :  $U_N = 20kV$ ;  $S_{k3}'' = 750MVA$ ;  $S_{k1}'' = 500MVA$ ;  
*GEN* :  $x'' = 18\%$ ;  $U_N = 10, 5kV$ ;  $S_N = 90MVA$ ;  $X_2 = X_1$ ;  $X_0 = \infty$ ;  
*ET1* : 400/110;  $u_k = 12, 3\%$ ;  $S_N = 300MVA$ ;  $X_0 = X_1$ ;  
*ET2* : 110/20;  $u_k = 10\%$ ;  $S_N = 80MVA$ ;  $X_0 = X_1$ ;  $R = 40\Omega$ ;  
*ET3* : 110/10, 5;  $u_k = 9\%$ ;  $S_N = 90MVA$ ;  $X_0 = X_1$ ;  
*EEV1* :  $X_1 = 0, 33\Omega/km$ ;  $x_0 = 3x_1$ ; duljina 60km;  
*EEV2* :  $X_1 = 0, 33\Omega/km$ ;  $x_0 = 3x_1$ ; duljina 60km.

**MEDUREZULTATI:**

$Z_{1pu} = j$   ✔ (1.00 bodova)

$Z_{2pu} = j$   ✔ (1.00 bodova)

**REZULTAT:**

Modul ( $Z_{0pu}$ ) =  (0.00 bodova) Točno rješenje:

Kut ( $Z_{0pu}$ ) =  stupnjeva ✔ (1.00 bodova)

Modul ( $I_{k3pu}$ ) =  (0.00 bodova) Točno rješenje:

Modul ( $I_{k1pu}$ ) =  ✔ (1.00 bodova)

Osvojeni bodovi: 4.00/6.00

[< Povratak](#)

Slika 4.12. Primjer prikaza točnosti rješavanja zadatka studentima

Pokretanjem provjere znanja studentima se slučajnim odabirom dodjeljuje jedan od zadataka iz skupa zadataka  $Z_{TA_g}$  povezanog s pokrenutom provjerom  $TA_g$ . Na slici 4.11. prikazan je primjer prikaza zadatka studentima. Nakon što student upiše tražene vrijednosti u obrasce za međurezultate i završne rezultate u zadatku, sustav mu prikazuje povratnu informaciju o točnosti rješavanja na način prikazan na slici 4.12. Podatke o točnosti rješavanja svakog zadatka sustav koristi za izračunavanje usvojenosti koncepata, usvojenosti ishoda učenja kao i generiranje individualiziranih preporuka usklađenih s trenutnom uspješnosti studenata. Nakon što student dovrši planirano rješavanje zadataka u odabranim provjerama može odabrati opciju izlaska iz aplikacije ili pristup drugim aktivnim provjerama u svim predmetima na kojima je upisan koristeći dostupnu navigaciju unutar aplikacije.

#### 4.4.2. Dio mrežne aplikacije namijenjen nastavnicima

U nastavničkom dijelu prezentacijskog sloja dostupni su elementi aplikacije koji su namijenjeni nastavnicima za pripremu i organizaciju izvedbe dijela nastavnog procesa u koji je aplikacija uključena. Nastavničko sučelje omogućava nastavniku pristup do popisa studenata koji koriste sustav kao i do popisa predmeta. Nastavnik ima mogućnost dodavanja novih studenata kao i kreiranje novih predmeta u sustavu. Također, u ovom se dijelu mrežne aplikacije nalaze i statistički alati koji pomažu nastavnicima u praćenju rada i uspješnosti studenata tijekom semestra.

The screenshot shows a web interface for creating a new subject. At the top, there is a navigation bar with links: Home, Nastavničko sučelje, Studenti, and Predmeti. The main content area is titled 'Novi predmet'. It contains several input fields:

- Naziv predmeta:** A text input field containing 'Električne energetske mreže (;
- Datum početka:** A date picker showing '10/02/2022' with a calendar icon.
- Opis:** A text area containing 'Kolegij posvećen sadržajima povezanim s električnim energetskim mrežama'.
- Schema - URL (http://elars.uniri.hr/files/sheme/...):** A text input field containing 'http://elars.uniri.hr/files/sheme/eem2223shema.png'.
- Cilj predmeta:** A text area containing 'Ciljevi kolegija su: Fizikalno razumijevanje odnosa električnih veličina unutar EE mreža u različitim pogonskim stanjima. Sposobnost modeliranja, proračunavanja i određivanja električnih prilika u EE mrežama. Sposobnost rješavanja postavljenog problema u cilju analize ili optimalnog razvoja EE mreža'.

At the bottom of the form, there is a 'Spremi' button and a '< Povratak' link.

Slika 4.13. Stranica za kreiranje novog predmeta



Kreiranje novog predmeta u sučelju je izvedeno na način da se prvo odrede osnovni parametri predmeta (naziv, datum početka, opis, shema izvođenja te cilj samog predmeta) na način prikazan na slici 4.13.

Izgrađena mrežna aplikacija za svaki kreirani predmet automatski priprema standardizirane organizacijske elemente koji su potrebni za aktivan rad na predmetu (**Ishodi učenja**, **Grupe zadataka**, **Vrednovanje**, **Upisani studenti**). Odabirom svakog od navedenih organizacijskih elemenata otvara se zasebni prikaz parametrima koje nastavnik unosi u sustav. Odabirom linka **Ishodi učenja** nastavniku se otvara prozor primjer kojega je prikazan na slici 4.14.

Home    Nastavničko sučelje    Studenti    Predmeti

## Ishodi učenja - "Električne energetske mreže (22/23)"

Dodaj ishod || Uredi koncepte kolegija

| Ishod |  |                               |
|-------|--|-------------------------------|
| 1.    | Opisati elemente elektroenergetskih mreža  | Izmijeni   Obriši    Koncepti |
| 2.    | Opisati nadomjesne modele elemenata elektroenergetskih mreža                       | Izmijeni   Obriši    Koncepti |
| 3.    | Primijeniti metode za analizu električnih prilika u dijelu elektroenergetske mreže | Izmijeni   Obriši    Koncepti |
| 4.    | Provesti proračun padova napona i gubitaka u razdjelnim mrežama                    | Izmijeni   Obriši    Koncepti |

< Povratak

Slika 4.14. Prikaz stranice za definiranje ishoda učenja za predmet

Home    Nastavničko sučelje    Studenti    Predmeti

## Koncepti pridruženi ishodu učenja

Ishod učenja: "Primijeniti metode za analizu električnih prilika u dijelu elektroenergetske mreže"

Pridruži koncept

| Koncept                                    | Ponder |                   |
|--|--------|-------------------|
| Izračun snage trofaznih sustava            | 0.05   | Izmijeni   Obriši |
| Određivanje baznih napona                  | 0.05   | Izmijeni   Obriši |
| Primjena metode apsolutnih vrijednosti     | 0.30   | Izmijeni   Obriši |
| Primjena metode jediničnih vrijednosti     | 0.40   | Izmijeni   Obriši |
| Primjena nadomjesnih modela transformatora | 0.10   | Izmijeni   Obriši |
| Primjena nadomjesnih modela vodova         | 0.10   | Izmijeni   Obriši |

< Povratak

Slika 4.15. Prikaz stranice za pridruživanje koncepata ishodima učenja

Na stranici prikazanoj na slici 4.14. nastavnik može uređivati postojeće ili dodavati nove ishode učenja. Također, putem ove stranice unose se koncepti koji su određeni za promatrani predmet. Nakon što su u sustav uneseni svi koncepti putem ove stranice se svakom ishodu učenja pridružuju odgovarajući koncepti i pripadajući težinski faktori putem kojih se određuje ostvarenost promatranog ishoda učenja (na način opisan u potpoglavlju 3.3.2.1.). Na slici 4.15. prikazana je stranica namijenjena pridruživanju koncepata odabranom ishodu učenja.

Kada su u sustav uneseni svi planirani ishodi učenja predmeta te njihova povezanost s definiranim konceptima, unose se zadaci odabirom linka **Grupe zadataka**. Na slici 4.16. prikazan je primjer stranice sa zadacima te odgovarajućim poveznicama za njihov unos i uređivanje.

| Rang | Naziv grupe zadataka             | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
|------|----------------------------------|---|
| 1    | Induktivitet                     | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
| 2    | Kapacitet                        | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
| 3    | Nadomjesni modeli vodova         | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
| 4    | Nadomjesni modeli transformatora | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
| 5    | Metoda apsolutnih vrijednosti    | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
| 6    | Metoda jediničnih vrijednosti    | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |
| 7    | Razdjelne mreže                  | Izmijeni   Obriši    Zadaci    Kopiranje zadataka |

Slika 4.16. Prikaz stranice za unos i uređivanje skupova zadataka

Na stranici prikazanoj na slici 4.16. za svaki skup zadataka  $Z_{TA_g}$  moguće je mijenjati naziv i rang, u potpunosti ga obrisati, dodavati nove zadatke ili kopirati zadatke iz nekog drugog predmeta u sustavu (npr. iz istog predmeta koji je održan ranije akademske godine).

Odabirom poveznice **Zadaci** uz odabrani sadržaj nastavniku će se prikazati popis unesenih zadataka na način prikazan na slici 4.17.

< Povratak

## Zadaci u grupi zadataka "Nadomjesni modeli transformatora "

Dodaj zadatak

| Naziv | Aktivan                  | Tekst  | Dodjeljivanje | Slika                                 |   |
|-------|--------------------------|--|---------------|---------------------------------------|---|
| 6.1   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na primaru dvonamotnog energetskog transformatora pomoću I nadomjesnog modela (parametre preračunati na sekundarnu stranu ET). Zadano: $t = 400/110$ ; $S_N = 300\text{MVA}$ ; $u_k = 12,3\%$ ; $P_{\text{ks}} = 630\text{kW}$ ; $i_0 = 0,17\%$ ; $P_0 = 133,6\text{kW}$ ; napon na sekundaru je $U_2 = 108\text{kV}$ te snaga $S_2 = 200 + j70\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)  | 7             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.2   | <input type="checkbox"/> | Odredite gubitke snage na dvonamotnom energetskom transformatoru. Zadatak riješiti pomoću I nadomjesnog modela dvonamotnog transformatora s fiksnim prijenosnim omjerom (parametre preračunati na sekundarnu stranu ET). Zadano: $t = 400/231$ ; $S_N = 400\text{MVA}$ ; $u_k = 11,7\%$ ; $P_{\text{ks}} = 583\text{kW}$ ; $i_0 = 0,12\%$ ; $P_0 = 129,6\text{kW}$ ; napon na sekundaru je $U_2 = 228\text{kV}$ te snaga $S_2 = 300 + j100\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)  | 7             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.3   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu krute ee mreže nazivnog napona $220\text{kV}$ prema slici. Transformatore nadomjestiti pomoću I nadomjesnog modela (parametre preračunati na sekundarnu stranu ET). Zadano: $t = 231/110$ ; $S_N = 150\text{MVA}$ ; $u_k = 12,3\%$ ; $P_{\text{ks}} = 128\text{kW}$ ; $i_0 = 0,12\%$ ; $P_0 = 51\text{kW}$ ; napon na sekundaru je $U_2 = 111\text{kV}$ te snaga $S_2 = 100 + j20\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)  | 8             | EEM192063T.png<br>(Izmijeni   Obriši) | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.4   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na sekundaru dvonamotnog energetskog transformatora pomoću obrnutog I nadomjesnog modela za transformator s fiksnim prijenosnim omjerom (parametre preračunati na primarnu stranu ET). Zadano: $t = 220/115$ ; $S_N = 150\text{MVA}$ ; $u_k = 10,7\%$ ; $P_{\text{ks}} = 378\text{kW}$ ; $i_0 = 0,11\%$ ; $P_0 = 126,6\text{kW}$ ; napon na primaru je $U_1 = 222\text{kV}$ te snaga $S_1 = 100 + j25\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)  | 8             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.5   | <input type="checkbox"/> | Odredite gubitke snage dvonamotnom energetskom transformatoru pomoću obrnutog I nadomjesnog modela (parametre preračunati na primarnu stranu ET). Zadano: $t = 220/110$ ; $S_N = 150\text{MVA}$ ; $u_k = 10,1\%$ ; $P_{\text{ks}} = 422\text{kW}$ ; $i_0 = 0,16\%$ ; $P_0 = 54,4\text{kW}$ ; napon na primaru je $U_1 = 221\text{kV}$ te snaga $S_1 = 90 + j30\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)  | 8             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.6   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na sabirnicama 2 ee mreže prema slici, ako je poznat napon sabirnice 1 i snaga koju daje kruta ee mreža nazivnog napona $220\text{kV}$ . Transformatore nadomjestiti pomoću obrnutog I nadomjesnog modela (parametre preračunati na primarnu stranu ET). Zadano: $t = 400/220$ ; $S_N = 400\text{MVA}$ ; $u_k = 11,7\%$ ; $P_{\text{ks}} = 583\text{kW}$ ; $i_0 = 0,12\%$ ; $P_0 = 129,6\text{kW}$ ; napon sabirnice 1 je $U_1 = 405\text{kV}$ te snaga koju daje kruta ee mreža $S_1 = 300 + j100\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!) | 8             | EEM192066T.png<br>(Izmijeni   Obriši) | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.7   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na sekundaru dvonamotnog regulacijskog energetskog transformatora pomoću II nadomjesnog modela za regulacijski transformator (parametre preračunati na primarnu stranu ET s nazivnim vrijednostima prijenosnog omjera). Zadano: $t = 220/115$ ; $S_N = 120\text{MVA}$ ; $u_k = 10\%$ ; $P_{\text{ks}} = 420\text{kW}$ ; napon na primaru je $U_1 = 219\text{kV}$ te snaga $S_1 = 100 + j40\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)   | 8             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.8   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na sekundaru dvonamotnog regulacijskog energetskog transformatora pomoću II nadomjesnog modela za regulacijski transformator (parametre preračunati na primarnu stranu ET s nazivnim vrijednostima prijenosnog omjera). Zadano: $t = 231/112,5$ ; $S_N = 150\text{MVA}$ ; $u_k = 10,1\%$ ; $P_{\text{ks}} = 422\text{kW}$ ; napon na primaru je $U_1 = 227\text{kV}$ te snaga $S_1 = 120 + j40\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)   | 8             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.9   | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na primaru dvonamotnog regulacijskog energetskog transformatora pomoću II nadomjesnog modela za regulacijski transformator (parametre preračunati na sekundarnu stranu ET s nazivnim vrijednostima prijenosnog omjera). Zadano: $t = 400/231$ ; $S_N = 400\text{MVA}$ ; $u_k = 12\%$ ; $P_{\text{ks}} = 583\text{kW}$ ; napon na sekundaru je $U_2 = 222\text{kV}$ te snaga $S_2 = 310 + j90\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)   | 8             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |
| 6.10  | <input type="checkbox"/> | Odredite snagu na primaru dvonamotnog regulacijskog energetskog transformatora pomoću II nadomjesnog modela za regulacijski transformator (parametre preračunati na sekundarnu stranu ET s nazivnim vrijednostima prijenosnog omjera). Zadano: $t = 226,6/110$ ; $S_N = 150\text{MVA}$ ; $u_k = 12,3\%$ ; $P_{\text{ks}} = 128\text{kW}$ ; $i_0 = 0,12\%$ ; $P_0 = 51\text{kW}$ ; napon na sekundaru je $U_2 = 108\text{kV}$ te snaga $S_2 = 125 + j30\text{MVA}$ . (NAPOMENA: sve računati po točnim formulama!!!)  | 7             | Dodaj sliku                           | Izmijeni   Obriši   Podzadaci   Pretpregled |

< Povratak

Slika 4.17. Prikaz stranice s unesenim skupom zadataka

Kao što se na slici 4.17. može vidjeti, za svaki zadatak unesen u sustav moguće je odrediti hoće li zadatak biti aktivan (hoće li se nuditi studentima za rješavanje), odnosno podatak o tome koliko je puta zadatak dodijeljen za rješavanje. Također, svakom je zadatku moguće pridodati sliku ukoliko je u zadatku to potrebno, te putem odgovarajućih poveznica mijenjati, brisati ili pregledati uneseni zadatak. Također, putem poveznice **Podzadaci**, na ovoj je stranici moguće unijeti podatke o točnim

rješenjima svih međurezultata i ukupnog rezultata zadatka, kao i povezati svaki međurezultat s odgovarajućim konceptima.

Nakon definiranja ishoda učenja i s njima povezanih koncepata, kao i unosa zadataka u grupe zadataka, nastavnik uređuje dio aplikacije namijenjen provođenju *online* vrednovanja. Odabirom linka **Vrednovanje** nastavniku se prikazuje stranica prikazana na slici 4.18.

The screenshot shows a web interface for managing assessments. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Nastavničko sučelje', 'Studenti', and 'Predmeti'. The main heading is 'Vrednovanje u predmetu "Električne energetske mreže (22/23)"'. Below the heading, there are two links: 'Pridruži postojeće vrednovanje' and 'Kreiraj novo vrednovanje'. A table lists four assessment items with their ranks and active links for editing, details, deleting, and other actions.

| Vrednovanje   | Rang | Aktivan link  |
|---|------|---|
| Elementi elektroenergetskih mreža                                   | 1    | <a href="#">Izmijeni</a>   <a href="#">Detalji</a>   <a href="#">Obriši</a>    <a href="#">Provjere</a>    <a href="#">Ažuriraj izmjene za studente</a>    <a href="#">Statistika</a> |
| Nadomjesni modeli elemenata elektroenergetskih mreža                | 2    | <a href="#">Izmijeni</a>   <a href="#">Detalji</a>   <a href="#">Obriši</a>    <a href="#">Provjere</a>    <a href="#">Ažuriraj izmjene za studente</a>    <a href="#">Statistika</a> |
| Metode analize električnih prilika u dijelu elektroenergetske mreže | 3    | <a href="#">Izmijeni</a>   <a href="#">Detalji</a>   <a href="#">Obriši</a>    <a href="#">Provjere</a>    <a href="#">Ažuriraj izmjene za studente</a>    <a href="#">Statistika</a> |
| Proračun padova napona i gubitaka u razdjelnim mrežama              | 4    | <a href="#">Izmijeni</a>   <a href="#">Detalji</a>   <a href="#">Obriši</a>    <a href="#">Provjere</a>    <a href="#">Ažuriraj izmjene za studente</a>    <a href="#">Statistika</a> |

< Povratak

Slika 4.18. Prikaz stranice za uređivanje vrednovanja

Vrednovanje je u aplikaciji organizirano u skladu s ranije određenim ishodima učenja. Za svako se vrednovanje određuju provjere  $TA_g$  koje se povezuju s odgovarajućim skupom zadataka  $Z_{TA_g}$ . Na slici 4.19. dan je primjer stranice s provjerama povezanim sa skupovima zadataka.

The screenshot shows a web interface for managing knowledge checks. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Nastavničko sučelje', 'Studenti', and 'Predmeti'. The main heading is 'Provjere znanja "Nadomjesni modeli elemenata elektroenergetskih mreža"'. Below the heading, there are two links: 'Pridruži provjeru' and 'Kreiraj novu provjeru'. A table lists two knowledge checks with their ranks, start and end dates, scores, and types.

| Naziv                            | Rang | Datum početka     | Datum završetka   | Bodovi | Vrsta  |
|----------------------------------|------|-------------------|-------------------|--------|--|
| Nadomjesni modeli vodova         | 1    | 08.11.2022. 13:00 | 22.11.2022. 13:00 |        | Aktivnost provjere <a href="#">Izmijeni</a>   <a href="#">Obriši</a>    <a href="#">Definiraj provjeru</a>    <a href="#">Statistika</a> |
| Nadomjesni modeli transformatora | 2    | 22.11.2022. 13:00 | 06.12.2022. 13:00 |        | Aktivnost provjere <a href="#">Izmijeni</a>   <a href="#">Obriši</a>    <a href="#">Definiraj provjeru</a>    <a href="#">Statistika</a> |

< Povratak

Slika 4.19. Prikaz stranice s provjerama znanja

Za svaku se provjeru određuje datum njezinog početka i završetka (period u kojem će biti dostupna studentima za rad), te vrsta i okruženje za njezinu provedbu.

Nakon definiranja općih parametara odabirom linka **Definiraj provjeru** određuju se postavke provjere koje obuhvaćaju povezanost s odgovarajućom grupom zadataka, broj zadataka koji će se po svakom pokušaju prikazati studentu, vremenski period za rješavanje svakog pojedinog zadatka, te ukupni broj pokušaja rješavanja zadataka u toj provjeri koji studentima stoji na raspolaganju. Na slici 4.20. prikazana je stranica putem koje se za svaku provjeru unose detalji svih navedenih elemenata.

Slika 4.20. Prikaz stranice za određivanje postavki provjere

| ID studenta | ime      | Prezime  | Spol  | Studijski program | Delete |
|-------------|----------|----------|-------|-------------------|--------|
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |
| XXXXXXXXXX  | IVANOVIĆ | IVANOVIĆ | Muško | ostalo            | Delete |

Slika 4.21. Prikaz stranice za upravljanje studentima u sustavu

Završni element u pripremi predmeta je povezivanje predmeta sa studentima koji su na njega upisani, a što se provodi odabirom linka **Upisani studenti**. Nastavnik može unijeti novog studenta u sustav te ga pridružiti predmetu ili među već unesenim studentima odabrati one koje će upisati na promatrani predmet. Nakon povezivanja pripremljenog predmeta sa studentima dovršen je postupak pripreme predmeta za korištenje.

Na slici 4.21. prikazan je izgled stranice s popisom studenata i mogućnostima izmjene podataka o već unesenim odnosno unos novih studenata u sustav.

Tijekom rada studenata s mrežnom aplikacijom, za nastavnika je pripremljen i dio sustava namijenjen osnovnoj statističkoj analizi rada studenta. Osnovni statistički prikaz rada studenata moguć je na nivou vrednovanja kao i na nivou svake pojedine provjere.

Na slici 4.22. prikazan je izgled stranice osmišljene za prikaz rezultata osnovne statističke analize rada studenata (izgled stranice je identičan za nivo vrednovanja i za nivo provjere).

The screenshot shows a web application interface with a dark blue header containing navigation links: Home, Nastavničko sučelje, Studenti, and Predmeti. The main content area has a white background with a blue border. The title is "Statistika za vrednovanje "Nadomjesni modeli elemenata elektroenergetskih mreža"". Below the title are three columns of analysis options:

- Analiza po datumima:** Prikazuje se broj pokušaja rješavanja po datumima (tablični prikaz) te grafički prikaz vremenske dinamike rješavanja zadataka. Below is a table with columns for date, number of attempts, and success rate.
- Analiza po studentima:** Prikazuju se bodovi ostvareni na pojedinoj provjeri i ukupni ostvareni bodovi, ukupan broj pokušaja i ukupno vrijeme rješavanja. Below is a table with columns for student name, score, total score, number of attempts, and solving time.
- Usvojenost koncepata:** Prikazuju se ukupni rezultati usvojenosti koncepata. Obuhvaćeni su koncepti povezani s promatranim provjerama. Below is a table with columns for concept names and their adoption status.

Each section has a "Prikaži" button below it. At the bottom left, there is a "< Povratak" link.

Slika 4.22. Prikaz izgleda stranice sa statistikom za odabrano vrednovanje

U okviru osnovne statističke analize nastavniku je na raspolaganju analiza po datumima, analiza po studentima, kao i objedinjeni prikaz usvojenosti koncepata.

Na slici 4.23. prikazan je izgled stranice za prikaz analize po datumima.

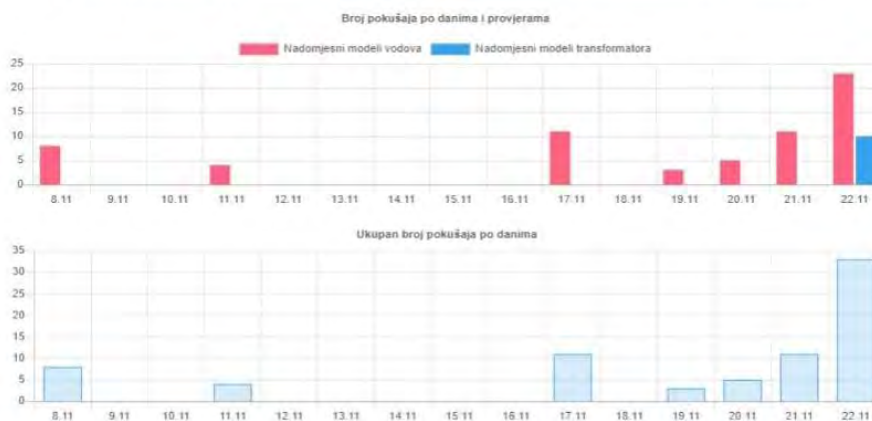
## Prikaz analize po datumima

### Statistika vrednovanja: Nadomjesni modeli elemenata elektroenergetskih mreža

Tablicom su prikazani podaci o broju pokušaja po datumima.

Izvoz u Excel

| Red br. | Datum       | Nadomjesni modeli vodova | Nadomjesni modeli transformatora | UKUPNO |
|---------|-------------|--------------------------|----------------------------------|--------|
| 1.      | 08.11.2022. | 8                        | 0                                | 8      |
| 2.      | 09.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 3.      | 10.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 4.      | 11.11.2022. | 4                        | 0                                | 4      |
| 5.      | 12.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 6.      | 13.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 7.      | 14.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 8.      | 15.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 9.      | 16.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 10.     | 17.11.2022. | 11                       | 0                                | 11     |
| 11.     | 18.11.2022. | 0                        | 0                                | 0      |
| 12.     | 19.11.2022. | 3                        | 0                                | 3      |
| 13.     | 20.11.2022. | 5                        | 0                                | 5      |
| 14.     | 21.11.2022. | 11                       | 0                                | 11     |
| 15.     | 22.11.2022. | 23                       | 10                               | 33     |



< Povratak

Slika 4.23. Stranica s prikazom statističke analize po datumima

U okviru statističke analize po datumima nastavniku su dostupni podaci o broju pokušaja rješavanja podataka po datumima za obuhvaćene provjere zajedno s ukupnim brojem pokušaja po datumima za sve studente. Podaci su prikazani u tablici te je omogućen izvoz tih podataka u Excel tablicu za daljnju statističku analizu. Brojčano prikazani podaci prikazani su i grafički s ciljem lakšeg uočavanja vremenske dinamike kojom studenti pristupaju rješavanju zadataka u promatranom vremenskom periodu.

Odabirom poveznice na prikaz analize po studentima nastavniku su dostupni podaci o broju pokušaja rješavanja zadataka u okviru svake provjere za svakog studenta kao i prikaz maksimalno osvojenih bodova u pojedinim provjerama. Također, prikazan je i podatak o ukupnom vremenu koje je svaki student proveo u rješavanju zadataka. Podaci su prikazani u tablici te je omogućen izvoz tih podataka u Excel tablicu za daljnju statističku analizu.

Izgled stranice s prikazom statističke analize po studentima dan je na slici 4.24.

**Prikaz analize po studentima**  
Statistika vrednovanja: Nadomjesni modeli elemenata elektroenergetskih mreža

Izvoz u Excel

Prikaži 10 rezultata po stranici

Pretraži:

| Red br. | Ime i prezime | Nadomjesni modeli vodova | Nadomjesni modeli transformatora | UK UP NO | Broj pokušaja | Ukupno vrijeme |
|---------|---------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------|----------------|
| 1.      | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 18            | 04:30:13       |
| 2.      | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 7             | 01:45:28       |
| 3.      | [redacted]    | 0                        | 0                                | 0        | 0             | 00:00:00       |
| 4.      | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 6             | 01:37:44       |
| 5.      | [redacted]    | 4                        | 4,8                              | 8,8      | 12            | 02:29:28       |
| 6.      | [redacted]    | 0                        | 0                                | 0        | 0             | 00:00:00       |
| 7.      | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 7             | 01:29:45       |
| 8.      | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 10            | 03:01:21       |
| 9.      | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 10            | 02:28:07       |
| 10.     | [redacted]    | 4                        | 5                                | 9        | 31            | 06:43:32       |

Prikazano 1 do 10 od 12 rezultata

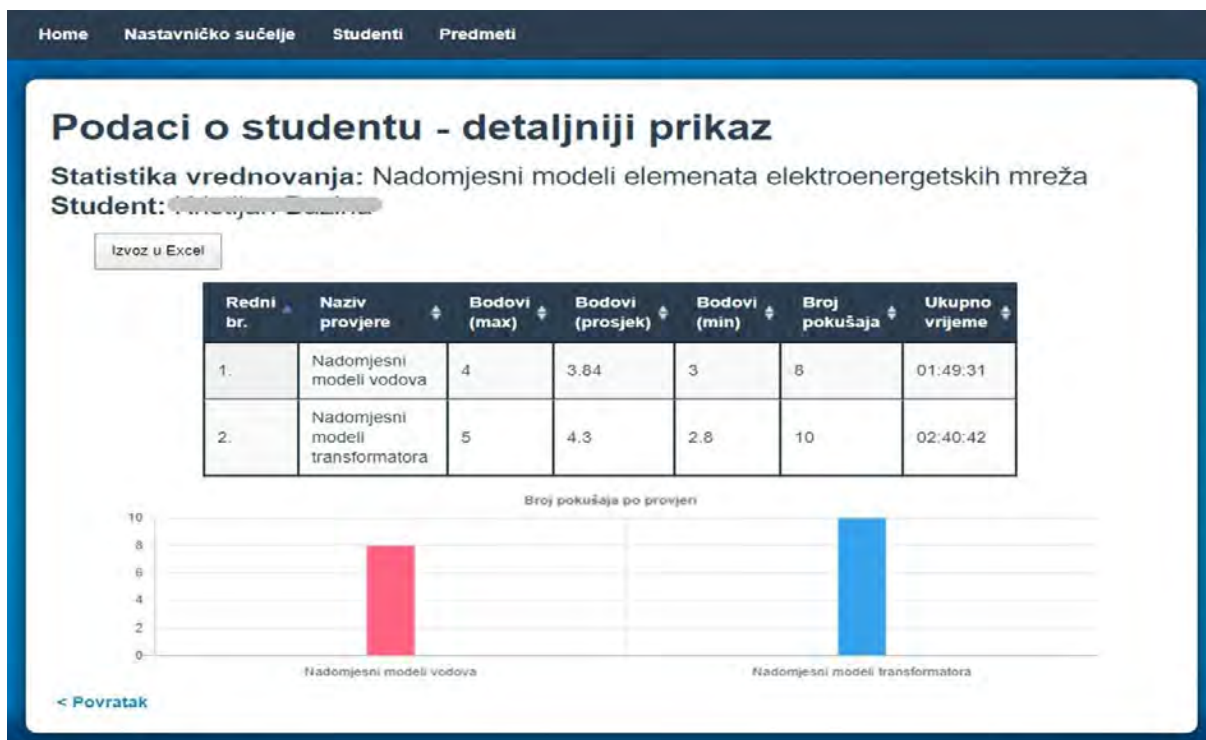
Nazad 1 2 Naprijed

< Povratak

Slika 4.24. Stranica s prikazom statističke analize po studentima

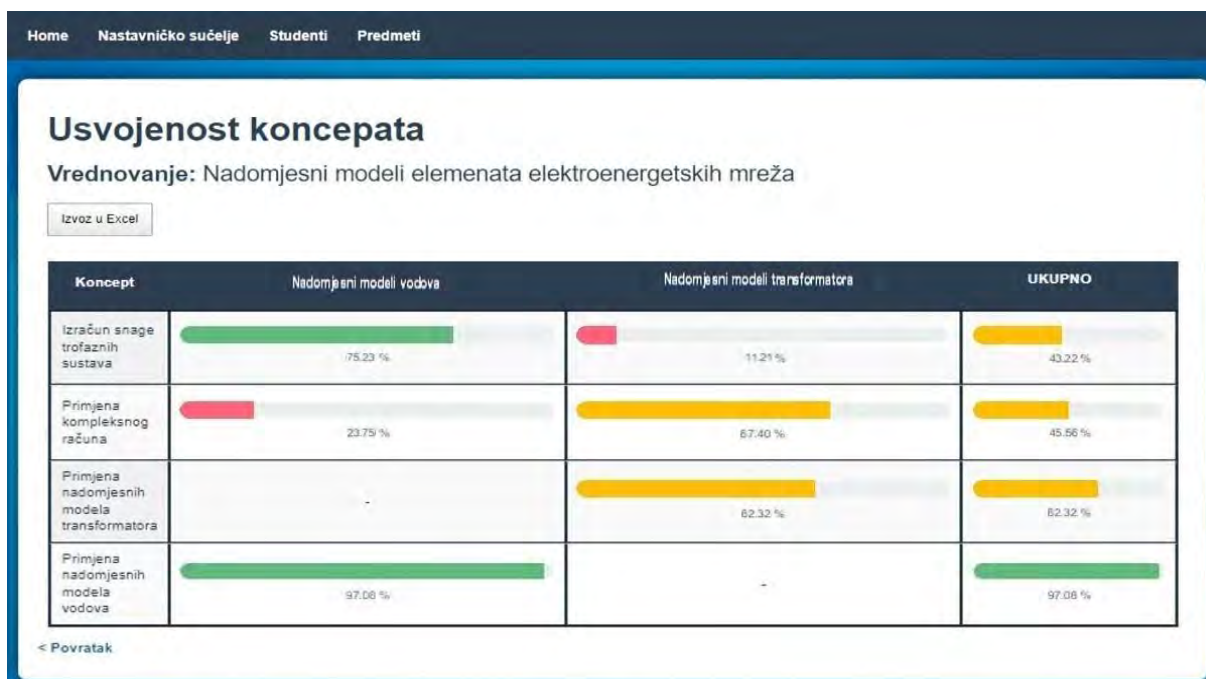
Odabirom imena pojedinog studenta otvoriti će se stranica s detaljnim prikazom rezultata za tog studenta. Prikaz obuhvaća podatke o minimalno, prosječnom i maksimalnom broju ostvarenih bodova, te ukupnom broju pokušaja rješavanja zadataka te ukupnom vremenu provedenom u rješavanju tih zadataka. Tablično prikazani podaci o ukupnom broju pokušaja prikazani su i grafički. Podatke je moguće izvesti u Excel tablicu za daljnju statističku analizu. Izgled stranice za prikaz detaljnih podataka o studentu dan je na slici 4.25.





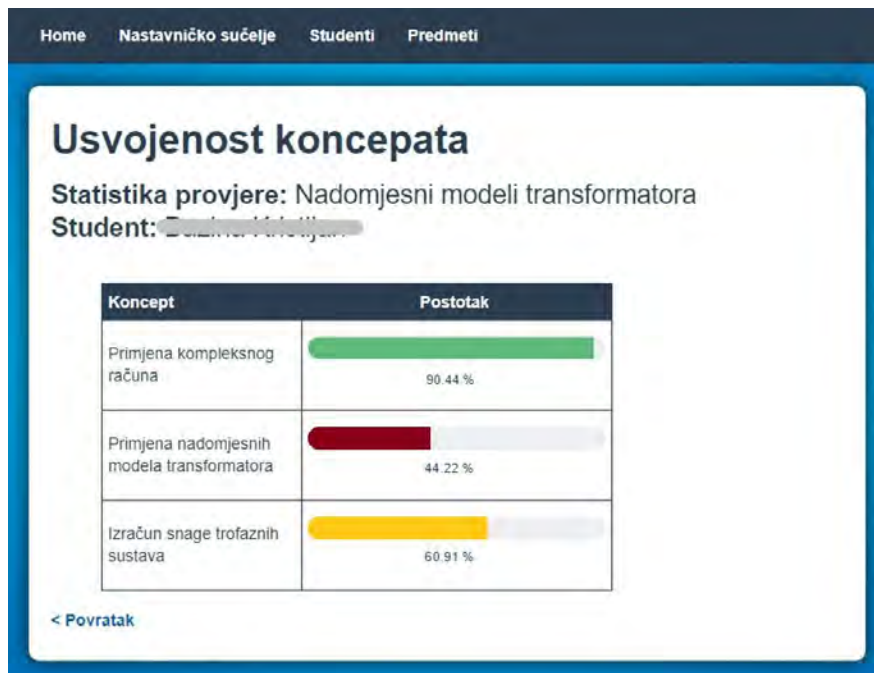
Slika 4.25. Detaljni prikaz analize podataka o studentu

Odabirom poveznice za usvojenost koncepata, sustav izračunava usvojenost koncepata za sve studente. Korištenjem ovog prikaza nastavnik dobiva uvid u uspješnost rada cjelokupne grupe studenata te može na temelju tih podataka po potrebi provesti reorganizaciju nastave. Prikaz rezultata izračuna dan je na slici 4.26.



Slika 4.26. Prikaz usvojenosti koncepata

U statističkoj analizi na nivou provjere prikaz usvojenosti koncepata prikazan je za svakog studenta pojedinačno na način prikazan na slici 4.27.



Slika 4.27. Prikaz usvojenosti koncepata za studenta na razini provjere

Prikazanim elementima statističke analize podataka pomaže se nastavnicima u praćenju rada studenta kao grupe ali i na razini svakog pojedinog studenta. Podaci se mogu izvući u tabličnom obliku te koristiti za dodatne statističke analize.

## 5. VREDNOVANJE SUSTAVA I VALIDACIJA POSTAVLJENIH HIPOTEZA

Izgrađeni sustav testiran je u različitim fazama razvoja tijekom pet uzastopnih akademskih godina (od akademske godine 2018./19. do akademske godine 2022./23.) u realnom obrazovnom okruženju. Vrednovanje sustava kao i validacija postavljenih hipoteza provedena je tijekom cijelog vremena trajanja istraživanja zasnovanog na DBR metodologiji. Eksperimentalna faza istraživanja provedena je kroz šest DBR ciklusa.

### 5.1. Vrednovanje funkcionalnosti izgrađenog sustava

Vrednovanje sustava provedeno je s tehničkog aspekta (ispravnost i brzina rada) kao i s aspekta zadovoljstva korisnika.

Tehnički aspekt funkcionalnosti sustava vrednovan je kontinuirano tijekom cjelokupnog istraživanja. Osnovni cilj koji se ovim vrednovanjem želio postići je da sustav ispravno radi, odnosno da se tijekom njegovog rada povremene prijavljene pogreške otklone u što kraćem roku. S tim ciljem studenti koji su sudjelovali u istraživanju su poticani da u slučaju uočavanja pogreški u radu sustava (do kojih je ponekad dolazilo nakon nadogradnji sustava) izvrše prijave šaljući opis pogreške kao i snimku ekrana s detaljnim opisom.

Tijekom provođenja istraživanja u nekoliko je navrata bilo potrebno otkloniti uočene pogreške u radu sustava, s tim da se u svakom slučaju radilo o manjim pogreškama koje su mogle biti brzo otklonjene. Sustav niti u jednom trenutku nije bio nedostupan u vremenskom trajanju koje bi moglo utjecati na planiranu dinamiku provođenja istraživanja. U anonimnim anketama provedenim tijekom istraživanja dobivene su povratne informacije od strane studenata vezano uz povremene probleme u radu sa sustavom te vremenu njihovog otklanjanja. U završnoj su anketi studenti visokom ocjenom (4,76) ocijenili sustav po ovom pitanju ukazujući da nisu imali većih problema u njegovom korištenju, odnosno da su povremeni problemi brzo otklanjani.

S ciljem osiguravanja zadovoljstva studenata u radu sa sustavom, tijekom izrade kao i provođenja nadogradnji, posebna je pozornost posvećena brzini rada sustava. S obzirom da su se izgrađeni algoritmi (koji su bili namijenjeni davanju povratnih informacija studentima) izvršavali svaki put kada je student prelazio između različitih dijelova sustava, algoritmi su optimizirani kako ne bi dolazilo do čekanja između zahtjeva studenta i reakcije sustava (eng. *latency*). Algoritmi su optimizirani u skladu s očekivanom količinom podataka koji su pohranjivani u bazi podataka, a koji su se koristili za provođenje izračuna. Niti jednom tijekom provođenja cjelokupnog istraživanja nije dobiven prigovor od strane studenata na brzinu rada sustava što ukazuje da je opisana optimizacija algoritama bila uspješna.

Zadovoljstvo studenta u radu sa sustavom vrednovano je putem anonimnih anketa i intervjua. Anonimne ankete su osmišljene na način da se određena pitanja

ponavljaju u svim provedenim DBR ciklusima kako bi se moglo pratiti zadovoljstvo studenata tijekom cijelog trajanja istraživanja. U tablici 5.1. objedinjeni su dobiveni rezultati za pitanja namijenjena praćenju zadovoljstva studenata koja su se ponavljala u anonimnim anketama tijekom cjelokupnog trajanja provedenog istraživanja.

