

Vrednovanje znanja u sustavima e-učenja korištenjem zadataka objektivnog tipa na kontroliranom prirodnom jeziku

Krešimir Rakić
kresimir.rakic@fsr.ba

Sažetak — Informacijska i komunikacijska tehnologija danas je gotovo nezaobilazan čimbenik u svim aspektima ljudskog života. Kada su funkcionalnosti primjene informacijske i komunikacijske tehnologije orijentirane na obrazovanje i posebice proces učenja i poučavanja tada zajedno tvore i posebnu obrazovnu paradigmu, paradigmu e-učenja. Vođeni ciljem implementiranja sustava e-učenja koji bi u procesu učenja i poučavanja bio neovisan o živom učitelju, posebnu pažnju usmjeravamo na vrednovanje znanja učenika. Kao instrument toga mjerenja odabrali smo zadatke objektivnog tipa, metodu objektivnog ispitivanja znanja koje maksimalno smanjuje utjecaj subjektivnih čimbenika koji ugrožavaju metrijske karakteristike vrednovanja znanja. Zbog nužne potrebe sporazumijevanje sustava i učenika, primarno kroz jezik, sustav mora biti u mogućnosti zadatke objektivnog tipa kao i eventualne komentare i preporuke koje daje učeniku na osnovu njegovih odgovora te razumjeti odgovore koje učenik daje. Zadaci objektivnog tipa čvrsto su oslonjeni na prirodni jezik, a njihov smisao i značenje znatno ovise o ispravnoj gramatičkoj strukturi. Zbog toga njihova upotreba, kao instrumenta za vrednovanje znanja u inteligentnim tutorskim sustavima, nužno iziskuje i prirodni jezik na kojem će se sustav temeljiti. U ovom se radu iznosi određene temeljne pojmove područja istraživanja. Kombinacija individualnog tutorskog pristupa poučavanju koje sustavi e-učenja nude i objektivnog vrednovanja iskazanog znanja učenika ostvarenog testiranjem pomoću zadataka objektivnog tipa donijet će dodatnu kvalitetu ovoj kategoriji obrazovnih alata.

Ključne riječi — informacijska i komunikacijska tehnologija, sustavi e-učenja, obrada prirodnog jezika, zadaci objektivnog tipa

Rad je DD.MM.YYYY. prihvatio povjerenstvu u sastavu red.prof. dr.sc. X Y, predsjednica; red.prof. dr.sc. Z T, mentor i doc. dr.sc. A B, član

Krešimir Rakić, student je poslijediplomskog studija „Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti“, usmjerenja Informatika pri Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Splitu.

I. UVOD

U posljednja tri desetljeća provedena su brojna istraživanja u području učenja i poučavanja s ciljem rješavanja problema koje je pred njih postavio Bloom [1]. Provedši opsežno istraživanje o različitim načinima poučavanja ustanovio je kako prosječan učenik koji uči uz pomoć tutora, posvećenog samo njemu, postiže bolji rezultat od 98% učenika koji su prisustvovali tradicionalnoj nastavi u učionici, odnosno rezultat koji je za dvije standardne devijacije σ bolji od prosječnog učenika u tradicionalnoj skupini.

Pronalaženje metode učenja i poučavanja u skupini koja će biti jednako učinkovita kao i jedan-na-jedan tutorski oblik poučavanja, koji je preskup da bi se primijenio na veći broj učenika, Bloom je nazvao 2 sigma problemom.

Mogući odgovor na ovo pitanje pruža nam nezaobilazan čimbenik suvremene ljudske svakodnevnice - informacijska i komunikacijska tehnologija (engl. *Information and Communication Technology* - ICT). ICT je danas duboko ukorijenjena u širok spektar djelatnosti čovjeka kao i aktivnosti koje on u njima obavlja. Njihov utjecaj je naročito izražen u procesu stjecanja znanja, vještina i sposobnosti, u sklopu nastavnog procesa.

Primjenom modernih tehnologija, njihovom sve nižom cijenom i sve širom dostupnošću, danas je moguće proces učenja i poučavanja osuvremeniti i oplemeniti novim značajkama, koje će podići njegovu učinkovitost i prilagoditi ga potrebama svakog pojedinog učenika, bez drastičnog povećanja troškova organiziranja i provođenja nastavnog procesa.

Kada su funkcionalnosti primjene ICT-a orijentirane na obrazovanje i proces učenja i poučavanja tada zajedno tvore i posebnu obrazovnu paradigmu, paradigmu e-učenja. Kroz svoju kratku, ali istovremeno i vrlo aktivnu povijest, e-učenje se razvija paralelno sa razvojem tehnologije telekomunikacija, tj. komunikacija i prijenosa informacija na daljinu [2]. Njen razvoj usko je povezan s razvojem računala, računalnih mreža i odgovarajućih rješenja programske podrške. Iako se početci razvoja e-učenja povezuju s komunikacijskom tehnologijom iz vremena sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća, tek je primjena osobnih računala iz devedesetih godina rezultirala povećanim interesom, entuzijazmom i uspjehom u

ovom području.

Posebnu pažnju obratit ćemo na dvije klase sustava e-učenje, sustave za upravljanje znanjem (engl. *Learning Management System* - LMS) i inteligentne tutorske sustave (engl. *Intelligent Tutoring Systems* - ITS).

Ukoliko želimo implementirati sustav koji će biti u potpunosti samostalan, bez uključivanja "živog" učitelja tada je u sustav e-učenja potrebno ugraditi i modul testiranja koji će provjeravati i vrednovati znanje koje je učenik stekao.

Osnovne metrijske karakteristike testa su: valjanost, pouzdanost, objektivnost, osjetljivost i baždarenost [3]. Drugi autori [4] navode i ekonomičnost kao jednu od metrijskih karakteristika.

Kao instrument vrednovanja znanja učenika koji će moći eliminirati, ili barem svesti na minimum, čimbenike koji ugrožavaju metrijske karakteristike vrednovanja odabrali smo zadatke objektivnog tipa (ZOT). Odgovori na ZOT-ove mogu biti jednoznačno interpretirani i objektivno vrednovani kao točni ili netočni.

Vrednovanje znanje u sustavima e-učenja uključuje sporazumijevanje sustava i učenika, primarno kroz jezik. Zbog toga sustav mora biti u mogućnosti da generira pitanja koja postavlja učeniku, ponuđene odgovore kao i motivirajuće povratne informacije koje daje učeniku na osnovu njegovih odgovora. Također mora razumjeti i odgovore koje učenik daje na postavljena pitanja. ZOT-ovi su čvrsto oslonjeni na prirodni jezik, a njihov smisao i značenje znatno ovise o ispravnoj gramatičkoj strukturi. Zbog toga njihova upotreba, kao instrumenta za vrednovanje znanja u sustavima e-učenja, nužno iziskuje i prirodni jezik na kojem će se sustav temeljiti.

Ukoliko se, zbog složenosti implementacija mehanizma obrade prirodnog jezika (engl. *Natural Language Processing* - NLP), koristi alternativni pristup konzervirane komunikacije u vidu skupa unaprijed definiranih modela pitanja i odgovora u koje se dodaju nazivi pojmova i odnosa između pojmova područnog znanja koje se poučava. Tako dobiveni tekst generiranih zadataka i ponuđenih odgovora biti će često gramatički neispravan, što učeniku može predstavljati problem pri njihovom razumijevanju.

Vođeni ovim činjenicama, usmjerili smo naše napore ka razvijanju programskog rješenja koje će upotpuniti postojeće sustave e-učenja komponentom vrednovanja znanja učenika, ostvarenog pomoću ZOT-ova pri čijem ćemo generiranju, kao i prilikom provjeravanja ispravnosti učenikovog odgovora, koristiti obradu prirodnog jezika koja će komunikaciju učenika i sustava učiniti prirodnijom i jednostavnijom.

Naš cilj uključuje potrebu za povezivanjem u skladnu cjelinu pojmova, metoda i tehnika iz oblasti računarstva i pedagogije. U tu svrhu najprije ćemo odrediti temeljne pojmove područja istraživanja.

Kratak pregled paradigme e-učenja, njenih prednosti i nedostataka, funkcionalnosti sustava e-učenja, kao i osvrt na istraživanja koja se bave e-učenjem dan je u drugom poglavlju.

U trećem poglavlju istražena je teorijska osnova

vrednovanja znanja učenika, uz poseban naglasak na faktore koji negativno utječu na nju, te se predlažu objektivna metoda vrednovanja koja bi spomenute faktore trebala neutralizirati.

Prirodni jezik, njegova obrada te posebno kontrolirani prirodni jezik obrađeni su u četvrtom poglavlju. Također je dan i osvrt na model testiranja znanja učenika koji koristi prirodni jezik.

U petom poglavlju opisano je istraživanje provedeno u cilju stjecanja iskustva u radu sa zadacima objektivnog tipa u okruženju sustava e-učenja, prikazani su dobiveni podaci i njihova analiza, te istaknuta pitanja koja su se pri tom pojavila.

Rad zaključujemo smjernicama daljnjeg istraživanja.

II. SUSTAVI E-UČENJA

Upotreba ICT-a u obrazovanju, pruža nam danas mogućnost da, uz prihvatljive troškove, osiguramo u realnom vremenu nastavu prilagodljivu potrebama učenika i u skladu sa ciljevima učenja i poučavanja.

Koncept e-učenja, uz primjenu suvremenih tehnoloških inovacija, pokazao se kao izrazito učinkovit. Njegove komparativne prednosti u odnosu na tradicionalno učenje su brojne [5], [6].

- Moderna e-učionica je otvorena 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu, uz globalnu mogućnost istovremenog pristupa većeg broja korisnika. Na taj način je omogućeno optimalno iskorištavanje vremena, kako učenika u procesu učenja, tako i stručnjaka područnog znanja prilikom modeliranja nastavnog sadržaja.
- Dinamika kretanja kroz nastavne sadržaje je individualizirana za svakog korisnika. Time je omogućeno da svaki učenik može napredovati svojim vlastitim tempom, bez negativnog utjecaja na ostale sudionike procesa.
- Oblikovanje i održavanje nastavnih sadržaja je fleksibilno, što znači da nastavnik može u svakom trenutku izmijeniti dio pripremljenih materijala, dodati nove bitne elemente ili ukloniti suvišne. Pri tome je od posebne važnosti činjenica da prikaz nastavnih sadržaja može uključivati hipermediju koja ostvaruje integraciju i pristup drugim izvorima bitnima za nastavni sadržaj koji se poučava.
- Rad svakog pojedinog učenika moguće je kontinuirano pratiti, ustanoviti vrijeme provedeno u procesu učenja, njegovo kretanje kroz sastavne elemente tečaja te na osnovu toga izvesti važne zaključke o njegovom načinu učenja kao i postignutoj razini znanja.
- Kod nekih oblika e-učenja omogućena je dinamička interakcija između nastavnika i učenika, kao i učenika međusobno. Svaki pojedini sudionik doprinosi dinamici postavljanjem pitanja, odgovaranjem na njih ili pokretanjem rasprave koja se tiče određene teme.

S druge strane, e-učenje ima i neke nedostatke [5], [6], [7].

