

MULTI-AGENTNI SISTEMI ZA ANALIZU INTERAKCIJA U NASTAVI I UČENJA MULTI-AGENT SYSTEMS FOR THE ANALYSIS OF TEACHING INTERACTION AND LEARNING

Anton Vrdoljak, *Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru*
Milorad Banjanin, Milenko Pikula, *Filozofski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu*

Sadržaj – U novije vrijeme računari i multi-agentni sistemi (MAS) se u mnogim oblastima znanja značajnije koriste za brže, tačnije, preciznije, konzistentnije i pouzdanije učenje. Istovremeno, u većini današnjih sistema za e-učenje implementiraju se inteligentni agenti, ali većina ovih sistema nije u potpunosti prilagođena funkcionisanju sa MAS. Daljnji razvoj i primjena MAS za analizu interakcija u nastavi i učenja rezultuje nastankom novih ideja vezanih uz realizaciju procesa učenja i poučavanja. Glavni akcenat ovog rada je na analizi različitih struktura tog procesa sa ciljem da implementacija kompleksnih interakcija sa inteligentnim multi-agentnim sistemima dovodi do postizanja boljih interakcija u nastavi i učenja.

Ključne riječi: *Agentna tehnologija, Multi-agentni sistemi, E-učenje, Objekti učenja, ICT.*

Abstract – Recently, in many domains, there is the significant use of computers and multi-agent systems (MAS) to support learning. At the same time, although the majority of today's systems for e-learning are performed on computers and make the implementation of intelligent agents as essential part of the process of teaching and learning, these systems are not fully adapted to the performance with MAS. Further development and application of MAS for the analysis of interaction in teaching and learning results in the emergence of new ideas related to the implementation process of learning and teaching. The main accent of this paper is on the analysis of different structures of this process, and its main aim is to point out that the implementation of complex interactions with intelligent multi-agent systems leads to achieving better interaction in teaching and learning.

Key words: *Agent technology, Multi-agent systems, E-learning, Learning objects, ICT.*

1. UVOD

Evidentno eksplozivni rast novih znanja generiše dinamičke promjene izvora, uslova, interakcija i ciljeva nastave, na bilo kom nivou realizacije. Zato, jednostavno rečeno, ciljevi savremene nastave moraju biti usmjereni ka postizanju boljih, bržih, konzistentnijih, pouzdanijih i trajnijih efekata učenja. Ovako zacrtani ciljevi mogu se ostvariti samo proaktivnim vođenjem učenika u pravcu osposobljavanja za aktivnosti, procedure, postupke i načine rada kojima se prije svega ohrabruje i razvija njihova osobnost. Drugim riječima, proces savremene nastave podrazumijeva izuzetno dinamičku i prije svega kreativnu interakciju nastavnika i učenika kako u međusobnim odnosima tako i u odnosima sa informaciono-tehnološkom infrastrukturom u odgovarajućoj pedagoškoj atmosferi. Ta interakcija se može realizirati samo kroz partnerski kooperativni odnos učesnika procesa ostvarenog modernom tehnologijom nastave [1].

Posljednjih su dvadeset godina web-bazirana učenja, učenja podržana sa digitalnim (ICT) tehnologijama, kao i interaktivna učenja u računarskim mrežama postala vrlo pristupačna i omiljena. Jer, takva iskustva, kao sastavni dio modela savremene, visoko kvalitetne, interaktivne nastave odnosno učenja, stečena prvenstveno u razvijenim zemljama svijeta, ukazuju na veće mogućnosti učenja svim učenicima bez obzira na njihov individualni stil učenja [5, 6]. Nadalje, u takvim modelima nastave svi učesnici (učenici) imaju ista

prava za učenje i rad bez podjela ne samo po rasnom, nacionalnom ili klasnom osnovu, nego ni po bilo kojem drugom osnovu. Stoga, je u našem inovacionom projektu odlučeno da se razviju interaktivni moduli sa inteligentnim tutorskim agentima u elementarnoj nastavi matematike, koji bi iskoristili sve dobre osobine negdje već uspješnih modela nastave. Mnogi obrazovni tehnolozi, nastavnici matematike i istraživači razvili su i vrednovali različite web-bazirane tutorijale koji pomažu učenicima u učenju elementarne matematike. Međutim, velika većina tih tutorijala ne uključuje prisutnost interaktivnih modula sa inteligentnim tutorskim agentima, odnosno razvoj i upravljanje kompleksnim interakcijama sa inteligentnim multi-agentnim sistemima, što bi, po nama, bio jedan od boljih načina kojim možemo unaprijediti elementarnu nastavu matematike, odnosno poboljšati efikasnost učenja u tom procesu. Naravno, potrebno je ispitati efikasnost tih modula, što je u biti jedan od ciljeva ovog rada.

