



INTELIGENTNI TUTORING SISTEM ZA OBUKU INŽENJERA SOFTVERA AN INTELLIGENT TUTORING SYSTEM FOR TRAINING SOFTWARE ENGINEERS

Luka Dorić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – U sklopu ovog rada je dizajniran i implementiran inteligentni tutoring sistem. Opisane su teorijske osnove na kojima se sistem zasniva, arhitektura sistema, empirijska evaluacija sistema kao i unapređenja koja nas čekaju u narednom periodu. Rezultat rada jeste platforma za učenje koja nosi naziv *Clean CaDET Tutor* koji se primenjuje na nekoliko predmeta na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu.

Ključne reči: *ITS, tutor, učenik, nastavnik, KLI.*

Abstract – *As part of the work, an intelligent tutor system was designed. The theoretical foundations on which the system is based, the architecture of the system, the empirical evaluation of the system as well as the improvements are described. The result of the work is a learning platform called Clean CaDET Tutor which is applied to several courses at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad.*

Keywords: *ITS, tutor, learner, teacher, KLI.*

1. UVOD

Obrazovanje je kroz istoriju tretiralo učenika ne kao pojedinca već kao grupu koju je potrebno naučiti gradivo sa ciljem da reše određene zadatke. Današnje prenošenje znanja se primenjuje kao i testovi za proveru prenetog znanja generalizovano na skup učenika koji dele istu učionicu.

Kako su se vremenom razvile nove tehnologije i elektronsko učenje (*engl. E-learning*) [2] pokazali smo da smo sposobni da znanje prenesemo i elektronskim putem. Elektronsko učenje kao rezultat integracije informacionih tehnologija i obrazovanja brzo je ovladalo svetom kao moćan medij učenja. Prema podacima [2] 99% visokoškolskih ustanova ima sisteme za upravljanje učenjem (*engl. LMS – Learning Management System*) [3] i sve se više koriste u sklopu univerziteta. Ono što nam *LMS* pruža jeste serviranje materijala i praćenje rada učenika elektronskim putem. Svakako ni ovakvim pristupom prvobitni problem nije rešen, jer *LMS* ne podrazumeva da je učenje personalizovano i oblikovano prema pojedincu.

Savremena istraživanja iz oblasti elektronski podržanog učenja su usmerena na to da se elektronsko učenje putem *LMS-a* popne na lestvicu iznad. Cilj je da se postigne personalizovano učenje gde bi se pratio napredak i stanje učenika u određenoj oblasti. Na osnovu njegovog modela sistem servira odabrani materijal i zadatke kako bi optimizovao proces učenja. Grana istraživanja koja se bavi ovim

problemom razvija tzv. Inteligentne tutoring sisteme (*engl. Intelligent Tutoring System; ITS*) kako bi pružili učeniku personalizovano učenje u skladu sa njegovim performansama iz određene oblasti. Dakle treba napraviti razliku između grupe i pojedinca i posmatrati učenika individualno sa akcentom na njegovo trenutno znanje.

Rad je podeljen u pet poglavlja. U drugom poglavlju su opisane teorijske osnove na kojima se *Tutor* zasniva, u trećem poglavlju je predstavljena arhitektura sistema, u četvrtom empirijska evaluacija dok je peto poglavlje ostavljeno za diskusiju tj. metrike i tehnike koje su korišćene za evaluaciju *Tutora*.

2. TEORIJSKE OSNOVE

U ovom poglavlju biće predstavljene teorijske osnove na kojima se *Tutor* zasniva, što uključuje:

- generalni opis inteligentnih tutoring sistema,
- pomoću kakvog radnog okvira (*engl. Framework*) je *Tutor* modelovan.

2.1. Inteligentni tutoring sistemi

Inteligentni tutoring sistemi su sistemi bazirani na veštačkoj inteligenciji (*engl. AI-based computer system*) koji pružaju učeniku (*engl. Learner*) personalizovane instrukcije i povratne informacije (*engl. Feedback*) bez potrebe za intervencijama čoveka odnosno tradicionalnog učitelja (*engl. Human Teacher*) [4]. Cilj inteligentnog tutoring sistema je da pruži personalizovano podučavanje učeniku i da zameni generalizovanje u nastavi kako bi svakom učeniku pružio visokokvalitetno obrazovanje oblikovano na osnovu njegovih performansi iz određene oblasti [5].