Tablica 5.1. Objedinjeni rezultati za anketna pitanja namijenjena vrednovanju zadovoljstva studenata u radu sa sustavom

| Pitanje  | DBR ciklus |      |      |      |      |      | Avg         | StDev       |
|--|------------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|
|  | 1.         | 2.   | 3.   | 4.   | 5.   | 6.   |             |             |
| Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom.                              | 4,54       | 3,73 | 4,50 | 4,59 | 4,75 | 4,76 | <b>4,48</b> | <b>0,38</b> |
| Preporučio bih korištenje online sustava svojim kolegama i kolegicama. | 4,77       | 4,83 | 4,83 | 4,68 | 4,65 | 4,95 | <b>4,79</b> | <b>0,11</b> |

Kao što se rezultata prikazanih u tablici 5.1. može vidjeti, studenti uključeni u istraživanje su s vrlo visokom prosječnom ocjenom potvrdili da su pročitali pripremljene pisane upute za rad sa sustavom. Navedeni rezultat ukazuje da su studenti bili zainteresirani i motivirani za korištenje sustava i prije početka aktivnog korištenja.

Zadovoljstvo u korištenju sustava vrednovano je i temeljem spremnosti studenata da preporuča aplikaciju svojim kolegama i kolegicama. Iznimno visoka srednja ocjena (4,79) ukazuje da je sustav bio iznimno dobro prihvaćen od strane studenata tijekom cjelokupnog vremena provođenja istraživanja. Također, u završnoj su anketi provedenoj među studentima u zadnjoj fazi istraživanja studenti maksimalnom ocjenom (5,00) potvrdili da bi željeli ponovo koristiti izgrađenu mrežnu aplikaciju u drugim predmetima tijekom studiranja.

Kroz kontinuirane razgovore s predmetnim nastavnicima dobivene su povratne informacije o nastavničkom dijelu sustava. Sve dobivene povratne informacije ukazale su da je taj dio sustava intuitivan i lagan za korištenje, pogotovo nakon što su dijelovi sustava nadograđeni u skladu sa sugestijama nastavnika. Tijekom rada sa sustavom nastavnici nisu imali poteškoća, te su potvrdili da su zadovoljni kako dizajnom i izvedbom tako i funkcionalnošću cjelokupnog sustava.

Svi navedeni rezultati ukazuju da je izgrađeni sustav ispunio očekivanja studenata i nastavnika kao ciljanih korisnika. Izrazito visoke ocjene rada u sustavu od strane studenata, kao i prihvaćenost sustava od strane nastavnika, potvrđuje da je sustav pozitivno prihvaćen i uspješno pušten u rad.

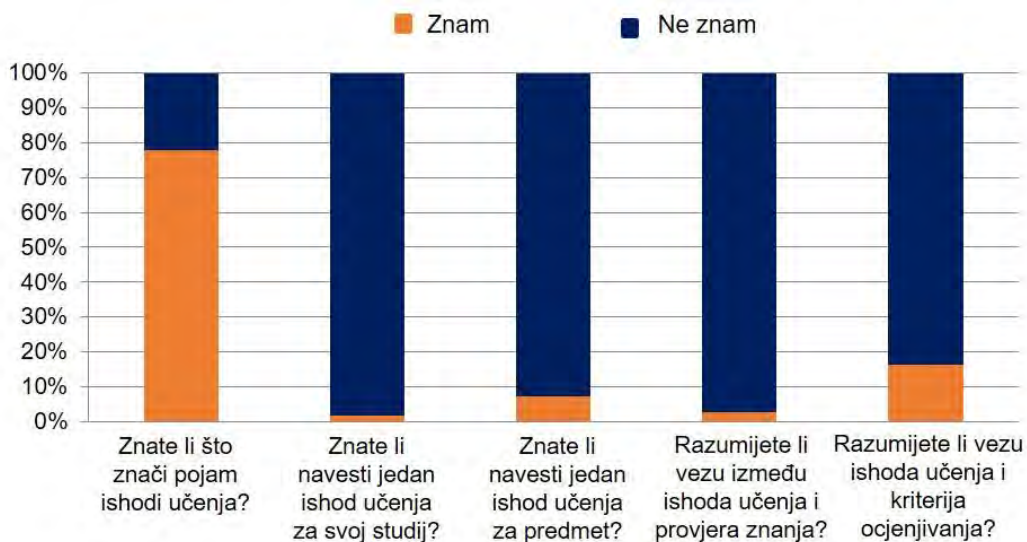
## 5.2. Opis provedenog istraživanja – priprema i dizajn

### 5.2.1. Analiza problema

Analizu problema koji se planirao istraživati proveli su zajednički istraživač i nastavnici koji su izvodili nastavu na predmetima na kojima se planirano istraživanje provodilo. Ovaj dio u pripremi i dizajnu istraživanja pretpostavlja detaljnu analizu dostupne literature (teoretske podloge) i rezultata ranije provedenih istraživanja kako bi se moglo osmisliti odgovarajuće polazno rješenje promatranog problema. Teoretska podloga provedenog istraživanja detaljno je prikazana u Poglavlju 2. Analiza je obuhvatila područje obrazovnih sustava preporučivanja, motivacijskih strategija i sustava za *online* vrednovanje te DBR metodologije.

Također, u pripremi za osmišljavanje polaznog rješenja problema koji se planirao istražiti provedene su i analize poznavanja ishoda učenja među studentima upisanim na studijske programe u obrazovanju u STEM području kao i *offline* studija slučaja na manjem uzorku (27 studenata) usmjerena na kontinuirano vrednovanje rada studenata.

Za utvrđivanje poznavanja ishoda učenja među studentima upisanim na studijske programe u obrazovanju u STEM području odabrana je kvalitativna metoda prikupljanja podataka putem anonimnih anketa među studentima. Anкета (Privitak 1.) je provedena među studentima Sveučilišta u Rijeci, a ukupan broj anketiranih studenata iznosio je 347. Na slici 5.1. prikazani su rezultati dobiveni provođenjem anonimne ankete.



Slika 5.1. Grafički prikaz dobivenih rezultata anketiranja studenata o poznavanju ishoda učenja

Prikazani rezultati ukazali su da anketirani studenti ne poznaju ishode učenja te da ne razumiju njihovu namjenu u operativnoj provedbi studijskog programa. S obzirom da ishodi učenja predstavljaju temelj za osmišljavanje svih elemenata obrazovnog procesa, svakako je neophodno kroz adekvatne obrazovne prakse

motivirati studente da ove informacije (koje su im slobodno dostupne) iskoriste s ciljem ostvarivanja boljih rezultata tijekom studiranja.

Studija slučaja koja je provedena tijekom analize koja je prethodila istraživanju provedena je na grupi studenata upisanih na predmet *Osnove elektrotehnike 2* na prijediplomskom sveučilišnom studiju politehnike na Sveučilištu u Rijeci. Osnovni cilj studije bio je ispitati mogućnost implementacije kontinuiranog vrednovanja rada studenata putem organizacije tjednih sumativnih provjera znanja.

Studija slučaja je organizirana kao kvazi-eksperiment (eng. *quasi-experiment*) u akademskoj godini 2017./2018. pri čemu su generacije studenata u akademskim godinama 2015./2016. odnosno 2016./2017. korištene kao grupe za usporedbu (u svakoj akademskoj godini zavisna varijabla koja se pratila je broj studenata koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit u odnosu na broj studenata upisanih na predmet kao nezavisne varijable).

Kontinuirane tjedne sumativne provjere znanja organizirane su na način da su nakon predavanja koje je obuhvaćalo određeni dio sadržaja predmeta studenti tjedan dana kasnije na početku sljedećeg predavanja prvo pristupili *offline* sumativnoj provjeri znanja iz tog sadržaja. Za svaki sadržaj studenti su imali na raspolaganju dva pokušaja, s tim da je drugi pokušaj uslijedio u drugom tjednu nakon održanog predavanja. Za uspješniji od dva pokušaja studentima su dodijeljeni ocjenski bodovi.

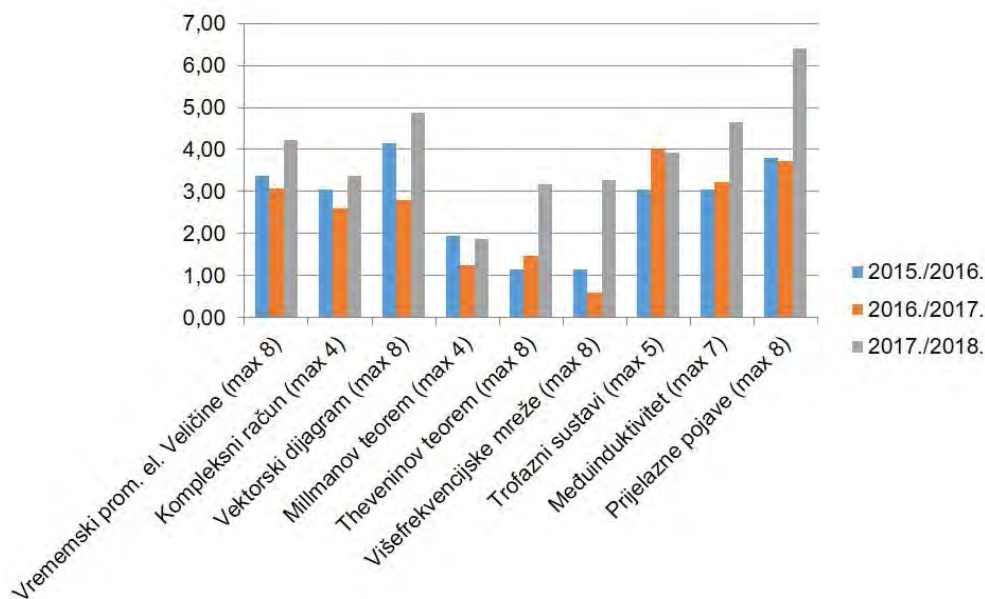
S ciljem uspoređivanja uspjeha studenata za tjedne sumativne provjere znanja korišten je isti skup zadataka koji je korišten i u kontrolnim zadaćama u grupama za usporedbu. U tablici 5.2. prikazani su u postotnom omjeru rezultati provedene studije slučaja prema broju studenata koji su u promatranim generacijama ostvarili na kraju semestra najmanje 35 ocjenskih bodova (50% od ukupno 70 bodova) te ostvarili pravo izlaska na završni ispit iz predmeta.

Tablica 5.2. Omjer broja upisanih studenata i broja studenata koji nisu ostvarili minimalan broj ocjenskih bodova za izlazak na završni ispit (studija slučaja)

| Akademska godina | Broj upisanih studenata | Broj studenata koji nisu ostvarili pravo izlaska na završni ispit |         |
|------------------|-------------------------|---|---------|
|                  |                         | Broj  | %       |
| 2015./2016.      | 21                      | 6   | 28,57 % |
| 2016./2017.      | 30                      | 10  | 33,33 % |
| 2017./2018.      | 27                      | 1   | 3,70 %  |

Kao što se može vidjeti u tablici 5.2., uvođenjem tjednih *offline* kontinuiranih sumativnih provjera znanja došlo je do značajnog povećanja broja studenata koji su tijekom semestra ostvarili pravo izlaska na završni ispit ostvarivši više od minimalnog broja potrebnih ocjenskih bodova. Na slici 5.2. prikazana je međusobna usporedba srednjih vrijednosti ostvarenih bodova rješavanjem zadataka po pojedinim dijelovima

sadržaja predmeta između eksperimentalne grupe (akademska godina 2017./18.) i grupa studenata za usporedbu (akademske godine 2015./16. odnosno 2016./17.).



Slika 5.2. Usporedba ukupnih srednjih vrijednosti ostvarenih bodova po dijelovima sadržaja predmeta

Kao što se može vidjeti na slici 5.2., u sedam od devet dijelova sadržaja predmeta unutar promatranog predmeta srednja vrijednost ostvarenih bodova po zadacima u eksperimentalnoj grupi studenata je bila veća u odnosu na srednje vrijednosti ostvarenih bodova u generacijama studenata kod kojih su za sumativnu provjeru znanja korištene tradicionalne kontrolne zadaće tijekom semestra (u dva sadržaja ostvareni su identični ili zanemarivo manji rezultati).

Dobiveni rezultati provedene studije slučaja ukazali su na pozitivan utjecaj kontinuiranih sumativnih provjera znanja na rad studenata tijekom semestra te posljedično i na postizanje boljih rezultata učenja na kraju semestra.

### 5.2.2. Hipoteze i polazno rješenje problema

Temeljem provedene ankete među studentima kao i opisane studije slučaja, uz provedenu detaljnu analizu literature povezane s teoretskim osnovama cjelokupnog istraživanja, a u skladu s ciljem prve faze u provedbi DBR istraživanja, osmišljeno je polazno rješenje problema. Temeljem polaznog rješenja postavljeno je prvo istraživačko pitanje:

1. RQ1: Hoće li studenti prihvatiti osmišljeni pristup *online* vrednovanja znanja koji obuhvaća međurezultate zadataka, te hoće li biti moguće sustav koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova?

Također, postavljene su znanstvene hipoteze koje su se provedenim istraživanjem željele ispitati:

**Hipoteza 1:** Korištenje kontinuiranog *online* vrednovanja znanja (formativnog i sumativnog) povećati će motivaciju STEM studenata, a posljedično dovesti i do boljih rezultata učenja tijekom semestra.

**Hipoteza 2:** Povezivanjem podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja generirati će se preporuke koje će studentima omogućiti usvajanje ishoda učenja.

Za potvrđivanje postavljenih hipoteza osmišljena su dva istraživačka pitanja:

2. RQ2: Hoće li kontinuirano *online* vrednovanje znanja pozitivno utjecati na motivaciju studenata za učenje te dovesti do boljih rezultata učenja tijekom semestra?

3. RQ3: Hoće li se povezivanjem podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja moći uspješno generirati preporuke koje će studentima omogućiti usvajanje ishoda učenja?

na koja se tijekom drugog i trećeg koraka eksperimentalnog dijela provedenog istraživanja tražio odgovor.

U istraživanju su sudjelovali studenti i nastavnici s prijediplomskih studija elektrotehnike (sveučilišni odnosno stručni studiji) koji se izvode na *Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci*. Predmeti odabrani za provedbu istraživanja bili su *Elektroenergetske mreže* na sveučilišnom odnosno *Električne energetske mreže, Elementi elektroenergetskih postrojenja* odnosno *Zaštita električnih postrojenja* na stručnom prijediplomskom studiju elektrotehnike. U suradnji s nastavnicima koji izvode nastavu na navedenim predmetima osmišljeno je polazno rješenje koje je obuhvatilo nadogradnju postojećeg ERS-a elementima za *online* vrednovanje. Za prikupljanje podataka tijekom istraživanja odabrane su kvalitativne (anonimne ankete koje su uključivale pitanja otvorenog tipa, intervjui) i kvantitativne metode (prikupljanje podataka tijekom rada studenata sa sustavom, anonimne ankete s pitanjima koja koriste Likertovu skalu). Podaci koji su se kroz rad studenata sa sustavom prikupljali detaljno su opisani u Poglavlju 3.

Također, istraživanje je planirano kao niz kvazi-eksperimenata. Osnovni razlog za ovu odluku nalazi se u činjenici da ukupni broj studenata upisanih na predmete u okviru kojega su kvazi-eksperimenti provođeni nije bio dovoljno velik da se mogu oformiti dvije dovoljno velike klasične grupe studenata za usporedbu (kontrolna i eksperimentalna grupa). S obzirom na odabrani način provedbe istraživanja, radilo se o nezavisnom dizajnu istraživanja na način opisan u potpoglavlju 2.3.2, pri čemu su grupe za usporedbu činile usporedive prethodne generacije studenata upisane na iste predmete.

### **5.3. Opis provedenog istraživanja – eksperimentalni dio**

Eksperimentalni dio istraživanja planiran je u tri koraka od kojih svaki korak odgovara jednom od postavljenih istraživačkih pitanja. U skladu s DBR metodologijom, eksperimentalni dio istraživanja je proveden u obliku niza DBR ciklusa (ukupno šest ciklusa). U tablici 5.3. prikazana je eksperimentalna faza provedenog DBR istraživanja.



Tablica 5.3. Eksperimentalna faza provedenog DBR istraživanja

| DBR ciklus i trajanje  | Cilj ciklusa  | Vrsta studijskog programa i broj studenata u eksperimentalnoj grupi | Vrsta studijskog programa i broj studenata u grupi za usporedbu | Dizajn istraživanja (zavisni/nezavisni) | Načini prikupljanja podataka (kvalitativne i kvantitativne metode)   | Najvažniji dobiveni rezultati   | Metode statističke analize prikupljenih podataka  |
|--|---|---|---|---|--|---|---|
| <b>Istraživačko pitanje RQ1: Hoće li studenti prihvatiti osmišljeni pristup <i>online</i> vrednovanja znanja koji obuhvaća međurezultate zadataka, te hoće li biti moguće sustav koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova?</b> |   |   |   |   |  |   |   |
| 1.<br>(ožujak – travanj 2019.)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- provjeriti prihvaćanje dijela sustava za rješavanje zadataka od strane studenata,</li> <li>- prikupiti povratne informacije o potrebama za nadogradnjom sustava,</li> <li>- istražiti utjecaj na motiviranost studenata za rješavanjem zadataka</li> </ul> | sveučilišni<br>58 studenata   | sveučilišni<br>41 student                                       | zavisni i nezavisni                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- upitnik na kraju ciklusa,</li> <li>- praćenje vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu</li> <li>- ostvareni bodovi na kontrolnim zadaćama</li> <li>- praćenje ukupnog i prosječnog broja rješanih zadataka u sustavu</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- dio sustava za rješavanje zadataka treba doraditi,</li> <li>- studenti zadovoljni sustavom</li> <li>- motiviranost studenata veća (više riješenih zadataka),</li> <li>- rad studenata koncentriran na nekoliko dana prije kontrolne zadaće</li> <li>- svaki bod ostvaren u aplikaciji donosi pola boda više na kontrolnoj zadaći (za svaki dio sadržaja predmeta)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- t-test</li> <li>- Mann-Whitney test</li> <li>- Wilcoxonov test</li> <li>- korelacijska analiza rada u aplikaciji i uspjeha na kontrolnim zadaćama</li> </ul> |
| 2.<br>(svibanj – lipanj 2019.)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- prikupiti povratne informacije o potrebama za nadogradnjom sustava,</li> <li>- istražiti utjecaj na motiviranost studenata za rješavanjem zadataka</li> <li>- istražiti mogućnost korištenja sustava za ostvarivanje ocjenskih bodova</li> </ul>           | sveučilišni<br>58 studenata   | sveučilišni<br>41 student                                       | zavisni i nezavisni                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- upitnik na kraju ciklusa,</li> <li>- praćenje vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu</li> <li>- bodovi na kontrolnoj zadaći (za usporedbu s prethodnom generacijom)</li> <li>- praćenje ukupnog i prosječnog broja rješanih zadataka u sustavu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- rješavanje zadataka je adekvatno izvedeno,</li> <li>- studenti zadovoljni sustavom</li> <li>- motiviranost je veća (više riješenih zadataka),</li> <li>- rad studenata koncentriran na nekoliko dana prije kontrolne zadaće</li> <li>- sustav bi se mogao koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- t-test</li> <li>- Mann-Whitney test</li> <li>- Wilcoxonov test</li> <li>- korelacijska analiza rada u aplikaciji i uspjeha na kontrolnim zadaćama</li> </ul> |

| DBR ciklus i trajanje   | Cilj ciklusa  | Vrsta studijskog programa i broj studenata u eksperimentalnoj grupi | Vrsta studijskog programa i broj studenata u grupi za usporedbu | Dizajn istraživanja (zavisni/nezavisni) | Načini prikupljanja podataka (kvalitativne i kvantitativne metode)   | Najvažniji dobiveni rezultati   | Metode statističke analize prikupljenih podataka   |
|---|---|---|---|---|--|---|--|
| <b>Istraživačko pitanje RQ2: Hoće li kontinuirano <i>online</i> vrednovanje znanja pozitivno utjecati na motivaciju studenata za učenje te dovesti do boljih rezultata učenja tijekom semestra?</b> |   |   |   |   |  |   |  |
| 3.<br>(listopad 2019. – siječanj 2020.)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ispitati mogućnost primjene sustava za kontinuiranu sumativnu provjeru znanja (hibridni pristup – kontinuirane <i>online</i> provjere znanja i pisane provjere na kontrolnim zadaćama),</li> <li>- istražiti utjecaj takve organizacije provjere znanja na motivaciju studenata</li> </ul> | stručni<br>32 studenta  | stručni<br>36 studenata   | nezavisni                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- upitnik na kraju ciklusa,</li> <li>- praćenje vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu</li> <li>- ostvareni bodovi na <i>online</i> provjerama znanja i na kontrolnim zadaćama</li> <li>- praćenje ukupnog i prosječnog broja rješanih zadataka u sustavu</li> <li>- praćenje ukupno ostvarenih ocjenskih bodova</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- nepodudaranje između rezultata u sustavu i rezultata na kontrolnoj zadaći,</li> <li>- motiviranost je veća (više riješenih zadataka),</li> <li>- rad studenata koncentriran na nekoliko dana prije provjere znanja</li> <li>- veći broj studenata ostvario pravo izlaska na završni ispit</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anova s jednostrukom kvalifikacijom</li> <li>- postotne usporedbe rezultata po grupama</li> <li>- ocjenjivanje rezultata upitnika Likert skalom uz izračun prosječne ocjene za grupu, Avg, Var i StDev vrijednosti</li> </ul> |
| 4.<br>(listopad 2020. – siječanj 2021.)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ispitati mogućnost primjene sustava za kontinuiranu sumativnu provjeru znanja (kontinuirane <i>online</i> provjere znanja),</li> <li>- istražiti utjecaj takve organizacije provjere znanja na motivaciju studenata</li> </ul>   | stručni<br>25 studenata   | stručni<br>36 studenata   | nezavisni                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- upitnik na kraju ciklusa,</li> <li>- praćenje vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu</li> <li>- praćenje ukupnog i prosječnog broja rješanih zadataka u sustavu</li> <li>- praćenje ukupno ostvarenih ocjenskih bodova</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- studenti i nastavnici zadovoljni organizacijom sumativnih provjera znanja</li> <li>- motiviranost je veća (više riješenih zadataka),</li> <li>- rad studenata koncentriran na nekoliko dana prije tjedne provjere znanja</li> <li>- veći broj studenata ostvario pravo izlaska na završni ispit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anova s jednostrukom kvalifikacijom</li> <li>- postotne usporedbe rezultata po grupama</li> <li>- ocjenjivanje rezultata upitnika Likert skalom uz izračun prosječne ocjene za grupu, Avg, Var i StDev vrijednosti</li> </ul> |

| DBR ciklus i trajanje  | Cilj ciklusa  | Vrsta studijskog programa i broj studenata u eksperimentalnoj grupi | Vrsta studijskog programa i broj studenata u grupi za usporedbu | Dizajn istraživanja (zavisni/nezavisni) | Načini prikupljanja podataka (kvalitativne i kvantitativne metode)   | Najvažniji dobiveni rezultati   | Metode statističke analize prikupljenih podataka  |
|--|---|---|---|---|--|---|---|
| <b>Istraživačko pitanje RQ3: Hoće li se povezivanjem podataka dobivenih kontinuiranim <i>online</i> vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja moći uspješno generirati preporuke koje će studentima omogućiti usvajanje ishoda učenja?</b> |   |   |   |   |  |   |   |
| 5.<br>(ožujak – lipanj 2022.)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- istražiti korištenje STEM stilova učenja od strane studenata</li> <li>- istražiti korištenje ishoda učenja za usmjeravanje učenja studenata</li> </ul>   | sveučilišni<br>22 studenta  | sveučilišni<br>55 studenata                                     | zavisni i nezavisni                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- upitnik na kraju ciklusa,</li> <li>- praćenje vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu</li> <li>- praćenje ukupnog i prosječnog broja rješanih zadataka u sustavu</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- STEM stilovi učenja su slabije prihvaćeni u zajedničkom radu</li> <li>- razumijevanje ishoda učenja poboljšano ali ne i njihovo korištenje za usmjeravanje učenja – potrebna dorada</li> <li>- motiviranost je veća (više riješenih zadataka),</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ocjenjivanje rezultata upitnika Likert skalom uz izračun prosječne ocjene za grupu, Avg, Var i StDev vrijednosti</li> </ul>  |
| 6.<br>(listopad 2022. – siječanj 2023.)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- proširiti implementaciju STEM stilova učenja kao dijela individualiziranih preporuka</li> <li>- istražiti utjecaj elemenata igrifikacije na motiviranost studenata za učenje</li> <li>- istražiti korištenje koncepata i ishoda učenja na usmjeravanje učenja studenata putem individualnih preporuka</li> <li>- primijeniti sustav na većem broju predmeta (3)</li> </ul> | stručni<br>44 studenta (3 grupe)                                    | stručni<br>36 studenata (3 grupe)                               | nezavisni                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- upitnik na kraju ciklusa,</li> <li>- praćenje vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu</li> <li>- praćenje ukupnog i prosječnog broja rješanih zadataka u sustavu</li> <li>- praćenje ukupno ostvarenih ocjenskih bodova</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- STEM stilovi učenja su slabije prihvaćeni u zajedničkom radu</li> <li>- elementi igrifikacije su slabije prihvaćeni od strane studenata</li> <li>- pozitivan učinak individualnih preporuka zasnovanih na konceptima i ishodima učenja na motiviranost studenata za učenje</li> <li>- motiviranost je veća (više riješenih zadataka),</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- t-test</li> <li>- Mann-Whitney test</li> <li>- ocjenjivanje rezultata upitnika Likert skalom uz izračun prosječne ocjene za grupu, Avg, Var i StDev vrijednosti</li> </ul> |

### 5.3.1. Eksperimentalna faza – 1. i 2. DBR ciklus

Kao što je prikazano u tablici 5.3., prvi korak eksperimentalne faze istraživanja proveden je kroz dva DBR ciklusa. Tijekom provedbe navedena dva DBR ciklusa željelo se je dobiti odgovor na prvo (RQ1) istraživačko pitanje: Hoće li studenti prihvatiti osmišljeni pristup *online* vrednovanja znanja koji obuhvaća međurezultate zadataka, te hoće li biti moguće sustav koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova?

#### 5.3.1.1. Dizajn istraživanja u 1. i 2. DBR ciklusu

Predmet na kojem su provedeni 1. i 2. DBR ciklusi bio je *Elektroenergetske mreže na Sveučilišnom prijediplomskom studiju elektrotehnike*. Za istraživanje zadovoljstva u radu s izgrađenim sustavom odabran je zavisni dizajn istraživanja te su svi upisani studenti na promatranom predmetu sudjelovali u oba DBR ciklusa. S druge strane, za usporedbu ukupnog uspjeha ostvarenog putem kontrolnih zadaća odabran je nezavisni dizajn istraživanja pri čemu su studenti upisani na promatrani predmet činili eksperimentalnu grupu (akademska godina 2018./19., ukupno 58 studenata), dok su studenti koji su na predmet bili upisani u akademskoj godini 2017./18. (ukupno 41 student) odabrani kao grupa za usporedbu.

Studenti u eksperimentalnoj grupi i grupi za usporedbu uspoređeni su temeljem ukupnog prosjeka ocjena koje su do upisa na promatrani predmet ostvarili tijekom studija. Nakon testiranja razdiobe prikupljenih podataka utvrđeno je da se ona poklapa s normalnom (Gaussovom) razdiobom te je za usporedbu odabran standardni parametarski *t-test* s razinom značajnosti od  $p < .05$ , koji je potvrdio da temeljem ukupnog prosjeka ocjena između promatranih grupa ne postoje statistički značajnije razlike ( $p = .112$ ). Također, grupe studenata su uspoređene temeljem ostvarenih završnih ocjena iz četiri predmeta koja u studijskom programu prethode promatranom predmetu. Testiranje razdiobe prikupljenih podataka pokazalo je da se njihova raspodjela nije poklapala s normalnom (Gaussovom) razdiobom te je za usporedbu odabran standardni neparametarski *Mann-Whitneyev test* s razinom značajnosti od  $p < .05$  koji je pokazao da ne postoje statistički značajne razlike između promatranih grupa: *Matematika 1* ( $p = .444$ ), *Matematika 2* ( $p = .505$ ), *Osnove elektrotehnike 1* ( $p = .069$ ) odnosno *Osnove elektrotehnike 2* ( $p = .065$ ). Na osnovi provedenih usporedbi zaključeno je da su eksperimentalna grupa i grupa za usporedbu međusobno usporedive.

Promatrane grupe studenata su se po načinu pripreme za pisanje kontrolnih zadaća razlikovale po tome što je grupa za usporedbu dobivala povratne informacije o svojem radu direktno od nastavnika putem dogovaranih konzultacija, dok su studenti u eksperimentalnoj grupi povratne informacije dobivali primarno kroz rad u izgrađenom *online* sustavu, a direktne konzultacije s nastavnikom su mogli ugovoriti po potrebi.

Skup zadataka  $Z_{p_h}$  pripremljen u sustavu za rad studenata eksperimentalne grupe imao je ukupno 60 zadataka. Prema izvedbenom planu sadržaj predmeta je podijeljen u osam cjelina te je za svaku cjelinu u sustavu organizirana formativna provjera (provjere  $TA_1$  do  $TA_8$  povezane sa skupovima zadataka  $Z_{TA_1}$  do  $Z_{TA_8}$ ). Svaka planirana kontrolna zadaća obuhvatila je sadržaje koji su bili organizirani u četiri

provjere (32 zadatka u provjerama za prvu, odnosno 28 zadatka u provjerama za drugu kontrolnu zadaću). Zadaci su se studentima u provjerama dodjeljivali slučajnim odabirom, a korištenje sustavom za rješavanje zadataka omogućeno je u periodu od 11 dana prije datuma pisanja kontrolnih zadaća. U navedenom su periodu studenti mogli rješavati zadatke iz odgovarajućih provjera koji su se odnosili na sadržaje obuhvaćene planiranim kontrolnim zadaćama.

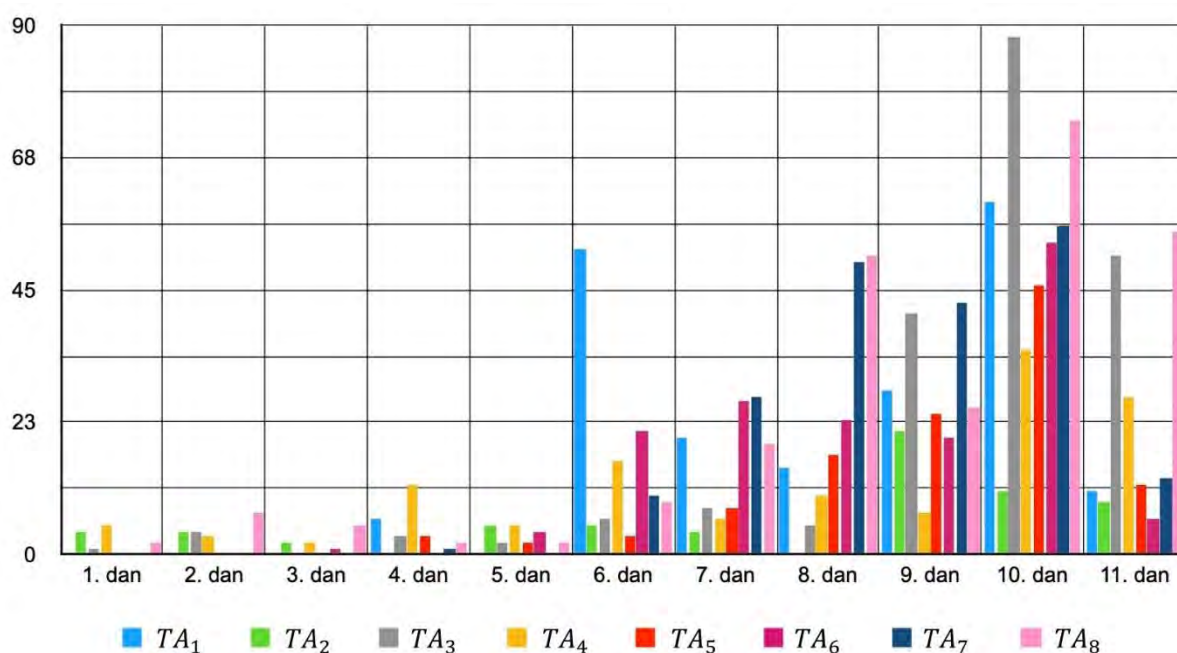
### 5.3.1.2. Rezultati provedbe 1. i 2. DBR ciklusa

Studenti su u promatranom periodu rješavali ukupno 1524 zadatka. Prosječan broj zadataka riješen po jednom studentu određuje se kao omjer ukupnog broja rješanih zadataka i ukupnog broja studenata u grupi:

$$\text{Prosječan broj rješanih zadataka} = \frac{\text{ukupni broj zadataka}}{\text{ukupni broj studenata}}. \quad (33)$$

Prosječan broj rješanih zadataka u izgrađenom *online* sustavu po studentu tijekom 1. i 2. DBR ciklusa iznosio je 26 zadataka ( $26.27 \approx 26$  zadataka).

Na slici 5.3. prikazana je vremenska dinamika rješavanja zadataka u planiranih osam provjera tijekom perioda od 11 dana u kojem su se za pripremu za pisanje kontrolnih zadaća studenti mogli služiti sustavom.



Slika 5.3. Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 1. i 2. DBR ciklusa

Temeljem prikaza na slici 5.3. može se uočiti trend koncentriranja učenja studenata u kraćem vremenskom periodu prije termina kontrolnih zadaća. Prikazana vremenska dinamika upućuje na potrebu za dodatnim motiviranjem studenata kako bi

promijenili način organizacije vremena koje posvećuju učenju s ciljem postizanja kontinuiranog učenja tijekom cijelog semestra.

Prvi DBR ciklus završio je pisanjem prve kontrolne zadaće. Uz podatke prikupljene putem rada studenata u sustavu po završetku je provedena i anonimna anketa među studentima. Također, tijekom provedbe DBR ciklusa te po njegovom završetku kontinuirano su vođeni razgovori s predmetnim nastavnikom. Iskustva stečena tijekom provedbe prvog DBR ciklusa ukazala su na potrebu za nadogradnjom određenih funkcionalnosti elementa za provođenje *online* vrednovanja u sustavu.

U tablici 5.4. prikazane su inicijalne i završne funkcionalnosti elementa za *online* vrednovanje u sustavu.

Tablica 5.4. Prikaz funkcionalnosti elemenata sustava za *online* vrednovanje

| DBR ciklus                         | Funkcionalnost sustava   |
|------------------------------------|--|
| 1.<br>(inicijalne funkcionalnosti) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precizirani međurezultati i finalni rezultat u zadacima.</li> <li>- Potvrđivanje točnosti unesenih rješenja.</li> <li>- Individualizirani popis rješavanih zadataka dostupan svakom studentu.</li> </ul>  |
| 2.<br>(dodane funkcionalnosti)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prikaz točnih rezultata za međurezultate i završni rezultat u zadacima.</li> <li>- Mogućnost ponovnog rješavanja već rješavanih zadataka.</li> <li>- Izračunavanje nivoa usvojenosti koncepata za svakog studenta.</li> <li>- Individualizirani prikaz usvojenosti koncepata za svakog studenta.</li> </ul> |

Na svakoj kontrolnoj zadaći studenti su mogli ostvariti maksimalno 20 bodova (40 bodova ukupno kroz rješavanje obje kontrolne zadaće). Rezultati koje su studenti ostvarili na kontrolnim zadaćama kao i njihov ukupni ostvareni uspjeh analizirani su korištenjem *Mann-Whitneyevog testa*. Dobiveni rezultati analize prikazani su u tablici 5.5.

Tablica 5.5. Analiza uspjeha studenata u 1. i 2. DBR ciklusu

|                                 | 1. kontrolna zadaća |           | 2. kontrolna zadaća |           | Ukupni uspjeh |           |
|---------------------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------|-----------|
|                                 | 2017./18.           | 2018./19. | 2017./18.           | 2018./19. | 2017./18.     | 2018./19. |
| Akadska godina                  | 2017./18.           | 2018./19. | 2017./18.           | 2018./19. | 2017./18.     | 2018./19. |
| Broj studenata (N)              | 37                  | 49        | 35                  | 44        | 37            | 51        |
| Broj ostvarenih bodova (median) | 9.75                | 14.50     | 8.25                | 11.00     | 17.25         | 25.25     |
| Broj ostvarenih bodova (min)    | 3.75                | 2.75      | 2.75                | 2.50      | 3.75          | 2.75      |
| Broj ostvarenih bodova (max)    | 18.70               | 20.00     | 13.50               | 20.00     | 27.70         | 40.00     |
| p-vrijednost                    | <b>.0003</b>        |           | <b>.0021</b>        |           | <b>.0047</b>  |           |

Rezultati prikazani u tablici 5.5. ukazuju da je uvođenjem sustava za *online* vrednovanje došlo do statistički značajnog porasta u bodovima ostvarenim na kontrolnim zadaćama kod eksperimentalne grupe studenata.

Korištenjem podataka dobivenih u radu eksperimentalne grupe studenata u sustavu i uspjeha na kontrolnim zadaćama, provedene su analize ostvarenih bodova, korelacijska analiza između ostvarenih bodova kao i analiza predikcije bodova na kontrolnim zadaćama temeljem ostvarenih bodova u radu sa sustavom.

U tablici 5.6. prikazana je analiza bodova koje su studenti ostvarili radom u sustavu te bodova koje su ostvarili na kontrolnim zadaćama u pojedinim formativnim provjerama. Za provedbu analize korišten je *Wilcoxonov test*.

Tablica 5.6. Usporedba bodova ostvarenih u radu u sustavu s bodovima ostvarenim na kontrolnim zadaćama u 1. i 2. DBR ciklusu

|                           |                 |                  | N  | Median | Min  | Max  | p-vrijednost      |
|---------------------------|-----------------|------------------|----|--------|------|------|-------------------|
| 1.<br>kontrolna<br>zadaća | TA <sub>1</sub> | sustav           | 41 | 2.80   | 0.00 | 3.00 | <b>.0005</b>      |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 49 | 3.00   | 0.00 | 3.00 |                   |
|                           | TA <sub>2</sub> | sustav           | 41 | 2.00   | 0.00 | 3.00 | <b>&lt; .0001</b> |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 49 | 4.00   | 0.00 | 4.00 |                   |
|                           | TA <sub>3</sub> | sustav           | 41 | 2.50   | 0.00 | 4.50 | <b>&lt; .0001</b> |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 49 | 5.00   | 0.00 | 6.00 |                   |
|                           | TA <sub>4</sub> | sustav           | 41 | 1.00   | 0.00 | 6.10 | <b>&lt; .0001</b> |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 49 | 4.50   | 0.00 | 7.00 |                   |
| 2.<br>kontrolna<br>zadaća | TA <sub>5</sub> | sustav           | 40 | 4.50   | 0.00 | 5.00 | <b>.0002</b>      |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 58 | 1.75   | 0.00 | 3.00 |                   |
|                           | TA <sub>6</sub> | sustav           | 36 | 3.00   | 0.00 | 6.00 | .1442             |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 58 | 2.00   | 0.00 | 6.00 |                   |
|                           | TA <sub>7</sub> | sustav           | 39 | 6.00   | 0.00 | 6.00 | .5698             |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 58 | 3.00   | 0.00 | 7.00 |                   |
|                           | TA <sub>8</sub> | sustav           | 39 | 3.00   | 0.00 | 4.00 | .7726             |
|                           |                 | kontrolna zadaća | 58 | 4.00   | 0.00 | 4.00 |                   |

Analiza bodova prikazana u tablici 5.6. ukazuje da kod prvih pet provjera postoje značajnije statističke razlike, dok kod zadnje tri provjere statističke razlike ne postoje. Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da se sustav može koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova jednom kada se studenti priviknu na rad u njemu. U skladu s navedenim planirana su korištenja sustava u DBR ciklusima koji su slijedili.

Korištenjem prikupljenih podataka o ostvarenim bodovima provedena je i korelacijska analiza. Dobiveni su rezultati prikazani u tablici 5.7.

Rezultati statističke analize prikazani u tablici 5.7. pokazuju da kod većeg broja provjera (osim kod provjera TA<sub>1</sub> i TA<sub>5</sub>) postoji umjereno jaka korelacija između bodova ostvarenih prilikom rješavanja zadataka u sustavu u odnosu na bodove ostvarene na kontrolnim zadaćama.