- Ovakav tip učenja od učenika zahtijeva određena znanja i vještine kako bi se mogao s njime koristiti. U nedostatku određene razine računalne pismenosti,

nastavni sadržaji opisani u sustavu e-učenja postaju potpuno beskorisni.

- Bitno je da svaki od učenika ima potrebnu računalnu opremu kako bi u potpunosti iskoristio prednosti ovog tipa učenja.
- Eventualni tehnički problemi mogu dovesti do prekida u izvođenju ili dostupnosti e-nastave, te time negativno utjecati na koncentraciju učenika, a time i na kvalitetu cjelokupnog procesa e-učenja.
- Omogućavanje samostalnog određivanja načina i vremena učenja donosi učenicima i veću odgovornost za uspješnost procesa. Oni se tako sami moraju motivirati, procijeniti svoju potrebu za učenjem, što opet može dovesti do upitnih rezultata i objektivno slabog napretka u procesu učenja. Uspješnost e-učenja ovisi ponajviše o motivaciji pojedinca da učinkovito uči.

Kvaliteta e-učenja, kao i svakog oblika nastave, ovisi o kvaliteti nastavnog sadržaja i načina isporuke tog sadržaja. Nedostatci koji se javljaju unutar tradicionalne nastave kao što je monoton nastavni sadržaj koji učeniku ne pruža mogućnost aktivnog sudjelovanja u učenju, problem su i e-učenja. Tehnologija na koju se e-učenje naslanja može sadržavati različite oblike informacije i time se prilagođavati potrebama ili sklonostima učenika čineći pri tom proces učenja i poučavanja interaktivnijim i zanimljivijim

Kada se u svakodnevnoj komunikaciji spomene proces e-učenja, obično se pod tim podrazumijeva isključivo programska podrška za učenje. Međutim, to je samo jedan vrh ledenog brijega. U stvarnosti, ovaj pojam označava mnogo više. E-učenje predstavlja sveobuhvatni proces planiranja, metodološka razmatranja te na kraju razvoj nastavnih sadržaja specifičnih za ciljane grupe učenika ili nastavne predmete.

Ovaj proces uključuje aktivnosti izravno vezane za proces učenja i poučavanja, kao što su:

- izrada sadržaja za učenje u obliku lekcija i modula,
- definiranje navigacije kroz sadržaje, tj. njihov poredak u redosljedu primjerenom procesu učenja,
- definiranje provjera znanja, najčešće putem testova i kvizova,
- omogućavanje komunikacije putem računala koja dozvoljava učenicima i nastavnicima međusobnu privatnu ili javnu, te sinkronu ili asinkronu komunikaciju.

Osim gore navedenih aktivnosti potrebno je također osigurati i funkcionalnosti koje nisu izravno vezane uz procese prijenosa znanja:

- evidenciju sudionika sustava (učenika i učitelja),
- evidenciju predmeta zastupljenih nastavnim sadržajima,
- prijavu učenika na određene predmete
- kreiranje dozvola i korisničkih grupa
- izvještavanje o pohađanju nastave, napretku, statusu i rezultatima učenja,
- podršku pri izradi nastavnih materijala,
- vezu s poslovnim informacijskim sustavom institucije.

Nabrojene aktivnosti u mnogome nadilaze funkcije programske podrške za učenje, nego predstavljaju okosnicu puno šireg pojma: sustava e-učenja.

Na osnovi tradicionalnih načela učenja svaki sustav e-učenja trebao bi uključivati sljedeće funkcionalnosti, iako sve one nisu uvijek implementirane:

- oblikovanje, pospremanje i isporuku nastavnih sadržaja,
- upravljanje ili na višoj razini vođenje procesa učenja i poučavanja,
- administriranje sudionika (učenika, učitelja, stručnjaka područnog znanja).
- testiranje i vrednovanje znanja učenika.

Iz navedenog mogu se uočiti i osnovni sudionici sustava e-učenja: učenik, učitelj, stručnjak područnog znanja i administrator sustava. Kada bi u sustavu e-učenja bile implementirane sve navedene funkcionalnosti, takav sustav morao bi imati sljedeće komponente [8]:

- autorski alat za oblikovanje nastavnih sadržaja pojedinog tečaja, testova znanja koji će se provoditi tijekom izvedbe tečaja, foruma za raspravu sudionika tečaja i tome slično,
- komponentu za komunikaciju posredstvom računala, koja može biti realizirana u obliku diskusijskih foruma, sustava za razmjenu elektroničke pošte ili sobe za čavrljanje, te kao takva dopušta sudionicima privatnu, javnu te komunikaciju u prethodno definiranim grupama,
- navigacijski alat za kretanje unutar oblikovanog nastavnog sadržaja koji će omogućiti organiziranje sadržaja pojedinog predmeta u vidu sadržajnih modula i lekcija, te još važnije, pravilan redosljed prikazivanja tih sadržaja,
- komponentu za upravljanje tečajem čiji je zadatak omogućiti sudionicima različite razine pristupa sustavu prilagođene svakom pojedinom sudioniku, nadzor nad radom učenika i praćenje njegovih postignuća,
- komponentu za mjerenje postignuća najčešće ostvarenu o oblicima *online* kviza i/ili testa znanja s mogućnošću dobivanja povratne informacije, komentara i preporuka za daljnji rad odmah po njegovom završetku.

Paradigmi e-učenja pristupamo sa različitim stupnjevima entuzijazma i zabrinutosti. Bez obzira jesmo li optimistični ili skeptični prema *online* učenju, kako bi smo se što bolje pripremili za suočavanjem s izazovom rada u novom okruženju te prigrlili nove mogućnosti koje nam ono može ponuditi, važno je uzeti u obzir i prednosti i nedostatke ovakvog tipa učenja i poučavanja. U tu svrhu provedena su i brojna istraživanja kojima je cilj bio otkriti kritične čimbenike uspješne implementacije e-učenja.

Volery i Lord kao ključne čimbenike uspjeha u online isporuci nastavnih materijala navode tehnologiju, učitelja i prethodno korištenje tehnologije iz perspektive studenta. Također tvrde da će predavač i dalje imati središnju ulogu u online obrazovanju, iako će ona prerasti u ulogu katalizatora

učenja i navigatora kroz znanje [9].

Benson Soong i ostali su provevši višestruku studij slučaja utvrdili da su kritični faktori uspjeha e-učenja ljudski faktori, tehnička kompetentnost kako instruktora tako i učenika, razina suradnje, način razmišljanja pogodan e-učenju kod instruktora i učenika te poznavanje IT infrastrukture [10].

Leidner i Järvenpää [11], kao i Dylan i Guawardena [12] u svojim su istraživanjima kao tri glavne varijable koje utječu na učinkovitost okruženja e-učenja naveli obilježja učitelja, tehnologiju i obilježja studenta.

U nastojanju da se osigura pedagoški temelj, kao preduvjet za uspješnu provedbu e-učenja, Govindasamy identificira sedam mjerila kvalitete e-učenja i to: institucionalna potpora, razvoj tečaja, učenje i poučavanje, struktura tečaja, podrška studenata student podrške, infrastrukturna podršku, te vrednovanje i ocjena [13].

Puri je proveo istraživanje percepcije studenata u vezi 27 kritičnih čimbenika e-učenja koji se u navode u istraživanjima drugih autora. Proveo je stupnjevitu regresijsku analizu prikupljenih podataka i kao najvažniji čimbenik izdvojio pedagošku komponentu e-učenja. Ostali značajni faktori su redom: institucionalni i administrativni poslovi, tehnologija, vrednovanje učenika i samog sustava, podrška resursa te dizajn sučelja sustava [14].

Coldwell ističe kako institucije četo forsiraju premještanje ili dopunjavanje tradicionalne nastave u online okruženje. Upozorava kako jednostavna replikacija nastave licem-u-lice ne donosi ništa novoga i naglašava potrebu za unaprjeđenjem ili promjenom tradicionalne nastave dostupnom tehnologijom. Odabrani pristup umnogome ovisi o postojećim znanjima pojedinca o tehnološkom okruženju koje koristi. Predlaže jednostavan okvir koji omogućuje nastavnicima, posebno onima bez iskustva u e-učenju, jednostavno mapiranje razrednih aktivnosti u tehnološke funkcionalnosti, smanjujući potrebu za opsežnom tehnološkom pismenosti o okruženju e-učenja pri početnom dizajniranju online aktivnosti [15].

U ovom radu osvrnut ćemo se na dvije klase sustava e-učenja u kontekstu krajnjeg predmeta ovog istraživanja.

LMS su klasa sustava e-učenja koja pruža mogućnost cjelovitog administriranje procesa učenja i poučavanja. U sklopu LMS-a moguće je registrirati učenike, odrediti slijed tečajeva iz raspoloživog kataloga, dobiti detaljan opis učenikovog angažmana na sustavu kao i izvještaje o aktivnostima svih korisnika sustava [16]. LMS je obično oblikovan na način da dozvoljava integraciju tečajeva isporučenih od strane različitih izdavača i institucija.

Koriste ih odgojno-obrazovne institucije na svim razinama, od osnovnoškolskih do visokoškolskih, ali i tvrtki za upravljanje, praćenje i dostavljanje tečajeva i programa obuke. Predstavljaju jedan od najbrže rastućih sektora programske podrške u posljednjih deset godina sa vrijednošću većom od milijardu dolara

Najpopularniji LMS u svijetu je Moodle (engl. *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*). Moodle je postao vrlo popularan među edukatorima diljem svijeta kao

oruđe za stvaranje *online* dinamičkih web stranice za svoje učenike i studente. Problem u određenom broju slučajeva predstavlja niska razina korištenja i upitna kvaliteta izrađenih Moodle kolegija. Niz različitih mogućnosti koje Moodle pruža može predstavljati barijeru za nastavnike koji pod opterećenjem svakodnevnih obveza nemaju vremena sadržaje koje koriste za podučavanje pretvoriti u kvalitetan i efikasan kolegij e-učenja [17].

Posebna klasa sustava e-učenja koja pruža učeniku napredno okruženje za učenje, prilagođeno njegovoj trenutnoj razini znanja su ITS. Njihov je cilj da, bez intervencije ljudskog učitelja, pruže učenicima trenutnu i prilagođenu poduku, kao i povratnu informaciju. ITS je namijenjen potpori i unaprjeđenju procesa učenja i poučavanja, uz istovremeno uvažavanje individualnosti učenika [8]. Razvoj ovakvog modela poučavanja zasniva se na implementiranju pozitivnih osobina "živog" učitelja, tutora.

Općenito je prihvaćeno da ITS-ovi imaju četiri osnovne komponente: modul područnog znanja, modul učenika, modul poduke i modul komunikacije [18], [19], [20], [21], [22].

Zbog pokušaja da se potreba za intervencijom ljudskog učitelja ograniči ili potpuno izbjegne, potrebno je obratiti posebnu pažnju na komunikaciju učenika sa sustavom na kojem uči te implementaciju modula testiranja koji će provjeravati i vrednovati znanje koje je učenik stekao. Komunikacija može koristiti prednosti grafičkog sučelja, animacije i mehanizme dijaloga, kao i metode upravljanja tom komunikacijom.