2.2. KLI radni okvir

Osnova za domenski model oko kog je *Tutor* kao softver izgrađen jeste *Knowledge-Learning-Instruction (KLI)* radni okvir [6].

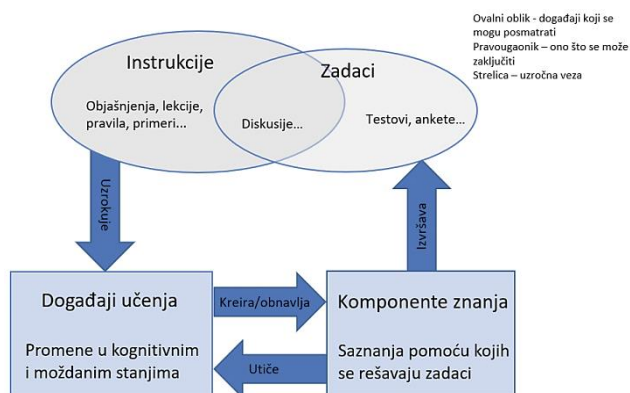
KLI specificira tri taksonomije - vrste znanja (*engl. Kinds of knowledge*), vrste procesa učenja (*engl. Kinds of learning processes*) i vrste izbora koje imamo u nastavi (*engl. Kinds of instructional choices*). Takođe definiše veze između njih, kako vrste znanja ograničavaju proces učenja i kako procesi učenja ograničavaju optimalne vrste izbora u nastavi kako bi se produkovalo robusno učenje. Učenje je robusno kada se znanje koje stičemo: ugo zadržava, odnosno sporo zaboravlja, primenjuje u novim kontekstima koje se razlikuju od konteksta prisutnih tokom učenja, ubrzava buduće učenje u novim kontekstima.

KLI radni okvir definiše skup događaja koji se mogu i koji se ne mogu direktno posmatrati – događaji učenja (*engl. Learning events*), instrukcije (*engl. Instructional events*) i zadaci (*engl. Assessment events*) (slika 2.1).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je bio doc. dr Nikola Luburić.

Od prethodno navedenih događaja instrukcije i zadaci su događaji koji se mogu posmatrati i na koje nastavnik ima direktnog uticaja. Događaji učenja predstavljaju promene u kognitivnim i moždanim stanjima koje ne možemo direktno posmatrati. Kao što se može videti na slici 2.1 u okviru KLI-a je prisutna i komponenta znanja (*engl. Knowledge Component*) koja je zadužena za opis delova saznanja.

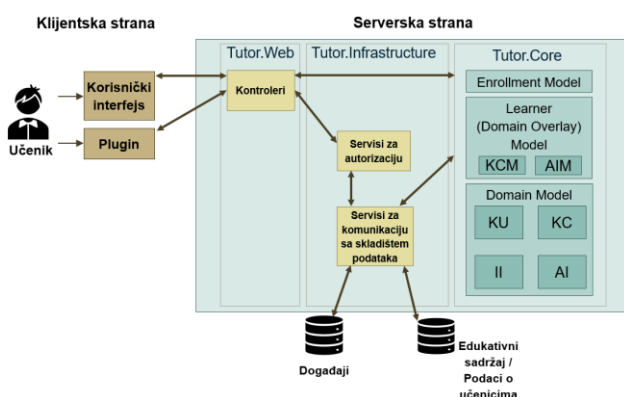


Slika 2.1 Model KLI radnog okvira

3. ARHITEKTURA SISTEMA

U ovom poglavlju biće opisana arhitektura *Tutor-a* i na koji način učenici interaguju sa njim.

Ekosistem *Tutor-a* sastoji se od klijentske i serverske strane. Klijentsku stranu čine korisnički interfejs (*engl. User interface*) i *plugin*. Serversku stranu čine projekti *Core*, *Infrastructure* i *Web* (slika 3.1).