Tablica 5.7. Korelacija između uspjeha studenata tijekom rada u sustavu i na kontrolnim zadaćama u 1. i 2. DBR ciklusu

|                           |         | Pearsonov koeficijent korelacije | p-vrijednost |
|---------------------------|---------|----------------------------------|--------------|
| 1.<br>kontrolna<br>zadaća | $TA_1$  | .006671                          | .9674        |
|                           | $TA_2$  | .6051                            | < .0001      |
|                           | $TA_3$  | .5131                            | .0007        |
|                           | $TA_4$  | .5442                            | .0003        |
|                           | Ukupno: | .6794                            | < .0001      |
| 2.<br>kontrolna<br>zadaća | $TA_5$  | .2139                            | .1850        |
|                           | $TA_6$  | .5534                            | .0005        |
|                           | $TA_7$  | .5600                            | .0002        |
|                           | $TA_8$  | .3569                            | .0257        |
|                           | Ukupno: | .5458                            | .0001        |

Korištenjem dostupnih podataka provedena je i statistička analiza s ciljem utvrđivanja mogućnosti predviđanja uspjeha studenata na kontrolnim zadaćama temeljem njihovog rada u sustavu (korišten je linearni univarijantni model  $y = Ax + B$ , pri čemu  $y$  predstavlja bodove ostvarene na kontrolnoj zadaći, a  $x$  bodove ostvarene radom u sustavu). Rezultati provedene statističke analize prikazani su u tablici 5.8.

Tablica 5.8. Predikcija uspješnosti na kontrolnim zadaćama temeljem uspješnosti u radu u sustavu u 1. i 2. DBR ciklusu

|                           |         | Model                   | p-vrijednost | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|---------|-------------------------|--------------|----------------|
| 1.<br>kontrolna<br>zadaća | $TA_1$  | $y = 2.8376 + 0.00265x$ | .9674        | .0000          |
|                           | $TA_2$  | $y = 2.3345 + 0.5874x$  | < .0001      | .3662          |
|                           | $TA_3$  | $y = 3.4686 + 0.5044x$  | .0007        | .2632          |
|                           | $TA_4$  | $y = 3.4395 + 0.5915x$  | .0003        | .2962          |
|                           | Ukupno: | $y = 10.0677 + 0.6461x$ | < .0001      | .4616          |
| 2.<br>kontrolna<br>zadaća | $TA_5$  | $y = 3.4395 + 0.5915x$  | .1850        | .0458          |
|                           | $TA_6$  | $y = 3.4395 + 0.5915x$  | .0005        | .3062          |
|                           | $TA_7$  | $y = 3.4395 + 0.5915x$  | .0002        | .3136          |
|                           | $TA_8$  | $y = 3.4395 + 0.5915x$  | .0257        | .1274          |
|                           | Ukupno: | $y = 3.4395 + 0.5915x$  | .0001        | .2979          |

\* R<sup>2</sup> je statistička mjera podudarnosti linearnog univarijantnog modela i korištenih podataka

Rezultati prikazani u tablici 5.8. ukazuju da se za većinu provjera (ne i za provjeru  $TA_1$ ) može zaključiti da svaki bod koji student ostvari rješavajući zadatke iz te provjere u sustavu donosi pola dodatnog boda na kontrolnoj zadaći u zadatku koji se odnosi na sadržaj te provjere. Dobiveni rezultat potvrđuje uspješnost sustava u pružanju pomoći studentima da ostvare bolje rezultate učenja tijekom semestra.

Nakon svake kontrolne zadaće provedena je anonimna anketa među studentima. Nakon 1. kontrolne zadaće anonimnu je anketu (Privitak 2) ispunilo 42, dok je nakon



2. kontrolne zadaće anonimnu anketu (Privitak 3.) ispunilo 44 studenata (od 58 upisanih studenata). U anketama je korišten upitnik s Likertovom skalom s pet stupnjeva (1 – u potpunosti se ne slažem; 2 – djelomično se ne slažem; 3 – niti se slažem niti se ne slažem; 4 – djelomično se slažem; 5 – u potpunosti se slažem) za dobivanje povratnih informacija od studenata.

Osnovna namjena anonimnih anketa bila je dobivanje povratnih informacija od strane studenata vezano uz njihovo iskustvo u radu sa sustavom, te njihovo mišljenje o utjecaju koji je korištenje sustava imalo na njihovu motivaciju za učenje. Najvažniji rezultati dobiveni provedenim anonimnim anketama nakon kontrolnih zadaća prikazani su u tablici 5.9.

Tablica 5.9. Najvažniji rezultati dobiveni anketiranjem studenata u 1. i 2. DBR ciklusu

| PITANJE  | KZ | N  | Ocjene (Likert) |   |    |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|--|----|----|-----------------|---|----|----|----|------|------|-------|
|  |    |    | 1               | 2 | 3  | 4  | 5  |      |      |       |
| Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom.  | 1. | 39 | 0               | 1 | 5  | 6  | 27 | 4.54 | 0.66 | 0.81  |
|  | 2. | 41 | 4               | 6 | 5  | 9  | 17 | 3.73 | 1.91 | 1.38  |
| Prikaz međurezultata i rezultata u sustavu je precizno i jasno izveden.  | 1. | 39 | 3               | 7 | 12 | 9  | 8  | 3.33 | 1.44 | 1.20  |
|  | 2. | 41 | 1               | 2 | 8  | 5  | 25 | 4.27 | 1.16 | 1.08  |
| Korištenjem sustava tijekom pripreme za pisanje kontrolne zadaće riješio sam više zadataka nego što bih inače riješio. | 1. | 39 | 0               | 3 | 4  | 8  | 24 | 4.38 | 0.90 | 0.95  |
|  | 2. | 41 | 2               | 1 | 5  | 7  | 26 | 4.34 | 1.19 | 1.09  |
| Mogućnost rješavanja zadataka u sustavu pozitivno je utjecalo na moju motiviranost za učenje.                          | 1. | 39 | 0               | 2 | 4  | 9  | 24 | 4.44 | 0.76 | 0.87  |
|  | 2. | 41 | 0               | 1 | 2  | 10 | 28 | 4.61 | 0.49 | 0.70  |
| Preporučio bih korištenje sustava mojim kolegama/icama za pripremu za pisanje kontrolnih zadaća.                       | 1. | 39 | 0               | 1 | 1  | 5  | 32 | 4.77 | 0.40 | 0.63  |
|  | 2. | 41 | 1               | 0 | 1  | 2  | 37 | 4.83 | 0.50 | 0.71  |

Kao što se u tablici 5.9. može vidjeti, izgrađeni sustav je pozitivno prihvaćen od strane studenata te je rad u njemu pozitivno utjecao na motiviranost studenata. Studenti su pozitivno prihvatili osmišljeni pristup *online* vrednovanju koji u sebi sadrži unos međurezultata tijekom rješavanja zadataka.

Statistička analiza rezultata dobivenih tijekom 1. i 2. DBR ciklusa ukazuje da postoji korelacija između rješavanja zadataka u izgrađenom sustavu i bodova ostvarenih na kontrolnim zadaćama. Korelacijska analiza je pokazala da se za svaki bod ostvaren rješavanjem zadataka u sustavu može očekivati da će studenti ostvariti pola boda više prilikom rješavanja zadatka iz istog područja u kontrolnoj zadaći. Također, rezultati statističke analize su potvrdili da se sustav može koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova nakon što se studenti priviknu na rad u sustavu.

Rezultati analize uspjeha studenata na kontrolnim zadaćama provedeni su između eksperimentalne i usporedne grupe te su prikazani u tablici 5.5. Rezultati dobiveni provedenom analizom su pokazali da su studenti u eksperimentalnoj grupi ostvarili više bodova na kontrolnim zadaćama u odnosu na studente u grupi za

usporedbu. Uz rezultate o povećanoj motiviranosti studenata dobivene provedbom anonimne ankete, ovaj rezultat dodatno potvrđuje da je korištenje sustava pozitivno utjecalo na motiviranost studenata za učenje.

### **5.3.1.3. Zaključak provedbe 1. i 2. DBR ciklusa**

Na temelju rezultata dobivenih tijekom provedbe 1. i 2. DBR ciklusa može se zaključiti da je odgovor na prvo postavljeno istraživačko pitanje (RQ1) potvrđan. Studenti su prihvatili osmišljeni pristup *online* vrednovanju koji uključuje unos međurezultata u rješavanim zadacima, te je sustav moguće koristiti za ostvarivanje ocjenskih bodova.

Provedena analiza iskorištena je za pripremu 3. DBR ciklusa u sljedećem koraku eksperimentalne faze istraživanja. Cilj sljedećeg koraka u istraživanju bio je osmišljavanje i provjera načina na koji se sustav može iskoristiti za motiviranje studenata za učenje implementacijom kontinuiranog formativnog i sumativnog *online* vrednovanja.

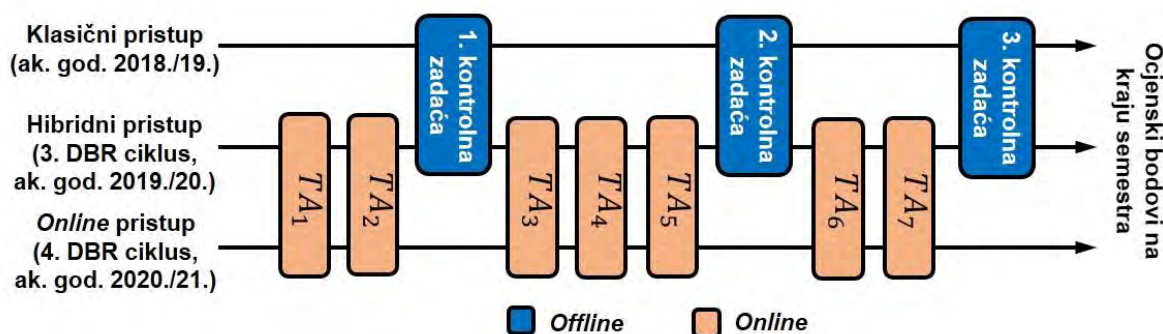
### **5.3.2. Eksperimentalna faza – 3. i 4. DBR ciklus**

Kao što je prikazano u tablici 5.3., drugi korak eksperimentalne faze istraživanja proveden je kroz dva DBR ciklusa. Tijekom provedbe navedena dva DBR ciklusa željelo se je dobiti odgovor na drugo (RQ2) istraživačko pitanje: Hoće li kontinuirano *online* vrednovanje znanja pozitivno utjecati na motivaciju studenata za učenje te dovesti do boljih rezultata učenja tijekom semestra?

#### **5.3.2.1. Dizajn istraživanja u 3. i 4. DBR ciklusu**

Sukladno opisu eksperimentalne faze provedenog istraživanja prikazanom u tablici 5.3., provedbom 3. i 4. DBR ciklusa željelo se istražiti utjecaj kontinuiranog *online* vrednovanja na motivaciju studenata. S ciljem provedbe istraživanja u suradnji s nastavnicima osmišljeno je provođenje kontinuiranog *online* vrednovanja znanja koje je tijekom provedbe 3. DBR ciklusa bilo hibridno (pisanje klasičnih kontrolnih zadaća te kontinuirano *online* vrednovanje znanja korištenjem izgrađenog *online* sustava u periodu prije kontrolnih zadaća), dok je u provedbi 4. DBR ciklusa vrednovanje znanja provedeno isključivo *online*. Oba ciklusa su provedena u okviru predmeta *Električne energetske mreže na Stručnom prijediplomskom studiju elektrotehnike* u kojem su sadržaji predmeta bili podijeljeni na sedam cjelina prema kojima su organizirane i provedene planirane *online* provjere  $TA_g$ .

Na slici 5.4. prikazan je osmišljeni pristup vrednovanju znanja tijekom 3. i 4. DBR ciklusa u odnosu na klasični pristup u kojem se isključivo koriste kontrolne zadaće.



Slika 5.4. Usporedba klasičnog s osmišljenim pristupima sumativnom vrednovanju znanja tijekom 3. i 4. DBR ciklusa

Za provedbu istraživanja tijekom 3. i 4. DBR ciklusa odabran je nezavisni dizajn istraživanja, a istraživanje je provedeno u obliku dva uzastopna kvazi-eksperimenta. Studenti upisani u promatrani predmet u akademskim godinama 2019./20. (ukupno 32 studenta) odnosno 2020./21. (ukupno 25 studenata) činili su dvije eksperimentalne grupe, dok su studenti upisani na promatrani predmet u akademskoj godini 2018./19. (ukupno 36 studenata) odabrani kao grupa za usporedbu. S ciljem provjere usporedivosti navedenih grupa studenata, studenti u eksperimentalnim grupama i studenti u grupi za usporedbu su uspoređeni temeljem ukupnog prosjeka ocjena koje su do trenutka eksperimenta ostvarili. S obzirom da su uspoređivane tri grupe studenata, za usporedbu je korištena metoda *Anove s jednostrukom kvalifikacijom*. Rezultat provedene usporedbe pokazao je da između promatranih grupa studenata po ukupnom prosjeku ocjena ne postoje statistički značajnije razlike ( $F(2,93) = 2.45748$ ,  $p = .065201$ ). Također, grupe studenata su uspoređene temeljem ostvarenih završnih ocjena na tri predmeta koji su prethodili promatranom predmetu u studijskom programu. Rezultati primijenjene metode *Anove s jednostrukom kvalifikacijom* pokazali su da ne postoje statistički značajne razlike između promatranih grupa studenata: *Matematika 2* ( $F(2,98) = 1.44407$ ,  $p = .240941$ ), *Osnove elektrotehnike 1* ( $F(2,101) = 1.13195$ ,  $p = .326461$ ) odnosno *Osnove elektrotehnike 2* ( $F(2,99) = 2.51849$ ,  $p = .240941$ ). Temeljem rezultata dobivenih provedenim usporedbama zaključeno je da su sve tri grupe studenata međusobno usporedive.

Skup zadataka  $Z_{p_h}$  pripremljen u sustavu za provedbu formativnih provjera  $TA_g$  u eksperimentalnim grupama imao je ukupno 52 zadatka. Prema izvedbenom planu sadržaj predmeta je podijeljen u sedam cjelina te je za svaku cjelinu u sustavu organizirana formativna provjera (provjere  $TA_1$  do  $TA_7$  povezane sa skupovima zadataka  $Z_{TA_1}$  do  $Z_{TA_7}$ ). Studenti su zadatke u formativnim provjerama mogli rješavati u periodu od dva tjedna nakon predavanja o tom dijelu sadržaja predmeta.

Tjedna sumativna *online* vrednovanja znanja provođena su u unaprijed definiranim terminima u svakom tjednu u semestru. Za njihovo provođenje pripremljeno je dodatnih 76 zadataka podijeljenih u disjunktne skupove sadržajno povezane s odgovarajućim formativnim provjerama  $TA_g$ . Studenti su imali priliku dva puta pristupiti rješavanju zadataka dodijeljenih slučajnim odabirom iz odgovarajućeg

dijela sadržaja predmeta, s tim da su ti pokušaji bili organizirani tijekom dva uzastopna tjedna nakon predavanja na kojem je sadržaj obuhvaćen planiranim sumativnim vrednovanjem bio obrađen. Bolji od dva rezultata korišten je za dodjeljivanje ocjenskih bodova.

Prikaz raspodjele ocjenskih bodova po dijelovima sadržaja predmeta prema kojem su organizirane provjere  $TA_g$  za eksperimentalne grupe studenata i grupe za usporedbu prikazana je u tablici 5.10.

Tablica 5.10. Raspodjela ocjenskih bodova po dijelovima sadržaja predmeta tijekom 3. i 4. DBR ciklusa

|  | $TA_1$ | $TA_2$ | 1. kontrolna<br>zadaca | $TA_3$ | $TA_4$ | $TA_5$ | 2. kontrolna<br>zadaca | $TA_6$ | $TA_7$ | 3. kontrolna<br>zadaca | Ukupno |
|--|--------|--------|------------------------|--------|--------|--------|------------------------|--------|--------|------------------------|--------|
| Klasični pristup<br>(ak. god. 2018./19.)                   | -      | -      | 20                     | -      | -      | -      | 30                     | -      | -      | 20                     | 70     |
| Hibridni pristup<br>(3. DBR ciklus,<br>ak. god. 2019./20.) | 5      | 5      | 10                     | 5      | 5      | 5      | 15                     | 5      | 5      | 10                     | 70     |
| Online pristup<br>(4. DBR ciklus,<br>ak. god. 2020./21.)   | 10     | 10     | -                      | 10     | 10     | 10     | -                      | 10     | 10     | -                      | 70     |

Kao što se u tablici 5.10. može vidjeti, tijekom semestra studenti su mogli ostvariti ukupno 70 ocjenskih bodova (studenti mogu na predmetu ostvariti maksimalno 100 ocjenskih bodova, od toga 30 ocjenskih bodova na završnom ispitu). Minimalni iznos ocjenskih bodova za ostvarivanje prava izlaska na završni ispit iznosi 35 ocjenskih bodova. Studenti u grupi za usporedbu su ocjenske bodove ostvarivali rješavanjem zadataka grupiranih u tri kontrolne zadace, dok su u eksperimentalnim grupama studenata ocjenski bodovi bili raspoređeni između provjera  $TA_g$  i kontrolnih zadataka u skladu s prikazom u tablici 5.10.

Tijekom provedbe 3. DBR ciklusa početak tjednih sumativnih *online* vrednovanja znanja svaki je tjedan bio određen u isto vrijeme. Studenti su imali na raspolaganju ukupno 120 minuta za rješavanje dva zadatka iz dviju različitih uzastopnih provjera  $TA_g$  (po 60 minuta za svaki zadatak), s tim da su redoslijed pristupa i početak rješavanja u navedenom terminu mogli samostalno odabrati. S obzirom da studenti nisu bili pod nadzorom tijekom provođenja tjednih sumativnih *online* vrednovanja znanja, rezultati koje su na njima ostvarili uspoređivani su s rezultatima koje su ostvarili na klasično pisanim kontrolnim zadacama po odgovarajućim dijelovima sadržaja predmeta. Ukoliko se rezultat za isti sadržaj značajno razlikovao tada se rezultat ostvaren na tjednom sumativnom *online* vrednovanju nije priznavao te su studentima za taj dio sadržaja dodijeljeni isključivo ocjenski bodovi ostvareni pisanjem klasične kontrolne zadace.

U 4. DBR ciklusu evaluacija znanja je provođena isključivo u *online* okruženju. Kako studenti nisu bili pod nadzorom uvedene su promjene u tjednim sumativnim *online* vrednovanjima znanja koje su za cilj imale minimiziranje mogućnosti korištenja nedopuštenih praksi (npr. pomoć drugih studenata, korištenje nedopuštenih pomoćnih materijala i sl.). Studenti su rješavali zadatke u unaprijed definiranim terminima za početak rješavanja te su za svaki zadatak imali na raspolaganju drugačiji vremenski period dopušten za rješavanje koji je bio zasnovan na težini zadataka te usklađen s vremenom potrebnima za rješavanje sličnih zadataka u sustavu tijekom formativnih provjera  $TA_g$  (pripreme studenata za sumativno vrednovanje). Završni ispit iz predmeta predstavljao je i provjeru ukupnih rezultata za koje su studentima dodijeljeni ocjenski bodovi tijekom semestra u kontroliranom okruženju.

Usporedba uspješnosti između studenata u eksperimentalnim grupama u odnosu na studente u grupi za usporedbu provedena je usporedbom ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra. Također, studenti su uspoređeni i temeljem ostvarene ocjene na predmetu odnosno ukupnog broja ostvarenih ocjenskih bodova nakon provođenja završnih ispita za studente koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit (ostvareno minimalno 35 ocjenskih bodova tijekom semestra). Korištenjem praćenja rada studenata u izgrađenom *online* sustavu tijekom formativnih provjera  $TA_g$  praćen je i podatak o ukupnom broju rješavanih zadataka, kao i vremenska dinamika rješavanja zadataka u sustavu.

Na kraju svakog DBR ciklusa provedena je anonimna anketa među studentima. Za dobivanje povratnih informacija od studenata u anketama je korišten upitnik s Likertovom skalom s pet stupnjeva (1 – u potpunosti se ne slažem; 2 – djelomično se ne slažem; 3 – niti se slažem niti se ne slažem; 4 – djelomično se slažem; 5 – u potpunosti se slažem).

#### **5.3.2.2. Rezultati provedbe 3. i 4. DBR ciklusa**

U okviru formativnih provjera  $TA_g$  studenti u eksperimentalnim grupama su riješili ukupno 1218 zadataka (365 zadataka tijekom 3. odnosno 853 zadatka tijekom 4. DBR ciklusa). Prosječan broj zadataka riješen po jednom studentu određen prema izrazu (33) za studente u 3. DBR ciklusu iznosi 11 ( $11.40 \approx 11$  zadataka), a za studente u 4. DBR ciklusu 34 ( $34.12 \approx 34$  zadataka).

U tablici 5.11. prikazano je rješavanje zadataka studenata u eksperimentalnim grupama po pojedinim provjerama  $TA_g$  kao i podaci o vremenu koje su studenti imali na raspolaganju za rješavanje jednog zadatka u svakoj pojedinoj provjera (identično vrijeme za sve provjere u 3. odnosno različito vrijeme usklađeno s težinama zadataka i vremenom potrebnim za rješavanje odgovarajućih zadataka tijekom provjera u 4. DBR ciklusu).

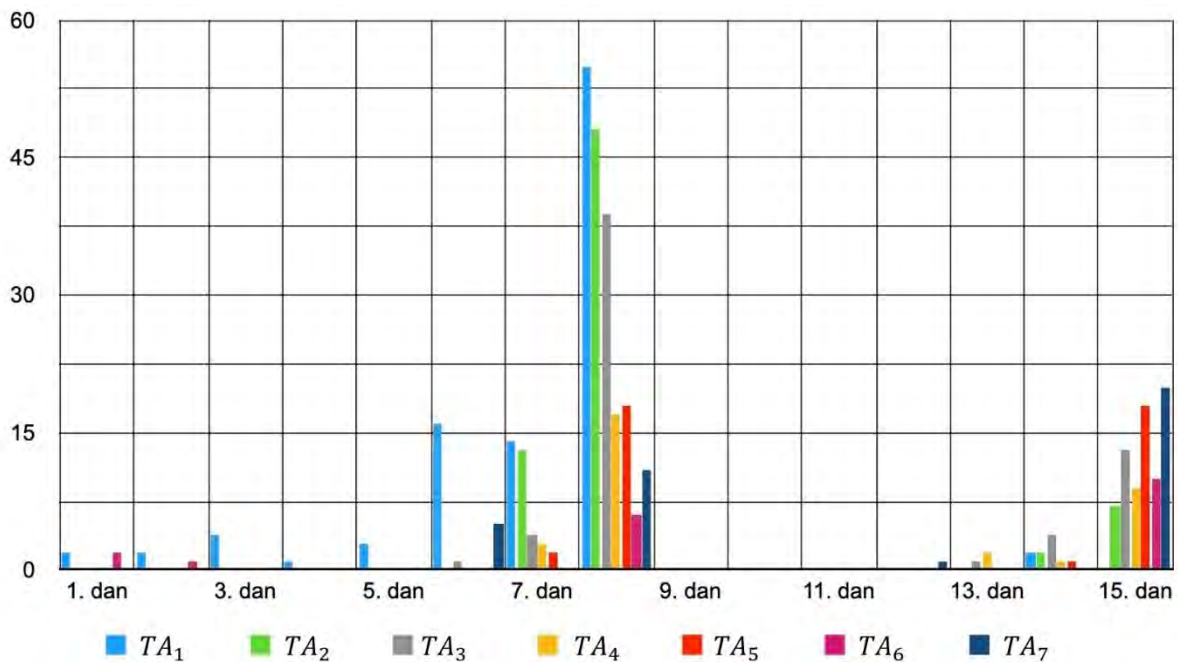
Tablica 5.11. Rješavanje zadataka u eksperimentalnim grupama studenata u 3. i 4. DBR ciklusu

| Provjera       | Broj zadataka u izgrađenoj mrežnoj aplikaciji | 3. DBR ciklus<br>(ak. god. 2019./20.) |   | 4. DBR ciklus<br>(ak. god. 2020./21.) |   |
|----------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|
|                |   | Broj riješenih zadataka               | Dopušteno vrijeme rješavanja jednog zadatka (min) | Broj riješenih zadataka               | Dopušteno vrijeme rješavanja jednog zadatka (min) |
| $TA_1$         | 7   | 101                                   | 60  | 118                                   | 30  |
| $TA_2$         | 7   | 70                                    | 60  | 89                                    | 30  |
| $TA_3$         | 8   | 62                                    | 60  | 148                                   | 30  |
| $TA_4$         | 10  | 32                                    | 60  | 182                                   | 45  |
| $TA_5$         | 6   | 39                                    | 60  | 106                                   | 45  |
| $TA_6$         | 6   | 24                                    | 60  | 90                                    | 75  |
| $TA_7$         | 8   | 37                                    | 60  | 120                                   | 75  |
| <b>Ukupno:</b> | <b>52</b>                                     | <b>365</b>                            |   | <b>853</b>                            |   |

Iz podataka prikazanih u tablici 5.11. može se vidjeti da su studenti tijekom 3. DBR ciklusa riješili značajno manji broj zadataka u sustavu u odnosu na studente tijekom 4. DBR ciklusa. Iz razgovora provedenih sa studentima koji su sudjelovali u 3. DBR ciklusu moglo se zaključiti da su zbog hibridnog pristupa sumativnim vrednovanjima znanja u sustavu rješavali manje zadataka jer su se više fokusirali na pisanje klasičnih kontrolnih zadaća nego tjednih sumativnih vrednovanja. S druge strane, usporedba rezultata ostvarenih na tjednim sumativnim *online* vrednovanjima znanja s rezultatima na kontrolnim zadaćama ukazala je na značajne razlike u uspjehu jednog dijela studenata. Mogućnost dužeg vremena za rješavanje pojedinog zadatka, samostalna mogućnost odabira redoslijeda rješavanja zadataka kao i nemogućnost kontrole rada studenata tijekom tjednih sumativnih *online* vrednovanja omogućili su dijelu studenata korištenje nedopuštenih praksi (npr. korištenje nedopuštene pomoći, nedopuštenih materijala i sl.). U slučaju značajnih razlika studentima su dodijeljeni samo ocjenski bodovi ostvareni na kontrolnim zadaćama.

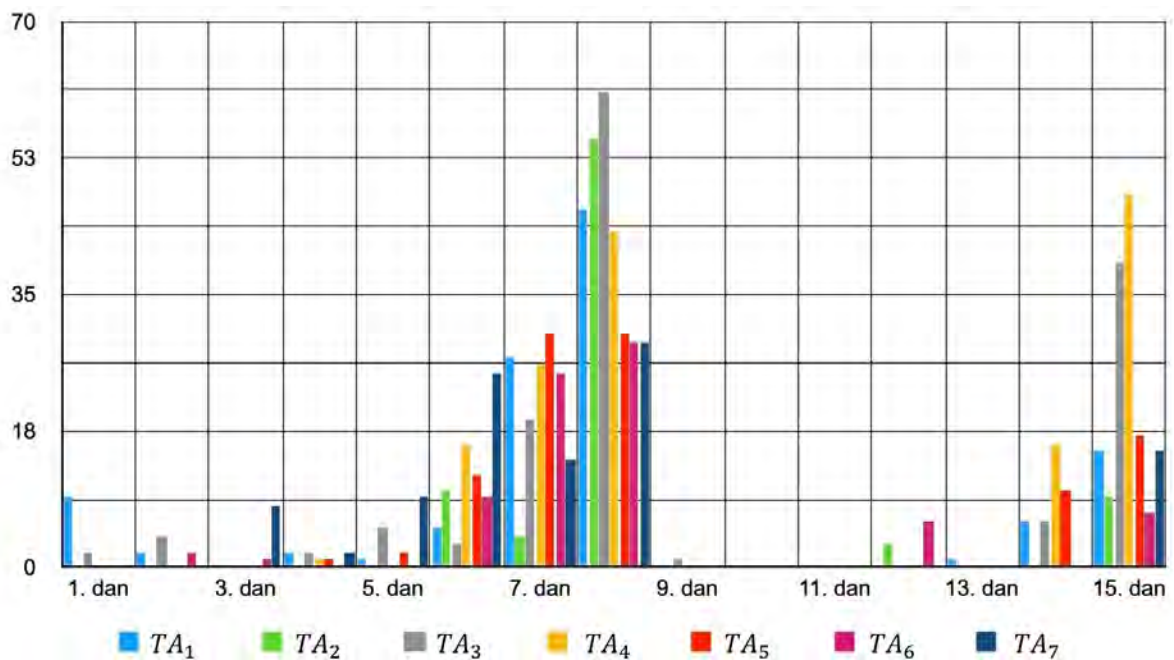
Organizacija učenja studenata tijekom semestra s fokusiranjem na pisanje kontrolnih zadaća uz manji fokus na kontinuirani rad u tjednima prije kontrolnih zadaća, kao i korištenje nedopuštenih praksi tijekom tjednih sumativnih *online* vrednovanja uvjetovale su reorganizaciju provedbe tjednih sumativnih *online* vrednovanja znanja u 4. DBR ciklusu. Također, s obzirom da je uočena potreba za analizom sve veće količine podataka prikupljene kroz rad studenata sa sustavom, u pripremi za provedbu 4. DBR ciklusa sustav je nadograđen elementima za osnovnu statističku obradu podataka namijenjenu nastavnicima.

Na slici 5.5. dan je prikaz vremenske dinamike rješavanja zadataka po danima i po temama za eksperimentalnu grupu studenata u 3. DBR ciklusu.



Slika 5.5. Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 3. DBR ciklusa

Na Slici 5.6. dan je prikaz vremenske dinamike rješavanja zadataka po danima i po temama za eksperimentalnu grupu studenata u 4. DBR ciklusu.



Slika 5.6. Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 4. DBR ciklusa

Iz vremenskih dinamika rješavanja zadataka u sustavu prikazanih na slikama 5.5. odnosno 5.6. jasno se može uočiti obrazac koncentriranja učenja studenata u danima prije termina tjednih sumativnih *online* vrednovanja znanja. Ipak, studenti su s ciljem ispunjavanja svojih obaveza tijekom provedbe 3. i 4. DBR ciklusa bili potaknuti na kontinuirano učenje tijekom semestra jer su svaki tjedan morali pristupiti barem jednom

sumativnom vrednovanju. Također, usporedbom vremenskih dinamika na prikazanim slikama može se uočiti značajno veća aktivnost studenata u 4. DBR ciklusu u odnosu na studente u 3. DBR ciklusu. Reorganizacija provedbe tjednih sumativnih *online* vrednovanja znanja s hibridne u 3. na potpuno *online* u 4. DBR ciklusu potaknula je studente na aktivnije korištenje sustava te rješavanje većeg broja zadataka u pripremama za sumativna vrednovanja znanja.

U tablici 5.12. prikazani su podaci o broju studenata koji su na kraju semestra ostvarili najmanje minimalni broj od 35 ocjenskih bodova te stekli pravo izlaska na završi ispiti na promatranom predmetu.

Tablica 5.12. Broj studenata koji su na kraju semestra ostvarili najmanje 35 ocjenskih bodova u 3. i 4. DBR ciklusu

| DBR ciklus | Akademska godina | Broj studenata upisanih na predmet | Ostvarili VIŠE od 35 ocjenskih bodova |         | Ostvarili MANJE od 35 ocjenskih bodova |         |
|------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------|--|---------|
|            |                  |                                    | N                                     | %       | N                                      | %       |
| -          | 2018./19.        | 36                                 | 20                                    | 55.55 % | 16                                     | 44.45 % |
| 3.         | 2019./20.        | 32                                 | 21                                    | 65.63 % | 11                                     | 34.37 % |
| 4.         | 2020./21.        | 25                                 | 20                                    | 80.00 % | 5                                      | 20.00 % |

Iz podataka prikazanih u tablici 5.12. vidljivo je da se postotak studenata koji su na kraju semestra ostvarili više od 35 ocjenskih bodova povećavao u eksperimentalnim grupama. U odnosu na grupu za usporedbu za studente koji su sudjelovali u 3. DBR ciklusu postotak se je povećao za 10,08 postotnih bodova, a za studente koji su sudjelovali u 4. DBR ciklusu za 24,45 postotnih bodova. Iz dobivenih se rezultata može zaključiti da je uvođenje kontinuiranih sumativnih vrednovanja znanja kroz poticanje studenata na kontinuirano učenje tijekom semestra utjecalo na povećanje uspjeha u radu za promatrane grupe studenata.

U tablici 5.13. prikazani su podaci o ukupnom uspjehu studenata koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit u obliku srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova (ocjenski bodovi ostvareni tijekom semestra zbrojeni s ocjenskim bodovima ostvarenim na završnom ispitu).

Tablica 5.13. Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u 3. i 4. DBR ciklusu.

| DBR ciklus | Akademska godina | N  | Srednja vrijednost ostvarenih ocjenskih bodova tijekom semestra | Srednja vrijednost ukupno ostvarenih ocjenskih bodova | Broj studenata koji nisu zadovoljili na završnom ispitu |
|------------|------------------|----|---|---|---|
| -          | 2018./19.        | 20 | 52.25   | 77.06   | 2   |
| 3.         | 2019./20.        | 21 | 49.60   | 70.36   | 3   |
| 4.         | 2020./21.        | 20 | 51.45   | 74.07   | 1   |



Rezultati prikazani u tablici 5.13. pokazuju da povećanje broja studenata koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit nije rezultirao i povećanjem ukupnog uspjeha studenata kao grupe (temeljem ukupno ostvarenih ocjenskih bodova na predmetu).

Na kraju semestra među studentima eksperimentalnih grupa provedene su anonimne ankete (Privitak 4. i Privitak 5.). Najvažniji rezultati dobiveni provedenim anketama prikazani su u tablici 5.14.

Tablica 5.14. Najvažniji rezultati dobiveni anketiranjem studenata tijekom 3. i 4. DBR ciklusa

| PITANJE  | DBR | N  | Ocjene (Likert) |   |   |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|--|-----|----|-----------------|---|---|----|----|------|------|-------|
|  |     |    | 1               | 2 | 3 | 4  | 5  |      |      |       |
| Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom   | 3.  | 24 | 1               | 0 | 4 | 0  | 19 | 4.50 | 1.08 | 1.04  |
|  | 4.  | 22 | 0               | 0 | 2 | 5  | 15 | 4.59 | 0.42 | 0.65  |
| Koristeći <i>online</i> sustav u pripremi za kontrolnu zadaću riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).   | 3.  | 24 | 2               | 0 | 4 | 0  | 18 | 4.33 | 1.56 | 1.25  |
|  | 4.  | 22 | 0               | 0 | 2 | 7  | 13 | 4.50 | 0.43 | 0.66  |
| Mogućnost polaganja dijela sadržaja svaki tjedan motiviralo me je na kontinuirano učenje tijekom semestra.   | 3.  | 24 | 2               | 0 | 6 | 0  | 16 | 4.17 | 1.64 | 1.28  |
|  | 4.  | 22 | 0               | 0 | 1 | 10 | 11 | 4.45 | 0.34 | 0.58  |
| Mogućnost da dva puta polažem isti dio sadržaja više mi je odgovarala nego kada tu mogućnost imam samo jednom (kao kod klasičnih kontrolnih zadaća). | 3.  | 24 | 0               | 0 | 2 | 0  | 22 | 4.83 | 0.31 | 0.55  |
|  | 4.  | 22 | 0               | 0 | 0 | 1  | 21 | 4.95 | 0.04 | 0.21  |
| Preporučio/la bih korištenje <i>online</i> sustava za pripremu za pisanje kontrolne zadaće svojim kolegama/icama.                                    | 3.  | 24 | 0               | 0 | 2 | 0  | 22 | 4.83 | 0.31 | 0.55  |
|  | 4.  | 22 | 0               | 0 | 2 | 3  | 17 | 4.68 | 0.40 | 0.63  |

Kao što se u tablici 5.14 može vidjeti, studenti u obje eksperimentalne grupe su pozitivno prihvatili rad u sustavu. Uvedena kontinuirana sumativna vrednovanja znanja pozitivno su utjecala na motiviranost studenata za učenje tijekom semestra, te je pristup u kojem su zadatke iz istog dijela sadržaja predmeta mogli polagati dva puta prihvaćen s visokim srednjim ocjenama. Studenti u obje eksperimentalne generacije bi velikom većinom preporučili korištenje sustava svojim kolegama/icama.

### 5.3.2.3. Zaključak provedbe 3. i 4. DBR ciklusa

Na temelju prikazanih rezultata dobivenih tijekom provedbe 3. i 4. DBR ciklusa može se zaključiti da je odgovor na drugo postavljeno istraživačko pitanje (RQ2) potvrđan. Kontinuirano *online* vrednovanje pozitivno je utjecalo na motiviranost studenata za učenje, te je dovelo i do ostvarivanja boljih rezultata učenja tijekom semestra.

Analizom rada studenata tijekom 3. i 4. DBR ciklusa, u razgovoru s nastavnicima je odlučeno da će se u ciklusima koji slijede sumativno vrednovanje znanja provoditi

putem kontrolnih zadataka. Osnovni razlog ove odluke je problem supervizije studenata tijekom provođenja *online* sumativnih vrednovanja znanja, pogotovo u situacijama kada to nije cilj istraživanja. Ipak, iskustva stečena tijekom provedbe prva četiri DBR ciklusa ukazala su da je potrebno osmisliti aktivnosti studenata tijekom semestra na način koji će ih motivirati na kontinuirano učenje.

Kao priprema za provođenje 5. DBR ciklusa, u zajedničkom radu s nastavnicima su osmišljene vrste preporuka koje će se u sustavu generirati, način njihovog prezentiranja, kao i organizacija izvedbe predmeta koja će potaknuti studente na kontinuirano učenje tijekom semestra. Prvi korak u daljnjem provođenju istraživanja bio je uvođenje i odgovarajuća prezentacija STEM stilova učenja te usvojenosti ishoda učenja u izgrađenom *online* sustavu.

### **5.3.3. Eksperimentalna faza – 5. i 6. DBR ciklus**

Kao što je prikazano u tablici 5.3., treći korak eksperimentalne faze istraživanja proveden je kroz dva DBR ciklusa. Tijekom provedbe navedena dva DBR ciklusa željelo se je dobiti odgovor na treće (RQ3) istraživačko pitanje: Hoće li se povezivanjem podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja moći uspješno generirati preporuke koje će studentima omogućiti usvajanje ishoda učenja?

#### **5.3.3.1. Dizajn istraživanja u 5. i 6. DBR ciklusu**

Tijekom 5. i 6. DBR ciklusa, provedenih u eksperimentalnoj fazi istraživanja prikazanoj u tablici 5.3., fokus istraživanja je bio na generiranju preporuka zasnovanih na proširenom skupu ulaznih podataka. Prošireni skup ulaznih podataka obuhvatio je podatke dobivene kontinuiranim vrednovanjem koji su povezani s podacima obrazovnog sustava preporučivanja. Generiranim se preporukama zasnovanim na proširenom skupu ulaznih podataka željelo omogućiti studentima da usvoje ishode učenja određene za predmet  $p_h$ .

U dogovoru s nastavnicima koji su sudjelovali u provedbi istraživanja, kao pripremu za provedbu 5. DBR ciklusa prikupljeni su podaci o STEM stilovima učenja studenata kako bi se uočile sličnosti među njima kada ih se promatra kao grupu. Navedeni su podaci poslužili kao temelj za odabir tehnike za izradu preporuke suradnika kao i način izrade i prezentacije navedene vrste preporuke. Detaljan opis generiranja preporuke suradnika prikazan je u potpoglavlju 3.4.1.

Priprema za provedbu 5. DBR ciklus obuhvatila je i dogovor s nastavnicima o izradi preporuke sljedećeg koraka u učenju. S obzirom da ova vrsta preporuka uz tekstualni dio obuhvaća i grafički element prikaza usvojenosti ishoda učenja, s nastavnicima je razrađen oblik grafičkog prikaza kao i elementi potrebni za implementaciju ekspertnog neizrazitog sustava zaključivanja koji je bio temelj za generiranje preporuka individualnim studentima. Detaljan prikaz neizrazitog sustava zaključivanja, odabira tehnike za izradu preporuka sljedećeg koraka u učenju kao i načina prikaza generiranih preporuka detaljno su opisani u potpoglavlju 3.4.2.