Kako je riječ o primjeni teorije inteligentnog tutoringa i primjeni agentne tehnologije, očekujemo da korišćenjem ovakvih modula od strane učenika, ti moduli mogu preuzeti značajan broj uloga nastavnika te se tako prilagoditi pojedinačno svakom učeniku, dajući mu pri tom inteligentnu pomoć i podršku.

Stoga, u nastavku rada pokušavamo objasniti osnovne pojmove agentne tehnologije, analizirati moguću multi-agentnu arhitekturu interaktivnih modula, sa posebnim

naglasak na definisanje sposobnosti agenata, i na prednosti koje oni pružaju u brzom, precizno, konzistentnom i pouzdanom učenju. U fokusu rada je razjašnjavanje jednog osnovnog primjera – interaktivnog modula o sabiranju i oduzimanju – od ukupno osam koji se razvijaju u kooperaciji Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru i Filozofskog fakulteta–Katedra za matematiku i računarstvo Pale, Univerziteta u Istočnom Sarajevu.

2. SOFTVERSKI AGENTI

Koristimo jednu od opštih definicija po kojoj „agent predstavlja svaki entitet u svijetu koji komunicira u određenom kontekstu“, kao i najnoviju metodološku smjernicu softverskog inženjerstva – “agenti su opšta paradigma za razvoj kontekstno–svjesnih, prilagodljivih i samoorganizirajućih softverskih aplikacija“ [3]. Po kriterijumu opšte podjele agenata razlikujemo ljudske i softverske agente.

Softverski agenti predstavljaju dio softvera koji radi za korisnika ili neki drugi program. Takva “akcija u ime” korisnika uključuje nadležnosti koje odlučuju koja će akcija biti izvedena. Srodni i izvedeni koncepti uključuju *inteligentne agente* (pogotovo one aspekte koji su izraženi kod vještačke inteligencije, kao što su učenje i zaključivanje), *autonomne agente* (sposobne da modifikuju načine za postizanje ciljeva), *multi–agentne sisteme* (distribuirane agente koji nemaju samo–sposobnost izvršavanja naredbe) i *mobilne agente* (agente koji su sposobni preseliti njihove postupke na različitim procesorima).

Dakle, termin “agent” opisuje softversku apstrakciju, ideju ili koncept. Konceptija agenata pruža prikladan i moćan način opisivanja softverskih entiteta koji su sposobni djelovati pri nekom stupnju autonomije kako bi izvršili zadatke u ime korisnika.

Različiti autori zastupaju različite definicije agenata koje u osnovi uključuju koncepte kao što su: *upornost* (kod se ne izvršava na osnovu zahtjeva, nego agent neprekidno radi i odlučuje o tome kada treba neku aktivnost izvesti), *autonomnost* (agenti imaju sposobnost selekcije zadataka, prioriteta, ponašanja usmjerenog ka cilju, donošenja odluka bez ljudske intervencije), *socijalna sposobnost* (agenti mogu angažirati i neke druge komponente prilikom izvršavanja zadatka pomoću neke vrste komunikacije i koordiniranosti), *proaktivnost i reaktivnost* (agenti opažaju kontekst u kojem djeluju i u skladu sa njim djeluju).

Sposobnosti agenata uključuju adaptaciju i učenje. Adaptacija podrazumijeva osjećanje okoline i rekonfiguraciju odgovora. Ovo se može postići pomoću odgovarajućeg algoritma ili kroz otkrivanje strategija za rješavanje problema. Adaptacija, također, može uključiti i druge aspekte unutrašnje konstrukcije agenata. Učenje je moguće ostvariti na osnovu pokušaj–pogreška koraka, što povlači za sobom sposobnost ispitivanja i analize ponašanja i uspjeha. S druge strane, učenje se može odvijati na osnovu primjera i generalizacije, što povlači za sobom smanjenje kapaciteta.

Bitno je istaći da ne postoji stroga podjela softverskih agenata.

Većina autora podržava podjelu agenata prema tabeli 1.

Tablica 1. Vrste softverskih agenata.