Slika 3.1 Ekosistem *Tutor-a*

3.1. Serverska strana

Serverska strana je sačinjena od *Web*, *Infrastructure* i *Core* projekata. *Core* projekat sadrži svu poslovnu logiku i ne referencira preostala dva projekta. *Infrastructure* projekat sadrži sve pakete potrebne za integraciju sa skladištem podataka. Pored rada sa skladištem podataka ovaj projekat je zadužen i za bezbednost korisnika, odnosno za generisanje i validaciju *JSON Web Token-a* [7].

Tutor.Web projekat je zadužen za registraciju pristupnih tačaka (*engl. Endpoint*) *Tutor* projektima. Preko *Web* sloja *Tutor* klijentska strana (*engl. Frontend*) [8] komunicira sa serverskom stranom.

3.2. Klijentska strana

Klijentska strana sačinjena je od korisničkog interfejsa i *plugin-a*. Preko njih učenik interaguje sa *Tutor-om* tj. prolazi kroz gradivo, radi zadatke i prati statistike.

3.2.1 Korisnički interfejs

Korisnički interfejs je glavna veza između učenika i *Tutor-a*. Kroz njega učenik ima mogućnost da prolazi kroz gradivo, potom da radi zadatke i prati svoju statistiku i napredak.

3.2.2 Plugin

Kako u sklopu platforme postoje zadaci koji u sebe uključuju refaktorisanje koda kreiran je *plugin* za te potrebe [9]. Ideja je da učenici urade refaktorisanje koda na osnovu zadatka koji im je zadat i potom da ga pošalju platformi na evaluaciju kako bi nazad dobili odgovor da li su uradili sve što se očekuje od njih. Takođe u sklopu *plugin-a* učenici imaju mogućnost da zatraže smernice od platforme kako bi lakše rešili zadatak.

4. EVALUACIJA PLATFORME

U ovom poglavlju biće predstavljeni negativni efekti koji mogu biti izazvani kod učenika kroz njihov rad sa *ITS-om*. Potom će biti prikazani rezultati ankete koja je sastavljena da se ispituju određeni negativni efekti kod učenika. Anketa je sprovedena nad učenicima koji su aktivno koristili *Tutor-a* dva meseca kroz nastavu.

4.1. Neželjena ponašanja sistema

U procesu razvoja *ITS-a* obično se stremi ka tome da se optimizuju procesi ljudskog učenja. Pelánek ističe [10] da je korisnije izbegavanje neželjenih ponašanja sistema (*engl. Undesirable behavior*) nego traženje načina kako da optimizujemo učenje sve u cilju kako bi unapredili okruženje za učenje.

Prema Pelánek-u, poenta je detektovati ponašanja koja su očigledno pogrešna (*engl. Clearly wrong behavior*) ili propuštene prilike (*engl. Missing behavior*) u sistemu. Primeri pogrešnog ponašanja sistema su prihvatanje netačnog odgovora učenika ili prikazivanje loše smernice. Primeri propuštenih prilika su loša navigacija sistema gde učenik ne može da nađe materijale koji su mu potrebni. Dakle pod neželjena ponašanja bi se mogla podvesti pogrešna ponašanja i propuštene prilike sistema.

Ponašanje sistema je bilo koja akcija koja je vidljiva iz učenikove perspektive, dok je propuštena prilika neobavljena akcija. U ovom kontekstu pod pogrešno ponašanje se smatra onakvo ponašanje koje ima negativan uticaj na dugoročno učenje. Ovakav uticaj može prouzrokovati razna neželjena ponašanja poput nedovoljne motivacije, nepoverenja, neefektivnog učenja itd. Propuštena prilika je akcija koja bi unapredila dugotrajno učenje po malu cenu.