U 5. DBR ciklusu odabran je zavisni dizajn istraživanja za testiranje prihvaćenosti prikaza povratnih informacija o usvojenosti ishoda učenja, dok je za usporedbu po stilovima učenja odabran nezavisni dizajn istraživanja u okviru predmeta *Elektroenergetske mreže* na *Sveučilišnom prijediplomskom studiju elektrotehnike* (eksperimentalnu grupu od 22 studenta činili su studenti upisani na predmet u akademskoj godini 2021./22., a grupu za usporedbu 55 studenata upisanih na predmet u akademskoj godini 2020./21.). S ciljem provjere usporedivosti navedenih grupa studenata, studenti u eksperimentalnoj grupi i grupi za usporedbu uspoređeni su temeljem ukupnog prosjeka ocjena koje su do upisa na promatrani predmet ostvarili tijekom studija. Nakon testiranja razdiobe prikupljenih podataka utvrđeno je da se ona poklapa s normalnom (Gaussovom) razdiobom te je za usporedbu odabran parametarski *t-test* s razinom značajnosti od  $p < .05$  koji je potvrdio da temeljem ukupnog prosjeka ocjena između grupa ne postoje statistički značajnije razlike ( $p = .7117$ ). Također, grupe studenata su uspoređene temeljem ostvarenih završnih ocjena iz četiri predmeta koja u studijskom programu prethode promatranom predmetu. Testiranje razdiobe prikupljenih podataka pokazalo je da se njihova raspodjela nije poklapala s normalnom (Gaussovom) razdiobom te je za usporedbu odabran neparametarski *Mann-Whitneyev test* s razinom značajnosti od  $p < .05$ . U tablici 5.15. prikazani su dobiveni rezultati usporedbe studenata Mann-Whitneyevim testom u 5. DBR ciklusu.

Tablica 5.15. Rezultati usporedbe ostvarenih ocjena studenata iz četiri predmeta Mann-Whitneyevim testom u 5. DBR ciklusu.

|                         |                         | Ak. god.  | Broj studenata (N) | Ostvarena ocjena (median) | Najniža ocjena (min) | Najviša ocjena (max) | p-vrijednost |
|-------------------------|-------------------------|-----------|--------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Elektroenergetske mreže | Matematika 1            | 2020./21. | 54                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .416     |
|                         |                         | 2021./22. | 22                 | 3                         | 2                    | 5                    |              |
|                         | Matematika 2            | 2020./21. | 54                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .332     |
|                         |                         | 2021./22. | 22                 | 2.5                       | 2                    | 5                    |              |
|                         | Osnove elektrotehnike 1 | 2020./21. | 54                 | 3                         | 2                    | 5                    | p = .395     |
|                         |                         | 2021./22. | 22                 | 3                         | 2                    | 4                    |              |
| Osnove elektrotehnike 2 | 2020./21.               | 54        | 3                  | 2                         | 5                    | p = .105             |              |
|                         | 2021./22.               | 22        | 3                  | 2                         | 5                    |                      |              |

Na osnovi provedenih usporedbi zaključeno je da su grupe studenata koje su sudjelovale u provedbi 5. DBR ciklusa međusobno usporedive.

Skup zadataka  $Z_{p_h}$  pripremljen u sustavu za rad eksperimentalne grupe studenata u 5. DBR ciklusu imao je ukupno 77 zadataka. Prema izvedbenom planu predmeta sadržaj je podijeljen u devet sadržajnih cjelina te je za svaku cjelinu u sustavu organizirana formativna provjera (provjere  $TA_1$  do  $TA_9$  povezane sa skupovima zadataka  $Z_{TA_1}$  do  $Z_{TA_9}$ ). Sumativno vrednovanje znanja studenata je provođeno putem pisanja dviju klasičnih kontrolnih zadaća, od kojih je prva kontrolna zadaća obuhvaćala sadržaje u provjerama od  $TA_1$  do  $TA_4$ , a druga kontrolna zadaća sadržaje u provjerama  $TA_5$  do  $TA_9$ . Studenti u eksperimentalnoj grupi su koristili

organizirane formativne provjere  $TA_g$  kao pripremu za navedena sumativna vrednovanja znanja.

U pripremi za provedbu 6. DBR ciklusa u dogovoru s nastavnicima, uz u prethodnom DBR ciklusu uvedenih dviju vrsta preporuka, osmišljena je i implementirana treća vrsta preporuka za povećanje motivacije studenata. Ova je vrsta preporuka zasnovana na ideji uvođenja igrifikacije u izgrađeni *online* sustav, na način koji je detaljno opisan u potpoglavlju 3.4.3. Također, temeljem prikupljenih povratnih informacija o prihvaćenosti ranije implementiranih vrsta preporuka od strane studenata (preporuka suradnika i preporuka sljedećeg koraka u učenju), napravljene su odgovarajuće dorade u generiranju i prikazu navedenih preporuka.

Uz uvođenje treće vrste preporuka u izgrađeni *online* sustav, u dogovoru s nastavnicima je u pripremi za provedbu 6. DBR ciklusa dogovoreno i korištenje izgrađenog *online* sustava na većem broju predmeta. Provedba istraživanja tijekom 6. DBR ciklusa planirana je na tri predmeta kako bi se funkcionalnost izgrađenog *online* sustava mogla ispitati u stvarnom obrazovnom okruženju na većem ispitnom uzorku.

U 6. DBR ciklusu odabran je nezavisni dizajn istraživanja. Istraživanje je provedeno u obliku kvazi-eksperimenta na tri predmeta na *Sveučilišnom stručnom studiju elektrotehnike* tijekom akademske godine 2022./23. Predmeti koje su pohađali studenti uključeni u eksperimentalne grupe u 6. DBR ciklusu bili su: *Električne energetske mreže* – 11 studenata, *Elementi elektroenergetskih postrojenja* – 14 studenata, odnosno *Zaštita električnih postrojenja* – 19 studenata. Grupe za usporedbu su korištene radi uspoređivanja uspješnosti rada studenata na kraju semestra. Kao grupe za usporedbu odabrane su grupe studenata koje su na navedene predmete bili upisani u akademskoj godini 2018./19. Broj studenata u grupama za usporedbu bio je: *Električne energetske mreže* – 36 studenata; *Elementi elektroenergetskih postrojenja* – 47 studenata; *Zaštita električnih postrojenja* – 45 studenata.

Grupe studenata koje su sudjelovale u provedbi 6. DBR ciklusa po odgovarajućim su predmetima uspoređene prema ukupnom prosjeku ocjena koje su studenti ostvarili prije provedbe eksperimenta. Nakon testiranja razdiobe prikupljenih podataka utvrđeno je da se ona poklapa s normalnom (Gaussovom) distribucijom te je za usporedbu odabran parametarski *t-test* s razinom značajnosti od  $p < .05$ , koji je potvrdio da temeljem ukupnog prosjeka ocjena između eksperimentalnih grupa i grupa za usporedbu po odgovarajućim predmetima ne postoje statistički značajnije razlike (*Električne energetske mreže*:  $p = .1417$ ; *Elementi elektroenergetskih postrojenja*:  $p = .7819$ ; *Zaštita električnih postrojenja*:  $p = .2930$ ). Također, grupe studenata su uspoređene temeljem ostvarenih završnih ocjena na četiri predmeta koji su prethodili promatranim predmetima u studijskom programu. Testiranje razdiobe prikupljenih podataka pokazalo je da se njihova raspodjela nije poklapala s normalnom (Gaussovom) distribucijom te je za usporedbu odabran ne-parametarski *Mann-Whitneyev test* s razinom značajnosti od  $p < .05$  U tablici 5.16. prikazani su dobiveni rezultati usporedbe studenata Mann-Whitneyevim testom u 6. DBR ciklusu.

Tablica 5.16. Rezultati usporedbe ostvarenih ocjena studenata iz četiri predmeta Mann-Whitneyevim testom u 6. DBR ciklusu.

|                                 |                         | Ak. god.  | Broj studenata (N) | Ostvarena ocjena (median) | Najniža ocjena (min) | Najviša ocjena (max) | p-vrijednost |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|--------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Električne energetske mreže     | Matematika 1            | 2018./19. | 36                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .764     |
|                                 |                         | 2022./23. | 11                 | 2                         | 2                    | 4                    |              |
|                                 | Matematika 2            | 2018./19. | 36                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .204     |
|                                 |                         | 2022./23. | 9                  | 2                         | 2                    | 3                    |              |
|                                 | Osnove elektrotehnike 1 | 2018./19. | 36                 | 2.5                       | 2                    | 5                    | p = .689     |
|                                 |                         | 2022./23. | 11                 | 2                         | 2                    | 4                    |              |
| Osnove elektrotehnike 2         | 2018./19.               | 36        | 2                  | 2                         | 4                    | p = .795             |              |
|                                 | 2022./23.               | 10        | 2                  | 2                         | 3                    |                      |              |
| Elementi elektroenergetskih     | Matematika 1            | 2018./19. | 45                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .271     |
|                                 |                         | 2022./23. | 14                 | 2                         | 2                    | 4                    |              |
|                                 | Matematika 2            | 2018./19. | 45                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .060     |
|                                 |                         | 2022./23. | 11                 | 2                         | 2                    | 2                    |              |
|                                 | Osnove elektrotehnike 1 | 2018./19. | 47                 | 3                         | 2                    | 5                    | p = .112     |
|                                 |                         | 2022./23. | 13                 | 2                         | 2                    | 4                    |              |
| Osnove elektrotehnike 2         | 2018./19.               | 46        | 2                  | 2                         | 4                    | p = .589             |              |
|                                 | 2022./23.               | 12        | 2                  | 2                         | 4                    |                      |              |
| Zaštita električnih postrojenja | Matematika 1            | 2018./19. | 44                 | 2                         | 2                    | 4                    | p = .322     |
|                                 |                         | 2022./23. | 17                 | 2                         | 2                    | 4                    |              |
|                                 | Matematika 2            | 2018./19. | 43                 | 2                         | 2                    | 4                    | p = .289     |
|                                 |                         | 2022./23. | 15                 | 2                         | 2                    | 3                    |              |
|                                 | Osnove elektrotehnike 1 | 2018./19. | 45                 | 2                         | 2                    | 5                    | p = .516     |
|                                 |                         | 2022./23. | 18                 | 2                         | 2                    | 4                    |              |
| Osnove elektrotehnike 2         | 2018./19.               | 45        | 2                  | 2                         | 5                    | p = .928             |              |
|                                 | 2022./23.               | 17        | 2                  | 2                         | 4                    |                      |              |

Na osnovi provedenih usporedbi zaključeno je da su po odabranim predmetima odgovarajuće eksperimentalne grupe u 6. DBR ciklusu i grupe za usporedbu međusobno usporedive.

U pripremi sustava za provedbu 6. DBR ciklusa za rad studenata u izgrađenom *online* sustavu za svaki od odabranih predmeta pripremljeni su odgovarajući skupovi zadataka  $Z_{ph}$ . Tako je za predmet *Električne energetske mreže* pripremljen skup zadataka s ukupno 52 zadatka koji su prema izvedbenom planu predmeta podijeljeni u sedam sadržajnih cjelina, te je za svaku cjelinu u sustavu organizirana formativna provjera (provjere  $TA_1$  do  $TA_7$  povezane s disjunktivnim skupovima zadataka  $Z_{MTA_1}$  do  $Z_{MTA_7}$ ). Za predmet *Elementi elektroenergetskih postrojenja* u izgrađenom *online* sustavu pripremljeno je ukupno 95 zadataka. Sukladno izvedbenom planu predmeta sadržaj je podijeljen u deset cjelina te je za svaku sadržajnu cjelinu u sustavu organizirana formativna provjera (provjere  $TA_1$  do  $TA_{10}$  povezane s disjunktivnim skupovima zadataka  $Z_{ETA_1}$  do  $Z_{ETA_{10}}$ ). U sustavu je za predmet *Zaštita električnih postrojenja* pripremljeno ukupno 97 zadataka, dok je prema izvedbenom planu sadržaj predmeta podijeljen u jedanaest sadržajnih cjelina. U izgrađenom *online* sustavu organizirane su formativne provjere povezane s podjelom sadržaja predmeta na cjeline (provjere  $TA_1$  do  $TA_{11}$  povezane s disjunktivnim skupovima zadataka  $Z_{ZTA_1}$  do  $Z_{ZTA_{11}}$ ).

S ciljem poticanja studenata na kontinuirano učenje i rad tijekom semestra, studenti su u sustavu mogli rješavati zadatke u svakoj pojedinoj provjeri u periodu od 15 dana nakon predavanja na kojemu su prezentirani povezani sadržaji. Po isteku navedenog perioda studenti su u sustavu mogli vidjeti zadatke koje su u sustavu rješavali, ali ih više nisu mogli rješavati unutar sustava. Također, izvedbenim je planovima za sva tri predmeta uveden minimum od 3 zadatka koji su studenti morali riješiti u svakoj pripremljenoj provjeri  $TA_g$  tijekom navedenog perioda, te su predstavljali obavezu povezanu s ostvarivanjem ECTS bodova na predmetima.

Uvedena obaveza studenta tijekom semestra imala je za cilj potaknuti studente na kontinuirano učenje tijekom cijelog semestra. Kao poticaj za ispunjavanje ove obaveze studentima su e-mailom slani podsjetnici o krajnjim rokovima za mogućnost rješavanja zadataka u sustavu za svaku organiziranu provjeru. Podsjetnici su slani studentima u intervalima od 7, 3, 2 odnosno 1 dan prije završnog termina do kada je provjera u sustavu bila dostupna za rješavanje, i to onim studentima koji u trenutku slanja podsjetnika nisu riješili postavljeni minimum od tri zadatka. Tekst podsjetnika poslanog e-mailom imao je sljedeći oblik:

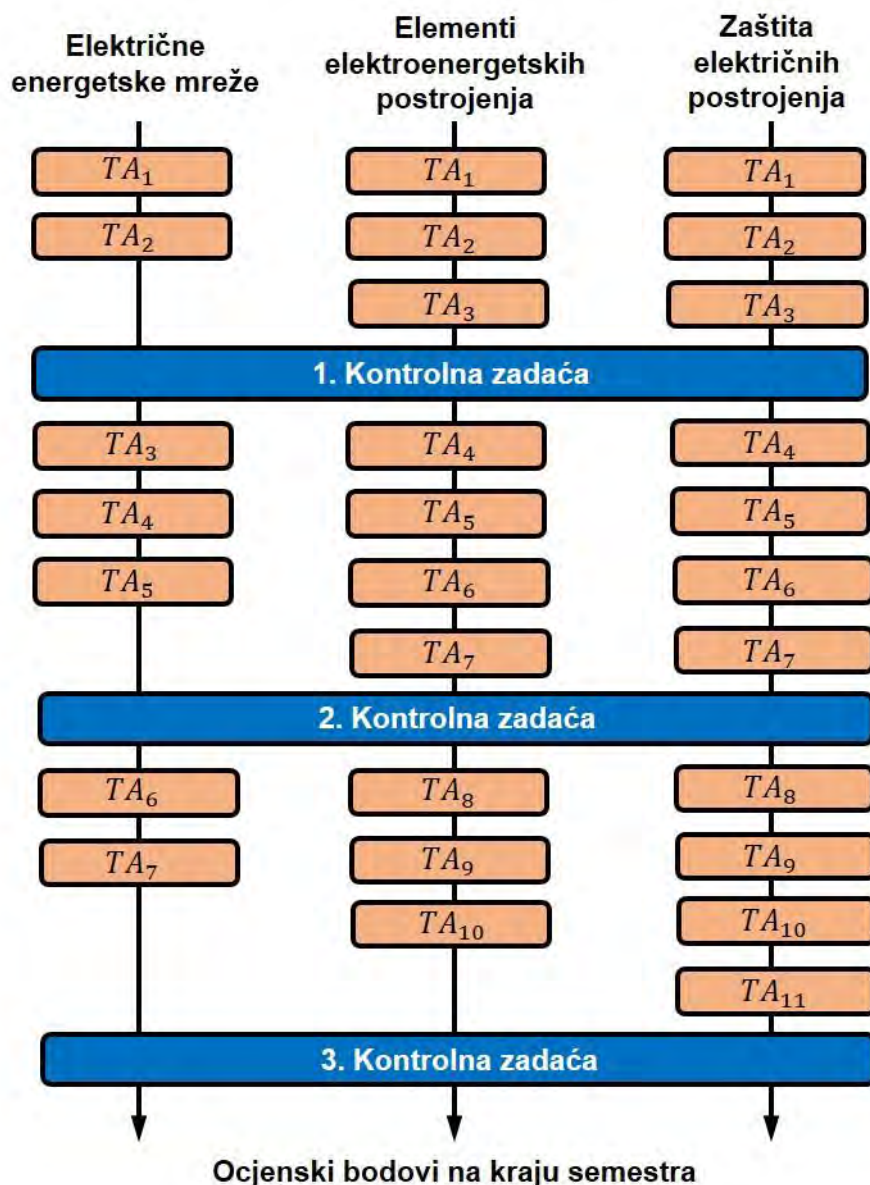
*Poštovani,*

*u okviru predmeta <Naziv\_predmeta> do sada niste riješili minimum zadataka u provjeri <Naziv\_provjere>. Provjera je za rad otvorena još <broj> dana (do <datum> u 13:00 sati).*

*Molimo Vas da prije isteka postavljenog roka riješite odgovarajući broj zadataka, s obzirom da to više neće biti moguće nakon završetka otvorenosti provjere. **Podsjećamo da u svakoj provjeri morate riješiti najmanje minimalni broj zadataka (minimalno 3 zadatka) kako biste prošli predmet.***

Sumativno vrednovanje znanja u sva tri predmeta organizirano je kroz pisanje tri klasične kontrolne zadaće, uz podjelu sadržaja po provjerama  $TA_g$  na način prikazan na slici 5.7.

Za razliku od organizacije provedbe sumativnog vrednovanja putem dviju kontrolnih zadataka u 5. DBR ciklusu, u 6. su DBR ciklusu u dogovoru s nastavnicima organizirane po tri kontrolne zadaće u svakom predmetu. Povećanje broja kontrolnih zadataka imalo je za cilj skraćivanje vremenskog perioda između predavanja o određenoj sadržajnoj cjelini odnosno uvedenog obaveznog rješavanja zadataka u formativnim provjerama  $TA_g$  povezanim s tim sadržajnim cjelinama i sumativnog vrednovanja. Kraći vremenski period uz obvezu rješavanja minimalnog broja zadataka kroz formativne provjere  $TA_g$  te podsjetnike koji su e-mailom slani studentima osmišljeni su s ciljem da se studenti potaknu na kontinuirani pristup učenju tijekom semestra, a s ciljem što uspješnijeg usvajanja ishoda učenja.



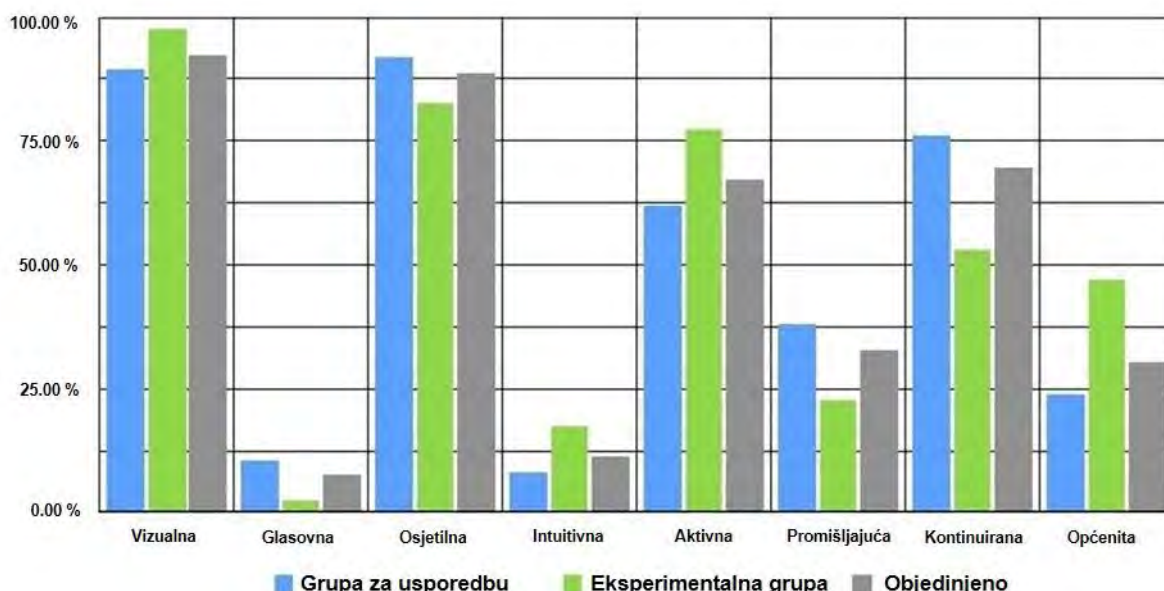
Slika 5.7. Podjela sadržaja predmeta po provjerama  $TA_g$  u tri odabrana predmeta tijekom provedbe 6. DBR ciklusa

Usporedba uspješnosti između studenata u eksperimentalnim grupama u odnosu na studente u grupama za usporedbu provedena je usporedbom ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra. Studenti su uspoređivani i temeljem ukupnog broja ostvarenih ocjenskih bodova na svakom predmetu nakon provođenja završnih ispita za studente koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit (ostvarenih minimalno 35 ocjenskih bodova na kontrolnim zadaćama tijekom semestra). Studenti su od strane nastavnika kontinuirano poticani da prate usvojenost koncepata i usvojenost ishoda učenja kao i sve preporuke koje im je sustav kontinuirano prikazivao, te da svoje učenje prilagode rezultatima koje su do tog trenutka ostvarili (uz uputu da je minimalna prihvatljiva usvojenost koncepata odnosno ishoda učenja na razini od 50%).

Na kraju provedbe 6. DBR ciklusa provedene su anonimne ankete među studentima na sva tri predmeta. Svi studenti su anketirani korištenjem identičnih anonimnih anketa te su dobiveni rezultati objedinjeni. Za dobivanje povratnih informacija od studenata u anketama je korišten upitnik s Likertovom skalom s pet stupnjeva (1 – u potpunosti se ne slažem; 2 – djelomično se ne slažem; 3 – niti se slažem niti se ne slažem; 4 – djelomično se slažem; 5 – u potpunosti se slažem). Od ukupnog broja studenata upisanih na sva tri predmeta (44 studenta), anonimnu anketu je ispunilo njih 38 (9 od 11 studenata na predmetu *Električne energetske mreže*, 13 od 14 studenata na predmetu *Elementi elektroenergetskih postrojenja* odnosno 16 od 19 studenata na predmetu *Zaštita električnih postrojenja*).

### 5.3.3.2. Rezultati provedbe 5. DBR ciklusa

Usporedbom prikupljenih podataka o STEM stilovima učenja studenata u eksperimentalnoj grupi i grupi za usporedbu, dobivena je raspodjela po dimenzijama stilova učenja prikazana na slici 5.8.



Slika 5.8. Usporedba dimenzija stilova učenja za studente u 5. DBR ciklusu

Dobiveni rezultati o preferiranim dimenzijama STEM stilova učenja ukazali su da studenti kao grupa značajnije naginju vizualnoj, osjetilnoj, aktivnoj i kontinuiranoj dimenziji. U skladu s dobivenim rezultatima u dogovoru s nastavnicima je stavljen naglasak na odgovarajuće stilove poučavanja.

Temeljem unesenih podataka o stilovima učenja, studentima u eksperimentalnoj grupi su prikazivane preporuke suradnika s ciljem poticanja studenata da prilikom zajedničkog učenja iskoriste dobivenu informaciju prilikom odabira suradnika. Prihvaćanje preporuke suradnika od strane studenata analizirano je putem rezultata anonimnih anketa provedenih tijekom (Privitak 6.) i na kraju (Privitak 7.) 5. DBR ciklusa, te su dobiveni rezultati prikazani u tablici 5.15.



Tablica 5.17. Rezultati anketiranja studenata u 5. DBR ciklusu o korištenju informacija o sličnosti po STEM stilovima učenja

| PITANJE   | KZ | N  | Ocjene (Likert) |   |   |   |   | Avg  | Var  | StDev |
|---|----|----|-----------------|---|---|---|---|------|------|-------|
|   |    |    | 1               | 2 | 3 | 4 | 5 |      |      |       |
| Koristio/la sam preporuku o mojim stilovima učenja prilikom pripreme za pisanje kontrolne zadaće.   | 1. | 20 | 9               | 2 | 5 | 4 | 0 | 2.20 | 1.46 | 1.21  |
|   | 2. | 20 | 11              | 2 | 5 | 2 | 0 | 1.90 | 1.19 | 1.09  |
| Prilikom pripreme za pisanje kontrolne zadaće koristio/la sam preporuku o tome koji su od mojih kolega/ica po stilu učenja meni najbliži.           | 1. | 20 | 11              | 4 | 2 | 3 | 0 | 1.85 | 1.23 | 1.11  |
|   | 2. | 20 | 10              | 2 | 7 | 1 | 0 | 1.95 | 1.05 | 1.02  |
| Odlučio/la sam se na zajednički rad s kolegama/icama koristeći preporuku o sličnosti naših stilova učenja koje mi je prikazao <i>online</i> sustav. | 1. | 20 | 10              | 4 | 5 | 0 | 1 | 1.90 | 1.19 | 1.09  |
|   | 2. | 20 | 9               | 3 | 6 | 2 | 0 | 2.05 | 1.15 | 1.07  |
| Za zajednički rad odabirem kolege/ice s kojima sam inače povezan/a neovisno o sličnosti naših stilova učenja.                                       | 1. | 20 | 3               | 1 | 3 | 7 | 6 | 3.60 | 1.84 | 1.36  |
|   | 2. | 20 | 4               | 1 | 3 | 7 | 5 | 3.40 | 2.04 | 1.43  |

Kao što se iz rezultata prikazanih u tablici 5.17. može vidjeti, studenti u eksperimentalnoj grupi u 5. DBR ciklusu nisu značajno prihvatili korištenje sličnosti po STEM stilovima učenja s drugim studentima kao podlogu za odluku o odabiru suradnika za zajedničko učenje. Studenti koji su se odlučili na zajedničko učenje najčešće su suradnike birali među kolegama/icama s kojima su i inače povezani, neovisno o sličnosti po STEM stilu učenja i preporuci suradnika koju im je izgrađeni *online* sustav prikazivao.

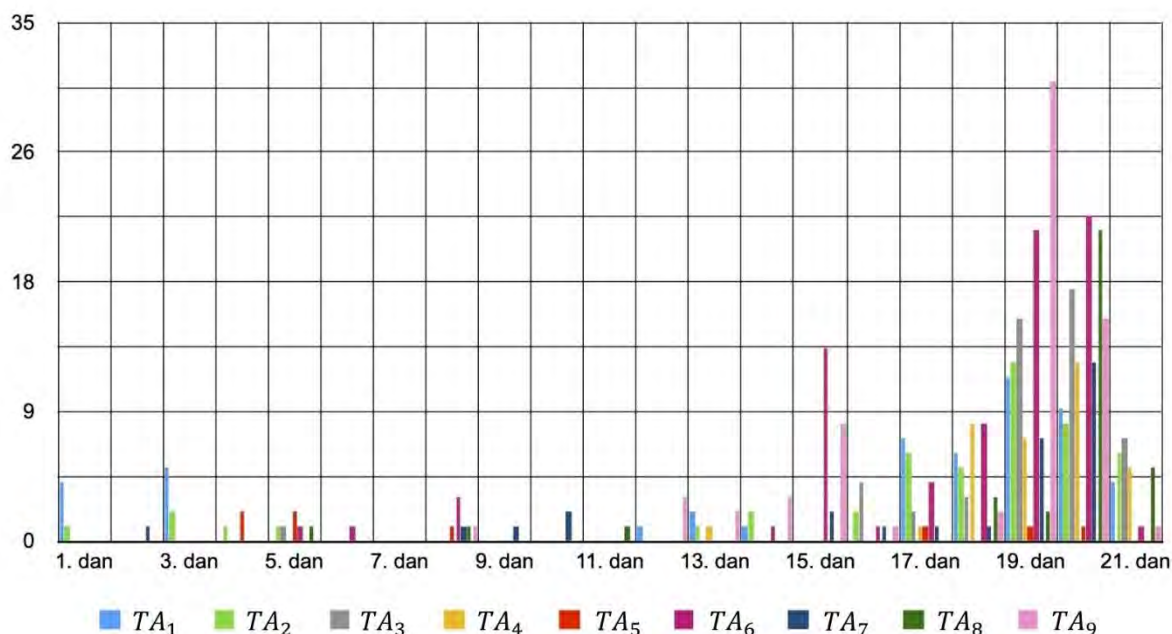
Druga vrsta preporuka koja je u 5. DBR ciklusu uvedena bila je preporuka sljedećeg koraka u učenju koja je obuhvaćala i prikaz trenutne usvojenosti ishoda učenja. Prihvaćenost ove vrste preporuka od strane studenata analizirana je temeljem povratnih informacija koje su prikupljene putem anonimne ankete provedene na kraju 5. DBR ciklusa. U tablici 5.18. prikazani su dobiveni rezultati.

Rezultati prikazani u tablici 5.18. ukazuju da su studenti upoznati te da razumiju ishode učenja i njihovu povezanost s kriterijima vrednovanja njihovog rada na predmetu. Ipak, dobiveni su rezultati pokazali da su studenti slabije koristili preporuku sljedećeg koraka u učenju koja u sebi sadrži prikaz trenutne usvojenosti ishoda učenja prilikom planiranja daljnjih koraka u učenju. Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da su studenti u eksperimentalnoj grupi u 5. DBR ciklusu bili upoznati s ishodima učenja i njihovom ulogom u obrazovnom procesu, ali da je potrebna dodatna dorada preporuke sljedećeg koraka u učenju odnosno dodatno motiviranje studenata da iskoriste sve pozitivne mogućnosti koje im uporaba informacija o usvojenosti ishoda učenja omogućava. Temeljem dobivenih rezultata u pripremi za provedbu 6. DBR ciklusa napravljene su odgovarajuće dorade u prikazu preporuke sljedećeg koraka u učenju, te je planirano uvođenje treće vrste preporuka (preporuka za povećanje motivacije).

Tablica 5.18. Rezultati anketiranja studenata u 5. DBR ciklusu o korištenju preporuke sljedećeg koraka u učenju

| PITANJE   | KZ | N  | Ocjene (Likert) |   |   |   |    | Avg  | Var  | StDev |
|---|----|----|-----------------|---|---|---|----|------|------|-------|
|   |    |    | 1               | 2 | 3 | 4 | 5  |      |      |       |
| S ishodima učenja upoznat sam od strane predmetnog nastavnika.  | 1. | 20 | 0               | 0 | 1 | 2 | 17 | 4.80 | 0.26 | 0.51  |
| Znam koji se ishod učenja provjerava pomoću koje kontrolne zadaće.  | 1. | 20 | 0               | 0 | 6 | 6 | 8  | 4.10 | 0.69 | 0.83  |
| Znam na koji su način ishodi učenja povezani s kriterijima kojima se vrednuje moj rad na predmetu.  | 1. | 20 | 0               | 0 | 2 | 9 | 9  | 4.35 | 0.43 | 0.65  |
| Tijekom učenja koristio/la sam preporuku s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja s ciljem razumijevanja što me na kontrolnoj zadaći očekuje.  | 1. | 20 | 4               | 3 | 4 | 6 | 3  | 3.05 | 1.85 | 1.36  |
|   | 2. | 20 | 3               | 3 | 3 | 9 | 2  | 3.20 | 1.56 | 1.25  |
| Na osnovu preporuke s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao planirao/la sam daljnje korake u svojem učenju.  | 2. | 20 | 4               | 4 | 7 | 4 | 1  | 2.70 | 1.31 | 1.14  |
| Preporuka s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka u sustavu s ciljem podizanja postotka usvojenosti ishoda učenja. | 2. | 20 | 1               | 4 | 3 | 9 | 3  | 3.45 | 1.25 | 1.12  |

Podaci o vremenskoj dinamici rješavanja zadataka u izgrađenom *online* sustavu tijekom semestra prikazani su na slici 5.9. za period od 20 dana prije termina pisanja kontrolnih zadaća.



Slika 5.9. Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 5. DBR ciklusa

Tijekom rješavanja zadataka u organiziranim formativnim provjerama u fazi priprema za sumativna vrednovanja znanja studenti su tijekom provedbe 5. DBR ciklusa riješili ukupno 374 zadatka. Prosječan broj rješavanih zadataka po jednom studentu određen korištenjem izraza (33) u 5. DBR ciklusu iznosio je 17.

Vremenska dinamika rješavanja zadataka prikazana na slici 5.9. dodatno je potvrdila u prethodno provedenim DBR ciklusima uočenu naviku studenata da svoje učenje koncentriraju u danima neposredno prije termina pisanja kontrolnih zadaća. Dobiveni rezultati ukazuju na potrebu osmišljavanja pristupa motiviranju studenata da učenju tijekom semestra pristupe kontinuirano.

U tablici 5.19. prikazani su podaci o broju studenata koji su na kraju semestra ostvarili više od 35 ocjenskih bodova te stekli pravo izlaska na završi ispiti na promatranom predmetu.

Tablica 5.19. Broj studenata koji su na kraju semestra ostvarili više od 35 ocjenskih bodova u 5. DBR ciklusu

| DBR ciklus | Akademska godina | Broj studenata upisanih na predmet | Ostvarili VIŠE od 35 ocjenskih bodova |         | Ostvarili MANJE od 35 ocjenskih bodova |         |
|------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------|--|---------|
|            |                  |                                    | N                                     | %       | N                                      | %       |
| -          | 2020./21.        | 55                                 | 39                                    | 70.90 % | 16                                     | 29.10 % |
| 5.         | 2021./22.        | 22                                 | 17                                    | 77.27 % | 5                                      | 22.73 % |

Iz podataka prikazanih u tablici 5.19. vidljivo je da se postotak studenata koji su na kraju semestra ostvarili više od 35 ocjenskih bodova povećavao u eksperimentalnoj grupi za 6,37 postotnih bodova. Iz dobivenih se rezultata može zaključiti da je nadogradnja izgrađenog *online* sustava kroz uvođenje dviju vrsta preporuka te stavljanje fokusa na usvojenost ishoda učenja pozitivno utjecalo na uspjeh studenata ostvaren tijekom semestra.

U tablici 5.20. prikazani su podaci o ukupnom uspjehu studenata koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit u obliku srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova (ocjenski bodovi ostvareni tijekom semestra zbrojeni s ocjenskim bodovima ostvarenim na završnom ispitu).

Tablica 5.20. Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u 5. DBR ciklusu

| DBR ciklus | Akademska godina | N  | Srednja vrijednost ostvarenih ocjenskih bodova tijekom semestra | Srednja vrijednost ukupno ostvarenih ocjenskih bodova | Broj studenata koji nisu zadovoljili na završnom ispitu |
|------------|------------------|----|---|---|---|
| -          | 2020./21.        | 39 | 51.27   | 72.06   | 4   |
| 5.         | 2021./22.        | 17 | 59.82   | 76.75   | 1   |

Rezultati prikazani u tablici 5.20. pokazuju da su studenti u eksperimentalnoj grupi ostvarili nešto bolje ukupne rezultate (veći ukupni prosječni broj ostvarenih ocjenskih bodova na predmetu) u odnosu na studente u grupi za usporedbu.

### 5.3.3.3. Rezultati provedbe 6. DBR ciklusa

S ciljem dodatnog motiviranja studenata za učenje tijekom semestra, u 6. DBR ciklusu uvedena je treća vrsta preporuka koja je koristila rangiranje studenta kao motivacijski element. Uz preporuke suradnika i preporuke sljedećeg koraka u učenju koje su za provedbu 6. DBR ciklusa nadograđene temeljem rezultata dobivenih u 5. DBR ciklusu i dogovora s nastavnicima, sve navedene preporuke su imale kao glavni cilj pomoći studentima da usvoje ishode učenja. Uspješnost preporuka analizirana je putem prikupljanja povratnih informacija od strane studenta putem anonimne ankete (Privitak 8.) provedene na kraju 6. DBR ciklusa. U tablici 5.21. prikazani su rezultati dobiveni korištenjem anonimne ankete povezani s preporukom suradnika.

Tablica 5.21. Rezultati anonimne ankete povezani s preporukom suradnika dobiveni anketiranjem studenata na kraju 6. DBR ciklusa

| PITANJE   | N  | Ocjene (Likert) |   |    |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|---|----|-----------------|---|----|----|----|------|------|-------|
|   |    | 1               | 2 | 3  | 4  | 5  |      |      |       |
| Kada mi je povremeno trebala pomoć kolega oko nejasnoća u sadržaju predmeta koristio sam informaciju o sličnosti po stilu učenja pri odabiru kolega koje sam zamolio za pomoć.              | 38 | 12              | 2 | 8  | 10 | 6  | 2.89 | 2.20 | 1.48  |
| Kada mi je povremeno trebala pomoć kolega oko nejasnoća u sadržaju predmeta zamolio sam za pomoć kolege s kojima sam inače povezan (neovisno o njihovoj sličnosti po stilu učenja sa mnom). | 38 | 0               | 0 | 11 | 9  | 18 | 4.18 | 0.73 | 0.85  |

Kao što se u rezultatima prikazanim u tablici 5.21. može vidjeti, studenti u eksperimentalnim grupama u 6. DBR ciklusu nisu značajnije uključili informacije o sličnosti po STEM stilovima učenja u situacijama kada su se odlučili za zajedničko učenje. Većina studenata odabirala je za zajednički rad suradnike s kojima je i inače povezana, neovisno o njihovoj međusobnoj sličnosti po stilovima učenja.

U tablici 5.22. prikazani su rezultati anonimne ankete povezani s preporukom sljedećeg koraka u učenju.

Kao što se u tablici 5.22. može vidjeti, studenti su prihvatili nadograđenu preporuku sljedećeg koraka u učenju na razini provjere i na razini predmeta. Oblik preporuka sljedećeg koraka u učenju koji je korišten u 6. DBR ciklusu te je doraden temeljem rezultata provedbe 5. DBR ciklusa, uspješno je motivirao studente za rješavanje većeg broja zadataka s ciljem usvajanja koncepta odnosno ishoda učenja. Studenti su prihvatili preporuke sljedećeg koraka u učenju te su temeljem njih i planirali učenje tijekom semestra, što im je pomoglo u usvajanju ishoda učenja.

Tablica 5.22. Rezultati anonimne ankete povezani s preporukom sljedećeg koraka u učenju dobiveni anketiranjem studenata na kraju 6. DBR ciklusa

| PITANJE  | N  | Ocjene (Likert) |   |   |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|--|----|-----------------|---|---|----|----|------|------|-------|
|  |    | 1               | 2 | 3 | 4  | 5  |      |      |       |
| Preporuka sljedećeg koraka u učenju s povratnom informacijom o usvojenosti pojedinog koncepta koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka s ciljem podizanja postotka usvojenosti konceptata.         | 38 | 0               | 0 | 4 | 7  | 27 | 4.61 | 0.45 | 0.67  |
| Preporuka sljedećeg koraka u učenju s povratnom informacijom o usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka u sustavu s ciljem podizanja postotka usvojenosti ishoda učenja. | 38 | 0               | 0 | 7 | 6  | 25 | 4.47 | 0.62 | 0.79  |
| Preporuke sljedećeg koraka u učenju koje mi je <i>online</i> sustav prikazivao pomogle su mi da odlučim o daljnjim koracima u učenju.  | 38 | 0               | 0 | 5 | 18 | 15 | 4.26 | 0.46 | 0.68  |

U tablici 5.23. prikazani su rezultati anonimne ankete povezani s preporukom za povećanje motivacije koja je zasnovana na rangiranju studenata.

Tablica 5.23. Rezultati anonimne ankete povezani s preporukom za povećanje motivacije

| PITANJE  | N  | Ocjene (Likert) |   |    |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|--|----|-----------------|---|----|----|----|------|------|-------|
|  |    | 1               | 2 | 3  | 4  | 5  |      |      |       |
| Rangiranje prema broju riješenih zadataka u odnosu na moje kolege motiviralo me je na rješavanje većeg broja zadataka i postizanje boljeg ranga. | 38 | 0               | 5 | 11 | 11 | 11 | 3.74 | 1.04 | 1.02  |

Kao što se u tablici 5.23. može vidjeti, uvedeni element igrifikacije implementiran putem preporuke za povećanje motivacije temeljene na rangiranju studenata po broju rješanih zadataka u izgrađenom *online* sustavu donekle su utjecali na motivaciju studenata za rješavanje većeg broja zadataka. Ipak, kada se rezultat prikazan u tablici 5.24. promatra zajedno s rezultatima prikazanim u tablici 5.23. može se zaključiti da je uvođenje ove vrste preporuke uz nadogradnju preporuke sljedećeg koraka u učenju imalo pozitivan utjecaj na motiviranost studenata za rad tijekom semestra.