R. br.	Definicija	
	Vrsta agenata	
1.	Sistemski agent	Agent koji izvršava neki pozadinski zadatak ili postupak za koji je specijaliziran.
2.	Korisnički agent	Korisnički interfejs kod visoko razvijenih mrežnih aplikacija.
3.	Klijentski agent	Korisnički interfejs za servis–bazirane aplikacije.
4.	Web–crawler	Servis–baziran program koji neprekidno ili periodički pretražuje mrežu ili selektira dijelove mreže tražeći potrebne informacije.
5.	Konverzijski agent	Interaktivni program koji putem vrlo pristupačnog sučelja izvodi specifične zadatke pod vodstvom korisnika.
6.	Inteligentni agent	Program koji teži ciljevima i to sa minimalnim uputama, pri tome koristeći inteligenciju ili heurističku tehniku, što sami računar čini pametnim.
7.	Mobilni agent	Autonoman program koji se kreće između <i>host</i> sistema u toku postizanja određenog cilja.
8.	Zatvoreni multi–agentni sistem	Gusto integrirano aplikacijsko okruženje kod kojeg je dio aplikacije paralelan sa mini–programima koji teže pod–ciljevima.
9.	Otvoreni multi–agentni sistem	Neodređeno, integrirano, aplikacijsko okruženje gdje nezavisno izgrađeni programi (ili agenti) mogu učestvovati u interakcijama u kojima agenti imaju veliki značaj za zajednicu.
10.	Osnovni softverski agent	Inteligentan i fleksibilan program koji ima sposobnost dinamičke podjele samoga sebe pri čemu pod–agenti izvršavaju pod–zadatke.
11.	Robot	Inteligentni softverski agent koji je sposoban kretati se u realnom svijetu.
12.	Hibridni robot–agent	Robot koji može komunicirati sa jednim ili više softverskih agenata.

Skup softverskih agenata ili multi–agentni sistemi koji imaju dosta nezavisnih agenata mogu sarađivati (i/ili konkurisati) u potrazi za zajedničkim ciljevima. Skup bi mogao biti ograničen unaprijed određenim brojem članova, ili se može omogućiti da skup bude otvoren, pri čemu je omogućeno da agenti iz okruženja pristupe tom skupu.

Softverski agenti mogu raditi bez prekida ili neodređeno, pri tom neprekidno težeći ka svojim ciljevima. Takođe, svaki agent prekida sa radom onda kada dostigne svoje ciljeve ili kada mu ti ciljevi nisu više od značaja.

Objekti i programi predstavljaju prethodne faze evolutivne stepenice softverskih agenata. Objekti su skloni pasivnosti, kao i skrivanju unutar programa, dok programi imaju tendenciju da budu relativno statični. Softverski agenti nude mogućnost paralelne i međuprogramске kolaboracije, što omogućava lak, pouzdan, fleksibilan i siguran način rada.

Autonomija agenata predstavlja jedan od važnijih koncepata za rad inteligentnih softverskih agenata. Ponašanje agenata može biti zasnovano na vlastitom iskustvu ili ugrađenom znanju korištenom pri projektovanju agenata za određenu okolinu u kojoj će taj agent djelovati. Sistem je autonoman ako je ponašanje agenta određeno pomoću vlastitog iskustva. U slučaju da se ponašanje agenata bazira isključivo na ugrađenom znanju, agentu bi trebalo osigurati dovoljnu količinu znanja za početak, kao i dati mu sposobnost da uči. Fleksibilnost agenata da djeluju u različitim uslovima se postiže njihovom autonomijom. Autonoman, inteligentan agent morao bi biti u mogućnosti da djeluje uspješno u različitim okruženjima, pri čemu je osigurano dovoljno vremena za adaptaciju agenta.

Agentna tehnologija se, prema Luck i ostali [2], može promatrati iz tri perspektive: agenti kao metafora dizajna, agenti kao tehnologija i agenti kao simulacija. Agenti kao metafora dizajna osiguravaju novi način razvoja kompleksnih računarskih sistema, naročito u otvorenim i dinamičkim okruženjima. Agenti kao tehnologija obuhvaćaju specifične tehnike i algoritme za balansiranje reakcija i razmatranje u arhitekturama individualnih agenata, učenje od i o drugim agentima u okruženju, pronalaženje načina za pregovore i saradnju sa drugim agentima i razvoj odgovarajućih načina formiranja i upravljanja koalicijom. Agenti kao simulacija predstavljaju snažne modele kompleksnih i dinamičnih realnih okruženja koji osiguravaju odgovore na kompleksne fizičke ili socijalne probleme u uslovima visokog nivoa kompleksnosti.