4.2. Defekti, neželjena ponašanja sistema i neželjeni efekti kod učenika

Neželjena ponašanja su ponašanja sistema koja će imati negativan uticaj na učenike. Kako bi napravio jasnu razliku između uzroka (*engl. Causes*) i efekata (*engl. Effects*) Pelánek ističe terminologiju koja se koristi u softverskom inženjerstvu kako bi se opisale softverske anomalije [10]. *IEEE* standard razlikuje defekte (*engl. Defects*), neuspehe (*engl. Failures*) i probleme (*engl. Problems*) [11] i definiše ih na sledeći način. Defekti su specifični nedostaci proizvoda (greška u kodu). Defekti mogu da prouzrokuju neuspehe, odnosno to je događaj kada proizvod nema željene akcije. Neuspesi obično vode ka problemu, što predstavlja negativna iskustva ljudi koji koriste proizvod.

Pelánek koristi naziv neželjeno ponašanja sistema umesto neuspeha, dok umesto problema koristi negativan efekat na učenike.

4.3. Negativni efekti kod učenika

Pomoću dobrog modela negativnih efekata lakše se može utvrditi koje akcije sistema (neželjena ponašanja sistema) su odgovorne za neželjene efekte kod učenika.

Uočeni negativni efekti kod učenika su sledeći: nepoverenje, nezainteresovanost, frustracija, neefektivno učenje, neefikasno učenje, demotivacija i nekompetentnost, neupotreba, zloupotreba i slabe performanse.

4.4. Anketa

Kako bi ispitali na koji način *Tutor* utiče na kognitivne procese učenika koji ga koriste sastavljena je anketa na osnovu gore opisanih negativnih uticaja na učenike [10]. Anketa je sprovedena nad učenicima koji su koristili *Tutor-a* dva meseca u učionicama u sklopu nastave. *Tutor-a* je na raspolaganju imalo 70 učenika od čega je na anketu odgovorilo 59 učenika. Anketa je sastavljena od da-ne pitanja, „Smatram da...” pitanja, gde student vrednuje slaganje sa tvrdnjom na Likert skali od 1 do 5 i pitanja u obliku slobodne forme.

Kako bi ispitali poverenje učenika kod korišćenja *Tutor-a* postavljena su sledeća pitanja „Smatram da je korisnički interfejs *Tutor-a* intuitivan i lak za korišćenje“, „Smatram da je *Tutor* pouzdan alat za učenje.“ i „Smatram da je gradivo kvalitetno, jasno i dobro pripremljeno.“.

Na prvo pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 45.8% učenika se potpuno slaže, 50.8% učenika se slaže, 3.4% učenika nema mišljenje.

Na drugo pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 50.8% učenika se potpuno slaže, 40.7% učenika se slaže, 8.5% učenika nema mišljenje.

Na treće pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 42.4% učenika se potpuno slaže, 47.5% učenika se slaže, 8.5% učenika nema mišljenje, 1.7% učenika se ne slaže.

Kako bi ispitali nezainteresovanost kod učenika prilikom korišćenja *Tutor-a* postavljena su sledeća pitanja: „Smatram da je ponuđeno gradivo dovoljno dobra priprema za zadatke.“, „Imao\la sam motivaciju prilikom rešavanja zadataka.“, „Bio\la sam fokusiran\la i angažovan\la u radu sa *Tutorom*.“, „Koristio\la bih *Tutora* i na drugim kursovima.“.

Na prvo pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 33.9% učenika se potpuno slaže, 42.4% učenika se slaže, 20.3% učenika nema mišljenje, 3.4% učenika se ne slaže.

Na drugo pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 40.7% učenika se potpuno slaže, 28.8% učenika se slaže, 18.6% učenika nema mišljenje, 6.8% učenika se ne slaže, 5.1% učenika se potpuno ne slaže.

Na treće pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 16.9% učenika se potpuno slaže, 49.2% učenika se slaže, 22% učenika nema mišljenje, 6.8% učenika se ne slaže, 5.1% učenika se potpuno ne slaže.

Na četvrto pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 28.8% učenika se potpuno slaže, 33.9% učenika se slaže, 16.9% učenika nema mišljenje, 13.6% učenika se ne slaže, 6.8% učenika se potpuno ne slaže.

Kako bi se ispitala prisutnost frustracije učenici su pitani da li smatraju da povratne informacije ili odgovori dobro

objašnjavaju rešenje zadatka. Učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 45.8% učenika se potpuno slaže, 42.4% učenika se slaže, 11.9% učenika nema mišljenje.