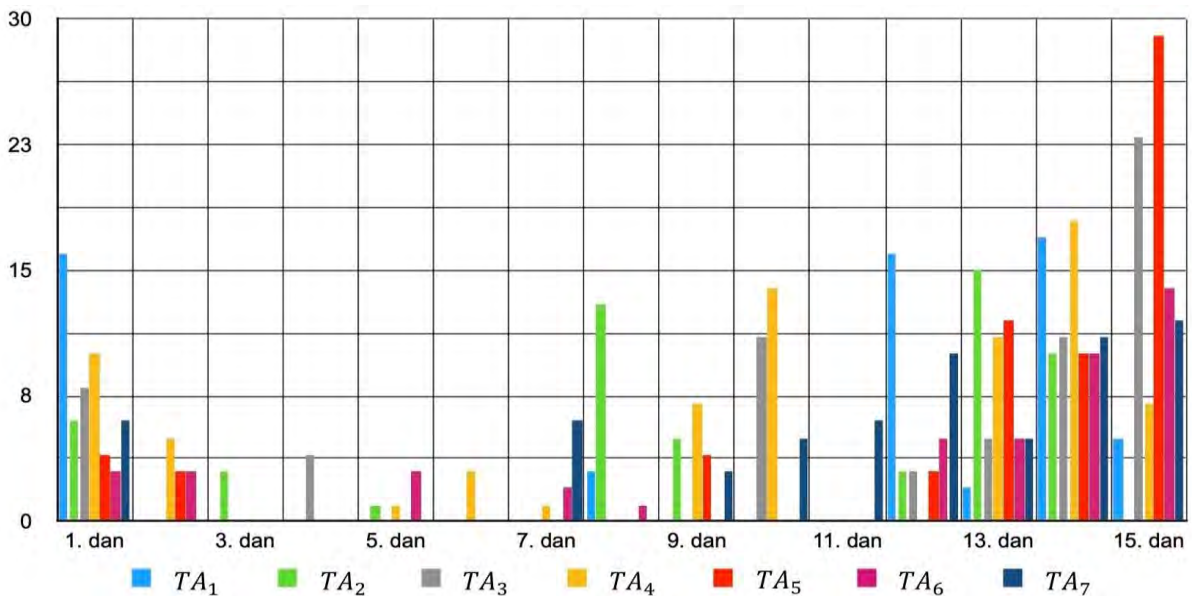
Tablica 5.24. Prosječan broj rješanih zadataka tijekom provedbe 6. DBR ciklusa

| Predmet                                 | Broj studenata upisanih na predmet | Ukupan broj rješanih zadataka | Prosječan broj zadataka po studentu |
|---|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Električne energetske mreže             | 11                                 | 432                           | 39,27 ≈ 39                          |
| Elementi elektroenergetskih postrojenja | 14                                 | 1289                          | 92,07 ≈ 92                          |
| Zaštita električnih postrojenja         | 19                                 | 1816                          | 95,58 ≈ 96                          |

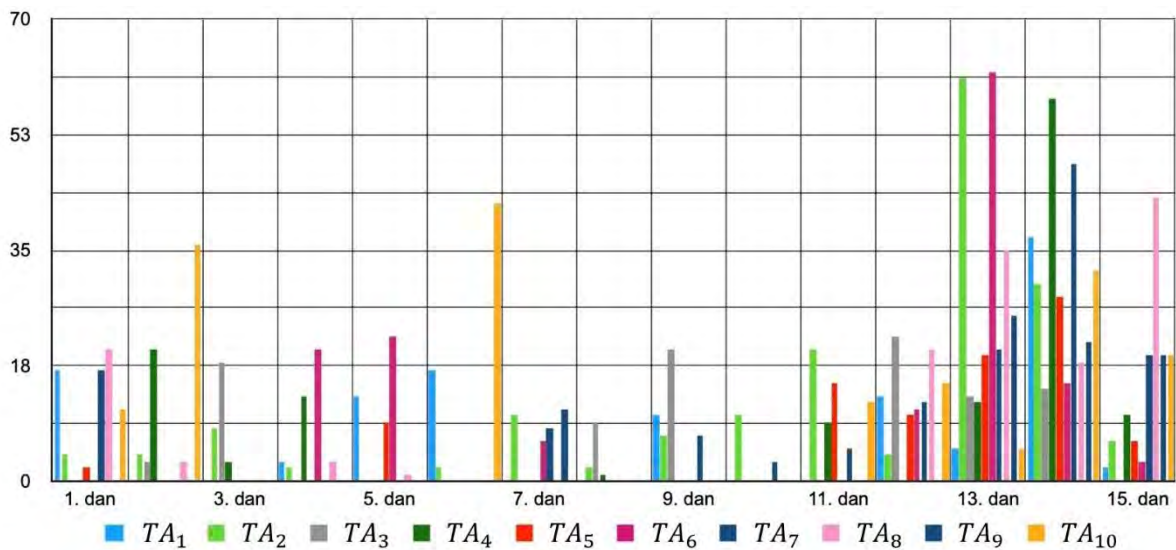
Tijekom provedbe 6. DBR ciklusa praćen je prosječan broj rješavanih zadataka u izgrađenom *online* sustavu po studentu za sva tri predmeta. Prosječni broj rješavanih zadataka po studentu određen je korištenjem izraza (33) za sva tri predmeta, a dobiveni su rezultati prikazani u tablici 5.24.

Podaci prikazani u tablici 5.24. za predmet *Električne energetske mreže* ukazuju na povećanje prosječnog broja rješavanih zadataka po studentu u odnosu na eksperimentalne grupe studenta u ranijim DBR ciklusima u istom predmetu. Također, rezultati za druga dva predmeta pokazuju značajno veći broj rješavanih zadataka po studentu, što se može povezati i s ostvarenom većom motiviranosti studenata za rad tijekom semestra potvrđenom putem rezultata provedenih anonimnih anketa.

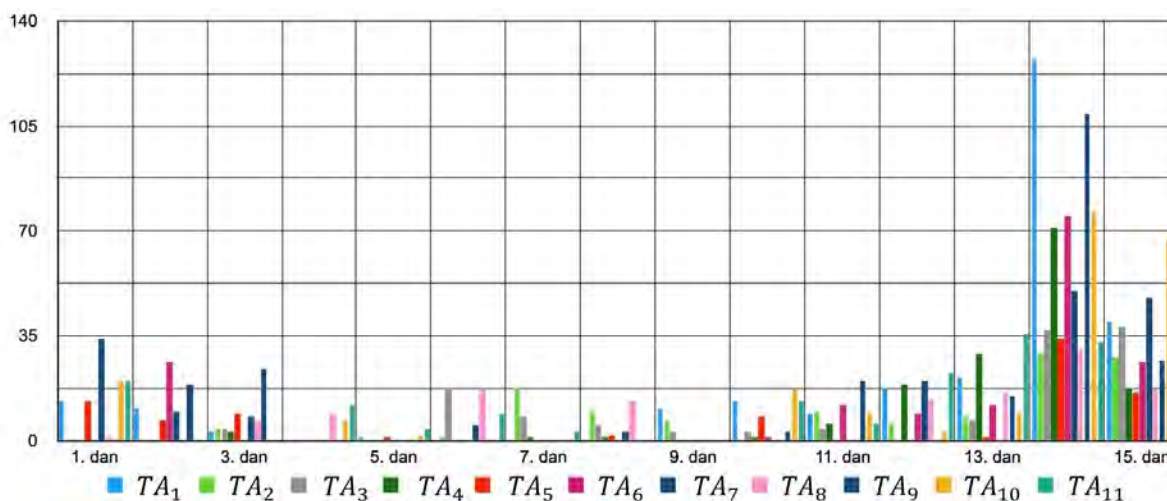
Na slici 5.10. prikazana je vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom vremenskog perioda od 15 dana od dana predavanja za svaku provjeru  $TA_g$  za sva tri predmeta uključena u provedeno istraživanje u 6. DBR ciklusu.



a) predmet *Električne energetske mreže*



b) predmet *Elementi elektroenergetskih postrojenja*



c) predmet *Zaštita električnih postrojenja*

Slika 5.10. Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 6. DBR ciklusa

Iako se iz prikazanih vremenskih dinamika vidi da studenti većinu svojih aktivnosti u rješavanju zadataka koncentriraju u periodu prije isteka postavljenog roka od 15 dana, na slikama se može uočiti da je aktivnost od prvog dana nešto veća nego što je to bio slučaj u prethodnim DBR ciklusima.

Osim praćenja vremenske dinamike rješavanja zadataka u izgrađenom *online* sustavu, putem provedene anonimne ankete su prikupljeni podaci o prihvaćanju obveze rješavanja minimalno tri zadatka u svakoj organiziranoj provjeri u sustavu u periodu od 15 dana nakon održanog predavanja. U tablici 5.25. prikazani su dobiveni rezultati.

Tablica 5.25. Prihvaćanje kontinuirane obveze rješavanja zadataka u izgrađenom *online* sustavu od strane studenta tijekom 6. DBR ciklusa

| PITANJE  | N  | Ocjene (Likert) |   |   |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|--|----|-----------------|---|---|----|----|------|------|-------|
|  |    | 1               | 2 | 3 | 4  | 5  |      |      |       |
| Obveza kontinuiranog rješavanja zadataka u svim sadržajima tijekom semestra je pozitivno utjecala na moju motiviranost za učenje.  | 38 | 0               | 0 | 1 | 1  | 36 | 4.92 | 0.13 | 0.35  |
| Podsjetnici koje sam dobivao/la na e-mail o datumu do kada je pojedina provjera otvorena za rješavanje zadataka su mi pomogli da ne propustim riješiti zadatke u zadanom roku. | 38 | 0               | 0 | 1 | 9  | 28 | 4.71 | 0.26 | 0.51  |
| Koristeći online sustav riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio inače (bez korištenja sustava).  | 38 | 0               | 0 | 0 | 10 | 28 | 4.74 | 0.19 | 0.44  |

Rezultati prikazani u tablici 5.25. ukazuju da su studenti pozitivno prihvatili obvezu rješavanja minimalnog broja zadataka u izgrađenom *online* sustavu te da je navedena obveza pozitivno utjecala na njihovu motiviranost na kontinuirani rad i učenje tijekom semestra.

U tablici 5.26. prikazani su podaci o uspjehu studenata na kraju semestra za eksperimentalne grupe i grupe za usporedbu izraženi kroz ostvarene ocjenske bodove.

Tablica 5.26. Broj studenata koji su na kraju semestra ostvarili najmanje 35 ocjenskih bodova u 6. DBR ciklusu

| Predmet                                  | Akademska godina | Broj studenata upisanih na predmet | Ostvarili Ishode učenja (minimalno 35 ocjenskih bodova) |         | Nisu ostvarili Ishode učenja (manje od 35 ocjenskih bodova) |         |
|--|------------------|------------------------------------|---|---------|---|---------|
|  |                  |                                    | N   | %       | N   | %       |
| Električne energetske mreže              | 2018./19.        | 36                                 | 20  | 55.55 % | 16  | 44.45 % |
|  | 2022./23.        | 11                                 | 10  | 90.91 % | 1   | 9.09 %  |
| Elementi elektro-energetskih postrojenja | 2018./19.        | 47                                 | 21  | 44.68 % | 26  | 55.32 % |
|  | 2022./23.        | 14                                 | 12  | 85.72 % | 2   | 14.28 % |
| Zaštita električnih postrojenja          | 2018./19.        | 45                                 | 26  | 57.78 % | 19  | 42.22 % |
|  | 2022./23.        | 19                                 | 17  | 89.47 % | 2   | 10.53 % |

Rezultati usporedbe ostvarivanja prava izlaska na završni ispit temeljem ostvarenog broja ocjenskih bodova između eksperimentalnih grupa i grupa za usporedbu po sva tri predmeta pokazuje da je veći postotak upisanih studenata ostvario to pravo.

U tablici 5.27. prikazani su podaci o ukupnom uspjehu studenata koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit za sva tri predmeta. Vrijednosti u tablici su srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova (zbroj ocjenskih bodova ostvarenih tijekom semestra i ocjenskih bodova ostvarenih na završnom ispitu predmeta).

Tablica 5.27. Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u 6. DBR ciklusu

| Predmet                                  | Akademska godina | N  | Srednja vrijednost ostvarenih ocjenskih bodova tijekom semestra | Srednja vrijednost ukupno ostvarenih ocjenskih bodova | Broj studenata koji su pali na završnom ispitu |
|--|------------------|----|---|---|--|
| Električne energetske mreže              | 2018./19.        | 20 | 52.25   | 77.06   | 2  |
|  | 2022./23.        | 10 | 54.30   | 75.30   | 1  |
| Elementi elektro-energetskih postrojenja | 2018./19.        | 21 | 50.83   | 78.24   | 0  |
|  | 2022./23.        | 12 | 54.70   | 78.12   | 0  |
| Zaštita električnih postrojenja          | 2018./19.        | 26 | 47.78   | 76.74   | 3  |
|  | 2022./23.        | 17 | 51.79   | 77.15   | 0  |

Rezultati usporedbe eksperimentalnih grupa studenta i grupa za usporedbu po predmetima prikazani u tablici 5.27. pokazuju da iako je veći broj studenata ostvario pravo izlaska na završni ispit srednja ocjena eksperimentalnih grupa je ostala na razini srednjih ocjena ostvarenih u grupama za usporedbu.



Rezultati anonimne ankete provedene na kraju 6. DBR ciklusa prikazani u tablici 5.28. ukazuju da su studenti zadovoljni radom u izgrađenom *online* sustavu.

Tablica 5.28. Zadovoljstvo studenata radom u izgrađenom *online* sustavu

| PITANJE  | N  | Ocjene (Likert) |   |   |    |    | Avg  | Var  | StDev |
|--|----|-----------------|---|---|----|----|------|------|-------|
|  |    | 1               | 2 | 3 | 4  | 5  |      |      |       |
| Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom   | 38 | 0               | 1 | 1 | 4  | 32 | 4.76 | 0.39 | 0.63  |
| <i>Online</i> sustav je intuitivan i jednostavan za korištenje.                        | 38 | 0               | 0 | 0 | 10 | 28 | 4.74 | 0.19 | 0.44  |
| Nisam imao većih problema u radu sa sustavom, a povremeni problemi su brzo otklanjani. | 38 | 0               | 0 | 0 | 9  | 29 | 4.76 | 0.18 | 0.43  |
| Preporučio bih korištenje <i>online</i> sustava svojim kolegama/icama.                 | 38 | 0               | 0 | 0 | 2  | 36 | 4.95 | 0.05 | 0.22  |
| Želio bih ponovo koristiti <i>online</i> sustav u drugim predmetima.                   | 38 | 0               | 0 | 0 | 0  | 38 | 5.00 | 0.00 | 0.00  |

#### 5.3.3.4. Zaključak provedbe 5. i 6. DBR ciklusa

Na temelju rezultata prikupljenih tijekom provedbe 5. i 6. DBR ciklusa može se zaključiti da je odgovor na treće istraživačko pitanje (RQ3) potvrđan. Povezivanjem podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja uspješno su generirane preporuka individualnim studentima. Studenti su ove preporuke pozitivno prihvatili, te su im preporuke omogućile usvajanje ishoda učenja.

### 5.4. Analiza dobivenih rezultata

Treća faza u provedbi istraživanja korištenjem DBR metodologije je analiza cjelokupnog provedenog istraživanja. Analizom se provjerava ispravnost hipoteza postavljenih na početku istraživanja te se određuju poopćeni principi koji su se utvrdili kroz provedeno istraživanje.

#### 5.4.1. Potvrđivanje prve hipoteze

Prva postavljena hipoteza pretpostavljala je da će korištenje kontinuiranih *online* formativnih i sumativnih vrednovanja znanja povećati motiviranosti studenata što će posljedično dovesti do boljih rezultata učenja tijekom semestra.

##### 5.4.1.1. Kontinuirani pristup učenju

Kao što je navedeno u [Donnison & Penn-Edwards, 2012.; Svedin et.al., 2013], studenti na početku studija najčešće usvajaju površinski pristup učenju. Praćenjem vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu praćene su navike studenata eksperimentalnih grupa u njihovim pripremama za sumativna vrednovanja znanja. Rezultati ranije provedenih istraživanja [Richter, 2012] ukazivali su da studenti najčešće koncentriraju svoje učenje u kratkom vremenskom periodu prije sumativnih

vrednovanja. Podaci dobiveni provedenim istraživanjem dodatno su potvrdili ove rezultate. Uvođenjem kontinuiranih *online* formativnih i sumativnih vrednovanja znanja željelo se je motivirati studente u eksperimentalnim grupama da tijekom semestra kontinuirano pristupaju učenju.

Vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu praćene su tijekom provedbe svih DBR ciklusa. Tijekom istraživanja korišteni su različiti načini organizacije sumativnih vrednovanja znanja (putem kontrolnih zadataka, tjedno organiziranih *online* vrednovanja korištenjem izgrađenog *online* sustava ili hibridnim pristupom koji obuhvaća oba ova pristupa). Prikupljeni su rezultati pokazali da studenti intenziviraju svoj rad s približavanjem termina sumativnih vrednovanja znanja.

U 1. i 2. DBR ciklusu sumativne su provjere znanja organizirane putem dvije kontrolne zadatke. Rezultati praćenja vremenske dinamike rješavanja zadataka u sustavu tijekom pripreme za pisanje kontrolnih zadataka pokazali su da studenti intenziviraju svoj rad u periodu od dva do četiri dana prije termina sumativne provjere znanja. Uvođenjem kontinuiranih tjednih provjera znanja tijekom 3. i 4. DBR ciklusa (prvo kao hibridni pristup uz zadržavanje pisanih kontrolnih zadataka a nakon toga kao isključivo *online* provedbu sumativnih provjera znanja) željelo se je potaknuti studente da kontinuirano uče tijekom semestra. Praćenjem vremenske dinamike formativnih provjera znanja u tjednom ritmu uočeno je da studenti zadržavaju frekventnost rješavanja zadataka na način da što su bliže tjednom terminu sumativne provjere znanja, rješavaju više zadataka. Ipak, kako su sumativne provjere znanja organizirane na tjednoj bazi, studenti su s ciljem ispunjavanja svojih obaveza bili potaknuti kontinuirano raditi tijekom semestra. Na ovaj je način osiguran preduvjet o korištenju kontinuirane provjere znanja na kojem je počivala prva hipoteza.

Tijekom 5. i 6. DBR ciklusa sumativne su provjere znanja organizirane putem pisanja klasičnih kontrolnih zadataka. Ipak, temeljeno na rezultatima prikupljenim tijekom provedbe ranijih DBR ciklusa, korištenjem generiranja odgovarajućih preporuka individualnim studentima pokušalo se potaknuti studente da što je više moguće pristupaju učenju kontinuirano tijekom semestra. Određeni je pozitivan pomak uočen tijekom 5. DBR ciklusa kada su uvedene dvije vrste preporuka (preporuka suradnika i preporuka sljedećeg koraka u učenju). Nadogradnjom ovih dviju vrsta preporuka i uvođenjem treće vrste (preporuka za povećanje motivacije), kao i organizacijom izvedbe predmeta tijekom 6. DBR ciklusa na način da su studenti bili obvezni u unaprijed određenim vremenskim periodima pristupiti formativnim provjerama s definiranim minimalnim brojem rješavanih zadataka, postignut je pozitivan utjecaj na motiviranost studenata za učenje. Rezultat povećane motiviranosti studenata bio je kontinuirani pristup učenju tijekom semestra, što je bio cilj i preduvjet postavljen u prvoj hipotezi.

#### **5.4.1.2. Motiviranost studenata za učenje**

Broj rješavanih zadataka tijekom priprema za sumativna vrednovanja znanja korišten je kao jedan od indikatora motiviranosti studenata za učenje. Promatrano za predmet *Elektroenergetske mreže* na sveučilišnom odnosno za predmet *Električne*

*energetske mreže* na stručnom prijediplomskom studiju (predmeti se odnose na isti sadržaj s tim da se na predmetu na sveučilišnom studiju sadržaj proučava u proširenom obliku), može se pratiti prosječan broj rješavanih zadataka po studentu tijekom rada s izgrađenim *online* sustavom. U tablici 5.29. objedinjeni su rezultati o prosječnom broju rješavanih zadataka po jednom studentu tijekom svih DBR ciklusa za navedena dva predmeta.

Tablica 5.29. Prosječan broj rješavanih zadataka po studentu za svaki DBR ciklus

| DBR ciklus | Elektroenergetske mreže            |                                     | Električne energetske mreže        |  |
|------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|
|            | Prosječni broj rješavanih zadataka | Oblik sumativnog vrednovanja znanja | Prosječni broj rješavanih zadataka | Oblik sumativnog vrednovanja znanja                |
| 1. i 2.    | 26                                 | 2 kontrolne zadaće                  | -                                  | -  |
| 3.         | -                                  | -                                   | 11                                 | 3 kontrolne zadaće i tjedne <i>online</i> provjere |
| 4.         | -                                  | -                                   | 34                                 | tjedne <i>online</i> provjere                      |
| 5.         | 17                                 | 2 kontrolne zadaće                  | -                                  | -  |
| 6.         | -                                  | -                                   | 39                                 | 3 kontrolne zadaće                                 |

Kao što se u tablici 5.29. može vidjeti, prosječan broj rješavanih zadataka tijekom formativnih provjera koje su predstavljale pripremu za sumativna vrednovanja znanja varirao je u ovisnosti o odabranom obliku sumativnog vrednovanja. Hibridni pristup koji je proveden u 3. DBR ciklusu polučio je najslabiji rezultat, dok je primjena pisanja tri klasične kontrolne zadaće uz obavezu rješavanja minimalnog broja u pripremi za kontrolne zadaće u 6. DBR ciklusu dala najbolji rezultat.

Osim kroz prosječni broj rješavanih zadataka, povratne informacije o motiviranosti studenata prikupljane su i putem anonimnih anketa. U tablici 5.30. prikazani su objedinjeni rezultati po svim DBR ciklusima za anketna pitanja koja su se odnosila na motiviranost studenata tijekom rada u izgrađenom *online* sustavu.

Tablica 5.30. Objedinjeni rezultati prosječnih ocjena za anketna pitanja povezana s motiviranošću studenata

| Pitanje  | DBR ciklus |      |      |       |      | Avg         |
|--|------------|------|------|-------|------|-------------|
|  | 1. i 2.    | 3.   | 4.   | 5.    | 6.   |             |
| Koristeći <i>online</i> sustav u pripremi za kontrolnu zadaću (provjeru znanja) riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava). | 4.36*      | 4.33 | 4.50 | 4.00* | 4.74 | <b>4.39</b> |
| Mogućnost rješavanja zadataka u <i>online</i> sustavu pozitivno je utjecala na moju motivaciju da vježbam zadatke kako bi se pripremio/la za provjeru znanja.        | 4.53*      | -    | -    | 4.05* | 4.92 | <b>4.50</b> |

\* objedinjeni podatak za obje ankete provedene po završetku pisanja kontrolnih zadaća

Kao što se iz rezultata prikazanih u tablici 5.30. može vidjeti, studenti su visokom prosječnom ocjenom potvrdili da je mogućnost rada u izgrađenom *online* sustavu pozitivno utjecala na njihovu motiviranost za radom tijekom semestra. Također, u završnom 6. DBR ciklusu dobivena je najviša ocjena što je dodatno potvrdilo uspješnost u motiviranju studenata kroz pristup implementiran provedenim istraživanjem.

#### 5.4.1.3. Ostvareni rezultati učenja tijekom semestra

Rezultati učenja tijekom semestra utvrđivani su temeljem ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra, kao i ukupnog broja ocjenskih bodova koje su studenti ostvarili nakon polaganja završnog ispita. Za potrebe provedenog istraživanja korišteni su rezultati ostvareni u DBR ciklusima provođenima na istom predmetu (*Električne energetske mreže*) uz korištenje usporedivih ispitnih materijala. U tablici 5.31. prikazani su dobiveni rezultati ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra.

Tablica 5.31. Usporedba broja ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra na predmetu *Električne energetske mreže*

| Ak. god. / DBR ciklus | Broj studenata upisanih na predmet | Ostvarili više od 35 ocjenskih bodova |         | Srednja vrijednost ostvarenih ocjenskih bodova tijekom semestra |
|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------|---|
|                       |                                    | N                                     | %       |   |
| 2018.19.*             | 36                                 | 20                                    | 55.55 % | 52.25   |
| 3.                    | 32                                 | 21                                    | 65.63 % | 49.60   |
| 4.                    | 25                                 | 20                                    | 80.00 % | 51.45   |
| 6.                    | 11                                 | 10                                    | 90.91 % | 54.30   |

\* grupa studenata za usporedbu s eksperimentalnim grupama

S obzirom da je tijekom 6. DBR ciklusa istraživanje provođeno na tri predmeta, u tablici 5.32. prikazani su objedinjeni rezultati za predmet *Elementi elektroenergetskih postrojenja* odnosno za predmet *Zaštita električnih postrojenja*.

Tablica 5.32. Usporedba broja ostvarenih ocjenskih bodova na predmetima *Elementi elektroenergetskih postrojenja* odnosno *Zaštita električnih postrojenja*

| Ak. god. / DBR ciklus                          | Broj studenata upisanih na predmet | Ostvarili više od 35 ocjenskih bodova |         | Srednja vrijednost ostvarenih ocjenskih bodova tijekom semestra |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|---------|---|
|  |                                    | N                                     | %       |   |
| <i>Elementi elektroenergetskih postrojenja</i> |                                    |                                       |         |   |
| 2018.19.*                                      | 47                                 | 21                                    | 44.68 % | 50.83   |
| 2022./23.                                      | 14                                 | 12                                    | 85.72 % | 54.70   |
| <i>Zaštita električnih postrojenja</i>         |                                    |                                       |         |   |
| 2018.19.*                                      | 45                                 | 26                                    | 57.78 % | 47.78   |
| 2022./23.                                      | 19                                 | 17                                    | 89.47 % | 51.79   |

\* grupa studenata za usporedbu s eksperimentalnim grupama

Rezultati prikazani u tablici 5.31. odnosno tablici 5.32. ukazuju da su studenti ostvarili bolje rezultate učenja tijekom semestra. Ovaj se zaključak naročito ističe kada se promatra broj ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra s naglaskom na ostvarivanje prava izlaska na završni ispit. U svim generacijama studenata koje su sudjelovale u istraživanju u odnosu na generacije studenata koje su činile grupe za usporedbu došlo je do značajnog povećanja broja studenata koji su svojim radom tijekom semestra ostvarili pravo izlaska na završni ispit, što je naročito izraženo u rezultatima 6. DBR ciklusa za sve predmete..

#### **5.4.1.4. Zaključak o potvrđenosti prve hipoteze**

Temeljem prikazanih dobivenih rezultata istraživanja može se zaključiti da je poticanjem studenata na kontinuirani rad tijekom semestra korištenjem sustava za formativno i sumativno vrednovanje njihovog rada došlo do pozitivnog utjecaja na motiviranost studenata za učenje. Studenti su vrlo visokim prosječnim ocjenama (4.39 odnosno 4.50 na skali od 1 do 5) ocijenili utjecaj navedenog pristupa na njihovu motiviranost (tablica 5.30.). Studenti su tijekom semestra učenju pristupali kontinuiranije nego što bi to radili bez poticaja koje su dobili putem sustava, što je rezultiralo većim brojem studenata koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit. Objedinjeni rezultati o postotku studenata koji su ostvarili 35 ocjenskih bodova ili više na kraju semestra pokazuju kontinuirani rast tijekom provedenih DBR ciklusa. U odnosu na kontrolnu grupu na stručnom je studiju postotno povećanje bilo za 35.36 postotnih bodova, dok je na sveučilišnom studiju na dva predmeta bilo za 41.04 odnosno 31.69 postotnih bodova u odnosu na grupe za usporedbu (tablica 5.31.). Povećanje srednje vrijednosti ostvarenih ocjenskih bodova tijekom semestra nije pratilo ovakav značajan trend porasta te su grupe studenata ostvarivale podjednake rezultate (pad za 2.65 odnosno 0.80 i porast za 2.05 ocjenskih bodova na stručnom odnosno porast za 3.87 odnosno 4.01 ocjenski bod na sveučilišnom studiju u odnosu na grupe za usporedbu prema prikazu u tablicama 5.31. i 5.32.). Veći broj studenata koji su svojim radom tijekom semestra ostvarili pravo izlaska na završni ispit potvrdio je da su ostvareni bolji rezultati učenja tijekom semestra.

Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da je provedenim istraživanjem potvrđena prva hipoteza. Korištenje kontinuiranog *online* vrednovanja znanja (formativnog i sumativnog) povećalo je motiviranost studenata za učenje, što je dovelo do boljih rezultata učenja tijekom semestra.

#### **5.4.2. Potvrđivanje druge hipoteze**

Drugom postavljenom hipotezom pretpostavilo se da će povezivanje podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima ERS-a biti moguće generirati preporuke koje će studentima omogućiti usvajanje ishoda učenja.

Temeljem proširenog skupa podataka prikupljenih kroz ERS a koji su pohranjeni u modelu domene, modelu aktivnosti i modelu studenta u sustavu se generiraju tri vrste preporuka: preporuka suradnika, preporuka sljedećeg koraka u učenju odnosno

preporuka za povećanje motivacije. Način generiranja svih vrsta preporuka, oblik njihovog prikaza te svi ostali elementi preporuka detaljno su opisani u potpoglavlju 3.4.

Osnovna prednost pristupa izradi preporuka korištenjem prikazanog proširenog skupa podataka je u mogućnosti kontinuiranog usklađivanja preporuka s trenutnim rezultatima u radu studenata sa sustavom. Na ovaj se način osigurava atraktivnost generiranih preporuka što je preduvjet za njihovo prihvaćanje od strane studenata.

Zadovoljstvo studenata generiranim preporukama istraženo je putem provođenja anonimnih anketa po završetku 5. i 6. DBR ciklusa. Objedinjeni rezultati dobiveni za preporuku suradnika prikazani su u tablici 5.33.

Tablica 5.33. Objedinjeni rezultati dobiveni anketiranjem studenata povezani s preporukom suradnika

| Pitanje   | DBR ciklus |      |
|---|------------|------|
|   | 5.         | 6.   |
| Koristio sam informaciju o sličnosti po stilu učenja pri odabiru kolega s kojima sam zajednički učio.               | 1.96*      | 2.89 |
| Zajednički sam radio s kolegama s kojima sam inače povezan (neovisno o njihovoj sličnosti po stilu učenja sa mnom). | 1.94*      | 4.18 |

\* objedinjeni podatak za obje ankete provedene po završetku pisanja kontrolnih zadaća

Iz rezultata prikazanih u tablici 5.33. može se zaključiti da studenti koji se odlučuju na zajednički rad većinom za suradnike odabiru osobe s kojima su i inače povezani neovisno o sličnosti po stilovima učenja. Uočen je određeni pozitivan napredak u korištenju STEM stilova učenja među studentima u 6. DBR ciklusu u odnosu na studente u 5. DBR ciklusu, što ukazuje na pozitivno prihvaćanje ove vrste preporuka od strane studenata.

U tablici 5.34. prikazani su objedinjeni rezultati dobiveni anketiranjem studenata za preporuku sljedećeg koraka u učenju.

Tablica 5.34. Objedinjeni rezultati dobiveni anketiranjem studenata povezani s preporukom sljedećeg koraka u učenju

| Pitanje   | DBR ciklus |      |
|---|------------|------|
|   | 5.         | 6.   |
| Na osnovu preporuke s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao planirao/la sam daljnje korake u svojem učenju.  | 2.70       | 4.26 |
| Preporuka s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka u sustavu s ciljem podizanja postotka usvojenosti ishoda učenja. | 3.45       | 4.47 |

Rezultati prikazani u tablici 5.34. pokazuju da su studenti pozitivno prihvatili preporuku sljedećeg koraka u učenju, posebno nakon dorade u pripremi za provedbu 6. DBR ciklusa. Generirane preporuke su pozitivno utjecale na motivaciju studenata te ih potaknule na rješavanje dodatnih zadataka, a većina je studenata prihvatila i koristila informaciju o sugeriranim sljedećim koracima u učenju.

Treća vrsta preporuka uvedena je u 6. DBR ciklusu s namjenom da se uvođenjem rangiranja studenata dodatno utječe na njihovu motivaciju za učenje. U tablici 5.23. prikazani su rezultati dobiveni provedenom anonimnom anketom, koji su pokazali da je postignut ograničeni uspjeh među studentima u implementaciji ove vrste preporuka.

Kada se sve tri vrste preporuka promatraju kao zajednička cjelina koja ima jedinstveni cilj povećati motiviranost studenata za učenje te im pomoći u usvajanju ishoda učenja, iz prikazanih se rezultata može zaključiti da je navedeni cilj postignut. Studenti su sve vrste preporuka pozitivno prihvatili te su ih operativno i koristili što ukazuje da su generirane preporuke bile prihvaćene te su imale pozitivan utjecaj na njihov rad.

#### **5.4.2.1. Usvajanje ishoda učenja**

Generirane preporuke zasnovane na proširenom skupu podataka imale su za osnovni cilj omogućiti studentima usvajanje ishoda učenja. Tijekom provedenog istraživanja usvojenost ishoda učenja praćena je kroz podatke o ukupno ostvarenim ocjenskim bodovima nakon provedbe završnih ispita iz odabranih predmeta.

U tablici 5.35. prikazani su objedinjeni podaci o srednjim vrijednostima ukupno ostvarenih ocjenskih bodova na predmetu *Električne energetske mreže* za studente koji su ostvarili pravo izlaska na završni ispit.

Tablica 5.35. Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po DBR ciklusima za predmet *Električne energetske mreže*

| DBR ciklus | Akademski godina | N  | Srednja vrijednost ukupno ostvarenih ocjenskih bodova | Broj studenata koji nisu zadovoljili na završnom ispitu |
|------------|------------------|----|---|---|
| -          | 2018./19.        | 20 | 77.06   | 2   |
| 3.         | 2019./20.        | 21 | 70.36   | 3   |
| 4.         | 2020./21.        | 20 | 74.07   | 1   |
| 6.         | 2022./23.        | 10 | 75.30   | 1   |

Podaci prikazani u tablici 5.35. pokazuju da se srednja vrijednost ukupno ostvarenih ocjenskih bodova tijekom provođenja istraživanja nije značajnije promijenila u odnosu na rezultate u grupi za usporedbu.

I na drugim predmetima na kojima je istraživanje provedeno tijekom 6. DBR ciklusa uočen je sličan rezultat. U tablici 5.36. prikazani su podaci o ukupnom broju ostvarenih ocjenskih bodova na predmetima *Elementi elektroenergetskih postrojenja* i *Zaštita električnih postrojenja*.

Tablica 5.36. Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata u 6. DBR ciklusu za predmete *Elementi elektroenergetskih postrojenja* i *Zaštita električnih postrojenja*

| DBR ciklus                                     | Akademski godina | N  | Srednja vrijednost ukupno ostvarenih ocjenskih bodova | Broj studenata koji nisu zadovoljili na završnom ispitu |
|--|------------------|----|---|---|
| <i>Elementi elektroenergetskih postrojenja</i> |                  |    |   |   |
| -  | 2018./19.        | 21 | 78.24   | 0   |
| 6.   | 2022./23.        | 12 | 78.12   | 0   |
| <i>Zaštita električnih postrojenja</i>         |                  |    |   |   |
| -  | 2018./19.        | 26 | 76.74   | 3   |
| 6.   | 2022./23.        | 17 | 77.15   | 0   |

Kao što se u tablici 5.36. može vidjeti, i na tim je predmetima ukupni rezultat ostvarenih ocjenskih bodova zadržan na razini uspjeha studenata u grupama za usporedbu. Međutim, promatrano objedinjeno s podacima iz tablica 5.31. i 5.32. može se zaključiti da je izgrađeni *online* sustav te preporuke koje su u njemu generirane, a koje su pozitivno prihvaćene i korištene od strane studenata u eksperimentalnim generacijama, omogućile usvajanje ishoda učenja većem broju studenata. Izgrađeni *online* sustav uspješno je motivirao studente za rad tijekom semestra te omogućio studentima kojima je taj poticaj bio potreban da ispune svoje obaveze tijekom semestra i ostvare pravo izlaska na završni ispit. Većina studenata uspješno je položila i završne ispite iz predmeta te su time potvrdili usvajanje ishoda učenja za promatrane predmete.

#### **5.4.2.2. Zaključak o potvrđenosti druge hipoteze**

Temeljem prikazanih dobivenih rezultata istraživanja može se zaključiti da je povezivanje podataka dobivenih kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja omogućilo uspješno generiranje preporuka studentima koje su omogućile studentima usvajanje ishoda učenja. Studenti su u manjoj mjeri prihvatili preporuke suradnika (prosječne ocjene od 1.96 u 5. DBR ciklusu odnosno 2.94 u 6. DBR ciklusu na skali od 1 do 5) te su radije odabirali kolege s kojima su i inače povezani (tablica 5.33.) S druge strane, preporuke sljedećeg koraka u učenju studenti su prihvatili u većoj mjeri (prosječne ocjene 2.70 u 5. DBR ciklusu odnosno 4.26 u 6. DBR ciklusu na skali od 1 do 5) te su ih koristili tijekom planiranja učenja (tablica 5.34.). Preporuke za povećanje motiviranosti zasnovane na rangiranju studenata (prosječna ocjena 3.74 na skali od 1 do 5) zajedno s drugim preporukama pomogle su studentima u usvajanju ishoda učenja. Studenti uključeni u istraživanje kroz eksperimentalne grupe pokazali su razumijevanje ishoda učenja i njihove uloge u obrazovnom procesu, te su aktivno koristili dostupne informacije o ishodima učenja i razini njihove usvojenosti s ciljem postizanja što boljih rezultata učenja (prosječna ocjena 4.47 na skali od 1 do 5) koristeći prikaz koji im je sustav omogućavao u okviru preporuke sljedećeg koraka u učenju (tablica 5.22.).



Rezultati cjelokupnog istraživanja su pokazali da je u eksperimentalnim grupama studenata veći broj studenata stekao pravo izlaska na završni ispit (temeljem rezultata rada tijekom semestra) te da je velika većina njih uspješno položila i završni ispit (na stručnom studiju od ukupnog broja od 80 studenta u eksperimentalnim grupama samo njih 8 odnosno 10.00 % nije zadovoljilo na završnom ispitu) čime su potvrdili da su usvojili predviđene ishode učenja za promatrane predmete (tablica 5.35. odnosno tablica 5.36.). Temeljem prikazanih rezultata istraživanja može se zaključiti da je provedenim istraživanjem potvrđena druga postavljena hipoteza te da su generirane preporuke za izradu kojih je korišten prošireni skup podataka studenti pozitivno prihvatili te da su im omogućile usvajanje ishoda učenja.

## **5.5. Opis provedenog istraživanja – poopćenje uočenih principa**

Analizom rezultata dobivenih provedenim istraživanjem zasnovanim na DBR metodologiji, uočeni su principi koji se mogu poopćiti i primijeniti u daljnjem radu.

### **5.5.1. Generiranje preporuka praćenjem postupka vrednovanja**

Međurezultati koji se tijekom rješavanja matematičkih zadataka dobivaju povezani su s konceptima na koje je podijeljen sadržaj predmeta. Točnost dobivenih međurezultata ukazuje na usvojenost koncepata, a preko njih i na usvojenost ishoda učenja. Korištenje međurezultata tijekom rješavanja zadataka u *online* okruženju omogućava davanje pravovremenih povratnih informacija studentima o uspješnosti njihovog rada kroz generiranje odgovarajućih vrsta preporuka. Temeljem podataka koji kroz postupak vrednovanja postaju dostupni moguće je generirati preporuke koje će studente usmjeriti prema sljedećem koraku u učenju.

Također, uvođenjem međurezultata u matematičkim zadacima tijekom *online* vrednovanja prenosi se dio postupka vrednovanja sposobnosti analize postojećih sustava u obrazovanju u STEM području u *online* obrazovno okruženje. Ovime se omogućava adekvatno korištenje formativnih provjera kao motivacijske strategije jer brzo davanje povratnih informacija (u formi preporuka individualnim studentima) koju *online* okruženje pruža pozitivno utječe na motiviranost studenata za učenje.

Osim u obrazovanju u STEM području, uočeni bi se princip mogao primijeniti i u drugim obrazovnim područjima u kojima se koriste matematički zadaci u postupku vrednovanja.

### **5.5.2. Kontinuirano vrednovanje tijekom semestra**

Korištenje *online* obrazovnog okruženja za provođenje postupaka vrednovanja omogućava implementaciju kontinuiranih formativnih i sumativnih vrednovanja znanja tijekom semestra. Kao što su rezultati istraživanja pokazali, studenti prihvaćaju opisani pristup koji ih motivira na kontinuirani rad tijekom semestra.