3. PRIMJENA AGENATA U INTERAKTIVNOM MODULU O SABIRANJU I ODUZIMANJU

Multi-agentni sistem (MAS) se sastoji od grupe agenata koji su u međusobnoj interakciji. Istraživanje multi-agentnih sistema usmjereno je na obezbjeđivanje metoda i struktura za bolje upravljanje agentnim ponašanjem.

Kao što je već navedeno u uvodnom dijelu ovog rada, pri Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Mostaru pokrenut je obrazovno–istraživački projekat baziran na prednostima nastavnog procesa i učenja elementarne matematike pomoću skupa inteligentnih tutorskih agenata, koji će sadržavati ukupno osam interaktivnih modula. U trenutku pisanja ovog rada razvijen je prvi takav modul – modul o sabiranju i oduzimanju – koji sadrži takozvane modele interakcije *Dio–Cjelina*. Važno je istaći da je glavna ideja našeg obrazovno–istraživačkog projekta proizašla iz sličnih implementiranih modula [4]. U biti, sljedeća vizija moguće multi-agentne arhitekture sustava za učenje elementarne matematike nastala

je kao problem odnosno predmet istraživanja buduće doktorske disertacije prvog autora ovog rada.

Ovaj modul je načinjen kao privlačan i interaktivan alat, odnosno skup od šest takozvanih *Dio–Cjelina* modela, za pomoć učenicima pri učenju problemskih zadataka o sabiranju i oduzimanju s jednom ili dvije nepoznanice (sa dva ili tri dijela). Korišćenjem vedro obojenih blokova učenici modeliraju odnose među komponentama (dijelovima i cjelini) koje su date u problemu. Uz pomoć virtuelnog učitelja (tutora), odnosno inteligentnog tutorskog agenta, učenici kroz jednostavan proces rješavanja problema dolaze do njegovog rješenja. Prilikom izgradnje vlastitog modela, učenici moraju tačno identifikovati informacije koje su date (egzistiraju) u problemskoj situaciji, kao i informacije koje su nepoznate u njoj. Prepoznavanje i rješavanje nepoznate količine je ključni pojam u elementarnoj nastavi matematike (algebre). Ovaj modul potiče učenike na gledanje iznad površine kako bi otkrili koncepte i odnose koji su u srži svakog matematičkog problema. Nadalje, svi budući moduli su osmišljeni na način da sadrže bogate kako obrazovne sadržaje tako i nastavne metode podržane istraživanjem.

Slika 1. Primjer interaktivnog modula o sabiranju i oduzimanju sa jednom nepoznanicom.

Učenici ne uče samo modelirati i rješavati problemske zadatke u elementarnoj matematici, već, također, uče kako razumjeti i pisati algebarske jednadžbe.

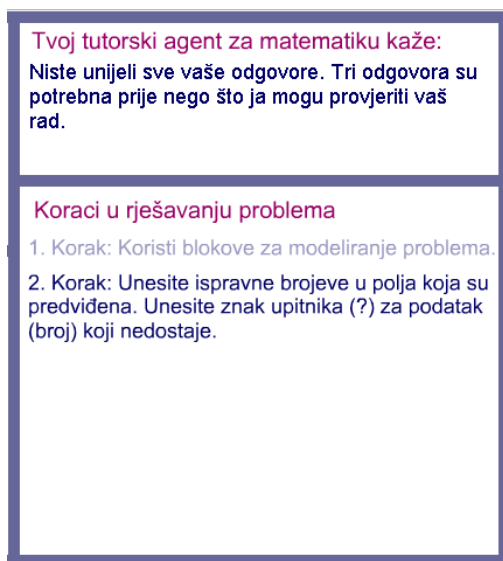
Primjer jednog interaktivnog modula o sabiranju i oduzimanju sa jednom nepoznanicom (takozvanog modela *Dio–Cjelina*) prikazan je na slici 1. U biti vidljiv je samo lijevi dio modula koji služi za izgradnju modela dane problemske situacije.

Slika 2. prikazuje desni dio modula, koji je takođe podijeljen u dva polja (prozora), od kojih gornje predstavlja poruke virtuelnog učitelja koji potiče učenike na stvaranje modela s konkretnim blokovima. Njegove *feedback*–poruke (povratne informacije) nude mnogo više nego jednostavni *da* ili *ne* odgovori. Na primjer, u slučaju problemskog zadatka prikazanog na slici 1., inicijalna poruka od stane tutorskog agenta za matematiku glasi: *Započni DIO–CJELINA problemske zadatke sa DVA dijela. Prati upute (korake) date*

ispod te provjeravaj ovo polje u potrazi za povratnim informacijama i porukama.