Kako bi ispitali neefektivno učenje postavljena su sledeća pitanja: „Da li si na neka pitanja odgovorio\la samo tako što si zapamtio\la tačne odgovore (bez razumevanja)?“, „Smatram da sam puno naučio\la kroz rad sa *Tutor-om*.“, „Uspeo\la sam da primenim znanje stečeno korišćenjem *Tutor-a* na unapređenje projektnog zadatka.“

Na prvo pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 79.7% učenika odgovorilo je potvrdno, 20.3% učenika odgovorilo je odrično.

Na drugo pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 35.6% učenika se potpuno slaže, 42.4% učenika se slaže, 20.3% učenika nema mišljenje, 1.7% učenika se ne slaže.

Na treće pitanje učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 64.4% učenika se potpuno slaže, 23.7% učenika se slaže, 11.9% učenika nema mišljenje.

Kako bi ispitali neefikasno učenje učenici su pitani da li im je tempo rada bio spor.

Učenici su odgovorili u sledećem odnosu: 3.4% učenika se potpuno slaže, 22% učenika se slaže, 33.9% učenika nema mišljenje, 32.2% učenika se ne slaže, 8.5% učenika se potpuno ne slaže.

5. DISKUSIJA

U okviru ovog poglavlja će biti sabrani predlozi učenika prikupljeni kroz anketu i platformu. Dalje na osnovu predloga i rezultata biće predstavljeni pravci u kojima će se *Tutor* kao softver razvijati i šta je na osnovu sprovedene ankete zaključeno. Na kraju biće opisana ograničenja koja smo imali u sklopu validacije platforme.

5.1. Unapređenja platforme

Na osnovu ankete i predloga učenika za unapređenje formiralo se nekoliko kategorija za unapređenje platforme: unapređenja vezana za upotrebljivost platforme, unapređenja vezana za nove funkcionalnosti i unapređenja vezana za sadržaj platforme. Konkretna unapređenja su sledeća: poboljšanje navigacije između zadataka i gradiva, unapređenje u boji i veličini delova teksta, samostalan odabir zadataka, pregled profila učenika gde bi mogao da prati svoj napredak, pristup beleškama na bilo kojoj stranici i održavanje trenutnog kvaliteta gradiva.

5.2. Ograničenja

U sklopu evaluacije platforme postoje određena ograničenja koja treba uzeti u obzir. Kao ograničenja izdvojeni su: uzorak studenata, rad u učionici uz pomoć asistenta, primena platforme na relativno mali broj predmeta.

Kod prvog ograničenja postoje dva podograničenja tj. mali broj učenika koji je koristio *Tutor-a* i činjenica da su to studenti koji su među boljima iz oblasti računarstva. Sa obzirom da je platformu koristilo 58 učenika u periodu od dva meseca a da je na anketu odgovorilo 36 učenika ne možemo sa sigurnošću da tvrdimo kakve bi rezultate dobili da se *Tutor* skalira na više studenata. Takođe ne znamo kako bi se učenici sa slabijim predznanjem snašli u korišćenju platforme.

Kod drugog ograničenja je naveden rad uz pomoć asistenta jer su učenici koristili *Tutor-a* uglavnom u kontrolisanim

uslovima u okviru učionice gde su na raspolaganju imali pomoć asistenta ukoliko dođe do određenih problema. Svakako ti nedostaci platforme odnosno situacije gde je asistent morao da pomogne učenicima mogu biti upotpunjeni u narednoj iteraciji korišćenja platforme.

Treće ograničenje se odnosi na usko gradivo koje je pokriveno. Za sada je *Tutor* korišćen samo u oblasti čistog koda. Postavlja se pitanje kako bi se pokazao u drugim oblastima računarstva ili generalno druge tematike i kako bi dizajneri kursa ili tradicionalni učitelji predstavili gradivo kroz *Tutor-a*.

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisana motivacija za izgradnju *ITS-a*. Opisan je tok razvoja obrazovanja do današnjeg vremena i razlozi zbog kojih bi imalo smisla da se softver poput *Tutor-a* uvede u svakodnevnu nastavu.