Kontinuirano formativno vrednovanje provedeno u *online* okruženju pruža studentima pravovremenu podršku tijekom učenja, što pozitivno utječe na njihovu motiviranost. Uvođenje kontinuiranog sumativnog *online* vrednovanja također je

prihvaćeno od strane studenata koji su sudjelovali u provedenom istraživanju. Ipak, problemi koji prate provođenje sumativnog vrednovanja u nekontroliranom okruženju (poput korištenja nedopuštenih materijala ili pomoći) čine ovaj pristup kompliciranijim te zahtijevaju dodatna istraživanja.

Organizacija izvedbe predmeta na način koji uključuje kontinuirano vrednovanje tijekom semestra (formativno i/ili sumativno) pokazao se vrlo uspješnim u motiviranju studenata. Ovaj pristup se može koristiti i u drugim obrazovnim područjima i izvan postupaka vrednovanja koji počivaju na korištenju matematičkih zadataka.

### **5.5.3. Praćenje razine usvojenosti ishoda učenja tijekom semestra**

Ishodi učenja i njihovo korištenje od strane studenata mogu značajno pomoći studentima tijekom učenja. Korištenje *online* sustava s ciljem davanja povratnih informacija o trenutnim razinama usvojenosti ishoda učenja pomaže studentima kako u razumijevanju definiranih ishoda učenja, tako i u njihovom korištenju od strane studenata za daljnje planiranje učenja.

Praćenjem usvojenosti koncepata korištenjem točnosti izračunatih međurezultata u matematičkim zadacima koji se koriste za vrednovanje, nastavnik može tijekom cijelog semestra imati uvid u napredovanje studenata. Povezanost usvojenosti koncepata s usvojenošću ishoda učenja studentima i nastavnicima omogućava kontinuirano usklađivanje učenja i poučavanja s ciljem postizanja što boljih rezultata.

Kontinuirani prikaz usvojenosti ishoda učenja u promatranom je istraživanju pozitivno prihvaćen od strane studenata te ih je motivirao za daljnji rad s ciljem usvajanja ishoda učenja na višoj razini. Uz adekvatne dorade po posebnostima drugih obrazovnih područja, opisani bi se kontinuirani prikaz usvojenosti ishoda učenja bi se trebao moći provesti i u obrazovnim područjima koja ne koriste matematičke zadatke u postupku vrednovanja, a s ciljem postizanja pozitivnih rezultata usporedivih s rezultatima dobivenim kroz istraživanje koje je opisano u ovom doktorskom radu.

## 6. ZAKLJUČAK

U okviru ove doktorske disertacije razvijen je model sustava za vrednovanje ishoda učenja u STEM području temeljen na principima obrazovnih sustava preporučivanja. Model omogućuje povezivanje podataka prikupljenih u sustavu tijekom vrednovanja znanja studenata s podacima obrazovnog sustava preporučivanja, a sve s ciljem poticanja motiviranosti te generiranja odgovarajućih preporuka studentima kako bi im se omogućilo usvajanje ishoda učenja.

Ishodi učenja predstavljaju poveznicu koja objedinjuje sve elemente odgojno-obrazovnog procesa. Definiiraju se na nivou studijskog programa, predmeta odnosno predavanja, a služe osmišljavanju, organiziranju i provođenju svih aktivnosti povezanih s poučavanjem. Pravilnim definiranjem te konstruktivnim povezivanjem ishoda učenja od strane nastavnika s planiranim aktivnostima, načinima poučavanja odnosno postupcima vrednovanja postiže se odgovarajući stupanj podudarnosti navedenih elemenata s ciljem stvaranja preduvjeta za usvajanje ishoda učenja od strane studenata. Također, poznavanje i aktivno korištenje ishoda učenja studentima omogućava optimalnu organizaciju vremena i planiranih aktivnosti učenja, te stvara temelj za ostvarivanje boljih rezultata tijekom postupaka vrednovanja.

Predloženim modelom sustava nastojalo se prevladati uočene nedostatke kod današnjih sustava, prvenstveno po pitanjima poticanja studenata na kontinuirano učenje odnosno na aktivno korištenje informacija o usvojenost ishoda učenja tijekom semestra. Prihvatanje tzv. površinskog pristupa učenju kod studenata na početku studiranja, te koncentriranje učenja u kratkom vremenskom periodu neposredno pred sumativne provjere znanja, onemogućavaju studentima postizanje boljih rezultata odnosno usvajanje postavljenih ishoda učenja. Korištenje provjera znanja kao motivacijske strategije zajedno s davanjem kontinuiranih prikaza povratnih informacija individualnim studentima o usvojenosti ishoda učenja tijekom semestra nastojali su se prevladati uočeni nedostaci. Navedeno se postiglo osmišljavanjem modela obrazovnog sustava preporučivanja s vrednovanjem ishoda učenja u STEM području, njegovom implementacijom u obliku mrežne aplikacije kao prototipa modela sustava, te verificiranjem funkcionalnosti sustava u stvarnom obrazovnom okruženju.

Razvijeni model sustava znanstveni je doprinos rada a zasnovan je na objedinjavanju struktura obrazovnih sustava preporučivanja i sustava za *online* vrednovanje koje u zajedničku funkcionalnu strukturu povezuju ishodi učenja. Iako danas postoje mnogi sustavi koji imaju sposobnost vrednovanja rada studenata i izrade individualiziranih preporuka temeljenih na rezultatima vrednovanja (poput [Wang i sur., 2020; Al-Zahra i sur., 2021]) korištenje ishoda učenja kao povezujućeg elementa nije uočeno niti u jednom od postojećih modela. Korištenje neizrazite logike u algoritmima koji se koriste u sustavima e-učenja, kao što su oni autora [Pariserum Perumal i sur., 2019] odnosno [Chkiwa i sur., 2023], najčešće je zasnovano na klasičnom pristupu opisa ulaznih varijabli korištenjem apsolutnih vrijednosti za određivanje raspona domene korištenog za opis pojedinih varijabli neizrazitim skupovima. Sustavi neizrazitog zaključivanja implementirani u razvijenom modelu

sustava opisu ulaznih varijabli pristupaju kroz uvođenje promjenjivih raspona domena putem kojih se provodi kontinuirano prilagođavanje sustava zaključivanja trenutnoj razini usvojenosti koncepata i ishoda učenja svakog pojedinog studenta. Opisani pristup predstavlja jedan od originalnih doprinosa provedenog istraživanja. Iako postoje sustavi vrednovanja koji u svojem radu provjeravaju točnost rada studenata na razini međurezultata u postupku rješavanja matematičkih zadataka, oni su vrlo rijetki. Primjer je sustav autora [Andersen i sur., 2020] koji od studenata traži da unesu međurezultate prilikom rješavanja zadataka u području elektronike bez da im se sugerira o kojim se točno međurezultatima radi. U izgrađenom modelu uvedeno praćenje točnosti rada studenata na razini međurezultata uz povezivanje s konceptima odnosno ishodima učenja tijekom kontinuiranog vrednovanja rada studenata tijekom semestra nije uočeno kod drugih postojećih sustava, te također predstavlja originalni znanstveni doprinos rada.

Osmišljeni se model sastoji od modela domene, modela aktivnosti, podsustava za modeliranje studenta te modula za izradu preporuka.

Znanje sustava pohranjeno je u modelu domene i modelu aktivnosti. Model domene obuhvaća znanje sustava o svakom predmetu kroz definiranje ishoda učenja predmeta, te raščlanjivanje sadržaja na niz koncepata koji predstavljaju osnovne dijelove sadržaja predmeta. Uspješnost u usvajanju koncepata temelj je za određivanje usvojenosti ishoda učenja, a njihova je povezanost u modelu domene opisana težinskim faktorima. Težinske faktore određuje nastavnik temeljem vlastitog znanja i iskustva, a putem njih se opisuje utjecaj usvojenosti pojedinog koncepta na usvajanje promatranog ishoda učenja. Osmišljeni način pripreme predmeta osigurava fleksibilnost u pripremi sadržaja za rad studenata, te uvažavanje posebnosti svakog nastavnika u pripremi i prezentiranju sadržaja predmeta kojemu je nositelj.

U modelu aktivnosti pohranjeno je znanje sustava povezano sa zadacima koji se koriste za vježbanje i svladavanje sadržaja predmeta. Posebnost osmišljenog modela je u uključivanju međurezultata u zadacima te praćenje točnosti njihovog rješavanja od strane studenata. U predmetima u obrazovanju u STEM području koji zahtijevaju poznavanje matematičkih alata i postupaka za razumijevanje i usvajanje sadržaja predmeta, odnosno za povezivanje teoretskih osnova s praktičnim primjenama tih sadržaja, točnost međurezultata u postupcima rješavanja zadataka ukazuje na razinu usvojenosti odgovarajućih koncepata, a preko njih i na usvojenost ishoda učenja. Svaki međurezultat povezan je s jednim ili više koncepata na koje je sadržaj predmeta raščlanjen, a točnost njihovog rješavanja omogućava kontinuirano praćenje uspješnosti u usvajanju koncepata odnosno ishoda učenja na razini svakog riješenog zadatka. Na opisani se način omogućava praćenje uspješnosti u radu studenata te davanje brzih povratnih informacija o njihovoj uspješnosti kako studentima tako i nastavnicima. Kontinuirano praćenje koje osmišljeni model sustava omogućava pozitivno utječe na motivaciju studenata za učenje, a nastavniku omogućava kontinuirano usklađivanje planiranih aktivnosti u poučavanju s napretkom svih studenata upisanih na promatrani predmet.

Podsustav za modeliranje studenta obuhvaća modul za vrednovanje te model studenta.

Osnovna namjena modula za vrednovanje je provođenje provjera znanja rješavanjem zadataka u sustavu. Za provođenje provjera zadaci su grupirani u provjere koje temeljem vlastitog znanja i iskustva određuje nastavnik u skladu s izvedbenim planom predmeta. Tijekom provjera studentima se slučajnim odabirom dodjeljuju zadaci za rješavanje, a za svaku je provjeru moguće prilagoditi pravila posebnostima zadataka povezanih s njom (poput broja pokušaja rješavanja zadataka te vremena koje studenti imaju na raspolaganju za rješavanje zadatka). Na opisani se način osigurava fleksibilnost sustava u usklađivanju posebnosti provjera prema znanju i iskustvu nastavnika, odnosno posebnosti svakog predmeta za koji se osmišljeni model sustava koristi.

Model studenta koristi prošireni skup podataka koji obuhvaća podatke obrazovnog sustava preporučivanja i podatke prikupljene vrednovanjem rada studenata. Prošireni model studenta posebnost je osmišljenog modela sustava jer počiva na kontinuiranom praćenju uspješnosti rada studenata na nivou svakog zadatka odnosno međurezultata koji se njegovim rješavanjem dobivaju. Uz temeljne podatke o svakom studentu koji obuhvaćaju i stilove učenja po Felder & Silvermanovom modelu (odabranom jer omogućava pripadnost studenta po stilu učenja u više različitih kategorija), u modelu studenta se kontinuirano prikupljaju i izračunavaju podaci koji se odnose na uspješnost studenata tijekom rješavanja zadataka. Razine usvojenosti koncepata odnosno ishoda učenja u modelu studenta se određuje korištenjem neizrazitih sustava zaključivanja. Upotreba neizrazite logike za rad osmišljenih algoritama odabrana je jer omogućava matematičko modeliranje znanja nastavnika na način koji uvažava osobno znanje i iskustvo, ali i različitosti između nastavnika. Na opisani se način osigurava da se osmišljeni model sustava može prilagoditi potrebama i posebnostima svakog pojedinog nastavnika koji ga koristi. Kontinuirano ažuriranje modela studenta koje se provodi na razini svakog riješenog zadatka osigurava adekvatan opis svakog studenta neophodan za pravovremeno generiranje odgovarajućih preporuka u sustavu.

Tijekom rada studenata osmišljeni model sustava generira tri vrste preporuka temeljenih na razvijenim i ugrađenim algoritmima funkcionalnost kojih je zasnovana na proširenom skupu podataka. Za izradu dviju vrsta preporuka koristi se pristupi preporučivanja temeljenog na znanju dok se za jednu vrstu preporuka koristi pristup temeljen na sadržaju. Preporukama se uvodi i element igrifikacije kroz rangiranje studenata po broju rješavanih zadataka. Također, studentima se prezentiraju informacije o sličnosti s drugim studentima po stilovima učenja s ciljem odabira odgovarajućih suradnika za zajednički rad (ukoliko se na njega odluče). Preporuka sljedećeg koraka u učenju koju sustav generira zasnovana je na algoritmu koji počiva na neizrazitom sustavu zaključivanja. Korištenje neizrazite logike omogućava prilagodbu algoritma osobnom znanju i iskustvu pojedinog nastavnika, odnosno uvažavanje različitosti između nastavnika. Sve navedene preporuke generiraju se na nivou rješavanja svakog pojedinog zadatka čime se osigurava kontinuirano davanje

povratnih informacija i preporuka studentima. Generirane preporuke koje uključuju i grafičke prikaze razina usvojenosti koncepata odnosno razina usvojenosti ishoda učenja imaju za cilj pozitivno utjecanje na motiviranost studenata za učenje. Poticanjem motiviranosti studenata na kontinuirano učenje tijekom semestra opisanim se preporukama omogućava studentima da usvoje ishode učenja na promatranom predmetu.

Za provođenje istraživanja osmišljeni je model sustava implementiran u formi mrežne aplikacije koja u obliku prototipa predstavlja jedan od znanstvenih doprinosa rada. Korištena je metodologija istraživanja zasnovanog na dizajnu koja omogućava cikličko provođenje eksperimenta u obliku iterativnog procesa s uvođenjem izmjena tijekom trajanja istraživanja. U eksperimentalnoj fazi provedeno je ukupno šest DBR ciklusa, a tijekom i između njih su temeljem uočenih trendova, u suradnji s nastavnicima, unošene odgovarajuće izmjene i nadogradnje istraživačkog postupka. Vrednovanje funkcionalnosti sustava provedeno je s tehničkog aspekta odnosno s aspekta zadovoljstva studenata i nastavnika. U oba su slučaja dobiveni pozitivni rezultati koji su potvrdili da je sustav dobro osmišljen te uspješno implementiran.

Rješavanje matematičkih zadataka u okviru provjera u sustavu s fokusiranjem na međurezultate pozitivno je prihvaćeno od strane studenata. Također, sustav se pokazao kao alat putem kojega je moguće ostvarivanje ocjenskih bodova, ali i kao motivacijski alat putem kojega su studenti potaknuti na kontinuirani rad tijekom semestra. Rezultati provedenih anonimnih anketa kao i usporedbe uspjeha između eksperimentalnih grupa studenata i grupa za usporedbu pokazali su da su studenti pozitivno prihvatili izgrađeni sustav, te da je rad u sustavu pozitivno utjecao na njihovu motiviranost za učenje. Dobiveni rezultati istraživanja potvrdili su da korištenje sustava za provedbu kontinuiranih *online* vrednovanja znanja pozitivno utječe na povećanje motiviranosti studenata te dovodi do boljih rezultata učenja tijekom semestra, što je potvrdilo prvu postavljenu znanstvenu hipotezu. I druga postavljena znanstvena hipoteza je dobivenim rezultatima potvrđena, jer se povezivanjem podataka dobivenih provedenim kontinuiranim *online* vrednovanjem s podacima obrazovnog sustava preporučivanja uspješno generiralo više vrsta preporuka koje su omogućile studentima usvajanje ishoda učenja.

Nastavak istraživanja započetog u okviru ove doktorske disertacije mogao bi se odnositi na unošenje daljnjih nadogradnji u osmišljeni sustav. Nadogradnje će se temeljiti na povratnim informacijama koje će se prikupiti od korisnika sustava (studenata i nastavnika). Tako se planiraju promjene u izgledu sučelja s ciljem daljnjeg prilagođavanja mobilnim uređajima ali i atraktivnijeg prikaza na stolnim uređajima.

S druge strane, planira se verifikacija sustava primjenom na većem broju predmeta s većim brojem upisanih studenata. Iako je u provedenom istraživanju u eksperimentalnim grupama sudjelovao ukupno 181 student, neke su grupe imale relativno malen broj studenata. Korištenjem sustava na temeljnim predmetima studijskih programa na kojima je upisan veliki broj studenta osigurati će potvrdu rezultata dobivenih opisanim istraživanjem.

Proširivanje funkcionalnosti komponenti izgrađenog sustava jedan je od smjerova daljnjeg razvoja sustava. Korištenje međurezultata u matematičkim zadacima omogućilo je prijenos jednog dijela provjere sposobnosti studenata u provođenju analize sadržaja u *online* okruženje. Budućim nadogradnjama sustava planira se proširiti mogućnosti sustava na način da se uključe i dodatni elementi koji bi obuhvatili i izračune a ne samo dobivene vrijednosti na nivou međurezultata. Također, planira se istražiti i mogućnost korištenja drugačijih tipova zadataka kod kojih je moguće postupak rješavanja podijeliti između niza međurezultata.

Nastavnički dio izgrađenog sustava se planira nadograditi dodatnim statističkim obradama. Navedeno će se provesti u suradnji i dogovoru s nastavnicima kako bi se sustav u najvećoj mogućoj mjeri prilagodio njihovim potrebama. Također, u postojećoj inačici parametre sustava neizrazitog zaključivanja nije moguće mijenjati putem nastavničkog sučelja. Uvođenjem ove mogućnosti osigurala bi se prilagodljivost sustava i u tom segmentu posebnostima i potrebama svakog pojedinog nastavnika u situacijama u kojima će veći broj nastavnika istovremeno koristiti sustav u budućim istraživanjima.

## LITERATURA

“Coursera” (2020), Retrieved 25-11-2020 from <https://www.coursera.org>

“Microsoft“, dostupno na [https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?WT.mc\\_id=dotnet-35129-website&view=aspnetcore-7.0](https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?WT.mc_id=dotnet-35129-website&view=aspnetcore-7.0) (30. travanj 2023.)

“Moodle - Building Quiz“, Retrieved 25-11-2020 from [https://docs.moodle.org/310/en/Building\\_Quiz](https://docs.moodle.org/310/en/Building_Quiz)

“NC State University“, dostupno na <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/> (30. travanj 2023.)

“ScholarMate“, dostupno na <https://www.scholarmate.com/oauth/index> (30. travanj 2023.)

Javid, Maira Iram, Qaisar Abbas, and Muhammad Atif Zahid. “Comparative study of learning outcomes of Graduate Programs of Virtual University and Government College University Faisalabad”, *International Review of Social Sciences* 9, no. 6. (2021): 274-285.

Adilaksa, Yusfi, and Aina Musdholifah. "Recommendation System for Elective Courses using Content-based Filtering and Weighted Cosine Similarity." In *2021 4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, pp. 51-55. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/ISRITI54043.2021.9702788>

Adomavicius, Gediminas, and Alexander Tuzhilin. "Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions." *IEEE transactions on knowledge and data engineering* 17, no. 6 (2005): 734-749. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2005.99>

Aher, Sunita B., and L. M. R. J. Lobo. "Course recommender system in E-learning." *International Journal of Computer Science and Communication* 3, no. 1 (2012): 159-164.

Al-Hawari, Feras, Mai Alshawabkeh, Haytham Althawbih, and Omar Abu Nawas. "Integrated and secure web-based examination management system." *Computer Applications in Engineering Education* 27, no. 4 (2019): 994-1014. <https://doi.org/10.1002/CAE.9>

Al-Zahra, Fatime, Shaimaa Mounir, Lamees Dalbah, and Raed Abu Zitar. "Machine Learning Approach for the Design of an Assessment Outcomes Recommendation System." In *2021 22nd International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*, pp. 1-7. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/ACIT53391.2021.9677281>

Amer-Yahia, Sihem, Senjuti Basu Roy, Ashish Chawlat, Gautam Das, and Cong Yu. "Group recommendation: Semantics and efficiency." *Proceedings of the VLDB Endowment* 2, no. 1 (2009): 754-765. <https://doi.org/10.14778/1687627.1687713>



- Anandakumar, K., K. Rathipriya, and A. Bharathi. "A survey on methodologies for personalized e-learning recommender systems." *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* 2, no. 6 (2014): 4738-4743. <https://doi.org/10.18178/IJLT.2.2.99-103>
- Anandakumar, K., K. Rathipriya, and A. Bharathi. "A Web Based Recommendation System for Personal Learning Environments Using Hybrid Collaborative Filtering Approach." *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (An ISO 3297: 2007 Certified Organization)* 3, no. 9 (2014). <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2014.0309049>
- Andersen, Kristinn, Saemundur E. Thorsteinsson, Helgi Thorbergsson, and Karl S. Gudmundsson. "Adapting engineering examinations from paper to online." In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1891-1895. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125273>
- Andersen, Kristinn, Saemundur E. Thorsteinsson, Helgi Thorbergsson, and Karl S. Gudmundsson. "Evaluating learning outcomes in online exams through alternative assessments." In *2019 29th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*, pp. 1-3. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE46886.2019.9000444>
- Andersen, Kristinn, Saemundur E. Thorsteinsson, Helgi Thorbergsson, and Karl S. Gudmundsson. "Adapting engineering examinations from paper to online." In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1891-1895. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125273>
- Anido-Rifon, Luis David Griffiths, Cathy Lewin, and Sarah McNicol. *Re-engineering the Uptake of ICT in Schools*. Springer Nature, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-319-19366-3>
- Arun, N. K., and B. M. Mohan. "Modeling and computational study of the simplest fuzzy PI or PD controllers via center of gravity defuzzification." In *International Conference on Circuits, Communication, Control and Computing*, pp. 192-196. IEEE, 2014. <https://doi.org/10.1109/CIMCA.2014.7057788>
- Atkinson, Colin, and Thomas Kühne. "The essence of multilevel metamodeling." In *« UML » 2001—The Unified Modeling Language. Modeling Languages, Concepts, and Tools: 4th International Conference Toronto, Canada, October 1–5, 2001 Proceedings 4*, pp. 19-33. Springer Berlin Heidelberg, 2001. [https://doi.org/10.1007/3-540-45441-1\\_3](https://doi.org/10.1007/3-540-45441-1_3)
- Ayuso, Alba, Noemi Merayo, Inés Ruiz, and Patricia Fernández. "Challenges of STEM Vocations in Secondary Education." *IEEE Transactions on Education* 65, no. 4 (2022): 713-724. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3172993>
- Azmi, Nor Azlinda, Khairiyah Mohd-Yusof, and Fatin Aliah Phang. "Impact of Effective Assessment towards Students' Motivation in Computer Programming Course." In *2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF)*, pp. 415-419. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/WEEF.2017.8467040>

- Bakker, Arthur, and Dolly Van Eerde. "An introduction to design-based research with an example from statistics education." *Approaches to qualitative research in mathematics education: Examples of methodology and methods* (2015): 429-466. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_16)
- Belghis-Zadeh, Mohammad, Hazra Imran, Maiga Chang, and Sabine Graf. "WEBLORS—a personalized web-based recommender system." In *Advances in Web-Based Learning—ICWL 2019: 18th International Conference, Magdeburg, Germany, September 23–25, 2019, Proceedings 18*, pp. 258-266. Springer International Publishing, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-35758-0\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35758-0_24)
- Bicer, Ali, Robert M. Capraro, and Mary M. Capraro. "Integrated STEM assessment model." *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 13, no. 7 (2017): 3959-3968. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00766a>
- Billiar, Kristen, Jeanne Hubelbank, Thomas Oliva, and Terri Camesano. "Teaching STEM by Design." *Advances in Engineering Education* 4, no. 1 (2014): n1.
- Bralić, Antonia. "Approaches to learning in a blended learning environment: preliminary results." In *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pp. 0777-0782. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.23919 /MIPRO.2018.8400144>
- Bremner, Duncan James, Julien Le Kernec, Francesco Fioranelli, Vicki Marcus Morgan Dale, and Prapa Rattadilok. "The use of multiple-choice questions in 3rd-year electronic engineering assessment: A case study." In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, pp. 887-892. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/ TALE.2018.8615153>
- Brusilovsky, Peter, and Eva Millán. "User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems." In *The adaptive web: methods and strategies of web personalization*, pp. 3-53. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_1)
- Brusilovsky, Peter. "Adaptive navigation support for open corpus hypermedia systems." In *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems: 5th International Conference, AH 2008, Hannover, Germany, July 29-August 1, 2008. Proceedings 5*, pp. 6-8. Springer Berlin Heidelberg, 2008. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-70987-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70987-9_2)
- Burke, Robin. "Hybrid web recommender systems." *The adaptive web: methods and strategies of web personalization* (2007): 377-408. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9-12>
- Cantador, Iván, Alejandro Bellogín, and Pablo Castells. "A multilayer ontology-based hybrid recommendation model." *Ai Communications* 21, no. 2-3 (2008): 203-210. <https://doi.org/10.3233/AIC-2008-0437>
- Cayzer, Steve, and Uwe Aickelin. "A recommender system based on the immune network." In *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation*.

- CEC'02 (Cat. No. 02TH8600), vol. 1, pp. 807-812. IEEE, 2002. <https://doi.org/10.2139/SSRN.2832078>
- Chao, Theodore, Jason Chen, Jon R. Star, and Chris Dede. "Using digital resources for motivation and engagement in learning mathematics: Reflections from teachers and students." *Digital Experiences in Mathematics Education 2* (2016): 253-277. <https://doi.org/10.1007/S40751-016-0024-6>
- Chatti, Mohamed Amine, Simona Dakova, Hendrik Thüs, and Ulrik Schroeder. "Tag-based collaborative filtering recommendation in personal learning environments." *IEEE Transactions on learning technologies* 6, no. 4 (2013): 337-349. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.23>
- Chen, Hui, Chuantao Yin, Rumei Li, Wenge Rong, Zhang Xiong, and Bertrand David. "Enhanced learning resource recommendation based on online learning style model." *Tsinghua science and technology* 25, no. 3 (2019): 348-356. <https://doi.org/10.26599/TST.2019.9010014>
- Chkiwa, Mounira, Moez Chkiwa, and Fatma Achour. "Student Knowledge Evaluation System: a case of application of Fuzzy logic in Intelligent Education." In *2023 International Conference on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, pp. 1-6. IEEE, 2023. <https://doi.org/10.1109/INISTA59065.2023.10310505>
- Cobb, Paul, Jere Confrey, Andrea DiSessa, Richard Lehrer, and Leona Schauble. "Design experiments in educational research." *Educational researcher* 32, no. 1 (2003): 9-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Cole, Jonathan S., and Stephen WT Spence. "Using continuous assessment to promote student engagement in a large class." *European Journal of Engineering Education* 37, no. 5 (2012): 508-525. <https://doi.org/10.1080/03043797.2012.719002>
- Conde, Miguel Á., Francisco J. Rodríguez Sedano, Camino Fernández-Llamas, José Gonçalves, José Lima, and Francisco J. García-Peñalvo. "RoboSTEAM project systematic mapping: Challenge based learning and robotics." In *2020 IEEE global engineering education conference (EDUCON)*, pp. 214-221. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125103>
- Cremonesi, Paolo, Franca Garzotto, Sara Negro, Alessandro Vittorio Papadopoulos, and Roberto Turrin. "Looking for "good" recommendations: A comparative evaluation of recommender systems." In *Human-Computer Interaction—INTERACT 2011: 13th IFIP TC 13 International Conference, Lisbon, Portugal, September 5-9, 2011, Proceedings, Part III 13*, pp. 152-168. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- Creswell, John W., and Cheryl N. Poth. *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications, 2016. ISBN: 978-1-4129-1606-6

- De Gemmis, Marco, Leo Iaquinta, Pasquale Lops, Cataldo Musto, Fedelucio Narducci, and Giovanni Semeraro. "Preference learning in recommender systems." *Preference Learning* 41 (2009): 41-55.
- Desierto, Anibeth, Carmela De Maio, John O'Rourke, and Sue Sharp. "Deep or Surface? The learning approaches of enabling students in an Australian public university." In *STARS Conference*. 2018.
- Djurovic, G., and N. Peric. "Fuzzy sets with self-adjustable universes of discourse." In *Proceedings of the 12th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (IEEE Cat. No. 04CH37521)*, vol. 1, pp. 289-291. IEEE, 2004. <https://doi.org/10.1109/MELECON.2004.1346842>
- Dong, Zhenhua, Zhe Wang, Jun Xu, Ruiming Tang, and Jirong Wen. "A brief history of recommender systems." *arXiv preprint arXiv:2209.01860* (2022). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.01860>
- Donnison, Sharn, and Sorrel Penn-Edwards. "Focusing on first year assessment: Surface or deep approaches to learning?." *International Journal of the First Year in Higher Education* 3, no. 2 (2012): 9-20. <https://doi.org/10.5204/intjfyhe.v3i2.127>
- Doz, Daniel, Darjo Felda, and Mara Cotič. "Assessing students' mathematical knowledge with fuzzy logic." *Education Sciences* 12, no. 4 (2022): 266. <https://doi.org/10.3390/educsci12040266>
- Drachsler, Hendrik, Hans Hummel, and Rob Koper. "Recommendations for learners are different: Applying memory-based recommender system techniques to lifelong learning." (2007).
- Drachsler, Hendrik, Katrien Verbert, Olga C. Santos, and Nikos Manouselis. "Panorama of recommender systems to support learning." *Recommender systems handbook* (2015): 421-451.
- Durovic, G. "Continuous summative assessment sessions as a motivational tool for STEM students: a case study." In *2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, pp. 587-591. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245384>
- Durovic, G., M. Holenko Dlab, and Natasa Hoic-Bozic. "A Model of an Online Evaluation System for STEM Education." In *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pp. 677-680. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.23919/MIPRO/2019.8756675>
- Durovic, Gordan, Martina Holenko Dlab, and Natasa Hoic-Bozic. "Continuous Summative Assessment Sessions in Vocational STEM Education." In *2020 XIV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE)*, pp. 1-6. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/TAEE46915.2020.9163777>
- Durovic, Gordan, Martina Holenko Dlab, and Natasa Hoic-Bozic. "Research on the Use of Digital Tools by STEM Students at the University of Rijeka." *TEM Journal* 8, no. 2 (2019): 636–641. <https://doi.org/10.18421/TEM82-43>

- Dy, Emmanuel Henry Litam, Alex Jasper Tan, and Denis Dyvee Errabo. "Students's Perceptions and Anxieties towards e-Assessment: Implications for Online Classroom Delivery." In *2021 IEEE International Conference on Educational Technology (ICET)*, pp. 191-195. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/ICET52293.2021.9563138>
- Đurović, Gordan, Martina Holenko Dlab, and Nataša Hoić-Božić. "Using Recommender System to motivate Electrical Engineering Course Students to use Web 2.0 tools in their learning process." In *International Conference on e-Learning*, vol. 16, p. 189. 2016.
- EL AISSAOUI, Ouafae, and Lahcen OUGHDIR. "A learning style-based Ontology Matching to enhance learning resources recommendation." In *2020 1st international conference on innovative research in applied science, engineering and technology (IRASET)*, pp. 1-7. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/IRASET48871.2020.9092142>
- Elliniadou, E., and C. Sofianopoulou. "A STEM intervention on Students' Attitudes Towards Science." In *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 386-393. IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766715>
- Elmahdi, Ismail, Abdulghani Al-Hattami, and Hala Fawzi. "Using Technology for Formative Assessment to Improve Students' Learning." *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET* 17, no. 2 (2018): 182-188.
- Felder, Richard M., and Linda K. Silverman. "Learning and teaching styles in engineering education." *Engineering education* 78, no. 7 (1988): 674-681.
- Felder, Richard M., and Rebecca Brent. *Teaching and learning STEM: A practical guide*. John Wiley & Sons, 2016. ISBN: 9781118925812
- Felder, Richard M., Donald R. Woods, James E. Stice, and Armando Rugarcia. "The future of engineering education: Part 2. Teaching methods that work." *Chemical engineering education* 34, no. 1 (2000): 26-39.
- Fernández-García, Antonio Jesús, Roberto Rodríguez-Echeverría, Juan Carlos Preciado, José María Conejero Manzano, and Fernando Sánchez-Figueroa. "Creating a recommender system to support higher education students in the subject enrollment decision." *IEEE Access* 8 (2020): 189069-189088. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3031572>
- Fonseca, David, Sergi Villagrasa, Francesc Valls, Ernest Redondo, August Climent, and Lluís Vicent. "Motivation assessment in engineering students using hybrid technologies for 3D visualization." In *2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, pp. 111-116. IEEE, 2014. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2014.7017714>
- Fraenkel, Jack R., Norman E. Wallen, and Helen H. Hyun. *How to design and evaluate research in education*. McGraw-Hill, 2012. ISBN 978-0-07-809785-0
- Frank, Ulrich. "Multi-level modeling: cornerstones of a rationale: Comparative evaluation, integration with programming languages, and dissemination

- strategies." *Software and Systems Modeling* 21, no. 2 (2022): 451-480. <https://doi.org/10.1007/s10270-021-00955-1>
- Frankl, Gabriele, Sebastian Napetschnig, and Peter Schartner. "Pathways to Successful Online Testing: eExams with the "Secure Exam Environment"(SEE)." In *Computer Supported Education: 10th International Conference, CSEDU 2018, Funchal, Madeira, Portugal, March 15–17, 2018, Revised Selected Papers 10*, pp. 231-250. Springer International Publishing, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21151-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21151-6_12)
- Friesel, Anna, Edmundo Tovar, and Jaromír Hrad. "Preparing and developing skills for better employability for STEM and engineering graduates." In *2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*, pp. 1-5. IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE54893.2022.9820223>
- Gallego, Daniel, Enrique Barra, Aldo Gordillo, and Gabriel Huecas. "Enhanced recommendations for e-Learning authoring tools based on a proactive context-aware recommender." In *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1393-1395. IEEE, 2013. <https://doi.org/10.1109/FIE.2013.6685060>
- Gervasi, Osvaldo, Damiano Perri, and Marco Simonetti. "Strategies and System Implementations for Secure Electronic Written Exams." *IEEE Access* 10 (2022): 20559-20570. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3150860>
- Geyer-Schulz, Andreas, Michael Hahsler, and Maximilian Jahn. "Educational and scientific recommender systems: Designing the information channels of the virtual university." *International Journal of Engineering Education* 17, no. 2 (2001): 153-163.
- Glazer, Nirit. "Formative plus Summative Assessment in Large Undergraduate Courses: Why Both?." *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education* 26, no. 2 (2014): 276-286.
- Goksel, N. and Mutlu, M., 2021. "Use of Personal Learning Environments in English Learning: An Example of Anadolu University Open Education Faculty", *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, (2021): 89-115. <https://doi.org/10.18039/AJESI.739788>
- Hamidi, S. R., Z. A. Shaffiei, S. M. Sarif, and N. Ashar. "Exploratory study of assessment in teaching and learning." In *2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*, pp. 398-403. IEEE, 2013. <https://doi.org/10.1109/ICRIIS.2013.6716743>
- Hanghøj, Thorkild, Vici Daphne Händel, Tina Visgaard Duedahl, and Peter Bukovica Gundersen. "Exploring the messiness of design principles in design-based research." *Nordic Journal of Digital Literacy* 4 (2022): 222-233. <https://doi.org/10.18261/NJDL.17.4.3>
- Hasan, Hariri, Dedi Dedi Hermanto Karwan, Yayah H. Een, Rini Riswanti, and Suparman Ujang. "Motivation and Learning Strategies Student Motivation Affects Student Learning Strategies." *Despite being a popular research subject*

- internationally, self-regulated learning is relatively under-investigated in the Indonesian context. This article examined student learning motivation and its use as an indicator to predict student learning strateg* 10, no. 1 (2021): 39-49. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.39>
- Hernández-Leo, Davinia, and Verónica Moreno Oliver. "Fine-tuning formative and summative assessment in Bachelors' Final Projects." In *2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, pp. 41-46. IEEE, 2014. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2014.7017702>
- Hettiarachchi, Enosha, Enric Mor, Maria Antonia Huertas, and Ana-Elena Guerrero-Roldán. "Introducing a Formative E-Assessment System to Improve Online Learning Experience and Performance." *J. Univers. Comput. Sci.* 21, no. 8 (2015): 1001-1021. <https://doi.org/10.3217/jucs-021-08-1001>
- Hettiarachchi, Enosha, M. Antonia Huertas, and Enric Mor. "Skill and knowledge e-assessment: A review of the state of the art." *IN3 Working Paper Series* (2013). <https://doi.org/10.7238/in3wps.v0i0.1958>
- Hoic-Bozic, Natasa, Martina Holenko Dlab, and Vedran Mornar. "Recommender system and web 2.0 tools to enhance a blended learning model." *IEEE Transactions on education* 59, no. 1 (2015): 39-44. <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2427116>
- Hoić-Božić, Nataša, and Martina Holenko Dlab. *Uvod u e-učenje: obrazovni izazovi digitalnog doba*. Sveučilište u Rijeci, Odjel za informatiku, 2021. ISBN: 978-953-7720-52-0
- Holenko Dlab, Martina. "Sustav preporučivanja aktivnosti za računalom podržano suradničko učenje." PhD diss., University of Zagreb. Faculty of Electrical Engineering and Computing. Department of Applied Computing, 2014.
- Holmes, Naomi. "Student perceptions of their learning and engagement in response to the use of a continuous e-assessment in an undergraduate module." *Assessment & Evaluation in Higher Education* 40, no. 1 (2015): 1-14. <https://doi.org/10.1080/02602938.2014.881978>
- Hong, Chin-Ming, Chih-Ming Chen, and Mei-Hui Chang. "Personalized learning path generation approach for web-based learning." In *4th WSEAS Int. Conf. On E-ACTIVITIES, Miami, Florida, USA*, pp. 62-68. 2005.
- Hong, Chin-Ming, Chih-Ming Chen, Mei-Hui Chang, and Shin-Chia Chen. "Intelligent web-based tutoring system with personalized learning path guidance." In *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)*, pp. 512-516. IEEE, 2007. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2007.167>
- Huang, Ling, Chang-Dong Wang, Hong-Yang Chao, Jian-Huang Lai, and S. Yu Philip. "A score prediction approach for optional course recommendation via cross-user-domain collaborative filtering." *IEEE Access* 7 (2019): 19550-19563. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2897979>

- Huang, Luoying, Xiaoying Feng, and Ruixue Wang. "cMOOC Design Principles to Promote Concept Interactions: A Design-Based Research." In *2021 Tenth International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT)*, pp. 199-204. IEEE, 2021. [https://doi.org/ 10.1109/EITT53287.2021.00047](https://doi.org/10.1109/EITT53287.2021.00047)
- Huang, Shihua, Baoyuan Yin, and Ming Liu. "Research on individualized learner model based on context-awareness." In *2017 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, pp. 163-167. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/ISET.2017.45>
- Idrizi, Ermira, Sonja Filiposka, and Vladimir Trajkovic. "The discourse on learning styles in online education." In *2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR)*, pp. 1-4. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/TELFOR48224.2019.8971204>
- Imran, Hazra, Mohammad Belghis-Zadeh, Ting-Wen Chang, Kinshuk, and Sabine Graf. "PLORS: a personalized learning object recommender system." *Vietnam Journal of Computer Science* 3 (2016): 3-13. <https://doi.org/10.1007/S40595-015-0049-6>
- Irvine, Jeff. "Taxonomies in education: Overview, comparison, and future directions." *Journal of Education and Development* 5, no. 2 (2021): 1 -25. [https://doi.org/ 10.20849/JED.v5i2.898](https://doi.org/10.20849/JED.v5i2.898)
- Ismail, Heba M., Boumediene Belkhouche, and Saad Harous. "Framework for personalized content recommendations to support informal learning in massively diverse information Wikis." *IEEE Access* 7 (2019): 172752-172773. [https://doi.org/ 10.1109/ACCESS.2019.2956284](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2956284)
- Itmazi, Jamil Ahmad, and Miguel Gea Megías. "Using recommendation systems in course management systems to recommend learning objects." *Int. Arab J. Inf. Technol.* 5, no. 3 (2008): 234-240.
- Jamsandekar, Shruti S., and R. R. Mudholkar. "Performance evaluation by fuzzy inference technique." *International Journal of Soft Computing and Engineering* 3, no. 2 (2013): 158-164.
- Javed, Umair, Kamran Shaukat, Ibrahim A. Hameed, Farhat Iqbal, Talha Mahboob Alam, and Suhuai Luo. "A review of content-based and context-based recommendation systems." *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* 16, no. 3 (2021): 274-306. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.18851>
- Jiang, Jilu, Baoxian Wu, Liang Chang, Kui Liu, and Tianyong Hao. "The design and application of an web-based online examination system." In *Emerging Technologies for Education: 4th International Symposium, SETE 2019, Held in Conjunction with ICWL 2019, Magdeburg, Germany, September 23–25, 2019, Revised Selected Papers* 4, pp. 246-256. Springer International Publishing, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_27)
- Jimenez-Rosado, Mercedes, Victor Perez-Puyana, Alberto Romero García, Carlos Bengoechea, and Manuel Felix. "Continuous assessment strategies as a way