Konverzacijski dijalog kojim će sustav pokušati sugestivnim pitanjima izvući znanje iz učenika, te samo kao zadnju mogućnost naprosto učeniku reći informaciju, nalazi se na tragu konstruktivističke teorije učenja koje zagovara izgradnju znanja na temelju vlastitog iskustva. Upotrebu takvog dijaloga zagovaraju Greasser i drugi [23][24] proučavajući sustave *AutoTutor* [25] [26], *Atlas* [27] [28] i *Why2* [29] [30] te ističu kako je kod ovakvih sustava nužna implementacija robusnih tehnika razumijevanja prirodnog jezika kako bi dijalog ispunio svoju svrhu.

U provedenom istraživanju Razzaq i Heffernan usporedili su sustav sa proaktivnim pružanjem savjeta nakon što učenik pogriješi i sustav u kojem se učeniku savjet daje kad on to zatraži. Ustanovili su da učenici znatno više nauče kada im se savjeti daju na njihov zahtjev. Ovo je naročito bilo izraženo kod učenika sklonih postavljanju mnogo pitanja [31].

Također je naglašena pozitivna reakcija učenika na animirane pedagoške agente koji razvojem multimedijalnih sučelja, programske podrške za pretvaranja teksta u govor te tehnologije generiranja agenata, postaju još jedan mogući adut na strani ITS-a. Ovakve agente snažno podupiru i Cole i ostali ograničavajući se ipak na njihovu primjenu u sustavima namijenjenim učenicima mlađeg uzrasta [32].

Di Eugenio [33] definira napredak u učenju kao razliku između učenikovog rezultata na istom testu prije i poslije procesa učenja i poučavanja u odgovarajućem okruženju. Pokazalo se da je napredak u učenju učenika u interakciji s

ITS-om na pola puta između napredaka u učenju učenika koji su nastavi prisustvovali u tradicionalnoj učionici (najniži napredak) i učenika koji su bili u interakciji s ljudskim tutorom (najveći napredak) [34]. Niz autora ovu razliku učenikovog postignuća u interakciji sa ITS-om i ljudskim tutorom pripisuje razgovoru između učitelja i učenika [35], [36], [37]. Kao jedan od ključnih čimbenika koji će premostiti jaz između postojećih inteligentnih tutorskih sustava i živih učitelja navodi se korištenje prirodnog jezika u komunikaciji učenika i računala [38], [39], [40], [41].

Mapuva i Muyenga zaključuju kako unatoč raznim raspravama o njegovom usvajanju i provedbi, kao i popratnim izazovima, e-učenje ostaje nezamjenjiv pedagoški fenomen za 21. stoljeće i dalje. Njegova sposobnost da razonodi mnoštvo učenika u potrazi za obrazovnim mogućnostima su najbolji kanal komunikacije nastavnika s učenicima, neograničen mjestom i vremenom. Korištenje e-učenja smanjuje i udaljenost koju učenik mora preći kako bi došao do učitelja i materijala za učenje [42].

III. VREDNOVANJE ZNANJA UČENIKA KORIŠTENJEM ZADATAKA OBJEKTIVNOG TIPA

Vrednovanje znanja je sustavan proces u kojem se podaci prikupljaju, analiziraju i tumače, kako bi se odredilo u kojoj je mjeri učenik svladao obrazovne ciljeve. Ovaj proces uključuje:

- Kvalitativne tehnike procjene znanja kao što je npr. opažanje. Ove tehnike su posebno izražene kod usmenog ispitivanja znanja jer je tada moguće reagirati na odgovore učenika, uočiti odgovore koji su približno točni ili one koji su potpuno apsurdni. Također je moguće bolje provjeriti razumijevanje i uporabu znanja.
- Kvantitativni postupak mjerenja znanja koji se odnosi na proces određivanja brojčane mjere nečijeg postignuća ili osobine.
- Ocjenjivanje znanja koje uključuje prosudbu učenikova znanja u odnosu na neke unaprijed zadane kriterije ili u odnosu na druge učenike i razinu izmjenjenog znanja izražava odgovarajućom ocjenom.

Općenito mjerenjem smatramo postupak koji uključuje tri elementa: predmet mjerenja, instrument mjerenja i tehniku mjerenja. Mjerenje mora biti valjano, objektivno, pouzdano i osjetljivo [43]. Vrednovanje znanja, po svojim osnovnim karakteristikama, također spada u mjerenje jer je znanje učenika predmet mjerenja, učitelj predstavlja mjerni instrument, a tehnika mjerenja je odabrani način vrednovanja: postavljanje pitanja, pismeno ili usmeno ispitivanje, testiranje, itd.

Svako mjerenje može biti izravno i neizravno. Sa aspekta dobivanja rezultata, najjednostavnija mjerenja su izravna mjerenja kod kojih se vrijednost mjerene veličine direktno očitava iz rezultata mjerenja. Mjerena veličina se pomoću mjernog instrumenta uspoređuje sa mjerom pomoću mjernog uređaja (npr. mjerenje dužine je uspoređivanje sa mjernim

uređajem koji ima skalu u metrima i manjim jedinicama). Kod neizravnog mjerenja mjerna veličina se dobiva posredno iz poznatih relacija koje povezuju izmjerene i tražene veličine (npr. temperatura zraka se mjeri visinom stupca žive u toplomjeru). Mjerenje znanja spada u neizravna mjerenja, jer se znanje ne može izmjeriti izravno, nego posredno, preko odgovora učenika. Ovakva vrsta mjerenja sa sobom nosi i odgovarajuće probleme [44]:

- Mogućnost pogreške je veća kod neizravnog nego kod izravnog mjerenja, jer na odgovore učenika mogu, uz učenikovo pravo znanje, djelovati i drugi faktori (faktori mjerene veličine).
- Za mjerenje znanja je karakteristično da se nastavnik pojavljuje i u ulozi mjerioca i u ulozi mjernog instrumenta. Ova činjenica povećava subjektivnost, a smanjuje valjanost, tj. točnost mjerenja (faktori mjernog instrumenta).
- Različite tehnike ispitivanja mogu dovesti do situacije da se približno jednako znanje učenika ocijeni različito (faktori tehnike mjerenja).

U faktore mjerene veličine spada niz karakteristika ispitivanog učenika. To su [43][45]:

- Nedovoljna jasnoća i neodređenost odgovora koja se ogleda u nejasnim i nepotpunim odgovorima koje nastavnik interpretira i tako donosi svoj subjektivni sud i ocjenu. Ovo može dovesti do toga da nastavnik nejednako interpretira iste odgovore i različito ih ocijeni.
- Učenicove verbalne mogućnosti kao što su elokventnost i sposobnost tečnog govora mogu pridonijeti boljem dojmu njegovog odgovaranja i boljoj ocjeni. Usprkos činjenici da sposobnosti nisu isto što i znanje i da se one ne bi smjele ocjenjivati, ovaj faktor također često utječe na ocjenu.
- Emocionalna otpornost može biti korisna osobina koja dovodi do bolje prolaznosti pri ispitivanju, koje je često javni nastup pred cijelim razredom. Jaka uzbuđenost blokira kognitivne funkcije i može dovesti do otežanog razumijevanja, sporijeg mišljenja i gubitaka sjećanja.
- Sposobnost zapažanja i vještog korištenja percipiranih podataka, poruka oko sebe, praćenje lica nastavnika ili gesti kojima on odobrava ili se protivi određenom odgovoru također mogu doprinijeti boljem odgovoru učenika.

Da bi neko mjerenje bilo valjano, mjerni instrument ne smije imati nikakvog utjecaja na mjerenje. Međutim nastavnik, kao mjerni instrument vrednovanja znanja, unosi u ovaj postupak i svoje subjektivne faktore. Oni mogu biti [44]:

- Osobna jednadžba ocjenjivanja predstavlja tendenciju ocjenjivača da daje slabije ili bolje ocjene, odnosno da veličinu znanja ili podcjenjuje ili precjenjuje. Zbog toga često govorimo o strožim ili o blažim nastavnicima.
- Halo efekt je pojava da se pojedinačne karakteristike neke osobe ocjenjuju u skladu sa općom ocjenom te iste osobe. Na taj smo način pojedinačne karakteristike

osobe o kojoj općenito nemamo dobro mišljenje skloni također shvatiti negativno i obrnuto.

- Logička pogreška kojom nastavnik subjektivno ocjenjuje učenikovo znanje iz jednog predmeta na osnovu njegove uspješnosti u drugom predmetu iako predmeti objektivno ne moraju biti povezani.
- Pogreška sredine koja se odnosi na činjenicu da neki nastavnici učenika znanja pretežno ocjenjuju središnjim ocjenama. Do ovoga vjerojatno dolazi zbog straha od pogreške koji se javlja kod nastavnika prilikom davanja ekstremnih ocjena.
- Pogreška diferencijacije je pogreška suprotna od pogreške sredine i očituje se u tome da nastavnik ima pretjeranu tendenciju diferenciranja učenika znanja.
- Pogreška kontrasta se događa se kad nastavnik najprije ispita nekoliko najboljih ili najslabijih učenika te prema njihovom znanju ocjenjuje ostale. Na taj način on, umjesto neke standardne vrijednosti, znanje učenika čini referentnom točkom prilikom ocjenjivanja znanja drugih učenika.
- Tendencija prilagođavanja kriterija ocjenjivanja kvaliteti učeničke skupine je pogreška slična pogrešci kontrasta, a razlikuje se u tome što se kao kriterij uzima prosječno znanje određenog razreda. Ovo može dovesti do situacije da nastavnik više traži u boljim razredima, a manje u slabijim, te da isto znanje nekog učenika može biti različito ocijenjeno ovisno o tome u kojem se razredu nalazi.

Do ovih pogrešaka dolazi iz razloga što kriteriji i mjerila ocjenjivanja nisu jasno određeni. Nije u potpunosti jasno što učenik treba usvojiti za odgovarajuću ocjenu. Zbog toga svaki učitelj ima neko svoje mjerilo i njemu prilagođava svoju ljestvicu ocjena. Tako nastavnici upotrebljavaju iste ocjene s različitim implicitnim vrijednostima. Budući da nema jasnih kriterija učitelji ocjenjuju i različite aspekte učenika odgovora pa neki nastavnici smatraju da je važnije da učenik pokaže inteligenciju, drugi ocjenjuju znanje, a treći trud, zalaganje i marljivost.

Dvije su osnovne tehnike ispitivanja: usmeno i pismeno ispitivanje [46]. Svaka od ovih tehnika ima svoje pozitivne i negativne karakteristike koje povezuju elemente dviju prethodno navedenih kategorija.