Potom su predstavljene teorijske osnove. Opisani su: inteligentni tutoring sistemi, elementi *KLI* radnog okvira na kojima se *Tutor* kao softver zasniva, na koji način se sistem prilagođava, kako se modeluju komponente znanja kako bi postigli robusno znanje kod učenika.

Opisana je ekosistem *Tutor-a* tj. delovi od kojih se sastoji sa akcentom na serversku stranu i njegovu arhitekturu. Detaljnije su predstavljani slojevi značajni za razvoj inteligentnih tutoring sistema.

Rad se zasniva na evaluaciji sistema tako da kroz rad učenika koji je trajao dva meseca uočimo koje su to slabe tačke *Tutor-a* koje bi mogle da prouzrokuju negativne efekte kod učenika. Na osnovu evaluacije platforme koja u sebe uključuje i konkretne kritike učenika plan je da se platforma unapredi za sledeću iteraciju korišćenja što ujedno predstavlja i budući rad. Po ugledu na određena istraživanja iz oblasti inteligentnih tutoring sistema izdvojili smo neke od najčešćih nepoželjnih ponašanja sistema koja izazivaju negativne efekte kod učenika. Na osnovu tih neželjenih efekata sastavljena je anketa kroz koju su učenici iskazali svoje mišljenje o *Tutoru*.

Takođe u sklopu rada su predstavljani i ograničenja koja smo imali prilikom evaluacije platforme. Kako bi prevazišli pomenuta ograničenja u budućem radu platforma će obuhvatiti širi skup učenika i druge domene podučavanja.

Svakako u budući rad se mogu podvesti i nove funkcionalnosti koje bi sistem mogao da pruži poput naloga za učitelje gde bi mogli da prate napredak svojih učenika u okviru kursa, praćenja emocija učenika, režim *Tutor-a* u kom bi učenici imali priliku da kolaborativno rešavaju zadatke.

7. LITERATURA

- [1] GitHub Clean-CaDET Tutor. [Na mreži] [Citirano: 17 5 2022.] <https://github.com/Clean-CaDET/tutor>.
- [2] *Evaluating E-learning systems success: An empirical study*. Al-Fraihat, D., Joy, M. and Sinclair, J. 2020, *Computers in Human Behavior*, 102, str. 67-86.
- [3] *Understanding Faculty Use of the Learning Management System*. Rhode, J., Richter, S., Gowen, P., Miller, T. and Wills, C. 2017, *Online Learning*, 21(3), str. 68-86.
- [4] Shute, V. and Towle, B. *Adaptive e-learning*. In *Educational psychologist*. 2018. str. 105-114.
- [5] *The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems*. VanLehn, K. 2011, *Educational psychologist*, 46(4), str. 197-221.
- [6] *The Knowledge-Learning-Instruction framework: Bridging the science-practice chasm to enhance robust student learning*. Koedinger, K.R., Corbett, A.T. and Perfetti, C. 2012, *Cognitive science*, 36(5), str. 757-798.
- [7] JWT. [Na mreži] [Citirano: 19 5 2022.] <https://jwt.io/introduction>.
- [8] GitHub. [Na mreži] [Citirano: 19 5 2022.] <https://github.com/Clean-CaDET/platform-tutor-ui-web>.
- [9] GitHub. [Na mreži] [Citirano: 19 5 2022.] <https://github.com/Clean-CaDET/platform-plugin-vscode>.
- [10] *Improving Learning Environments: Avoiding Stupidity Perspective*. Pelanek, R. and Effenberger, T. 2022, *IEEE Transactions on Learning Technologies*.
- [11] IEEE Standards Association - IEEE standard classification for software anomalies. [Na mreži] [Citirano: 22 5 2022.]

Kratka biografija:



Luka Dorić je rođen 16. juna 1998. godine u Novom Sadu, Republika Srbija. Godine 2017. upisao je Fakultet Tehničkih nauka u Novom Sadu smer Računarstvo i automatika. 2021. godine je diplomirao na osnovnim akademskim studijama i iste godine upisuje master akademske studije na smeru Računarstvo i automatika.