- to motivate students in Technology careers." *Afinidad* 79, no. 596 (2022) .  
<https://doi.org/10.55815/401090>
- Karga, Soultana, and Maya Satratzemi. "Using explanations for recommender systems in learning design settings to enhance teachers' acceptance and perceived experience." *Education and Information Technologies* 24 (2019): 2953-2974.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-019-09909-z>
- Kennedy, Teresa J., and Michael RL Odell. "Engaging students in STEM education." *Science education international* 25, no. 3 (2014): 246-258.
- King, Scott P., and Brittany A. Mason. "Myers-Briggs type indicator." *The Wiley Encyclopedia of Personality and Individual Differences: Measurement and Assessment* (2020): 315-319. <https://doi.org/10.1002/9781119547167.ch123>
- Kirn, Adam, Beshoy Morkos, and Lisa Benson. "Work in progress: How differences in student motivation characterize differences between engineering disciplines." In *2012 Frontiers in Education Conference Proceedings*, pp. 1-2. IEEE, 2012.  
<https://doi.org/10.1109/FIE.2012.6462358>
- Kovač, Vesna, and Svjetlana Kolić-Vehovec. *Izrada nastavnih programa prema pristupu temeljenom na ishodima učenja: akcijski plan za definiranje ishoda učenja: priručnik za sveučilišne nastavnike*. Sveučilište u Rijeci, 2008. ISBN: 978-953-96970-4-2
- Krelja Kurelović, Elena, Jasminka Tomljanović, and Krešimir Bronić. "Uporaba aplikacija u oblaku kod studenata." *Zbornik Veleučilišta u Rijeci* 2, no. 1 (2014): 13-26. <https://hrcak.srce.hr/128876>
- Kroop, S., A. Mikroyannidis, and M. Wolpers. "Responsive Open Learning Environments, Case Study 2: Designing PLE for Higher Education." (2015).  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-02399-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02399-1_5)
- Latha, C. Beulah Christalin, and E. Kirubakaran. "Personalized learning path delivery in web based educational systems using a graph theory based approach." *Journal of American Science* 9, no. 12 (2013): 57-67.
- Lee, Wee Sun. "Collaborative learning for recommender systems." In *ICML*, vol. 1, pp. 314-321. 2001.
- Lemantara, Julianto, MJ Dewiyani Sunarto, Bambang Hariadi, Tri Sagirani, and Tan Amelia. "Prototype of online examination on MoLearn applications using text similarity to detect plagiarism." In *2018 5th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, pp. 131-136. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/ICITACEE.2018.8576922>
- Liang, Jing, Ryan Hare, Tianyu Chang, Fangli Xu, Ying Tang, Fei-Yue Wang, Shimeng Peng, and Mingyu Lei. "Student modeling and analysis in adaptive instructional systems." *IEEE Access* 10 (2022): 59359-59372. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3178744>
- Llamas-Nistal, Martín, Fernando A. Mikic-Fonte, Manuel Caeiro-Rodríguez, and Martín Liz-Domínguez. "Supporting intensive continuous assessment with BeA in a

- flipped classroom experience." *IEEE Access* 7 (2019): 150022-150036. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946908>
- Lops, P., De Gemminis, M., and Semeraro, G., Content-based Recommender Systems: State of the Art and Trends, In F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, & P. B. Kantor (Eds.), *Recommender Systems Handbook*, pp. 73-106, New York: Springer Science and Business Media., 2011.
- Lukashenko, R. and Anohina, A., 2009. "Knowledge Assessment Systems: an Overview", *Scientific Journal of Riga Technical University Computer Sciences*, (January): 25-36. <https://doi.org/10.2478/v10143-009-0002-1>
- Ma, Jian, and Duanning Zhou. "Fuzzy set approach to the assessment of student-centered learning." *IEEE Transactions on Education* 43, no. 2 (2000): 237-241. <https://doi.org/10.1109/13.848079>
- Mada, Grandianus Seda, Nugraha Kristiano Floresda Dethan, and Andika Ellena Saufika Hakim Maharani. "The Defuzzification Methods Comparison of Mamdani Fuzzy Inference System in Predicting Tofu Production." *Jurnal Varian* 5, no. 2 (2022): 137-148.
- Mahajan, Mrunal, and Manvinder Kaur Sarjit Singh. "Importance and benefits of learning outcomes." *IOSR Journal of Humanities and Social Science* 22, no. 03 (2017): 65-67. <https://doi.org/10.9790/0837-2203056567>
- Majchrzak, Tim A., and Claus A. Usener. "Evaluating the synergies of integrating e-assessment and software testing." In *Information Systems Development: Reflections, Challenges and New Directions*, pp. 179-193. New York, NY: Springer New York, 2013. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4951-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4951-5_15)
- Majid, Nazatul Aini Abd. "Integration of Web 2.0 Tools in learning a programming course." *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET* 13, no. 4 (2014): 88-94.
- Majid, Nazatul Aini Abd. "Integration of Web 2.0 Tools in learning a programming course." *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET* 13, no. 4 (2014): 88-94.
- Manoharan, Sathiamoorthy. "Personalized assessment as a means to mitigate plagiarism." *IEEE Transactions on Education* 60, no. 2 (2016): 112-119. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2604210>
- Maphosa, Vusumuzi, and Mfowabo Maphosa. "Fifteen years of recommender systems research in higher education: Current trends and future direction." *Applied Artificial Intelligence* 37, no. 1 (2023): 406-425. <https://doi.org/10.1080/08839514.2023.2175106>
- Meng, Lingling, Wanxue Zhang, Yu Chu, and Mingxin Zhang. "LD–LP generation of personalized learning path based on learning diagnosis." *IEEE Transactions on Learning Technologies* 14, no. 1 (2021): 122-128. <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3058525>

- Mezak, Jasminka, Nataša Hoić-Božić, and Martina Holenko Dlab. "Personalization of e-tivities using Web 2.0 tools and ELARS (E-learning Activities Recommender System)." In *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pp. 669-673. IEEE, 2015. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160356>
- Mihaescu, Marian Cristian, Paul-Stefan Popescu, and Costel Marian Ionascu. "Intelligent Tutor Recommender System for On-Line Educational Environments." In *EDM*, pp. 516-519. 2015.
- Miranda, Cristian, Julio Guerra, Denis Parra, and Eliana Scheihing. "A hybrid peer recommender system for an online community of teachers." In *UMAP Workshops*, pp. 1-4. 2012.
- Miranda, Cristian, Julio Guerra, Denis Parra, and Eliana Scheihing. "A hybrid peer recommender system for an online community of teachers." In *UMAP Workshops*, pp. 1-4. 2012.
- Moneva, Jerald C., Jeanelyn S. Arnado, and Ildebrando N. Buot. "Students' Learning styles and self-motivation." *International Journal of Social Science Research* 8, no. 2 (2020): 16-29. <https://doi.org/10.5296/IJSSR.v8i2.16733>
- Moscinska, Katarzyna, and Jerzy Rutkowski. "Rethinking e-assessment in a core engineering course." In *Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1-4. IEEE, 2012. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201136>
- Muhammad, Alva Hendi, and Dhani Ariatmanto. "Understanding the role of individual learner in adaptive and personalized e-learning system." *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics* 10, no. 6 (2021): 3313-3324. <https://doi.org/10.11591/EEI.v10i6.3192>
- Nabizadeh, Amir Hossein, Daniel Goncalves, Sandra Gama, Joaquim Jorge, and Hamed N. Rafsanjani. "Adaptive learning path recommender approach using auxiliary learning objects." *Computers & Education* 147 (2020): 103777. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103777>
- Nafea, Shaimaa M., François Siewe, and Ying He. "On recommendation of learning objects using felder-silverman learning style model." *IEEE Access* 7 (2019): 163034-163048. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935417>
- Naghizadeh, Maryam, and Hadi Moradi. "A model for motivation assessment in intelligent tutoring systems." In *2015 7th Conference on Information and Knowledge Technology (IKT)*, pp. 1-6. IEEE, 2015. <https://doi.org/10.1109/IKT.2015.7288774>
- Negnevitsky, Michael. *Artificial intelligence: a guide to intelligent systems*. Pearson education, 2005. ISBN: 0-201-71159-1
- Njuguna, J., "Constructive alignment of intended learning outcomes, learning activities and assessments for an engineering masters degree course module", Project: Pedagogical research, September 2020, pp. 1-16, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36031.12965>

- Oktavia, Tanty, Harjanto Prabowo, and Suhono Harso Supangkat. "The comparison of MOOC (massive open online course) platforms of edx and coursera (study case: Student of programming courses)." In *2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, pp. 339-344. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2018.8528178>
- O'Mahony, Tom. "Assessing engineering learning: Formative, summative and dialogical." In *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 990-995. IEEE, 2013. <https://doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530228>
- Onah, Daniel FO, and Jane Sinclair. "Massive open online courses: an adaptive learning framework." *INTED2015 Proceedings* (2015): 1258-1266. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4237.0083>
- Opgen-Rhein, Julia, Bastian Küppers, and Ulrik Schroeder. "An application to discover cheating in digital exams." In *Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, pp. 1-5. 2018. <https://doi.org/10.1145/3279720.3279740>
- Özyurt, Özcan, Hacer Özyurt, Adnan Baki, Bülent Güven, and Hasan Karal. "A Fully Personalized Adaptive and Intelligent Educational Hypermedia System for Individual Mathematics Teaching-Learning." *Tem Journal* 1, no. 4 (2012).
- Pariserum Perumal, Sankar, Ganapathy Sannasi, and Kannan Arputharaj. "An intelligent fuzzy rule-based e-learning recommendation system for dynamic user interests." *The Journal of Supercomputing* 75 (2019): 5145-5160. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-02791-z>
- Parusheva, Silvia, Yanka Aleksandrova, and Antonio Hadzhikolev. "Use of Social Media in Higher Education Institutions-an Empirical Study Based on Bulgarian Learning Experience." *Tem Journal* 7, no. 1 (2018). <https://doi.org/10.18421/TEM71-21>
- Patlins, Antons. "Research the phenomenon of motivation, towards to science, through effective teaching, learning, research and scientific writing as the approach for improvement of electrical and power engineering education." In *2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*, pp. 1-6. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/RTUCON.2018.8659815>
- Petrović, Juraj, Dijana Vitas, and Predrag Pale. "Experiences with supervised vs. unsupervised online knowledge assessments in formal education." In *2017 international symposium ELMAR*, pp. 255-258. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.23919/ELMAR.2017.8124480>
- Petrović, Juraj, Dyana Tralić, and Predrag Pale. "Learning benefits of online formative self-assessments." In *2015 57th International Symposium ELMAR (ELMAR)*, pp. 243-246. IEEE, 2015. <https://doi.org/10.1109/ELMAR.2015.7334538>
- Petrović, Juraj, Predrag Pale, and Branko Jeren. "Online formative assessments in a digital signal processing course: Effects of feedback type and content difficulty

- on students learning achievements." *Education and Information Technologies* 22 (2017): 3047-3061. <https://doi.org/10.1007/S10639-016-9571-0>
- Pokorni, Slavko, and Valentin Kuleto. "Application of learning outcomes in the teaching process in higher education at ITS." *Edtech* 2, no. 1 (2022): 38-48. <https://doi.org/10.18485/EDTECH.2022.2.1.3>
- Prados, Ferran, Josep Soler, Imma Boada, and Jordi Poch. "An automatic correction tool that can learn." In *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. F1D-1. IEEE, 2011. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142766>
- Prem, M., & Vikas, S., "Recommender Systems, Encyclopedia of Machine Learning". Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 2010.
- Rahimi, Ebrahim, Jan van den Berg, and Wim Veen. "Facilitating student-driven constructing of learning environments using Web 2.0 personal learning environments." *Computers & Education* 81 (2015): 235-246. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2014.10.012>
- Rahman, Mohammad Mustaneer, and Nor Aniza Abdullah. "A personalized group-based recommendation approach for Web search in E-learning." *IEEE Access* 6 (2018): 34166-34178. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2850376>
- Rahman, Saemah, Seri Bunian Mokhtar, and Ruhizan M. Yasin. "Learning environment and learning approaches among engineering students." In *Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1-6. IEEE, 2012. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201152>
- Rana, Pooja, Lovi Raj Gupta, Mithilesh Kumar Dubey, and Gulshan Kumar. "Review on evaluation techniques for better student learning outcomes using machine learning." In *2021 2nd international conference on intelligent engineering and management (ICIEM)*, pp. 86-90. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/ICIEM51511.2021.9445294>
- Ratniece, Dace, and Sarma Cakula. "Digital opportunities for student's motivational enhancement." *Procedia Computer Science* 65 (2015): 754-760. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2015.09.020>
- Raufi, Bujar, Florije Ismaili, Jaumin Ajdari, and Xhemal Zenuni. "Web personalization issues in big data and Semantic Web: challenges and opportunities." *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences* 27, no. 4 (2019): 2379-2394. <https://doi.org/10.3906/ELK-1812-25>
- Rishard, M. A. M., S. L. Jayasekara, E. M. P. U. Ekanayake, K. M. J. S. Wickramathilake, Shyam Reyal, Kalpani Manathunga, and Jagath Wickramaratne. "Adaptive: A Personalized Adaptive E-Learning System based on Learning Styles and Prior Knowledge." In *2022 Seventh International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, pp. 1-9. IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/ICIC56845.2022.10007006>
- Rokhima, W. A., T. A. Kusmayadi, and L. Fitriana. "Mathematical problem solving based on Kolb's learning style." In *Journal of Physics: Conference Series*, vol.

- 1306, no. 1, p. 012026. IOP Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1306/1/012026>
- Roy, Deepjyoti, and Mala Dutta. "A systematic review and research perspective on recommender systems." *Journal of Big Data* 9, no. 1 (2022): 59 <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00592-5>
- Rtili, Mohammed Kamal, Ali Dahmani, and Mohamed Khaldi. "Recommendation system based on the learners' tracks in an intelligent tutoring system." *J. Adv. Comput. Netw* 2, no. 1 (2014): 40-43. <https://doi.org/10.7763/JACN.2014.V2.79>
- Salmon, Gilly. *E-tivities: The key to active online learning*. Routledge, Taylor & Francis e-Library, 2013.
- Sarkar, Subharag, and Manfred Huber. "Personalized Learning Path Generation in E-Learning Systems using Reinforcement Learning and Generative Adversarial Networks." In *2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pp. 92-99. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/SMC52423.2021.9658967>
- Schulz, Renée, Ghislain Maurice Isabwe, and Frank Reichert. "Investigating teachers motivation to use ICT tools in higher education." In *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, pp. 62-67. IEEE, 2015. <https://doi.org/10.1109/ITECHA.2015.7317371>
- Sengupta, Souvik, Sandipan Sahu, and Ranjan Dasgupta. "Construction of learning path using ant colony optimization from a frequent pattern graph." *arXiv preprint arXiv:1201.3976* (2012).
- Shafeek, Shimna, Vidhya K. Viswambaran, and Ben Alex Baby. "An evaluation of the development of formative assessment strategies to enhance student learning and engagement." In *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, pp. 1-6. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2019.8714339>
- Shahri, Norsyarizan, Roselainy Abdul Rahman, and Noor Hamizah Hussain. "Student Approach to Learning in Programming Courses among Industrial Mechatronics Engineering Technology Students." In *2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*, pp. 100-105. IEEE, 2014. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2014.26>
- Singh, Pradeep Kumar, Pijush Kanti Dutta Pramanik, Avick Kumar Dey, and Prasenjit Choudhury. "Recommender systems: an overview, research trends, and future directions." *International Journal of Business and Systems Research* 15, no. 1 (2021): 14-52. <https://doi.org/10.1504/IJBSR.2021.10033303>
- Sri, R. Leena, and S. Muthuramalingam. "A Novel Summative Grading Assessment strategy for Improving Students Performance." In *2016 IEEE 4th International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*, pp. 311-316. IEEE, 2016. <https://doi.org/10.1109/MITE.2016.068>

- Strickland, N., "Alice Interactive Mathematics AIM based on Maple", *MSOR Connections*, Vol. 2, pp. 27-30, 2002., <https://doi.org/10.11120/MSOR.2002.02010027>
- Sukmandhani, Arief Agus, and Indrajani Sutedja. "Face recognition method for online exams." In *2019 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, vol. 1, pp. 175-179. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2019.8843831>
- Svedin, Maria, Olle Bälter, Max Scheja, and Kerstin Pettersson. "A surface approach to learning rewards first-year Engineering students." In *2013 Learning and Teaching in Computing and Engineering*, pp. 143-147. IEEE, 2013. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2013.40>
- Sweetman, Rachel. "HELOs and student centred learning—where's the link?." *European Journal of Education* 52, no. 1 (2017): 44-55. <https://doi.org/10.1111/EJED.12202>
- Syed, Thoufeeq Ahmed, Vasile Palade, Rahat Iqbal, and Smitha Sunil Kumaran Nair. "A Personalized Learning Recommendation System Architecture for Learning Management System." In *KDIR*, pp. 275-282. 2017. <https://doi.org/10.5220/0006513202750282>
- Tejeda-Lorente, Álvaro, Juan Bernabé-Moreno, Carlos Porcel, Pablo Galindo-Moreno, and Enrique Herrera-Viedma. "A dynamic recommender system as reinforcement for personalized education by a fuzzly linguistic web system." *Procedia Computer Science* 55 (2015): 1143-1150. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2015.07.084>
- Tewari, Anand Shanker, Anita Saroj, and Asim Gopal Barman. "E-learning recommender system for teachers using opinion mining." In *Information science and applications*, pp. 1021-1029. Springer Berlin Heidelberg, 2015.
- The Open University (2020), Retrieved 25-11-2020 from <https://open.ac.uk/Openmarkexamples/>
- Thongchotchat, Vivat, Kazuhiko Sato, and Hidetsugu Suto. "Recommender System Utilizing Learning Style: Systematic Literature Review." In *2021 6th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)*, pp. 184-187. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/ICBIR52339.2021.9465832>
- Thongchotchat, Vivat, Yasuo Kudo, Yoshifumi Okada, and Kazuhiko Sato. "Educational Recommendation System Utilizing Learning Styles: A Systematic Literature Review." *IEEE Access* (2023). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3238417>
- Topuz, Arif Cem, Eda Saka, Ömer Faruk Fatsa, and Engin Kurşun. "Emerging trends of online assessment systems in the emergency remote teaching period." *Smart Learning Environments* 9, no. 1 (2022): 17. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00199-6>

- Trotter, Eileen. "Student perceptions of continuous summative assessment." *Assessment & Evaluation in Higher Education* 31, no. 5 (2006): 505-521. <https://doi.org/10.1080/02602930600679506>
- Truong, Duc M., Hien D. Nguyen, Sang Vu, Vuong T. Pham, and Diem Nguyen. "Construct an intelligent querying system in education based on ontology integration." In *2022 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)*, pp. 340-345. IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/ICOCO56118.2022.10031735>
- Unal, Erhan, and Hasan Cakir. "The effect of technology-supported collaborative problem solving method on students' achievement and engagement." *Education and Information Technologies* 26, no. 4 (2021): 4127-4150. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10463-W>
- Van De Bogart, Willard, and Saovapa Wichadee. "Students' perceived effectiveness of educational technologies and motivation in smart classroom." *TEM Journal* 5, no. 4 (2016): 566. <https://doi.org/10.18421/TEM54-22>
- Van Hoecke, Senne M., Iris Schrijver, and Isabelle S. Robert. "Methodological preparation of a within-subject audiovisual cognition, reception and perception study." *Journal of audiovisual translation* 5, no. 1 (2022): 1-35. <https://doi.org/10.47476/jat.v5i1.2022.163>
- Van Meteren, Robin, and Maarten Van Someren. "Using content-based filtering for recommendation." In *Proceedings of the machine learning in the new information age: MLnet/ECML2000 workshop*, vol. 30, pp. 47-56. 2000.
- Vomvyras, Duke, Antonios Andreatos, and Christos Douligeris. "Exam Wizard: A novel e-assessment system." In *2019 4th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*, pp. 1-6. IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/SEEDA-CECNSM.2019.8908372>
- Wan, Shanshan, and Zhendong Niu. "A hybrid e-learning recommendation approach based on learners' influence propagation." *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 32, no. 5 (2019): 827-840. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2019.2895033>
- Wang, Feng, and Michael J. Hannafin. "Design-based research and technology-enhanced learning environments." *Educational technology research and development* 53, no. 4 (2005): 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Wang, Shiang-Kwei, Hui-Yin Hsu, Thomas C. Reeves, and Daniel C. Coster. "Professional development to enhance teachers' practices in using information and communication technologies (ICTs) as cognitive tools: Lessons learned from a design-based research study." *Computers & Education* 79 (2014): 101-115. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.006>
- Wang, Shu, Linyun Yuan, and Hongzhi Yang. "User Model Construction of Chinese Learners Based on Learning Style." In *2021 IEEE 3rd International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI)*, pp. 70-75. IEEE, 2021. <https://doi.org/10.1109/CSEI51395.2021.9477714>



- Wang, Yongxian, Jia Guozhu, and Li Ling. "Design of evaluation and recommendation system for high school physics learning based on knowledge graph." In *2020 International Conference on Modern Education and Information Management (ICMEIM)*, pp. 824-827. IEEE, 2020. <https://doi.org/10.1109/ICMEIM51375.2020.00183>
- Williams, Sarah A., Ben Lutz, Cynthia Hampton, Holly M. Matusovich, and Walter C. Lee. "Exploring student motivation towards diversity education in engineering." In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1-5. IEEE, 2016. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757565>
- Wright, Phemie. "Comparing e-tivities, e-moderation and the five stage model to the community of inquiry model for online learning design." *The Online Journal of Distance Education and e-Learning* 3, no. 2 (2015): 17-30.
- Wu, Zhengyang, Ming Li, Yong Tang, and Qingyu Liang. "Exercise recommendation based on knowledge concept prediction." *Knowledge-Based Systems* 210 (2020): 106481. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106481>
- Yanes, Nacim, Ayman Mohamed Mostafa, Mohamed Ezz, and Saleh Naif Almuayqil. "A machine learning-based recommender system for improving students learning experiences." *IEEE Access* 8 (2020): 201218-201235. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3036336>
- Zabala, Francisco José Correa, Heidi E. Parker, and Camilo Vieira. "Implementing an active learning platform to support student learning in a numerical analysis course." In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1-6. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190619>
- Zadeh, Lotfi A. "Fuzzy sets." *Information and control* 8, no. 3 (1965): 338-353.
- Zadeh, Lotfi A. "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes." *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics* 1 (1973): 28-44.
- Zhang, Yongbin, Ronghua Liang, Yanying Zheng, Hao Zhang, Ping Wang, and Ye Li. "Summative Assessment of Undergraduate Learning Outcomes with Cross-Validation in C Programming Course." In *2022 10th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)*, pp. 295-299. IEEE, 2022. <https://doi.org/10.1109/ICIET55102.2022.977036>
- Zhang, Yulei, Yan Dang, and Beverly Amer. "A large-scale blended and flipped class: Class design and investigation of factors influencing students' intention to learn." *IEEE transactions on education* 59, no. 4 (2016): 263-273. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2535205>
- Zhu, Biwen, David B. Kaber, Maryam Zahabi, and Janet Ma. "Effect of feedback type and modality on human motivation." In *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pp. 2838-2843. IEEE, 2017. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8123057>

## POPIS SLIKA

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Slika 2.1.  | Osnovna struktura sustava preporučivanja .....  | 8  |
| Slika 2.2.  | Koraci u procesu fuzifikacije i defuzifikacije .....  | 10 |
| Slika 2.3.  | Osnovna struktura sustava za <i>online</i> vrednovanje .....  | 26 |
| Slika 2.4.  | Shematski prikaz faza u DBR-u .....   | 31 |
| Slika 3.1.  | Strukturna shema osmišljenog modela sustava .....   | 33 |
| Slika 3.2.  | Razina modela domene i modela aktivnosti .....  | 34 |
| Slika 3.3.  | Povezanost sadržaja predmeta, ishoda učenja i koncepata .....   | 35 |
| Slika 3.4.  | Primjer pripadnosti koncepata $k_m \in K_{i_n}$ ishodima učenja $i_n \in I_{p_h}$ uz pridruživanje različitih vrijednosti težinskih faktora ..... | 36 |
| Slika 3.5.  | Primjer pripadnosti zadataka $z_a \in Z_{p_h}$ konceptima $k_m \in K_{p_h}$ .....   | 38 |
| Slika 3.6.  | Shematski prikaz provedbe provjera $TA_g$ .....   | 40 |
| Slika 3.7.  | Četiri dimenzije za opis studenta u modelu sustava .....  | 40 |
| Slika 3.8.  | Opis ulazne varijable $x_1$ neizrazitim skupovima .....   | 43 |
| Slika 3.9.  | Opis ulazne varijable $x_2$ neizrazitim skupovima .....   | 44 |
| Slika 3.10. | Opis ulazne varijable $x_3$ neizrazitim skupovima .....   | 45 |
| Slika 3.11. | Opis izlazne varijable $y_{k_m}$ neizrazitim skupovima .....  | 48 |
| Slika 3.12. | Opis izlazne varijable $y_p$ neizrazitim skupovima .....  | 56 |
| Slika 3.13. | Prikaz grafičkog elementa preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini provjere $TA_g$ .....   | 61 |
| Slika 3.14. | Prikaz grafičkog elementa preporuke sljedećeg koraka u učenju na razini predmeta $p_h$ .....  | 63 |
| Slika 4.1.  | Organizacija razvijene mrežne aplikacije po slojevima .....   | 69 |
| Slika 4.2.  | Podshema modela domene i podshema modela aktivnosti u bazi podataka .....   | 70 |
| Slika 4.3.  | Podshema student u bazi podataka .....  | 71 |
| Slika 4.4.  | Prikaz protoka podataka u MVC arhitekturi .....   | 72 |
| Slika 4.5.  | Zajednički elementi mrežne aplikacije za studente .....   | 75 |
| Slika 4.6.  | Prikaz sličnosti studenata po STEM stilovima učenja .....   | 76 |
| Slika 4.7.  | Prikaz popisa predmeta za studente .....  | 76 |
| Slika 4.8.  | Prikaz usvojenosti ishoda učenja .....  | 77 |
| Slika 4.9.  | Popis sadržaja za provjeru znanja .....   | 78 |
| Slika 4.10. | Prikaz stranice za pristup rješavanju zadataka .....  | 79 |
| Slika 4.11. | Primjer prikaza zadatka studentima .....  | 80 |
| Slika 4.12. | Primjer prikaza točnosti rješavanja zadatka studentima .....  | 81 |
| Slika 4.13. | Stranica za kreiranje novog predmeta .....  | 82 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Slika 4.14. | Prikaz stranice za definiranje ishoda učenja za predmet.....   | 83  |
| Slika 4.15. | Prikaz stranice za pridruživanje koncepata ishodima učenja.....  | 83  |
| Slika 4.16. | Prikaz stranice za unos i uređivanje skupova zadataka .....  | 84  |
| Slika 4.17. | Prikaz stranice s unesenim skupom zadataka.....  | 85  |
| Slika 4.18. | Prikaz stranice za uređivanje vrednovanja .....  | 86  |
| Slika 4.19. | Prikaz stranice s provjerama znanja .....  | 86  |
| Slika 4.20. | Prikaz stranice za određivanje postavki provjere.....  | 87  |
| Slika 4.21. | Prikaz stranice za upravljanje studentima u sustavu .....  | 87  |
| Slika 4.22. | Prikaz izgleda stranice sa statistikom za odabrano vrednovanje.....  | 88  |
| Slika 4.23. | Stranica s prikazom statističke analize po datumima .....  | 89  |
| Slika 4.24. | Stranica s prikazom statističke analize po studentima.....   | 90  |
| Slika 4.25. | Detaljni prikaz analize podataka o studentu .....  | 91  |
| Slika 4.26. | Prikaz usvojenosti koncepata .....   | 91  |
| Slika 4.27. | Prikaz usvojenosti koncepata za studenta na razini provjere .....  | 92  |
| Slika 5.1.  | Grafički prikaz dobivenih rezultata anketiranja studenata o poznavanju ishoda učenja .....                   | 95  |
| Slika 5.2.  | Usporedba ukupnih srednjih vrijednosti ostvarenih bodova po djelovima sadržaja predmeta.....                 | 97  |
| Slika 5.3.  | Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 1. i 2. DBR ciklusa.103                                       |     |
| Slika 5.4.  | Usporedba klasičnog s osmišljenim pristupima sumativnom vrednovanju znanja tijekom 3. i 4. DBR ciklusa ..... | 109 |
| Slika 5.5.  | Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 3. DBR ciklusa.....   | 113 |
| Slika 5.6.  | Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 4. DBR ciklusa.....   | 113 |
| Slika 5.7.  | Podjela sadržaja predmeta po provjerama $TA_g$ u tri odabrana predmeta tijekom provedbe 6. DBR ciklusa.....  | 121 |
| Slika 5.8.  | Usporedba dimenzija stilova učenja za studente u 5. DBR ciklusu .....  | 122 |
| Slika 5.9.  | Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 5. DBR ciklusa.....   | 124 |
| Slika 5.10. | Vremenska dinamika rješavanja zadataka tijekom 6. DBR ciklusa.....   | 129 |

## POPIS TABLICA

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Tablica 2.1.  | Kombinacije hibridnih pristupa s isticanjem redundantnosti odnosno nemogućnosti kombiniranja .....  | 18 |
| Tablica 2.2.  | Dimenzije stilova učenja u Felder & Silverman modelu .....  | 23 |
| Tablica 3.1.  | Primjer povezanost ishoda učenja s konceptima putem težinskih faktora u predmetu <i>Elementi elektroenergetskih postrojenja</i> .....                           | 36 |
| Tablica 3.2.  | Formalni zapis funkcija pripadnosti $\mu(x_1)$ po intervalima .....   | 44 |
| Tablica 3.3.  | Formalni zapis funkcija pripadnosti $\mu(x_2)$ po intervalima .....   | 45 |
| Tablica 3.4.  | Formule za izračun vrijednosti istaknutih točaka na slici 3.9 .....   | 46 |
| Tablica 3.5.  | Formalni zapis funkcija pripadnosti $\mu(x_3)$ za podinterval $0 < x_3 < tg_{TA_g}$ .....   | 47 |
| Tablica 3.6.  | Formalni zapis funkcija pripadnosti $\mu(x_3)$ za podinterval $tg_{TA_g} < x_3 < t_{TA_g}$ .....  | 47 |
| Tablica 3.7.  | Formalni zapis funkcija pripadnosti $\mu(y_{k_m})$ po intervalima .....   | 48 |
| Tablica 3.8.  | Pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja .....  | 49 |
| Tablica 3.9.  | Formalni zapis funkcija pripadnosti $\mu(y_p)$ po intervalima .....   | 57 |
| Tablica 3.10. | Pravila izgrađenog neizrazitog sustava zaključivanja .....  | 57 |
| Tablica 3.11. | Tekstualne vrijednosti ulaznih varijabli $x_1$ i $x_2$ po intervalima .....   | 58 |
| Tablica 3.12. | Pravila za generiranje teksta u preporuci sljedećeg koraka u učenju na razini provjere $TA_g$ u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable $y_p$ ..... | 59 |
| Tablica 3.13. | Tekst preporuka o sljedećem koraku u učenju na razini provjere $TA_g$ u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable $y_p$ .....                         | 60 |
| Tablica 3.14. | Pravila za generiranje preporuka na razini predmeta $p_h$ u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti izlazne varijable $y_p$ .....                                     | 62 |
| Tablica 3.15. | Tekst preporuka o sljedećem koraku na razini predmeta $p_h$ temeljem vrijednosti izlazne varijable $y_p$ .....  | 62 |
| Tablica 3.16. | Tekstualne vrijednosti varijable <odnos> sukladno izrazima (31) i (32) .....  | 66 |
| Tablica 3.17. | Opće oznake varijabli korištene u algoritmu 4 .....   | 66 |
| Tablica 3.18. | Tekst preporuka za povećanje motivacije na razini predmeta $p_h$ odnosno na razini provjere $TA_g$ u ovisnosti o dobivenoj vrijednosti varijable $rnz$ .....    | 67 |
| Tablica 4.1.  | Prikaz algoritama koji se izvršavaju u sloju poslovne logike .....  | 74 |
| Tablica 5.1.  | Objedinjeni rezultati za anketna pitanja namijenjena vrednovanju zadovoljstva studenata u radu sa sustavom .....  | 94 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Tablica 5.2.  | Omjer broja upisanih studenata i broja studenata koji nisu ostvarili minimalan broj ocjenskih bodova za izlazak na završni ispit (studija slučaja)..... | 96  |
| Tablica 5.3.  | Eksperimentalna faza provedenog DBR istraživanja.....   | 99  |
| Tablica 5.4.  | Prikaz funkcionalnosti elemenata sustava za <i>online</i> vrednovanje ....  | 104 |
| Tablica 5.5.  | Analiza uspjeha studenata u 1. i 2. DBR ciklusu .....   | 104 |
| Tablica 5.6.  | Usporedba bodova ostvarenih u radu u sustavu s bodovima ostvarenim na kontrolnim zadaćama u 1. i 2. DBR ciklusu.....                                    | 105 |
| Tablica 5.7.  | Korelacija između uspjeha studenata tijekom rada u sustavu i na kontrolnim zadaćama u 1. i 2. DBR ciklusu .....   | 106 |
| Tablica 5.8.  | Predikcija uspješnosti na kontrolnim zadaćama temeljem uspješnosti u radu u sustavu u 1. i 2. DBR ciklusu.....  | 106 |
| Tablica 5.9.  | Najvažniji rezultati dobiveni anketiranjem studenata u 1. i 2. DBR ciklusu .....  | 107 |
| Tablica 5.10. | Raspodjela ocjenskih bodova po dijelovima sadržaja predmeta tijekom 3. i 4. DBR ciklusa.....  | 110 |
| Tablica 5.11. | Rješavanje zadataka u eksperimentalnim grupama studenata u 3. i 4. DBR ciklusu .....  | 112 |
| Tablica 5.12. | Broj studenata koji su na kraju semestra ostvarili najmanje 35 ocjenskih bodova u 3. i 4. DBR ciklusu .....   | 114 |
| Tablica 5.13. | Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u 3. i 4. DBR ciklusu .....   | 114 |
| Tablica 5.14. | Najvažniji rezultati dobiveni anketiranjem studenata tijekom 3. i 4. DBR ciklusa .....  | 115 |
| Tablica 5.15. | Rezultati usporedbe ostvarenih ocjena studenata iz četiri predmeta Mann-Whitneyevim testom u 5. DBR ciklusu.....  | 117 |
| Tablica 5.16. | Rezultati usporedbe ostvarenih ocjena studenata iz četiri predmeta Mann-Whitneyevim testom u 6. DBR ciklusu.....  | 119 |
| Tablica 5.17. | Rezultati anketiranja studenata u 5. DBR ciklusu o korištenju informacija o sličnosti po STEM stilovima učenja .....                                    | 123 |
| Tablica 5.18. | Rezultati anketiranja studenata u 5. DBR ciklusu o korištenju preporuke sljedećeg koraka u učenju.....  | 124 |
| Tablica 5.19. | Broj studenata koji su na kraju semestra ostvarili najmanje 35 ocjenskih bodova u 5. DBR ciklusu .....  | 125 |
| Tablica 5.20. | Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u 5. DBR ciklusu .....  | 125 |
| Tablica 5.21. | Rezultati anonimne ankete povezani s preporukom suradnika dobiveni anketiranjem studenata na kraju 6. DBR ciklusa.....                                  | 126 |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Tablica 5.22. | Rezultati anonimne ankete povezani s preporukom sljedećeg koraka u učenju dobiveni anketiranjem studenata na kraju 6. DBR ciklusa.....   | 127 |
| Tablica 5.23. | Rezultati anonimne ankete povezani s preporukom za povećanje motivacije .....  | 127 |
| Tablica 5.24. | Prosječan broj rješavanih zadataka tijekom provedbe 6. DBR ciklusa .....   | 127 |
| Tablica 5.25. | Prihvatanje kontinuirane obveze rješavanja zadataka u izgrađenom <i>online</i> sustavu od strane studenta tijekom 6. DBR ciklusa.....  | 129 |
| Tablica 5.26. | Broj studenata koji su na kraju semestra ostvarili najmanje 35 ocjenskih bodova u 6. DBR ciklusu .....   | 130 |
| Tablica 5.27. | Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u 6. DBR ciklusu .....   | 130 |
| Tablica 5.28. | Zadovoljstvo studenata radom u izgrađenom <i>online</i> sustavu .....  | 131 |
| Tablica 5.29. | Prosječan broj rješavanih zadataka po studentu za svaki DBR ciklus.....  | 133 |
| Tablica 5.30. | Objedinjeni rezultati prosječnih ocjena za anketna pitanja povezana s motiviranošću studenata .....  | 133 |
| Tablica 5.31. | Usporedba broja ostvarenih ocjenskih bodova na predmetu <i>Električne energetske mreže</i> .....   | 134 |
| Tablica 5.32. | Usporedba broja ostvarenih ocjenskih bodova na predmetima <i>Elementi elektroenergetskih postrojenja</i> odnosno <i>Zaštita električnih postrojenja</i> .....  | 134 |
| Tablica 5.33. | Objedinjeni rezultati dobiveni anketiranjem studenata povezani s preporukom suradnika.....   | 136 |
| Tablica 5.34. | Objedinjeni rezultati dobiveni anketiranjem studenata povezani s preporukom sljedećeg koraka u učenju .....  | 136 |
| Tablica 5.35. | Objedinjeni prikaz ostvarenih ocjenskih bodova na kraju semestra za predmet <i>Električne energetske mreže</i> .....   | 137 |
| Tablica 5.36. | Srednje vrijednosti ukupno ostvarenih ocjenskih bodova studenata po grupama u u 6. DBR ciklusu za predmete <i>Elementi elektroenergetskih postrojenja</i> i <i>Zaštita električnih postrojenja</i> ..... | 138 |

## POPIS OZNAKA

|                   |   |
|-------------------|---|
| $P$               | skup svih predmeta pohranjenih u modelu domene  |
| $p_h$             | predmet $p_h \in P$   |
| $K_{p_h}$         | skup koncepata određen za predmet $p_h$   |
| $k_m$             | koncept $k_m \in K_{p_h}$   |
| $I_{p_h}$         | skup ishoda učenja određen za predmet $p_h$   |
| $i_n$             | ishod učenja $i_n \in I_{p_h}$  |
| $K_{i_n}$         | skup koncepata povezanih s ishodom učenja $i_n$ , $K_{i_n} \subseteq K_{p_h}$   |
| $tf_{k_m}$        | težinski faktor pridružen konceptu $k_m$  |
| $Z_{p_h}$         | skup zadataka pripremljen za predmet $p_h$  |
| $z_a$             | zadatak $z_a \in Z_{p_h}$   |
| $M_{z_a}$         | skup međurezultata zadatka $z_a$  |
| $m_r$             | međurezultat $m_r \in M_{z_a}$  |
| $TA_g$            | provjera (vrednovanje rada studenta na osnovi rješavanja zadataka)  |
| $Z_{TA_g}$        | skup zadataka povezan s provjerom $TA_g$ , $Z_{TA_g} \subseteq Z_{p_h}$   |
| $nmax_{TA_g}$     | ukupan broj zadataka pripremljen za rješavanje u provjeri $TA_g$  |
| $tb_{TA_g}$       | datum i vrijeme početka provođenja provjere $TA_g$  |
| $te_{TA_g}$       | datum i vrijeme završetka provođenja provjere $TA_g$  |
| $t_{TA_g}$        | vremenski period za rješavanje zadatka $z_a$ u provjeri $TA_g$  |
| $n_{TA_g}$        | ukupni broj pokušaja rješavanja zadataka u provjeri $TA_g$  |
| $S$               | skup svih studenata koji koriste sustav   |
| $S_{p_h}$         | skup svih studenata upisanih na predmet $p_h$ , $S_{p_h} \subseteq S$   |
| $s_d$             | student $s_d \in S$   |
| $LS_{s_d}$        | vektorski zapis podataka o stilovima učenja za studenta $s_d$   |
| $d_1 \dots d_8$   | vrijednosti u vektorskom zapisu $LS_{s_d}$ koje predstavljaju podudarnost sa stilovima učenja prema Felder & Silvermanovom modelu               |
| $n_{z_{s_d}TA_g}$ | broj pokušaja rješavanja zadataka za studenta $s_d$ u provjeri $TA_g$   |
| $t_{s_dTA_g}$     | vrijeme koje je student $s_d$ utrošio za rješavanje zadataka u provjeri $TA_g$  |
| $ntm_{s_dTA_g}$   | broj točno riješenih međurezultata u zadacima koje je student $s_d$ rješavao u provjeri $TA_g$  |
| $rn_{z_{s_d}p_h}$ | rang studenta $s_d$ u odnosu na druge studente $s_{p_h} \in S_{p_h}$ prema ukupnom broju rješavanih zadataka $n_{z_{s_d}p_h}$ na predmetu $p_h$ |

|                 |   |
|-----------------|---|
| $rnz_{s_dTA_g}$ | rang studenta $s_d$ u odnosu na druge studente $s_{p_h} \in S_{p_h}$ prema ukupnom broju rješavanih zadataka $nz_{s_dTA_g}$ u provjeri $TA_g$ |
| $y_{k_m}$       | razina usvojenosti koncepta $k_m$   |
| $y_{i_n}$       | razina usvojenost ishoda učenja $i_n$   |
| $nm_{TA_g}$     | ukupni broj međurezultata u rješavanim zadacima u provjeri $TA_g$   |
| $nm_{p_h}$      | ukupni broj međurezultata u rješavanim zadacima u predmetu $p_h$  |
| $ntm_{p_h}$     | broj točno riješenih međurezultata u rješavanim zadacima u predmetu $p_h$   |
| $nz_{s_dTA_g}$  | broj rješavanih zadataka koje je student $s_d$ rješavao u provjeri $TA_g$   |
| $tp_{s_dTA_g}$  | prosječno vrijeme rješavanja zadataka koje je student $s_d$ rješavao u provjeri $TA_g$  |
| $tg_{TA_g}$     | prosječno vrijeme rješavanja zadataka za sve studente $s_d \in S_{p_h}$ u provjeri $TA_g$   |
| $x_1$           | ulazna varijabla neizrazitog sustava zaključivanja  |
| $x_{1max}$      | maksimalna vrijednost ulazne varijable $x_1$  |
| $\mu(x_1)$      | funkcija pripadnosti ulazne varijable $x_1$   |
| $x_2$           | ulazna varijabla neizrazitog sustava zaključivanja  |
| $x_{2max}$      | maksimalna vrijednost ulazne varijable $x_2$  |
| $\mu(x_2)$      | funkcija pripadnosti ulazne varijable $x_2$   |
| $x_3$           | ulazna varijabla neizrazitog sustava zaključivanja  |
| $\mu(x_3)$      | funkcija pripadnosti ulazne varijable $x_2$   |
| $\mu(y_{k_m})$  | funkcija pripadnosti izlazne varijable $y_{k_m}$  |
| $y_p$           | izlazna varijabla neizrazitog sustava zaključivanja (preporuka sljedećeg koraka u učenju)   |
| $\mu(y_p)$      | funkcija pripadnosti izlazne varijable $y_p$  |
| $nz_{s_d p_h}$  | ukupni broj zadataka koje je student $s_d$ rješavao na predmetu $p_h$ ,   |
| $pnz_{TA_g}$    | prosječni broj rješavanih zadataka u provjeri $TA_g$  |
| $pnz_{p_h}$     | prosječni broj rješavanih zadataka na razini predmeta $p_h$   |



## ŽIVOTOPIS

Gordan Đurović rođen je 25. travnja 1971. godine u Rijeci. Nakon završetka osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja (CZKUOIK – smjer matematičko-informatički) 1990. godine upisuje Fakultet elektrotehnike i računarstva na Sveučilištu u Zagrebu. Na trećoj godini studija upisuje smjer Automatika na kojem je i diplomirao 1997. godine s temom „Neizraziti regulator po varijablama stanja“. Iste godine upisuje poslijediplomski znanstveni magistarski studij na Fakultetu elektrotehnike i računarstva koji završava 2001. godine obranivši rad na temu „Primjena Petrijevih mreža i Graficeta u sustavima upravljanja osobnim dizalima“.