Poruke koje će slijediti po pravilnom postavljanju modela bit će usklađene sa akcijom učenika, odnosno njegovim odgovorima. Ako učenik ne unese sve tražene odgovore, agent će mu poručiti: *Niste unijeli sve vaše odgovore. Tri odgovora su potrebna prije nego što ja mogu provjeriti vaš rad.*

U slučaju unosa svih traženih odgovora, ali tako da je unesen pogrešan iznos za jedan od traženih dijelova agent poručuje: *Niste identifikovali DIO koji nedostaje. Provjerite jeste li koristili znak upitnika u polju za DIO koji nedostaje u svom modelu.*



Slika 2. Povratna informacija inteligentnog tutorskog agenta i koraci u rješavanju problema.

Nadalje, u slučaju ispravnih unosa iznosa za dijelove, a neispravnog unosa iznosa za cjelinu, učenik će dobiti sljedeću poruku: *Vrijednost za poznati DIO je ispravna, dok je CJELINA neispravno unijeta. Vrijednost za CJELINU je data u problemu.*

Ako student nakon ove poruke ponovno neispravno unese iznos za cjelinu, bit će mu poručeno: *CJELINA je neispravna. Tvoj matematički izraz glasi: $23 + 38 = ?$*

Donje desno polje predstavlja pojedine korake u rješavanju problema (ukupno četiri koraka), ali na način da tek kad učenik izvrši korak, zadan od strane virtualnog učitelja, on tada vidi (čita) naredni korak (ako on postoji, odnosno ako ga je zadao inteligentni tutorski agent).

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Ovaj rad daje sažet pregled inovativne paradigme učenja koja ima nedvojbeno veliki potencijal za poboljšanje efikasnosti učenja u elementarnoj nastavi matematike u kontekstu inteligentnih tutorskih agenata.

Naša vizija je orijentisana na promjenu različitih struktura nastave (sadržajne, didaktičko–metodičke, interakcijske, procesne, kontekstualne) sa lociranjem najjačeg fokusa upravo na kompleksne interakcije sa inteligentnim multi–agentnim sistemima, zato što probleme interakcija između različitih učesnika u savremenom nastavnom procesu podržanom digitalnim (ICT) tehnologijama posmatramo kao probleme dva moćna informaciona procesora (ljudskog i računarskog) koji pokušavaju međusobno komunicirati preko vrlo uske veze. Brži i efikasniji način razmjene informacija između njih možemo postići sa obje strane.

Sa strane učenika i nastavnika (korisnika), interaktivna tehnologija računara ograničena je količinom mašte pri instrukcijskom dizajniranju sadržaja i ljudskim organima za komunikaciju; sa strane računara, ograničenje su kako ulazno–izlazni uređaji koje učenici koriste u interakciji, tako i agentna tehnologija i njena arhitektura sistema za e–učenje.

Pravci budućih istraživanja uključuju detaljna ispitivanja projektovanih interaktivnih modula u sklopu spomenute doktorske disertacije, koja bi omogućila precizniju i pouzdaniju implementaciju kompleksnih interakcija sa inteligentnim multi–agentnim sistemima u elementarnoj nastavi matematike.

LITERATURA

- [1] M. K. Banjanin, *Tehnologija projektne nastave*, Beograd: Želnid 1997.
- [2] M. Luck, P. McBurney, O. Shehory, S. Willmott, *Agent Technology: Computing as Interaction - A Roadmap for Agent Based Computing*, Southampton: University of Southampton 2005.
- [3] T. Mićanović, *Modeli komunikacije za multi–agentne sisteme*, Diplomski–master rad, Fakultet Tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2008.
- [4] Thinking Blocks™, <http://ww.thinkingblocks.com>, 2009.
- [5] A. Vrdoljak, N. Bouz–Asal, “The educational potential of learning portals: The case of Mathematics ONLINE”, *The Third International Conference on Mathematical Science*, ICM 2008, 2008.
- [6] A. Vrdoljak, M. K. Banjanin, M. Pikula, “Digitalni alati u nastavi interaktivne geometrije”, *Naučno–stručni Simpozijum InfoTeh Jahorina 2009*, 2009.
- [7] A. Vrdoljak, M. K. Banjanin, K. Rakić, “Interaktivni moduli s inteligentnim tutorskim agentima u elementarnoj nastavi matematike”, *33. Međunarodni skup MIPRO 2010*, 2010.
- [8] F. Zambonelli, H. V. D. Parunak, *Signs of a revolution in computer science and software engineering*, Berlin / Heidelberg: Springer 2002.