Kod usmenog ispitivanja učitelj može reagirati na odgovore učenika i tako primjerenije ispitati njegovo stvarno znanje i razumijevanje gradiva, može uočiti i reagirati na odgovore koji su približno točni ili one koji su potpuno apsurdni pa ukazuju na neznanje. S druge strane usmeno ispitivanje je vremenski neekonomično, izrazito je subjektivno jer nastavnik različito reagira na različite učenike, učenici dobivaju različita pitanja pa je teško usporediti znanje te obuhvaća manje gradiva. Kod usmenog ispitivanja značajnu ulogu igra i ponašanje učitelja tijekom učenikova odgovaranja. Pasivan tip nastavnika postavlja pitanje i čeka odgovor, a kvaliteta odgovora učenika ovisi o znanju, ali i njegovoj sposobnosti da se aktivno izrazi i oblikuje ono što zna, kao i o njegovoj emocionalnoj otpornosti u ispitnim situacijama. Zbog toga

postoji tendencija podcjenjivanja učenikova znanja, uz istovremeno precjenjivanje drugih faktora kao što su vještine i sposobnosti. Ako se učitelj prilikom ispitivanja postavi kao aktivan sudionik, tj. ako različitim dodatnim potpitanjima i objašnjenjima navodi učenika na točan odgovor, u takvim okolnostima ispravnost učenikova odgovora ovisi o prepoznavanju sadržaja kao i o vještini detekcije onih dijelova sadržaja na koje nastavnik navodi. Do izražaja tada dolazi tendencija da se znanje učenika precijeni.

Kod pismenog ispitivanja manji je utjecaj subjektivnosti nastavnika. Svim učenicima su postavljena ista pitanja, za sve vrijede isti uvjeti rada, a ocjenjivanje je objektivnije jer je moguće izračunati postotak riješenih zadataka. Pismeno ispitivanje može obuhvatiti više gradiva te je vremenski ekonomično jer se istovremeno svi učenici mogu ispitati. Nedostaci pismenog ispitivanja su to što se njime često traži samo reprodukcija materijala, proces pamćenja i prisjećanja činjenica, a ne uspijeva se zahvatiti razumijevanje ili primjena znanja. Ukoliko prilikom ocjenjivanja nastavnik zadaću odmah i ocjenjuje moguće je da će nakon prvih nekoliko ispravljenih zadataka, kada vidi da su zadaci ispod ili iznad njegovih očekivanja, promijeniti kriterij ocjenjivanja što dovodi učenike u neravnotežan položaj. Bolji pristup uključivao bi kratki pregled svih zadataka prije početka ocjenjivanja svake od njih.

Iz svega navedenog vidljiva je složena priroda procesa vrednovanja znanja učenika. Upotrebom inteligentnog računalnog programskog rješenja, eliminirat će se subjektivnost nastavnika, a implementiranjem odgovarajućeg načina provjere učenikova znanja, moguće je objektivnost samog procesa podići na višu razinu, što će u konačnici rezultirati boljom prilagodljivošću sustava učenja trenutnoj razini znanja učenika.

A. Zadaci objektivnog tipa

Kao rješenje koje može eliminirati čimbenike koji ugrožavaju metrijske karakteristike vrednovanja znanja kao što su način oblikovanja odgovora, subjektivnost nastavnika i odabrana tehnika ispitivanja nameće se objektivno ispitivanje znanja koje maksimalno smanjuje utjecaj subjektivnih čimbenika o kojima smo govorili pri procjeni znanja. Objektivno ispitivanje znanja provodi se pomoću *nizova zadataka objektivnog tipa* i pomoću *testova znanja*. Po svojoj formi nizovi zadataka objektivnog tipa i testovi znanja se ne razlikuju jer sadrže iste vrste zadataka objektivnog tipa. Razlika leži u načinu njihove pripreme.

Test znanja konstruiran je prema psihometrijskim načelima i zadaje se ispitanicima u standardiziranim uvjetima, a pojedini se uradak vrednuje s obzirom na prosjek populacije. On predstavlja cjelinu, sastavljenu od niza zadataka i ima provjerene metrijske karakteristike. Primijenjen je na reprezentativnom uzorku neke populacije i na temelju toga baždaren.

Nizovi zadataka objektivnog tipa su pismeni ispiti znanja koje nastavnik samostalno sastavlja i vrlo su česti u našoj

školskoj praksi. Zbog *ad-hoc* načina sastavljanja oni su upitnih metrijskih karakteristika.

Kod objektivnih testova je standardizirana i procedura. Test se treba provoditi u unaprijed definiranim uvjetima, a svakom učeniku treba biti pročitana ista uputa. Testovi omogućavaju različite usporedbe koje nisu moguće u običnom pismenom ispitivanju, npr. mogu se usporediti rezultati dva testa iz različitih predmeta s obzirom na populaciju. Oni također omogućavaju usporedbu rezultata pojedinca s prosječnim rezultatom skupine.

Moguća su dva načina interpretacije rezultata [44], [46]:

- normativna interpretacija koja uspoređuje individualni rezultat učenika s prosječnim rezultatom grupe te na taj način određuje poziciju učenika u grupi ali ne govori o stvarnom znanju učenika,
- kriterijska interpretacija koja daje odgovor na pitanja koliko učenik zna bez obzira na skupinu, tj. u kojem je stupnju znanje usvojeno.

Sastavni elementi ovih objektivnih načina ispitivanja znanja su *zadaci objektivnog tipa* (ZOT). Za njih karakteristično da odgovori mogu biti jednoznačno interpretirani i objektivno vrednovani kao točni ili netočni. Ovakvi zadaci učenika vode ka odgovoru, nude alternativna rješenja, višestruki izbor, traže procjenu i slično. Poželjni su u situacijama kada je dovoljno da učenik prepozna gradivo, u slučajevima kada učenike usmjeravamo na konkretno rješavanje problema, za vježbanje i primjenu gradiva i slično. Koliko god služe za ispitivanje, ovi zadaci još više služe za učenje. Pogodni su za primjenu motivacije postignuća na gradivu te za samovrednovanje učenika. Ove zadatke možemo razlikovati s obzirom na način rješavanja, s obzirom na kognitivne ili racionalne procese koje angažiraju, s obzirom na tehniku i medije koji se koriste pri njihovom rješavanju, itd. S obzirom na način njihovog rješavanja, ZOT-ove možemo svrstati u sljedeće kategorije [47]:

- zadaci dosjećanja i dopunjavanja su pitanja koja traže kratak odgovor od jedne do nekoliko riječi ili nedovršene tvrdnje koje treba nadopuniti i gdje je točno navedeno koliko se riječi traži,
- alternativni zadaci predstavljaju tvrdnje za koje se traži procjena točnosti pa stoga one moraju biti nedvosmislene i ne smiju se sastojati od dijelova koji su točni i dijelova koji nisu točni,
- zadaci višestrukog izbora su pitanja ili nedovršene tvrdnje uz koje je predloženo više odgovora (najčešće 4-5) i od učenika se traži da izaberu jedan odgovor; predloženi odgovori moraju izgledati podjednako prihvatljivi, a traženi odgovor ne smije odskakati ni po jednoj svojoj značajki,
- zadaci s dva tipa kriterija izbora od ispitanika zahtijevaju da niz podataka koje zadatak sadrži razvrstaju prema dvama kriterijima izbora,
- zadaci ispravljanja zahtijevaju prepoznavanje i/ili ispravljanje pogrešaka pri čemu treba paziti da broj pogrešaka ne učini rečenicu ili odlomak nerazumljivim,

- zadaci sređivanja od ispitanika traže da podatke koji se navode u zadatku srede po nekom načelu, pri čemu elementi koji se sređuju moraju biti jednako važni i međusobno koordinirani,
- zadaci povezivanja traže povezivanje članova dvaju nizova riječi ili rečenica, pri čemu je uputno da nizovi ne budu jednake dužine jer je u tom slučaju visoka vjerojatnost pogađanja pri povezivanju posljednjih članova nizova.

Kod ZOT-ova je važno je da se unaprijed postave jasni kriteriji što se u zadatku traži i što će biti vrednovano kao uspješno riješen zadatak, tako da ishod što manje zavisi od subjektivnog kriterija ocjenjivača. ZOT-ovi, po svojoj prirodi, mjere činjenično znanje i razumijevanje nastavnog sadržaja, a njihovim korištenjem moguće je obuhvatiti veliku količinu gradiva. Oni potiču na učenje specifičnih činjenica, a pažljivom konstrukcijom pitanja može se poticati i razumijevanje.

Za provođenje ovakvog načina ispitivanja potrebno je sastaviti veliki broj pitanja, što njegovu pripremu čini teškom i vremenski zahtjevnom. Učenici koji nisu savladali nastavni sadržaj mogu do odgovora doći pogađanjem ili, u standardnim uvjetima ispitivanja u učionici, prepisivanjem od drugih učenika. Ispravljanje i ocjenjivanje ovih testova brzo je i objektivno [48].

Prilikom sastavljanja testa je poželjno kombinirati više oblika ZOT-ova kako bi se izbjegla stereotipnost. Pitanja ili tvrdnje ne smiju biti preuzeti izravno iz udžbenika, a njihov tekst mora biti razumljiv te gramatički i pravopisno točan. Pitanja ne smiju biti dvosmisljena ili takva da namjerno zavaraju učenika, ali ni takva da olakšavaju njegov odgovor. Točni odgovori trebaju biti jednako dugi kao i netočni, a zadaci općenito ne smiju biti međusobno vezani, tako da ako učenik ne riješi jedan zadatak ne može riješiti niti drugi.

Pažljivo odabranom kombinacijom ZOT-ova, vrednovanje znanja učenika u trenutku testiranja biti će objektivno, jednostavno provedivo, a zbog mogućnosti generiranja zadataka i ponuđenih odgovora na principu potpunog ili djelomično kontroliranog slučajnog odabira biti će smanjena i mogućnost "varanja" prilikom testiranja.

Ashford prati razvoj korištenja objektivnog testa proizašlog iz testova inteligencije koje početkom 20. stoljeća uvodi Alfred Binet [49]. I mnogi drugi autori, već dugi niz godina, raspravljaju o različitim značajkama ZOT-ova i testova zasnovanih na njima, u skladu sa vremenskim periodom u kojem rade i raspoloživim tehničkim mogućnostima.

Pressey ističe potrebu razvoja i vrednovanja uređaja koji bi omogućio trenutno automatsko bodovanje objektivnih testova te na osnovu toga pružio preporuku za popratno samoučenje [50].

Nedelsky je proveo pilot istraživanje kako bi na osnovu njegovih podataka ustanovio minimum potreban kako bi se na objektivnom testu dobila prolazna ocjena [51].

Loevinger promatra objektivne testove kao instrument zastupane psihološke teorije. Ističe kako je konstruktiva

valjanost testa, tj. stupanja u kojem test stvarno mjeri ono što tvrdi da mjeri, omogućava testove koji će iskoristiti postojeća psihološka znanja, ali i doprinijeti stjecanju novih znanja [52].

Imajući na umu spomenuta razmatranja, u sklopu istraživanja provest ćemo detaljnu analizu konstrukcije i ocjenjivanja objektivnog testa koji ćemo koristiti kao instrument vrednovanja znanja u sustavima e-učenja. Objektivni test znanja dinamički će se generirati na osnovu činjenica područnog znanja pohranjenog u sustavu e-učenja. Potreba za gramatički i pravopisno korektnim pitanjima, ponuđenim odgovorima, te povratnim informacijama koje prate učenikov odgovor nužno iziskuje i prirodni jezik na kojem će se sustav s funkcionalnostima generiranja testa i ocjenjivanja učenikovih odgovora temeljiti. U tu svrhu je provedeno i inicijalno istraživanje kojim smo htjeli dobiti osjećaja na koji način se ZOT-ovi ponašaju kod testiranja znanja. Detaljan opis istraživanja dan je u nastavku.

IV. OBRADA PRIRODNOG JEZIKA

Već smo istaknuli značaj komunikacije koja se pri korištenju sustava e-učenja odvija između sustava, tj. računala i učenika. Primarni medij te komunikacije je jezik. Neispravna gramatička struktura postavljenih pitanja ili danih komentara i preporuka, kao i neprecizno razumijevanje značenja učenikovih odgovora, negativno bi utjecala na izvedbu sustava. Zbog toga je nužno uvesti određene mehanizme generiranja i obrade prirodnog jezika. Alternativni pristup konzervirane komunikacije je čest uzrok nerazumijevanja u komunikaciji sustava i učenika.

U filozofiji jezika, prirodnim jezikom (engl. *Natural Language* - NL) nazivamo jezik kojim se govori, piše ili simbolički označava u općenitu svrhu komunikacije. Kao suprotnost prirodnom jeziku javljaju se konstruirani i formalni jezici kao što su računalni programski jezici ili jezici korišteni u proučavanju formalne, u prvom redu matematičke, logike.

Obrada prirodnog jezika (engl. *Natural Language Processing* - NLP) [53] pruža računalnu podršku za ulaz u vidu prirodnog jezika, te kao takva predstavlja važno područje računarstva te, posebno, umjetne inteligencije i lingvistike. Ona se u prvom redu odnosi na područje interakcije između čovjeka i računala. Zadatak obrade prirodnog jezika može biti prevođenje teksta na neki drugi jezik, razumijevanje i prikaz sadržaja teksta, izgradnja baze podataka, generiranje sažetaka ili održavanje dijaloga sa korisnikom kao dio sučelja sustava za dohvat informacija [54]. Mnogi od ovih zadataka uključuju razumijevanje prirodnog jezika tj. omogućavanje računalu da izvuče značenje iz ulaza u vidu prirodnog jezika, dok se ostali uglavnom odnose na generiranje prirodnoga jezika [55].

Problemi prirodnih jezika su osobito uočljivi u područjima kao što su rudarenje teksta, tražilice, automatsko sažimanje, sinteza govora i algoritmi korišteni za određivanje sadržaja tijekova teksta u računalnoj lingvistici.

Obrada prirodnog jezika je interdisciplinarno područje koje se bavi razvojem metoda za ekstrakciju informacija iz prirodnog jezika i generiranje prirodnog jezika. Suvremene

metode ove obrade temelje se na strojnom učenju. Većina rješenja iz oblasti obrade prirodnog jezika dijeli neke korake kao što su označavanje vrsta riječi i sintaktička analiza, koji daju korisne informacije o strukturi rečenica te služe kao polazna točka za daljnju analizu.

Kontrolirani prirodni jezik (engl. *Controlled Natural Language* - CNL) je podskup prirodnog jezika, dobiven ograničavanjem gramatike i rječnika s ciljem smanjenja ili otklanjanja nejasnoća i složenosti. Kontrolirani prirodni jezici dijele se u dvije glavne skupine [56]:

- jezike koji omogućuju pouzdanu automatsku semantičku analizu jezika,
- jezike koje poboljšavaju čitljivost za ljudskog čitatelja.

Prvi tip jezika ima formalno logičku osnovu, tj. formalnu sintaksu i semantiku i može se preslikati na postojeće formalne jezike, kao što je logika prvog reda. Prema tome, ovi jezici mogu se koristiti kao jezici za predstavljanje znanja, a pisanje korištenjem ovih jezika može biti potpomognuto potpuno automatiziranim mehanizmima provjere dosljednosti i redundancije, odgovorima na upite i sl.

Drugi tip jezika, od posebnog značaja i za ovo istraživanje, često se naziva pojednostavljeni ili tehnički jezik. Njegova osnovna primjena je u industriji, s ciljem poboljšanja kvalitete tehničke dokumentacije, te pojednostavljenja njenog djelomično automatiziranog prijevoda. Ovi jezici ograničavaju slobodu pisanja općim pravilima po kojima rečenice trebaju biti kratke, treba izbjegavati upotrebu zamjenica, smiju se koristiti samo riječi iz dozvoljenog rječnika, glagole treba koristiti samo u radnom stanju, itd.

V. MODEL VREDNOVANJA ZNANJA KORIŠTENJEM ZADATAKA OBJEKTIVNOG TIP NA KONTROLIRANOM PRIRODNOM JEZIKU

U sklopu predmeta *Oblikovanje objektno orijentiranih sustava* na poslijediplomskom sveučilišnom studiju *Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti*, usmjerenje *Informatika*, oblikovan je model sustava za generiranje ZOT-ova na kontroliranom prirodnom jeziku i ocjenjivanje učenikovog odgovora koji će se u ITS-ovima temeljenim na konceptualnom prikazu znanja integrirati u modul testiranja znanja učenika. Isti model će se koristiti i u LMS sustavima temeljenim na deklarativnom prikazu znanja, uz potrebu njegove prethodne konceptualizacije.

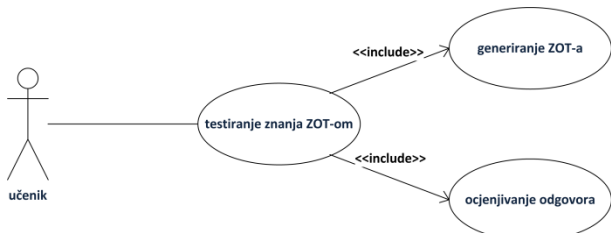
Ovaj model je predložen na osnovu pregleda istraženosti područja modeliranja područnog znanja i strukture predložaka rečenica kontroliranog prirodnog jezika kao sredstva komunikacije ITS-a i učenika [57].

Dva su osnovna zadatka ovog sustava:

- generiranje zadatka objektivnog tipa,
- predstavljanje zadatka učeniku te prihvatanje i ocjenjivanje učenikovog odgovora.

Ova dva zadatka možemo promatrati kao dvije faze procesa vrednovanja znanja učenika na osnovu zadataka objektivnog tipa formuliranih korištenjem kontroliranog prirodnog jezika, kao što se može vidjeti na dijagramu slučajeva korištenja

sustava na slici 1.



Slika 1. Dijagram slučajeva korištenja sustava

Područno znanje koje se učeniku prenosi putem ITS-a, predstavljeno je grafom područnog znanja. Ovaj graf sastoji se od čvorova koji predstavljaju koncepte, tj. pojmove područnog znanja i veza između čvorova koje predstavljaju relacije između koncepta.

Definiran je matematički model kojim ćemo predstaviti područno znanje [57] i koji će biti osnova za generiranje ZOT-ova na kontroliranom prirodnom jeziku. Model definira tri skupa koji određuju područno znanje:

- skup koncepata područnog znanja
 $K = \{K_1, K_2, K_3, \dots\}$,
- skup definiranih relacija među konceptima područnog znanja
 $R = \{R_1, R_2, R_3, \dots\}$,
- skup uređenih trojki koji predstavljaju formalni zapis činjenica područnog znanja
 $DKG = \{(K_{a2}, R_a, K_{a1}), (K_{b2}, R_b, K_{b1}), (K_{c2}, R_c, K_{c1}), \dots\} \in K \times R \times K$.

Područnim znanjem, prema tome, ćemo smatrati uređenu trojku skupova (K, R, DKG) .

Iz skupa uređenih trojki DKG moguće je generirati skup izjavnih rečenica koje predstavljaju točne činjenice područnog znanja zapisane prirodnim jezikom. U ovom radu ograničit ćemo se na četiri osnovna oblika, tj. predložka rečenica [58], [59]:

1. $\langle K_{a2} \rangle \langle R_a \rangle \langle K_{a1} \rangle$.
kada je $\{K_i \in K \mid (K_i, R_a, K_{a1}) \in DKG\} = \{K_{a2}\}$,
2. $\langle K_{b2} \rangle, \langle K_{b3} \rangle, \dots$ i $\langle K_{bn} \rangle \langle R_b \rangle \langle K_{b1} \rangle$.
kada je $\{K_i \in K \mid (K_i, R_b, K_{b1}) \in DKG\} = \{K_{b2}, K_{b3}, \dots, K_{bn}\}$,
3. $\langle K_{c(n+1)} \rangle \langle R_c \rangle \langle K_{c1} \rangle, \langle K_{c2} \rangle, \dots$ i $\langle K_{cn} \rangle$.
kada je $\{K_i \in K \mid (K_i, R_c, K_{c2}) \in DKG\} = \dots = \{K_j \in K \mid (K_j, R_c, K_{cn}) \in DKG\} = \{K_{c(n+1)}\}$,
4. $\langle K_{d(n+1)} \rangle, \langle K_{d(n+2)} \rangle, \dots$ i $\langle K_{d(n+m)} \rangle \langle R_d \rangle \langle K_{d1} \rangle, \langle K_{d2} \rangle, \dots$ i $\langle K_{dn} \rangle$.
kada je $\{K_i \in K \mid (K_i, R_d, K_{d2}) \in DKG\} = \dots = \{K_j \in K \mid (K_j, R_d, K_{dn}) \in DKG\} = \{K_{d(n+1)}, K_{d(n+2)}, \dots, K_{d(n+m)}\}$.

Četvrti tip rečenice možemo smatrati općim, jer su svi prethodni samo njegovi posebni slučajevi.

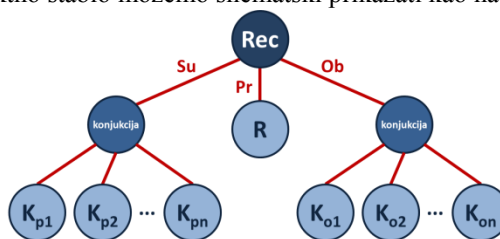
Skup izjavnih rečenica koje predstavljaju točne činjenice područnog znanja zapisane prirodnim jezikom predstavlja kontrolirani prirodni jezik za kojeg možemo reći da je kontekstno neovisan jer ga generira kontekstno neovisna gramatika. Tu kontekstno neovisnu gramatiku G možemo

definirati kao uređenu četvorku $G = (V_i, V_n, P, Rec)$ gdje je:

- V_i konačan skup završnih znakova
 $V_i = K \cup R$
- V_n konačan skup nezavršnih znakova,
 $V_n = \{Rec, Su, Ob, Pr\}$,
- P konačan skup pravila produkcije čiji su elementi produkcije:
 - $Rec \rightarrow Su Pr Ob$
 - $Su \rightarrow K_{s1}[[, K_{s2}]^* i K_{sn}]?$
 - $Pr \rightarrow R_p$
 - $Ob \rightarrow K_{o1}[[, K_{o2}]^* i K_{on}]?$
- $Rec \in V_n$ istaknuti početni nezavršni znak.

S obzirom da je ovaj jezik podskup prirodnog jezika, oznake nezavršnih znakova odabrane su na način da sugeriraju ulogu pojedinog znaka u rečenicama ovog jezika. Tako je Rec oznaka za rečenicu, a Su , Pr i Ob su redom oznake za subjekt, predikat i objekt rečenice. Skup završnih znakova predstavlja uniju skupa koncepata područnog znanja K i skupa definiranih relacija među konceptima R . Za završne znakovi korištene u pravilima produkcije vrijedi $K_{s1}, K_{s2}, \dots, K_{sn}, K_{o1}, K_{o2}, \dots, K_{on} \in K$ i $R_p \in R$.

Definirana kontekstno neovisna gramatika G će, iz konceptualnog prikaza područnog znanja, odnosno nekog njegovog segmenta, stvoriti rečenicu na prirodnom jeziku, puno pogodniju za komunikaciju s učenikom. Prvi korak pri tome je formiranje apstraktnog stabla rečenice. Apstraktno stablo, koje opisuje gore navedene rečenice, možemo zamisliti kao stablo čiji je korijen sama rečenica Rec iz koje idu tri grane koje predstavljaju subjekt Su , predikat Pr i objekt Ob rečenice. Pri tome su subjekt i objekt, potencijalno, konjunkcija pojmova područnog znanja, dok je predikat, zbog odabira gore opisanih tipova rečenica, uvijek samo jedan. Apstraktno stablo možemo shematski prikazati kao na slici 2.



Slika 2. Apstraktno stablo rečenice

Podproces generiranja zadatka objektivnog tipa izvodi se u nekoliko etapa.

1. Najprije je potrebno pronaći i izdvojiti podgraf grafa područnog znanja na osnovu kojeg ćemo generirati zadatak objektivnog tipa i ponudene odgovore. Ovo uključuje nekoliko aktivnosti:
 - a) Na osnovu nastavne cjeline koja se obrađuje potrebno je odrediti koncept ili skupinu koncepata, tj. dio područnog znanja za koje želimo postaviti zadatak,
 - b) Slučajnim odabirom odredi se vrsta zadatka objektivnog tipa koji se želi postaviti. U ovom

koraku moguće je ostaviti slobodan izbor bilo koje realizirane vrste zadatka ili zadatke težinski rangirati po kriterijima Bloomove taksonomije znanja [60]. U tom slučaju mogli bi u kategoriju "lakših" zadataka svrstati alternativne zadatke, zadatke dopunjavanja i zadatke višestrukog izbora, dok bi se zadaci sređivanja, zadaci povezivanja te esejski zadaci mogli smatrati "težim" zadacima.

- c) Na osnovu odabrane vrste zadatka objektivnog tipa određuje se oblik podgraфа pogodan za generiranje željene vrste zadatka.
 - d) Podgrafovi odgovarajućeg oblika koji sadrže odabrani koncept ili element iz odabrane skupine konceptata pronalaze se u grafu područnog znanja. Ukoliko takvih podgrafova nema vraćamo se na korak 1. b).
 - e) Slučajnim odabirom određuje se jedan od podgrafova pronađenih u koraku 1.d), i on predstavlja osnovicu za generiranje zadatka objektivnog tipa.
2. Na osnovu odabranog podgraфа generira se zadatak objektivnog tipa na kontroliranom prirodnom jeziku. I ovaj korak uključuje nekoliko aktivnosti:
 - a) Iz odabranog podgraфа izdvajaju se nazivi konceptata i relacija sadržanih u njemu. Ti se nazivi pronalaze u Hrvatskom morfološkom leksikonu [61] [62] i prenose u rječnik sustava.
 - b) Na osnovu odabranog podgraфа i odabrane vrste zadatka stvara se apstraktno stablo rečenice koja će predstavljati zadatak objektivnog tipa [57], [63].
 - c) Odrede se točni odgovori postavljenog zadatka.
 - d) Na osnovu apstraktnog stabla rečenice zadatka objektivnog tipa, točnih odgovora i rječnika sustava generira se zadatak objektivnog tipa u kontroliranom prirodnom jeziku i točni odgovori.
 3. Na osnovu odabrane vrste zadatka utvrđuje se eventualna potreba za obradom ponuđenih odgovora. Ukoliko je ona potrebna provodi se sljedeća aktivnost:
 - a) Na osnovu rječnika sustava određuje se pravilan broj i padež ponuđenih odgovora.

Podproces ocjenjivanja učenikovog odgovora ima dvije osnovne faze:

1. Komunikacija s učenicom odvija se kroz dvije aktivnosti:
 - a) Najprije se učeniku koji je pokrenuo postupak testiranja prikaže zadatak objektivnog tipa generiran u prethodno opisanom podprocesu, te eventualno i ponuđeni odgovori što ovisi o vrsti prikazanog zadatka.
 - b) Prihvata se učenikov odgovor
2. Provjera ispravnosti učenikovog odgovora može zahtijevati sljedeće aktivnosti:
 - a) koliko je to potrebno obavlja se jezična obrada učenikovog odgovora. Ovo vrijedi samo kod zadataka dopunjavanja i esejskih zadataka jer su kod svih drugih zadataka odgovori ili već

ponuđeni ili predstavljaju sekvencu rednih brojeva ponuđenih odgovora, pa nema potrebe za njihovom jezičnom obradom.

- b) Uspoređuje se učenikov odgovor sa točnim odgovorom koji je određen u prethodno opisanom procesu. Na osnovu ove usporedbe određuje se točnost učenikovog odgovora. Kao što smo ranije napomenuli, moguće je odgovore klasificirati samo kao točne ili netočne, ili ostaviti mogućnost djelomično točnog odgovora, čime bi se možda osigurala veća osjetljivost sustava.

Generiranje zadataka i ponuđenih odgovora zasnovano je na mehanizmu generiranja prirodnog jezika te korištenje Hrvatskog morfološkog leksikona što će osigurati isporuku gramatički ispravnih ZOT-ova učeniku. Ocjenjivanje učenikovog odgovora može uključivati mehanizam obrade prirodnog jezika, tj. konceptualizacije slobodnog teksta odgovora, ovisno o vrsti ZOT-a koji je učeniku isporučen. Navedeni model proći će eksperimentalnu fazu, te će se, na osnovu dobivenih rezultata, u budućem istraživanju detaljnije formalizirati i po potrebi prilagoditi i doraditi.

VI. PILOT ISTRAŽIVANJE

Planirano istraživanje u vezu dovodi dva pristupa problematici učenja i poučavanja koja se razilaze po pitanju upotrebe prirodnog jezika kao sredstva komunikacije s učenicom.

Vrednovanje znanja u sustavima e-učenja uključuje sporazumijevanje sustava i učenika, primarno kroz jezik. Većina postojećih sustava izbjegava pravi mehanizam prirodnog jezika za ostvarivanje komunikacije s učenicom zbog složenosti njegove implementacije. Umjesto toga većinom koriste alternativni pristup konzervirane komunikacije u vidu skupa unaprijed definiranih modela pitanja i odgovora u koje se dodaju nazivi konceptata područnog znanja koje se poučava. Tako dobiveni tekst generiranih zadataka i ponuđenih odgovora biti će često gramatički neispravan, što učeniku može predstavljati problem pri njihovom razumijevanju. Ova komunikacija je, uz sve navedeno, ograničena na proces učenja i poučavanja jer tradicionalna podjela funkcionalnost ITS-ova ne uključuje modul testiranja.

ZOT-ovi su, sa druge strane, čvrsto oslonjeni na prirodni jezik i njihov smisao i značenje znatno ovise o ispravnoj gramatičkoj strukturi. Zbog toga njihova upotreba, kao instrumenta za vrednovanje znanja u ITS-ovima, nužno iziskuje i prirodni jezik na kojem će se sustav temeljiti.

Prirodni jezik, kao što smo već naveli, autori smatraju jednim od mogućih rješenja koje će buduće ITS-ove po učinkovitosti približiti "živim" tutorima. Ova sprega ITS-ova i ZOT-ova, uz mehanizam prirodnog jezika, na kojem će se temeljiti komunikacija računala i učenika tijekom testiranja, učiniti će vrednovanje znanja pristupačnijim i razumljivijim učeniku.

Kao početna točka istraživanja postavljeno je stjecanje

iskustva u korištenju ZOT-ova, konstrukcije testa znanja i njegove primjenjivosti kao instrumenta vrednovanja znanja učenika. U tu svrhu provedeno je pilot istraživanje [4] sa studentima koji su pohađali nastavu potpomognutu računalom uz LMS sustav e-učenja Moodle i tradicionalnu nastavu u okviru predmeta Uvod u računala i programiranje na prvoj godini preddiplomskog studija računarstva na Fakultetu strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru. Za ovo pilot istraživanje smo se odlučili jer smo uvidom u literaturu primijetili da takvih istraživanja nema.

Zadaci koji smo ovim istraživanjem htjeli ispuniti su:

- upoznati studente sa sustavom e-učenja Moodle,
- realizirati prvi dio nastave (nastavne jedinice: Povijest računala, Računalo kao sustav, Računalni hardver i Računalni softver) pomoću sustava e-učenja Moodle za sve studente,
- testirati znanje pomoću zadataka objektivnog tipa (ZOT1) korištenjem sustava e-učenja Moodle,
- testirati znanje pomoću zadataka objektivnog tipa (ZOT2) na tradicionalan način,
- na osnovu rezultata testiranja ZOT1 i ZOT2 podijeliti studente u dvije grupe, približno istih rezultata,
- realizirati drugi dio nastave (Brojevni sustavi, Logički sklopovi, Kodiranje, Komunikacija s drugim uređajima, Mrežne usluge) za kontrolnu grupu studenta na tradicionalan način
- realizirati drugi dio nastave (Brojevni sustavi, Logički sklopovi, Kodiranje, Komunikacija s drugim uređajima, Mrežne usluge) za eksperimentalnu grupu studenta korištenjem sustava e-učenja Moodle,
- testirati znanje pomoću zadataka objektivnog tipa (ZOT3) na tradicionalan način.

Svi testovi su se sastojali od po osam ZOT-ova različitih kategorija: zadataka dosjećanja, zadataka s alternativnim odgovorima, zadataka dopunjavanja, zadataka povezivanja i zadataka višestrukog izbora te dodatno od po dva zadatka esejskog tipa, koji su zasebno bodovani.

Eksperimentalno istraživanje provedeno je u računalnom kabinetu Fakulteta strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru uz pomoć LMS sustava e-učenja Moodle u listopadu i studenom 2013. godine

U istom periodu se odvijala i tradicionalna nastava u tradicionalnoj učionici Fakulteta.

Istraživanje je provedeno na uzorku od 64 studenta prve godine preddiplomskog studija računarstva na Fakultetu strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru.

Zbog tehničkih uvjeta studenti su bili podijeljeni u dvije skupine koje su nastavu pohađale u vremenski odvojenim terminima. U svrhu eksperimenta jedna skupina studenata (njih 32) predstavljala je eksperimentalnu skupinu, a druga skupina (također 32 studenta) bila je kontrolna.

Instrumenti za provedbu istraživanja bili su ZOT-ovi (zadaci dosjećanja, zadaci s alternativnim odgovorima, zadaci dopunjavanja, zadaci povezivanja, zadaci višestrukog izbora) i zadaci esejskog tipa. Zadaci su sastavljeni u dvije usporedne forme, ZOT1 i ZOT2 za utvrđivanje stanja nakon upoznavanja

sa sustavom e-učenja Moodle i ZOT3 za utvrđivanje konačnog stanja. Istraživanje je provedeno na tradicionalan način - u papirnatom formatu (ZOT2 i ZOT3) odnosno korištenjem sustava e-učenja Moodle (ZOT1).

Instrumenti za provedbu istraživanja bili su zadaci objektivnog tipa (zadaci dosjećanja, zadaci s alternativnim odgovorima, zadaci dopunjavanja, zadaci povezivanja, zadaci višestrukog izbora i zadaci esejskog tipa). Zadaci objektivnog tipa sastavljeni su u dvije usporedne forme, ZOT1 i ZOT2 za utvrđivanje stanja nakon upoznavanja sa sustavom e-učenja Moodle i ZOT3 za utvrđivanje konačnog stanja. Istraživanje je provedeno na tradicionalan način - u papirnatom formatu (ZOT2 i ZOT 3) odnosno korištenjem sustava e-učenja Moodle (ZOT1).

Svi studenti su u prvom mjesecu zimskog semestra akademske 2013./2014. godine pohađali nastavu potpomognutu računalom uz sustav e-učenja Moodle, kako bi se upoznali sa tim tehnološkim rješenjem s kojim će se tijekom studija dosta susretati. U okviru ove nastave obrađene su osnovne teme koje spadaju i u nastavni plan i program srednjoškolske Informatike, tako da je većina studenata sa tim pojmovima već bila upoznata. Testiranja ZOT1 i ZOT2 provedena su nakon faze upoznavanja studenata sa sustavom e-učenja Moodle, kako bi se utvrdilo inicijalno stanje prije eksperimentalnog dijela nastave.

Na osnovu rezultata postignutih u ova dva testiranja studenti su pregrupirani u dvije skupine približno jednakih postignuća na provedenim testovima.

U eksperimentalnom dijelu nastave, tijekom drugog mjeseca zimskog semestra akademske 2013./2014. godine nastava je za kontrolnu skupinu (KS) organizirana na tradicionalan način u klasičnoj učionici, korištenjem krede i ploče te projektora za prikaz PowerPoint prezentacija. U istom periodu nastava je za eksperimentalnu skupinu (ES) organizirana uz pomoć sustava e-učenja Moodle. Testiranje ZOT3 provedeno je nakon eksperimentalne faze nastave, kako bi se utvrdilo konačno stanje znanja studenata.

Na osnovu postignutih rezultata izračunata je aritmetička sredina (AS) kao jedna od mjera srednje vrijednosti, standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (V) - dvije mjere disperzije, neparni T-test kojim je provjereno postoji li statistički značajna razlika između eksperimentalne i kontrolne skupine i parni t-test kojim je provjereno postoji li statistički značajna razlika unutar svake od skupina.

Tablica 1. Analiza rezultata istraživanja: AS i SD

	Eksperimentalna skupina			Kontrolna skupina		
	ZOT1	ZOT2	ZOT3	ZOT1	ZOT2	ZOT3
AS	50,44	48,84	48,16	49,95	46,69	50,19
SD	18,05	19,26	23,72	18,14	18,58	21,21
V (%)	35,78	39,44	49,25	36,32	39,80	42,26

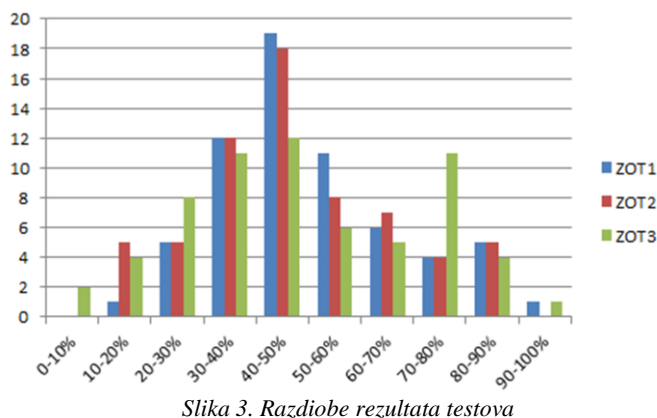
Tablica 2. Analiza rezultata istraživanja: T-test

	Eksperimentalna skupina		Kontrolna skupina		ES i KS ZOT3
	ZOT1 i ZOT3	ZOT2 i ZOT3	ZOT1 i ZOT3	ZOT2 i ZOT3	
<i>t</i>	0,708	0,235	-0,081	-1,223	0,361

Kod svih testova broj stupnjeva slobode je 31 pa razina rizika, uz 0.05 razinu značajnosti, iznosi $p = 2.03$. Obzirom da su sve apsolutne vrijednosti T-testa manje od razine rizika zaključujemo da ne postoji statistički značajna razlika u mjerenju učinka tradicionalne nastave (kontrolne skupine) i učinka nastave uz pomoć računala (eksperimentalne skupine).

Uzimajući u obzir da se radi o studentima prve godine računarstva, koji svi posjeduju osnovnu razinu informatičke pismenosti i koji nastavne materijale, kako one iz tradicionalne nastave tako i iz nastave potpomognute računalom, mogu međusobno razmijeniti ili pronaći na Internetu, ovakav ishod i nije neočekivan.

Ukoliko pogledamo ukupne rezultate sva tri testa dobivamo razdiobe kao na slici 3.



Slika 3. Razdiobe rezultata testova

Shapiro-Wilkov test i vizualni pregled histograma i QQ grafikona pokazuje da su distribucije rezultata svih testiranja ZOT1, ZOT2 i ZOT3 (testiranja na Moodle-u i tradicionalna testiranja na papiru) normalne ($p > 0.05$). Ova činjenica, naravno, nije dovoljan pokazatelj da primijenjeni način testiranja, korištenjem kombinacije ZOT-ova i esejskih pitanja, predstavlja realnu procjenu znanja studenata, iako na takav zaključak upućuje.

Podsjećamo na činjenicu da smo ovim istraživanjem htjeli utvrditi način na koji se ZOT-ovi, potpomognuti manjim brojem esejskih pitanja, mogu iskoristiti kao instrument vrednovanja znanja u sustavima e-učenja. Kako bismo provjerili pretpostavku da testovi opisanog oblika realno oslikavaju znanje studenta, u tijeku je drugo pilot istraživanje sa studentima prve godine studija Informatike na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru koji pohađaju nastavu iz predmeta Programiranje 2. Dio nastave koji se odnosi na osnovne pojmove programiranja studenti su pohađali u dvije grupe, jedna grupa tradicionalnu nastavu u učionici, a druga nastavu potpomognutu Moodleom. Planirano je testiranje obaviti na dva načina, testom ranije opisanog oblika (sa osam ZOT-ova različitih vrsta i dva

esejska zadatka) i testom sa pitanjima otvorenog tipa. Usporedbom dobivenih rezultata testirat ćemo oblik testa za koji smo se u početku odlučili.

VII. UMJESTO ZAKLJUČKA

Važnost ZOT-ova je višestruka: oni omogućavaju jednoznačnu interpretaciju i objektivno vrednovanje učenikovog odgovora, osim za ispitivanje ovi zadaci još više služe za učenje, omogućavaju samovrednovanje učenika kao i primjenu motivacije postignuća na gradivu [64]. ZOT-ove možemo razlikovati s obzirom na način rješavanja, s obzirom na kognitivne ili racionalne procese koje angažiraju, s obzirom na tehniku i medije koji se koriste pri njihovom rješavanju, itd.

Provedenim pilot istraživanjem stekli smo izvjesno iskustvo u primjeni gramatički ispravno konstruiranih ZOT-ova u LMS sustavu. Korišteni ZOT-ovi bili su unaprijed pripremljeni i podijeljeni u nekoliko kategorija s obzirom na vrstu ZOT-a, te zatim birani slučajnim odabirom.

Daljnji koraci uključit će podjelu ZOT-ova prema razinama Bloomove taksonomije kognitivnih sposobnosti potrebnih za njihovo rješavanje [60], [65]. Na taj način će zadaci za čije točno rješavanje je potrebna niža razina kognitivnih sposobnosti nositi manje bodova nego oni koji traže sposobnosti više razine. Definiranje bodovnih vrijednosti pojedinih vrsta ZOT-ova zahtijevat će dodatna istraživanja sa ciljem dobivanja preciznog instrumenta vrednovanja znanja.

Pri tome je potrebno uzeti u obzir i pokušaje revidiranja Bloomove taksonomije [66], ali i razmatranja koja dovode u pitanje prikladnost Bloomove taksonomije za primjenu u računarstvu [67].

Sljedeći korak će biti implementacija ranije opisanog objektno orijentiranog sustava za generiranje ZOT-ova i ocjenjivanje učenikovih odgovora koji će uključivati mehanizme generiranja i obrade prirodnog jezika te njegovu integraciju u postojeće ITS-ove temeljene na konceptualnom prikazu područnog znanja kao i LMS-ove temeljene na deskriptivnom prikazu početnog znanja. Dodatni naponi bit će uloženi u cilju razvoja algoritamskog rješenja za konceptualizaciju slobodnog odgovora na esejsko pitanje i provjeru njegove ispravnosti.

Kombinacija sustava e-učenja koji će biti u potpunosti prilagođeni trenutnoj razini znanja svakog učenika i objektivnog vrednovanja iskazanog znanja učenika ostvarenog gramatički ispravnim zadacima objektivnog tipa te mogućnošću prepoznavanja znanja u slobodnom odgovoru učenika na esejska pitanja donijet će dodatnu kvalitetu ovim sustavima. Dodjelom bodovne vrijednosti pojedinim vrstama ZOT-ova kao i uvođenje djelomično točnih odgovora osigurati će veću osjetljivost sustava, odnosno preciznije vrednovanje iskazanog znanja učenika.

LITERATURA

- [1] B. S. Bloom, "The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring", *Educational Researcher*, Vol. 13/6, 1984, pp. 4-16.

- [2] H. Fournier, "A Review of The State of The Field of Adult Learning - e-Learning", Canadian Council on Learning, 2006.
- [3] A. Krković, "Elementi psihometrije". Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Filozofski Fakultet, 1978.
- [4] V. Mužić, "Uvod u metodologiju istraživanja odgoja i obrazovanja", Zagreb: Educa, 2004.
- [5] University of Illinois, (9. lipnja 2014.), "Strengths and Weaknesses of Online Learning", dostupno: <http://www.ion.uillinois.edu/resources/tutorials/overview/strengthAndWeak.asp>
- [6] Massachusetts Institute of Technology, (9. lipnja 2013.), "Online Courses - Strengths and Weaknesses", dostupno: <https://future.mit.edu/online-courses-strengths-and-weaknesses>
- [7] L. Song, E. S. Singleton, J. R. Hill i M. H. Koh, "Improving online learning: Student perceptions of useful and challenging characteristics", *The internet and higher education*, Vol. 7/1, 2004, pp. 59–70.
- [8] S. Stankov, "Inteligentni tutorski sustavi: teorija i primjena", Split: PMF Split, 2010.
- [9] T. Volery i D. Lord, "Critical Success Factors in Online Education", *International Journal of Educational Management*, Vol. 14/5, Bradford: MCB University Press 2000, pp. 216–223
- [10] B. M. H. Soong, H. C. Chan, B. C. Chua i K. F. Loh, "Critical Success Factors for On-line Course Resources", *Oxford: Computers & Education*, Vol. 36/2, 2001, pp. 101–120.
- [11] D. Leidner i S. Jarvenpaa, "The Information Age Confronts Education: Case Studies on Electronic Classrooms". Catonsville: Information Systems Research, Vol 4/1, 1993, pp. 24-54.
- [12] C. Dillon i C. Gunawardena, "A Framework for the Evaluation of Telecommunications-based Distance Education", 17th Congress of the International Council for Distance Education Open University, Milton Keynes, 1995, pp. 348-351.
- [13] T. Govindasamy, "Successful Implementation of e-Learning: Pedagogical Considerations", *Oxford: The Internet and Higher Education*, Vol. 4/3, 2001, pp. 287–299.
- [14] Puri G.: "Critical Success Factors in e-Learning – an Empirical Study", *Kurukshetra-Haryana: International Journal of Multidisciplinary Research*, Vol. 2/1, 2012, pp. 23–44.
- [15] B. Coldwell, "Mapping pedagogy to technology: A Simple Model", *Berlin: Advances in Web-based Learning*, 2003, pp. 180–192.
- [16] A. Mirković Moguš, I. Đurđević i N. Šuvak, "The impact of student activity in a virtual learning environment on their final mark", *Active Learning in Higher Education*, Vol. 13/3, 2012, pp. 177-189.
- [17] M. Jadrić, M. Čukušić, M- Lenkić, "E-učenje: Moodle u praksi", *Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split*, 2013.
- [18] M. Elson-Cook, "Student Modeling in Intelligent Tutoring Systems", *Artificial Intelligence Review*, Vol. 7, 1993, pp. 227–240.
- [19] K. VanLehn, "The Behavior of Tutoring Systems", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 16/3, 2006, pp. 227–265.
- [20] R. Nkambou, R. Mizoguchi i J. Bourdeau, "Advances in Intelligent Tutoring Systems", Heidelberg: Springer, 2009.
- [21] A. C. Graesser, M. Conley, i A. Olney, "Intelligent Tutoring Systems", *APA Educational Psychology Handbook: Vol. 3, Applications to Learning and Teaching*, 2012. pp. 451–473.
- [22] B. Park Woolf, "Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing e-Learning", Burlington: Morgan Kaufman Publishers, 2009.
- [23] A. C. Graesser, K. Vanlehn, C. P. Rosé, P. W. Jordan i D. Harter, "Intelligent tutoring systems with conversational dialogue", *AI Magazine*, vol 22, 2001, pp. 39–51.
- [24] A. C. Graesser, N. Person, Z. Lu, Z., M. G. Jeon i B. McDaniel, "Learning While Holding a Conversation with a Computer", *Technology-Based Education: Bringing Researchers and Practitioners Together*, 2005, pp. 143–167.
- [25] A. C. Graesser, N. K. Person, D. Harter i T. R. Group, "Teaching Tactics and Dialog in AutoTutor", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2001. 12 pp. 257–279.
- [26] A. C. Graesser, S. Lu, G. T. Jackson, H. H. Mitchell, M. Ventura, A. Olney, i drugi., "AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language", *Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers*. 2004. 36 pp. 180-193.
- [27] R. Freedman, "Atlas: A Plan Manager for Mixed-Initiative, Multimodal Dialogue", In *AAAI-99 Workshop on Mixed-Initiative Intelligence*; 1999; Orlando, Florida. pp. 1-8.
- [28] C. P. Rosé, P. Jordan, R. Michael, S. Stephanie, K. VanLehn i A. Weinstein, "Interactive Conceptual Tutoring in Atlas-Andes. In *Artificial Intelligence in Education*", *AI-ED in the Wired and Wireless Future*, *Proceedings of AI-ED 2001*; 2001; Amsterdam, Holland. pp. 256-266.
- [29] V. Kurt, P. W. Jordan, C. P. Rosé, D. Bhembe, M. Böttner, A. Gaydos i drugi, "The Architecture of Why2-Atlas: A Coach for Qualitative Physics Essay Writing", In *Proceeding of Intelligent Tutoring Systems ITS 2002*; 2002. pp. 158-167.
- [30] P. W. Jordan, M. Makatchev, U. Pappuswamy, K. VanLehn i P. L. Albacete, "A Natural Language Tutorial Dialogue System for Physics", In *Proceedings of International FLAIRS Conference*; 2006; Florida. pp. 521-526.
- [31] L. Razzaq i N. T. Heffernan, Hints: "Is It Better to Give or Wait to Be Asked? ", *Intelligent Tutoring Systems: Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 6094, 2010, pp. 349–358.
- [32] R. Cole, S. Van Vuuren, B. Pellom, K. Hacioglu i J. Ma, "Perceptive Animated Interfaces: First Steps Toward a New Paradigm for Human–Computer Interaction", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 91/9, 2003, pp. 1391–1405.
- [33] B. Di Eugenio, "Natural-Language Processing for Computer-Supported Instruction", *Intelligence* Vol. 12/4, 2001, pp. 22–32.
- [34] J. R. Anderson, A. T. Corbett, K. R. Koedinger i R. Pelletier, "Cognitive tutors: Lessons learned", *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 4/2, 1995, pp. 167–207.
- [35] B. A. Fox, "The Human Tutorial Dialogue Project: Issues in the design of instructional systems", *Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale*, 1993.
- [36] A. C. Graesser, N. K. Person i J. P. Magliano, "Collaborative Dialogue Patterns in Naturalistic One-to-One Tutoring", *Applied Cognitive Psychology*, Vol. 9/6, 1995, pp. 495–522.
- [37] G. D. Hume, J. A. Michael, A. A. Rovick i M. W. Evens, "Hinting as a Tactic in One-on-One Tutoring", *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 5/1, 1996, pp. 23–47.
- [38] M. W. Evens, J. Spitkovsky, P. Boyle, J. A. Michael i Allen A. Rovick, "Synthesizing tutorial dialogues", In *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1993, pp. 137-140.
- [39] C. P. Rosé i R. Freedman, urednici, "Building Dialogue Systems for Tutorial Applications", *Proceedings of American Association for Artificial Intelligence Fall Symposium*. 2000.
- [40] V. Alevan, O. Popescu i K. R. Koedinger, "Pedagogical Content Knowledge in a Tutorial Dialogue System to Support Self-Explanation", *AIED: Workshop on Tutorial Dialogue Systems*, San Antonio, 2001.

- [41] B. Di Eugenio, M. Glass, M. J. Trollo i S. Haller, "Simple Natural Language Generation and Intelligent Tutoring Systems", AIED: Workshop on Tutorial Dialogue Systems, San Antonio, 2001.
- [42] J. Mapuva i L. Muyengwa, "Conquering the Barriers to Learning in Higher Education Through e-Learning", *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, Vol. 21/2, 2010, pp. 221–227.
- [43] T. Grgin, "Školska dokimologija: procjenjivanje i mjerenje znanja", Jastrebarsko: Naklada Slap, 1994.
- [44] T. Grgin, "Školsko ocjenjivanje znanja", Jastrebarsko: Naklada Slap, 2001.
- [45] Z. Bujas, "Testovi znanja i mogućnost njihove upotrebe u školskoj praksi", vlastita naklada, Zagreb, 1943.
- [46] V. Vizek Vidović, M. Rijavec, V. Vlahović-Štetić i D. Miljković, "Psihologija obrazovanja", Zagreb: IEP, 2003.
- [47] N. Suzić, "Pedagogija za XXI vijek", Banja Luka: TT Centar, 2005.
- [48] L. Pivnick, J. Franklin i M. Theall, "Handbook for Teachers", The Centre for University Teaching and Learning, McGill University, 2001.
- [49] T. A. Ashford, "A brief history of objective tests", *Journal of Chemical Education*, Vol. 49/6, 1972, p. 420.
- [50] S. L. Pressey, "Development and Appraisal of Devices Providing Immediate Automatic Scoring of Objective Tests and Concomitant Self-Instruction", *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, Vol 29, 1950, pp 417–447.
- [51] L. Nedelsky, "Absolute Grading Standards for Objective Tests", *Educational and Psychological Measurement*, Vol 14, SAGE Publications Inc., 1954, pp. 3–19,
- [52] J. Loevinger, "Objective Tests as Instruments of Psychological Theory", *Pedagogical Reports*, Vol. 3, Southern University Press, 1957, pp. 635–694.
- [53] D. Jurafsky i J. H. Martin, "Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition", Russell S, Norvig P, New Jersey: Prentice Hall; 2000.
- [54] J. Allen, "Natural Language Understanding", Benjamin-Cummings Publishing Company Inc., 1987.
- [55] E. Reiter i R. Dale, "Building Natural Language Generation Systems", Cambridge University Press; 2000.
- [56] R. Schwitter, (9. siječnja 2012.), "Controlled Natural Language" dostupno: <https://sites.google.com/site/controllednaturallanguage>
- [57] B. Žitko, "Model inteligentnog tutorskog sustava zasnovan na obradi kontroliranog jezika nad ontologijom; doktorska disertacija", Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, 2010.
- [58] S. Stankov, M. Rosić i K. Rakić: "Testiranje i ocjenjivanje korištenjem kvizova u inteligentnim tutorskim sustavima", MIPRO–2001, Računala u obrazovanju, Opatija, 2001, pp. 115–119.
- [59] S. Stankov, M. Rosić, B. Žitko i A. Grubišić, "TEEx-Sys model for building intelligent tutoring systems", *Computers & Education*, Vol. 51, 2008, pp. 1017–1036.
- [60] B. S. Bloom, "Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain", New York: David McKay, 1956.
- [61] M. Tadić: "Računalna obrada morfologije hrvatskog jezika", doktorska disertacija, Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1994.
- [62] M. Tadić, "Croatian Lemmatization Server. In Formal Approaches to South Slavic and Balkan Languages (FASSBL-5)", 2006; Sofia, Bulgaria. pp. 140-146.
- [63] B. Žitko, "Autorska ljuška inteligentnog tutorskog sustava temeljena na prirodnom jeziku", kvalifikacijski doktorski ispit, Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, 2008.
- [64] Ž. Bjelanović Dijanić, "Provjera osnovnih matematičkih znanja zadacima objektivnog tipa (ZOT) – na papiru i na računalu", 6. stručno-metodički skup Didaktička dokimologija, Pula, 2009.
- [65] D. Vidaković, J. Bevis i M. Alexander, "Bloom's taxonomy in developing assessment items", *MAA: Journal of Online Mathematics and its Applications* 10, 2003.
- [66] D. R. Krathwohl, "A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview, Theory into Practice", Vol. 41/4, 2002, pp. 212–218.
- [67] C. G. Johnson i U. Fuller, "Is Bloom's Taxonomy Appropriate for Computer Science?", *Proceedings of the 6th Baltic Sea Conference on Computing Education Research: Koli Calling 2006*, pp. 120–123.