Od 1997. do 2018. godine zaposlen je na Odsjeku za politehniku Filozofskoga fakulteta Sveučilišta u Rijeci. Tijekom rada na Filozofskom fakultetu prvo u suradničkom a zatim u nastavnom zvanju predavača i višeg predavača radio je na osmišljavanju, organizaciji i izvođenju nastave (predavanja, auditornih i laboratorijskih vježbi) iz predmeta Elektrotehnika 1 i 2, Elektronika 1 i 2, Automatika, Osnove umjetne inteligencije, Mobilna robotika i E-učenje kroz PowerPoint. 2008. godine osniva i vodi *Laboratorij za elektrotehniku, elektroniku i automatiku*, te uspostavlja suradnju s nizom privatnih tvrtki i visokoškolskih institucija u Republici Hrvatskoj. Kroz rad laboratorija organizira edukacije studenata iz korištenja aktualnih tehnologija (optičke tehnologije, PLC-ovi, mobilna robotika i sl.) uz omogućavanje stjecanja svjetski priznatih certifikata, kao i izradu diplomskih i završnih radova u suradnji s drugim visokoškolskim institucijama. Od 2010. do 2018. godine član je uprave Filozofskoga fakulteta u Rijeci na funkciji Prodekana za poslovne odnose. Tijekom tri uzastopna mandata organizirao je i provodio suradnje s drugim visokoškolskim ustanovama i poslovnim subjektima, te upravljao financijskom konsolidacijom poslovanja Fakulteta kao institucije u sustavu proračuna Republike Hrvatske. Od 2018. godine zaposlen je na Sveučilištu u Rijeci, te kao Rukovoditelj sveučilišnog kampusa radi na organizaciji i optimizaciji poslovanja, profesionalizaciji organizacije rada te osiguravanja financijskih sredstava za funkcioniranje svih objekata na Sveučilišnom kampusu.

Poslijediplomski doktorski studij Informatika, modul Informatički sustavi upisuje 2015. godina na Fakultetu informatike i digitalnih tehnologija Sveučilišta u Rijeci.

Aktivno je sudjelovao u realizaciji znanstvenih projekata financiranih od strane MZOS-a te Sveučilišta u Rijeci u svojstvu suradnika/istraživača na projektu. Tijekom profesionalne karijere sudjelovao je na brojnim međunarodnim znanstvenim skupovima te je objavio više znanstvenih i stručnih radova (samostalno ili u koautorstvu) proizašlih iz rada na znanstvenim projektima na kojima je sudjelovao. U nastavku slijedi popis znanstvenih projekata te objavljenih radova.

Znanstveni projekti:

- od 2019. do 2020., Fakultet informatike i digitalnih tehnologija „*Digitalne igre u kontekstu učenja, poučavanja i promicanja inkluzivnog obrazovanja*“ (unirdrust-18-130), Voditeljica projekta: prof. dr. sc. Nataša Hoić-Božić

- od 2017. do 2019., Fakultet informatike i digitalnih tehnologija „Podrška vrednovanju znanja iz STEM područja u sustavu preporučivanja ELARS“ (17.14.2.2.02), Voditeljica projekta: doc. dr. sc. Martina Holenko Dlab
- od 2014. do 2017., Fakultet informatike i digitalnih tehnologija „Sustav preporučivanja za računalom podržano učenje“ (13.13.1.3.05), Voditeljica projekta: prof. dr. sc. Nataša Hoić-Božić
- od 2007. do 2012., Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu „Napredne strategije upravljanja i estimacije u složenim sustavima“ (036-0361321-3012), Voditelj projekta: prof. dr. sc. Nedjeljko Perić
- od 2007. do 2012., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci „Otvoreno tržište i nove tehnologije u procesnom informacijskom sustavu elektroenergetskog sustava“ (069-0361557-1615), Voditelj projekta: prof. dr. sc. Juraj Šimunić
- od 2002. do 2006., Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu „Napredne strategije upravljanja složenim sustavima“ (0036017), Voditelj projekta: prof. dr. sc. Nedjeljko Perić
- od 2002. do 2006., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci „Procesni informacijski sustav dereguliranog elektroenergetskog sustava“ (0069013), Voditelj projekta: prof. dr. sc. Juraj Šimunić

Objavljeni radovi:

1. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Exploring the effectiveness of continuous online summative assessment in a vocational STEM course*, Journal of the Polytechnic of Rijeka, Vol. 10, 2022. pp. 73-90, DOI: 10.31784/zvr.10.1.5
2. **Gordan Đurović**, *Continuous Summative Assessment Sessions as a Motivational Tool for STEM students: a Case study*, in the Proceedings of the 43<sup>rd</sup> International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO2020), 28 September -2 October 2020., Opatija, Croatia, pp. 672-676, DOI: 10.23919/MIPRO48935.2020.9245384
3. Martina Holenko Dlab, **Gordan Đurović**, Nataša Hoić-Božić, Ivica Botički, *Support for knowledge assessment in STEM education usign ELARS recommender system*, in the Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on e-Learning, 26 - 27 September 2019., Belgrade, Serbia, pp. 55-59
4. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Continuous Aummtive Aessment Sessions in Vocational STEM Education*, in the Proceedings of the XIV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE2020), 8 - 10 July 2020., Porto, Portugal, pp. 287-292, DOI: 10.1109/TAEE46915.2020.9163777

5. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Online sustav za vrednovanje znanja u STEM obrazovanju*, Infotrend, Vol. 213/Q4, 2019., pp. 42-45
6. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Research on the Use of Digital Tools by STEM students at the University of Rijeka*, TEM Journal, Vol. 8, No. 2, May 2019., DOI: 10.18421/TEM82-43
7. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *A Model of an Online Evaluation System for STEM Education*, in the Proceedings of the 42<sup>nd</sup> International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO2019), 20 - 24 May 2019., Opatija, Croatia, pp. 785-788, DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756675
8. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Obrazovni sustavi preporučivanja: pregled stanja sa smjernicama za daljnja istraživanja i razvoj*, Croatian Journal of Education, Vol. 20., No. 2, 2018., pp. 531-560, DOI: 10.15516/cje.v20i2.2659
9. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, *Motivating STEM Students to use Web 2.0 Tools for Learning: a Case Study* in Proceedings of the International conference on information management and processing (ICIMP2018), 12 - 14 January 2018., London, United Kingdom, pp. 140-144, DOI: 10.1109/ICIMP1.2018.8325856
10. **Gordan Đurović**, Martina Holenko Dlab, Nataša Hoić-Božić, „Using Recommender System to motivate Electrical Engineering Course Students to use Web 2.0 tools in their learning process, International conference on E-learning, 8 - 9 September 2016. Bratislava, Slovakia, pp. 189-194.
11. **Gordan Đurović**, Marija Ivanović: *Model for enhanced learning through the use of three difficulty levels in e-learning courses*, in Proceedings of the 33<sup>rd</sup> International convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO2010), Conference on Computers in education, pp. 24 - 28 May 2010., Opatija, Croatia
12. **Gordan Đurović**, Marijana Živić Đurović; *Implementing cognitive theory of multimedia learning in existing academic programs*, Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments, 6 - 9 April 2010., Dublin, Ireland, DOI: 10.1109/TEE.2010.5508949
13. **Gordan Đurović**, Marija Ivanović; *The reduction of system response overshoot through adjustment of PI controller's parameters*, The 20th DAAAM International Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on theory, practice and education", 25 - 28 November 2009., Vienna, Austria
14. Marijana Živić Đurović, Mira Morović, **Gordan Đurović**: *Analysis of the commercial quality for electricity grid users*, 19th DAAAM International Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Next

- Generation of Intelligent Systems and Solutions", 22 - 25 October 2008., Trnava, Slovakia
15. Ivan Mrakovčić, **Gordan Đurović**: *Computer Literacy*, in Proceedings of the 30<sup>th</sup> International Convention MIPRO 2007, 21 - 25 May 2007., Opatija, Croatia
  16. **Gordan Đurović**, Nedjeljko Perić: *Fuzzy sets with self-adjustable universes of discourse*, in Proceedings of the 12<sup>th</sup> IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON2004), 12 - 15 May 2004., Dubrovnik, Croatia, DOI: 10.1109/MELECON.2004.1346842
  17. **Gordan Đurović**, Nedjeljko Perić: *The use of grafcet in the development of a passenger-elevator communication system*, in Proceedings of the 10<sup>th</sup> Mediterranean Conference on Control and Automation (MED2002), 09 - 14 July 2002., Instituto Superior Técnico, Lisabon, Portugal,
  18. **Gordan Đurović**, Marijana Živić: *An approach in development of passenger-elevator communication system*, 12<sup>th</sup> DAAAM International Symposium: "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Precision Engineering", 24 - 27 October 2001., Jena, Germany
  19. Marijana Živić, Juraj Šimunić, **Gordan Đurović**: *Use of fault tree analysis for evaluation of the power station auxiliary DC system reliability*, 11<sup>th</sup> DAAAM International Symposium: "Intelligent Manufacturing & Automation: Man-Machine-Nature", 19 - 21 October 2000., Opatija, Croatia
  20. **Gordan Đurović**, Marijana Živić: *Actuator load reduction through separation of dynamic and static parts of control signal*, 11<sup>th</sup> DAAAM International Symposium: "Intelligent Manufacturing & Automation: Man-Machine-Nature", 19 - 21 October 2000., Opatija, Croatia

## **Popis privitaka**

- Privitak 1. Ak. god. 2017./18.: *Analiza poznavanja ishoda učenja među studentima upisanim na studijske programe u obrazovanju u STEM području*
- Privitak 2. Ak. god. 2018./19.: *Anonimni upitnik na kraju provođenja 1. DBR ciklusa istraživanja*
- Privitak 3. Ak. god. 2018./19.: *Anonimni upitnik na kraju provođenja 2. DBR ciklusa istraživanja*
- Privitak 4. Ak. god. 2019./20.: *Anonimni upitnik na kraju provođenja 3. DBR ciklusa istraživanja*
- Privitak 5. Ak. god. 2020./21.: *Anonimni upitnik na kraju provođenja 4. DBR ciklusa istraživanja*
- Privitak 6. Ak. god. 2021./22.: *Anonimni upitnik tijekom provođenja 5. DBR ciklusa istraživanja*
- Privitak 7. Ak. god. 2021./22.: *Anonimni upitnik na kraju provođenja 5. DBR ciklusa istraživanja*
- Privitak 8. Ak. god. 2022./23.: *Anonimni upitnik na kraju provođenja 6. DBR ciklusa istraživanja*

## Privitak 1. Ak. god. 2017./18.: Analiza poznavanja ishoda učenja među studentima upisanim na studijske programe u obrazovanju u STEM području

Poštovani/a, cilj je ovoga istraživanja istražiti korištenje ishoda učenja od strane studenata tijekom procesa učenja. Istraživanje je anonimno i provodi se primjenom upitnika koji se nalazi pred Vama. Prije odgovaranja na postavljena pitanja, molim Vas da križićem označite odabrane odgovore:

|                       |               |                          |           |                          |
|-----------------------|---------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| <b>Spol</b>           | M             | <input type="checkbox"/> | Ž         | <input type="checkbox"/> |
| <b>Vrsta studija</b>  | Sveučilišni   | <input type="checkbox"/> | Stručni   | <input type="checkbox"/> |
| <b>Razina studija</b> | Preddiplomski | <input type="checkbox"/> | Diplomski | <input type="checkbox"/> |
| <b>Godina studija</b> | 1             | 2                        | 3         | 1 2                      |
| <b>Naziv studija</b>  |               |                          |           |                          |

Zahvaljujemo Vam na vremenu i pomoći.

### UPITNIK – ISHODI UČENJA

- Jeste li čuli za pojam ishodi učenja i znate li što on znači?
  - Čuo/la sam i znam što znači
  - Čuo/la sam, ali nisam siguran/na što znači
  - Nisam čuo/la
- Znate li ima li studijski program na kojemu studirate određene ishode učenja za cjelokupni studij?
  - Znam da su određeni i znam navesti jedan \_\_\_\_\_
  - Znam da su određeni, ali ne znam navesti niti jedan
  - Ne znam jesu li određeni za moj studij
- Znate li koji su ishodi učenja određeni za predmet na kojemu trenutno imate predavanja?
  - Znam (navedite barem jedan) \_\_\_\_\_
  - Ne znam
- Jeste li upoznati koji se ishodi učenja provjeravaju pomoću pojedinih zadataka koje rješavate tijekom nastave (projekte, kolokviji, zadaće i sl.)?
  - Upoznat/a sam (navedite jedan) \_\_\_\_\_
  - Nisam upoznat/a
- Jeste li tijekom učenja, priprema za kolokvije ili ispite koristili popis ishoda učenja kao informaciju o tome što se od Vas na ispitu/kolokviju očekuje?
  - Koristio/la sam (navedite predmet) \_\_\_\_\_
  - Nisam koristio/la
- Jeste li tijekom dosadašnjega studiranja ikada dobili ili samostalno potražili informacije o ishodima učenja studija odnosno pojedinih predmeta (možete odabrati više ponuđenih odgovora)?
  - Upoznat/a sam službenim putem od strane profesora
  - Samostalno sam potražio/la informacije
  - Nisam dobio/la informacije službenim putem niti samostalno
- Jeste li pročitali izvedbeni plan i program predmeta na kojem trenutno imate predavanja?
  - Pročitao/la sam
  - Nisam pročitao/la
- Znate li da li su i na koji način ishodi učenja povezani s kriterijima ocjenjivanja Vašega rada na nekom od predmeta koji ste do sada slušali?

Znam (navedite predmet) \_\_\_\_\_   
Ne znam

9. Zna li gdje se mogu pronaći informacije o ishodima učenja za predmet na kojemu trenutno imate predavanja?

Znam (navedite gdje) \_\_\_\_\_   
Ne znam

10. Slažete li se s tvrdnjom da bi se zadaci i projekti koje rješavate trebali prilagoditi studentu/ici prema predznanju svakog studenta/ice ponaosob?

Uopće se ne slažem   
Umjereno se slažem   
U potpunosti se slažem

## Privitak 2. Ak. god. 2018./19.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 1. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 22 pitanja. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

- Jeste li u pripremi za pisanje 1. kontrolne zadaće iskoristili dobivenu mogućnost korištenja sustava?
  - DA, iskoristio/la sam mogućnost te sam se ulogirao/la u sustav
  - NE, nisam iskoristio/la mogućnost te se nisam ulogirao/la u sustav
- U pripremi za pisanje 1. kontrolne zadaće rješavao/la sam zadatke koje mi je sustav nudio.
  - DA, pokušao/la sam riješiti bar jedan zadatak.
  - NE, nisam pokušao/la riješiti niti jedan zadatak.

**NAPOMENA: Ukoliko ste na prva dva pitanja odgovorili DA prijedite na pitanje broj 3. U protivnom, ukoliko ste na jedno od pitanja odgovorili NE, molimo Vas da preskočite na pitanje broj 20.**

Molimo Vas da na pitanja od broja 3 do broja 17 odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem
- 2 - djelomično se NE slažem
- 3 - niti se slažem niti se ne slažem
- 4 - djelomično se slažem
- 5 - u potpunosti se slažem

|     |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 3.  | Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4.  | Upute za korištenje sustava su korisne i razumljive.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.  | Nisam imao/la problema prilikom logiranja u sustav.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.  | Sučelje sustava je bilo jednostavno za korištenje.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Navigacija unutar sustava je bila jednostavna za korištenje.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.  | Rješavanje zadataka u sustavu je korisno za pripremu za kontrolne zadaće.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.  | Prikaz zadataka (teksta i slike) u sustavu je pregledan i jasan.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Prikaz međurezultata i rezultata u sustavu je precizno i jasno izveden.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Mogućnost rješavanja zadataka u sustavu pozitivno je utjecalo na moju motiviranost za učenje.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Korištenjem sustava tijekom pripreme za pisanje kontrolne zadaće riješio sam više zadataka nego što bih inače riješio.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13. | Sustav mi je na jasan način označio koje sam međurezultate/rezultate točno riješio/la.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. | Rješavajući zadatke u sustavu prije kontrolne zadaće sam stekao dobar uvid u to koje dijelove gradiva sam savladao/la a koje još moram ponoviti.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. | Osim potvrde o točnosti upisanih traženih međurezultata/rezultata bilo bi korisno da mi sustav prikaže i nivo na kojem sam usvojio/la dijelove gradiva koji se pojedinim zadatkom provjeravaju (npr. djelomično, nedovoljno). | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16. | Ponovo ću koristiti sustav u pripremi za 2. kontrolnu zadaću.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |



|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 17. | Preporučio bih korištenje sustava mojim kolegama/icama za pripremu za pisanje kontrolnih zadaća. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|--|---|---|---|---|---|

18. Za koje od sljedećih funkcionalnosti koje se mogu nadograditi u sustavu mislite da bi Vam mogle pomoći u učenju (možete odabrati više odgovora)?

- Preporučivanje online pisanih i/ili video materijala za učenje dijelova gradiva
- Preporučivanje kolega/ica za zajedničko učenje dijelova gradiva
- Preporučivanje kolega/ica koji bi Vam mogli pružiti tutorsku pomoć pri učenju
- Preporučivanje jednostavnih zadataka koji koriste digitalne alate (npr. YouTube, Wikispaces, SlideShare i sl.) za učenje dijelova gradiva
- Niti jedno od predloženoga

19. Ukoliko imate sugestije za poboljšanja u radu sustava (npr. koje biste dodatne povratne informacije od sustava željeli dobiti), molimo Vas da ih navedete:

---



---



---



---



---

**↓↓↓↓↓ ISPUNJAVAJU STUDENTI KOJI SU NA 1. I 2. PITANJE ODGOVORILI NEGATIVNO ↓↓↓↓↓**

20. Odaberite razlog zbog kojega niste koristili mogućnost rada sa sustavom?

- Smatram da mi takva pomoć nije potrebna
- Nisam zainteresiran/na za korištenje takvih sustava
- Pripremam se za kontrolne zadaće koristeći drugačije metode i materijale

21. Jeste li razgovarali s kolegama/icama koji su koristili sustav o njihovim iskustvima u radu sa sustavom?

- Razgovarao/la sam
- Nisam razgovarao/la

22. Biste li pokušali koristiti sustav temeljem preporuke Vaših kolega/ica koji su ga ranije koristili?

- Pokušao/la bih koristiti sustav
- Možda bih pokušao/la koristiti sustav
- Ne bih pokušao/la koristiti sustav

### Privitak 3. Ak. god. 2018./19.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 2. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 21 pitanje. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

1. Jeste li se prije pisanja 2. kontrolne zadaće prijavili (logirali) u sustav?

DA, iskoristio/la sam mogućnost te sam se ulogirao/la u sustav

NE, nisam iskoristio/la mogućnost te se nisam ulogirao/la u sustav

2. Jeste li u pripremi za pisanje 2. kontrolne zadaće rješavali zadatke koje Vam je sustav nudio?

DA, pokušao/la sam riješiti bar jedan zadatak.

NE, nisam pokušao/la riješiti niti jedan zadatak.

**NAPOMENA: Ukoliko ste na prva dva pitanja odgovorili DA prijedite na pitanje broj 3. U protivnom, ukoliko ste na barem jedno od ovih pitanja odgovorili NE, molimo Vas da preskočite na pitanje broj 17.**

3. Jeste li koristili sustav i za pripremu za 1. kontrolnu zadaću?

DA, koristio/la sam sustav za pripremu za obje kontrolne zadaće.

NE, nisam koristio/la sustav za pripremu za 1. kontrolnu zadaću, ali sam ga koristio/la za pripremu za 2. kontrolnu zadaću.

Molimo Vas da na pitanja od broja 3 do broja 16 odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem
- 2 - djelomično se NE slažem
- 3 - niti se slažem niti se ne slažem
- 4 - djelomično se slažem
- 5 - u potpunosti se slažem

|     |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 4.  | Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.  | Rješavanje zadataka u sustavu mi je pomoglo u pripremi za pisanje 2. kontrolne zadaće.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.  | Mogućnost rješavanja zadataka u sustavu pozitivno je utjecalo na moju motiviranost za učenje.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Korištenjem sustava tijekom pripreme za pisanje kontrolne zadaće riješio sam više zadataka nego što bih inače riješio.                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.  | Prikaz međurezultata i rezultata u sustavu je precizno i jasno izveden.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.  | Sustav mi je na jasan način označio koje sam međurezultate/rezultate točno riješio/la.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Prikaz točnih rezultata uz rezultate koja sam pogrešno izračunao/la mi je pomogao u pripremi za pisanje 2. kontrolne zadaće.                        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Tijekom pripreme za pisanje 2. kontrolne zadaće više sam puta rješavao/la iste zadatke koristeći se mogućnošću da ih u sustavu ponovo pogledam.     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Rješavajući zadatke u sustavu prije kontrolne zadaće sam stekao/la dobar uvid u to koje dijelove gradiva sam savladao/la a koje još moram ponoviti. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 13. | Prikaz poznavanja koncepata unutar pojedine teme mi je pomogao da se fokusiram na dijelove gradiva u kojima sam ostvario/la slabije rezultate. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. | Želio/la bih ponovo koristiti sustav na kolegijima koje ću u sljedećoj godini studija upisati.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. | Preporučio bih korištenje sustava mojim kolegama/icama za pripremu za pisanje kontrolnih zadaća.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

16. Ukoliko imate sugestije za poboljšanja u radu sustava (npr. koje biste dodatne povratne informacije od sustava željeli dobiti), molimo Vas da ih navedete:

---



---



---



---

17. Jeste li u upitniku nakon 1. kontrolne zadaće navela neke sugestije za poboljšanje rada sustava i jesu li one uvažene na zadovoljavajući način?

---



---

↓↓↓↓ **ISPUNJAVAJU STUDENTI KOJI SU NA 1. i/ili 2. PITANJE ODGOVORILI NEGATIVNO** ↓↓↓↓

18. Jeste li koristili sustav u pripremi za pisanje 1. kontrolne zadaće?  
 Koristio/la sam sustav tijekom pripreme za pisanje 1. kontrolne zadaće   
 Nisam koristio/la sustav niti tijekom pripreme za pisanje 1. kontrolne zadaće
19. Odaberite razlog zbog kojega niste koristili mogućnost rada sa sustavom?  
 Smatram da mi takva pomoć nije potrebna   
 Nisam zainteresiran/na za korištenje takvih sustava   
 Pripremam se za kontrolne zadaće koristeći drugačije metode i materijale
20. Jeste li razgovarali s kolegama/icama koji su koristili sustav o njihovim iskustvima u radu sa sustavom?  
 Razgovarao/la sam   
 Nisam razgovarao/la
21. Biste li pokušali koristiti sustav temeljem preporuke Vaših kolega/ica koji su ga ranije koristili?  
 Pokušao/la bih koristiti sustav   
 Možda bih pokušao/la koristiti sustav   
 Ne bih pokušao/la koristiti sustav

## Privitak 4. Ak. god. 2019./20.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 3. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 13 pitanja. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

Molimo Vas da na pitanja od broja odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem  
 2 - djelomično se NE slažem  
 3 - niti se slažem niti se ne slažem  
 4 - djelomično se slažem  
 5 - u potpunosti se slažem

|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 1.  | Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom ELARS.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.  | Za polaganje ispita i kontrolnih zadaća se uglavnom počnem pripremati neposredno pred termin ispita ili kontrolnih zadaća.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.  | Mogućnost polaganja dijela sadržaja svaki tjedan motiviralo me je na kontinuirano učenje tijekom semestra.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4.  | Mogućnost da dva puta polažem isti dio sadržaja više mi je odgovarala nego kada tu mogućnost imam samo jednom (kao kod klasičnih kontrolnih zadaća).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.  | Koristio/la sam mogućnost pripreme za tjedno polaganje dijela gradiva rješavajući dostupne zadatke za pripremu u sustavu.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.  | Koristeći <i>online</i> sustav u pripremi za kontrolnu zadaću riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Koristeći sustav u pripremi za tjedno polaganje dijela sadržaja riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.  | Rješavajući zadatke u sustavu prije tjednog polaganja dijela sadržaja stekao/la sam dobar uvid u to koje dijelove gradiva sam savladao/la a koje još moram ponoviti.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.  | Povratne informacije o točnosti rješenja koje sam unosio/la u sustav tijekom pripreme za tjedno polaganje dijela sadržaja pomogle su mi da fokusiram svoje učenje na dijelove sadržaja koje sam dodatno morao/la usvojiti. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Tijekom pripreme za tjedno polaganje dijela sadržaja više sam puta rješavao iste zadatke u sustavu koristeći se mogućnošću da ih ponovo pogledam.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Tjedno polaganje jednog zadatka mi više odgovara od polaganja više zadataka u obliku kontrolnih zadaća (npr. dvije kontrolne zadaće u semestru).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Preporučio/la bih korištenje <i>online</i> sustava za pripremu za pisanje kontrolne zadaće svojim kolegama/icama.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

13. Ukoliko imate sugestije za poboljšanja u radu sustava molimo Vas da ih navedete:

---



---

## Privitak 5. Ak. god. 2020./21.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 4. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 13 pitanja. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

Molimo Vas da na pitanja od broja odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem
- 2 - djelomično se NE slažem
- 3 - niti se slažem niti se ne slažem
- 4 - djelomično se slažem
- 5 - u potpunosti se slažem

|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 1.  | Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom ELARS.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.  | Za polaganje ispita i kontrolnih zadaća se uglavnom počnem pripremati neposredno pred termin ispita ili kontrolnih zadaća.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.  | Mogućnost polaganja dijela sadržaja svaki tjedan motiviralo me je na kontinuirano učenje tijekom semestra.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4.  | Mogućnost da dva puta polažem isti dio sadržaja više mi je odgovarala nego kada tu mogućnost imam samo jednom (kao kod klasičnih kontrolnih zadaća).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.  | Koristio/la sam mogućnost pripreme za tjedno polaganje dijela gradiva rješavajući dostupne zadatke za pripremu u sustavu.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.  | Koristeći <i>online</i> sustav u pripremi za kontrolnu zadaću riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Koristeći sustav u pripremi za tjedno polaganje dijela sadržaja riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.  | Rješavajući zadatke u sustavu prije tjednog polaganja dijela sadržaja stekao/la sam dobar uvid u to koje dijelove gradiva sam savladao/la a koje još moram ponoviti.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.  | Povratne informacije o točnosti rješenja koje sam unosio/la u sustav tijekom pripreme za tjedno polaganje dijela sadržaja pomogle su mi da fokusiram svoje učenje na dijelove sadržaja koje sam dodatno morao/la usvojiti. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Tijekom pripreme za tjedno polaganje dijela sadržaja više sam puta rješavao iste zadatke u sustavu koristeći se mogućnošću da ih ponovo pogledam.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Tjedno polaganje jednog zadatka mi više odgovara od polaganja više zadataka u obliku kontrolnih zadaća (npr. dvije kontrolne zadaće u semestru).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Preporučio/la bih korištenje <i>online</i> sustava za pripremu za pisanje kontrolne zadaće svojim kolegama/icama.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

13. Ukoliko imate sugestije za poboljšanja u radu sustava molimo Vas da ih navedete:

---



---

## Privitak 6. Ak. god. 2021./22.: Anonimni upitnik tijekom provođenja 5. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 29 pitanja. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

Molimo Vas da na pitanja od broja odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem
- 2 - djelomično se NE slažem
- 3 - niti se slažem niti se ne slažem
- 4 - djelomično se slažem
- 5 - u potpunosti se slažem

| POZNAVANJE I KORIŠTENJE ISHODA UČENJA |  |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------|--|---|---|---|---|---|
| 1.                                    | Čuo/la sam za pojam ishod učenja i znam što on znači.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.                                    | Mogu navesti barem jedan ishod učenja za ovaj studijski program.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.                                    | Znam da postoje ali ne mogu navesti niti jedan ishod učenja za ovaj studijski program.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4.                                    | Mogu navesti barem jedan ishod učenja za predmet Elektroenergetske mreže.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.                                    | Znam da postoje ali ne mogu navesti niti jedan ishod učenja za predmet Elektroenergetske mreže.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.                                    | Znam koji se ishod učenja provjerava pomoću koje kontrolne zadaće.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.                                    | Tijekom učenja koristio/la sam preporuku s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja s ciljem razumijevanja što me na kontrolnoj zadaći očekuje.         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.                                    | S ishodima učenja upoznat/a sam od strane predmetnog nastavnika.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.                                    | Samostalno sam potražio/la informaciju o ishodima učenja za predmet Elektroenergetske mreže.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10.                                   | Pročitao/la sam izvedbeni plan i program predmeta Elektroenergetske mreže.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11.                                   | Znam na koji su način ishodi učenja povezani s kriterijima kojima se vrednuje moj rad na predmetu.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12.                                   | Znam gdje mogu pronaći informaciju o ishodima učenja na predmetu Elektroenergetske mreže.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| RAD SA SUSTAVOM ELARS                 |  |   |   |   |   |   |
| 13.                                   | Pročitao/la sam upute o radu sa sustavom.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14.                                   | Iskoristio/la sam mogućnost korištenja sustava u pripremi za 1. kontrolnu zadaću.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15.                                   | Rješavajući zadatke u sustavu prije kontrolne zadaće stekao/la sam dobar uvid u to koje dijelove gradiva sam savladao/la a koje još moram dodatno naučiti. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16.                                   | Mogućnost rješavanja zadataka u sustavu je pozitivno utjecala na moju motivaciju da vježbam zadatke kako bi se pripremio/la za kontrolnu zadaću.           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

|     |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 17. | Koristeći sustav u pripremi za ovu kontrolnu zadaću riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18. | Sustav sam koristio/la na zamišljeni način rješavajući zadatke unutar sustava.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. | Izvukao/la sam zadatke iz sustava te sam ih rješavao/la izvan sustava.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20. | Za pisanje 1. kontrolne zadaće pripremao/la sam se samostalno.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 21. | Za pisanje 1. kontrolne zadaće pripremao/la sam se zajedno s drugim kolegama/icama.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 22. | Koristio/la sam preporuku o mojim stilovima učenja prilikom pripreme za pisanje kontrolne zadaće.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 23. | Prilikom pripreme za pisanje kontrolne zadaće koristio/la sam preporuku o tome koji su od mojih kolega/ica po stilu učenja meni najbliži.           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24. | Odlučio/la sam se na zajednički rad s kolegama/icama koristeći preporuku o sličnosti naših stilova učenja koje mi je prikazao <i>online</i> sustav. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 25. | Za zajednički rad odabirem kolege/ice s kojima sam inače povezan/a neovisno o sličnosti naših stilova učenja.                                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 26. | Tijekom učenja sam koristio/la pisane online materijale o konceptima (PDF fileovi) koji su dostupni u sustavu.                                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 27. | Planiram koristiti sustav u pripremi za 2. kontrolnu zadaću.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28. | Preporučio/la bih korištenje sustava za pripremu za pisanje kontrolne zadaće svojim kolegama/icama.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

29. Ukoliko imate sugestije za poboljšanja u radu sustava molimo Vas da ih navedete:

---



---



---



---

## Privitak 6. Ak. god. 2021./22.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 5. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 20 pitanja. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

Molimo Vas da na pitanja od broja odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem
- 2 - djelomično se NE slažem
- 3 - niti se slažem niti se ne slažem
- 4 - djelomično se slažem
- 5 - u potpunosti se slažem

|     |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1.  | Pročitao/la sam upute o radu sa sustavom.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.  | Iskoristio/la sam mogućnost korištenja sustava u pripremi za 2. kontrolnu zadaću.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.  | Rješavajući zadatke u sustavu prije kontrolne zadaće stekao/la sam dobar uvid u to koje dijelove gradiva sam savladao/la a koje još moram dodatno naučiti.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4.  | Mogućnost rješavanja zadataka u sustavu pozitivno je utjecala na moju motivaciju da vježbam zadatke kako bi se pripremio/la za kontrolnu zadaću.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.  | Koristeći sustav u pripremi za ovu kontrolnu zadaću riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio/la inače (bez korištenja sustava).  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.  | Tijekom učenja koristio/la sam preporuku s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja s ciljem razumijevanja što me na kontrolnoj zadaći očekuje.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Na osnovu preporuke s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao planirao/la sam daljnje korake u svojem učenju.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.  | Preporuka s prikazom trenutne usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka u sustavu s ciljem podizanja postotka usvojenosti ishoda učenja. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.  | Sustav sam koristio/la na zamišljeni način rješavajući zadatke unutar sustava.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Izvukao/la sam zadatke iz sustava te sam ih rješavao/la izvan sustava.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Za pisanje 2. kontrolne zadaće pripremao/la sam se samostalno.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Za pisanje 2. kontrolne zadaće pripremao/la sam se zajedno s drugim kolegama/icama.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13. | Koristio/la sam preporuku o mojim stilovima učenja prilikom pripreme za pisanje kontrolne zadaće.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. | Prilikom pripreme za pisanje kontrolne zadaće koristio/la sam preporuku o tome koji su od mojih kolega/ica po stilu učenja meni najbližiji.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. | Odlučio/la sam se na zajednički rad s kolegama/icama koristeći preporuku o sličnosti naših stilova učenja koje mi je prikazao <i>online</i> sustav.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |



|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 16. | Za zajednički rad odabirem kolege/ice s kojima sam inače povezan/a neovisno o sličnosti naših stilova učenja.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17. | Tijekom učenja sam koristio/la pisane online materijale o konceptima (PDF fileovi) koji su dostupni u sustavu. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18. | Preporučio/la bih korištenje sustava za pripremu za pisanje kontrolne zadaće svojim kolegama/icama.            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. | Želio/lja bih ponovo koristiti sustav u drugim predmetima.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

20. Ukoliko imate sugestije za poboljšanja u radu sustava molimo Vas da ih navedete:

---



---



---



---

## Privitak 7. Ak. god. 2022./23.: Anonimni upitnik na kraju provođenja 6. DBR ciklusa istraživanja

Poštovani/a, cilj je ovog upitnika prikupljanje povratnih informacija o Vašem iskustvu u radu sa sustavom ELARS. Istraživanje je anonimno, a upitnik ima ukupno 15 pitanja. Rezultati istraživanja biti će korišteni u svrhu poboljšanja sustava. Zahvaljujemo Vam na Vašem vremenu i pomoći.

Molimo Vas da na pitanja od broja odgovorite zaokruživanjem broja koji prema Vašem mišljenju i iskustvu u radu sa sustavom najviše odgovara istinitosti tvrdnje koja je navedena (prema sljedećem opisu):

- 1 - u potpunosti se NE slažem
- 2 - djelomično se NE slažem
- 3 - niti se slažem niti se ne slažem
- 4 - djelomično se slažem
- 5 - u potpunosti se slažem

|     |  |   |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 1.  | Pročitao/la sam upute za rad sa sustavom   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.  | Sustav je intuitivan i jednostavan za korištenje.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.  | Nisam imao većih problema u radu sa sustavom, a povremeni problemi su brzo otklanjani.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4.  | Preporučio bih korištenje <i>online</i> sustava svojim kolegama/icama.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5.  | Želio bih ponovo koristiti <i>online</i> sustav u drugim predmetima.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6.  | Obveza kontinuiranog rješavanja zadataka u svim sadržajima tijekom semestra je pozitivno utjecala na moju motiviranost za učenje.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.  | Koristeći <i>online</i> sustav riješio/la sam više zadataka nego što bih riješio inače (bez korištenja sustava).   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8.  | Kada mi je povremeno trebala pomoć kolega oko nejasnoća u sadržaju predmeta koristio sam informaciju o sličnosti po stilu učenja pri odabiru kolega koje sam zamolio za pomoć.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9.  | Kada mi je povremeno trebala pomoć kolega oko nejasnoća u sadržaju predmeta zamolio sam za pomoć kolege s kojima sam inače povezan (neovisno o njihovoj sličnosti po stilu učenja sa mnom).  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Preporuka sljedećeg koraka u učenju s povratnom informacijom o usvojenosti pojedinog koncepta koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka s ciljem podizanja postotka usvojenosti koncepta.           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Preporuke sljedećeg koraka u učenju koje mi je <i>online</i> sustav prikazivao pomogle su mi da odlučim o daljnjim koracima u učenju.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Koristio sam PDF materijale dostupne uz pojedine koncepte za učenje.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13. | Preporuka sljedećeg koraka u učenju s povratnom informacijom o usvojenosti ishoda učenja koju mi je <i>online</i> sustav prikazivao motivirala me je na daljnje rješavanje zadataka u sustavu s ciljem podizanja postotka usvojenosti ishoda učenja. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. | Rangiranje prema broju riješenih zadataka u odnosu na moje kolege motiviralo me je na rješavanje većeg broja zadataka i postizanje boljeg ranga.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. | Podsjetnici koje sam dobivao/la na e-mail o datumu do kada je pojedina provjera otvorena za rješavanje zadataka su mi pomogli da ne propustim riješiti zadatke u zadanom roku  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |