

Višeagentski sustavi u e-učenju

Durdica Vukić

Visoka škola za inspekcijski i kadrovski menadžment u Splitu

Zrinsko Frankopanska 209., 21 000 Split

durdica.vukic@student.uniri.hr

Sažetak – Pojava novih tehnologija utjecala je na razvoj sustava za e-učenje, posebice u pogledu unaprjeđivanja procesa učenja i efikasnijeg stjecanja znanja prilagodbom na mentalni model korisnika. Jedno od rješenja za kompleksnost dizajniranja takvih sustava nalazi se u integraciji višeagentske tehnologije u sustave za e-učenje. Višeagentski sustavi predstavljaju grupu samostalnih agenata koji uz pomoć međusobne komunikacije dolaze do optimalnog rješenja. U ovom radu definirani su i objašnjeni pojmovi vezani za agente i višeagentske sustave u primjeni na e-učenje te je predstavljen pregled istraživanja u kontekstu primjene višeagentskih sustava u e-učenju, s osvrtom na tipove agenata.

Ključne riječi: e-učenje, višeagentski sustavi, tipovi agenata, mentalni model korisnika

I. UVOD

Sustavi podučavanja postaju složeni i nude vrste pedagojskog softvera kao tečajevi, vježbe, simulatori, sustavi online ili offline, za jednog korisnika ili više korisnika. Takva složenost motivira nove oblike i pristupe dizajnu i modeliranju. Studije i pretraživanje u tom području uvodi uobičajene koncepte koji omogućuju sustavu podučavanja učinkovito komuniciranje s potencijalnim korisnicima, pojačavajući ergonomsku uslugu, izvršavajući vrijeme odziva i dopuštajući adaptabilnost. Uvođenje koncepata kao što su višeagentski sustavi omogućila je web tehnologija za poboljšanje procesa modeliranja i oblikovanja učenja na daljinu, a time i ponudila uvjerljiva rješenja. Prikaz nekih relevantnih projekata koji povezuju višeagentske sustave s Webom mogu istaknuti prednosti ove tehnologije na inovativan način.

Ovaj rad je posvećen pregledu istraživanja u jednom aspektu primjene razvijenih modela e-učenja. Istraženi modeli predstavljaju sustave funkcionalno nezavisnih agenata, te implementaciju njihovih personaliziranih i inicijativnih funkcija preporuka za učenje. Razvoj sustava temelji se na tehnikama distribuirane umjetne inteligencije, nastavnog planiranja i inteligentnog tutorskog sustava. Osnovni cilj je istražiti iz dostupne literature metode projektiranja i primjene višeagentskog sustava u razvoju novih rješenja e-učenja. Obrazovanje i učenje u elektronskom okruženju događa se drugačije nego u tradicionalnoj učionici i može predstaviti nove izazove nastavnicima i učenicima koji sudjeluju u tom okruženju za online učenje. Alati za učenje pomoću tehnologije ubrzano mijenjaju lice obrazovanja, omogućujući prijelaz

u učionicu za online učenje ili hibridno učenje. Kreativne i inovativne primjene informacijskih i komunikacijskih tehnologija (ICT) odavno su vidljive kao važni potencijalni alati kako bi se omogućili procesi obrazovnih reformi, poboljšavajući i pristup obrazovanju i kvalitetu tog obrazovanja. U koraku s promjenom obrazovnih ciljeva, a dijelom kao rezultat istraživanja o tome kako ljudi uče, niz pedagoških pristupa također su napredovali kao najučinkovitiji načini za angažiranje učenika u razvijanju vještina. Ti pristupi uključuju učenje usmjereno na učenika, aktivno učenje, učenje temeljeno na projektima i istraživanje na temelju učenja.

Prilagodljivost u obrazovnom sustavu ima za cilj podršku studentu/učeniku tijekom obrazovanja, dajući sustavu sposobnost da se dinamički prilagodi ovisno o studentu/učeniku i njegovoj evoluciji u skladu sa sklonostima učenika. S druge strane, iznimno je teško razumjeti učenje učenika i prilagoditi metodu isporuke sadržaja prema stilu učenja učenika i to je jedan od nekoliko problema s kojima se suočava znanost u obrazovanju. Osim toga, ciljevi studenata/učenika, njihova socijalna pozadina, iskustva i prioriteti su karakteristike koje razlikuju korisnike u sustavu, te imaju značajan utjecaj na rezultat učenja. Osobito u slučaju kada su ljudi odrasli, koji često imaju određeno mišljenje o vlastitim potrebama, njihovo sudjelovanje u formiranju sadržaja njihovog treninga pomaže stjecanju znanja.

Razvoj informacijsko-komunikacijske tehnologije donosi promjene u svim segmentima ljudskog života i djelovanja, pa tako i u obrazovni proces. Digitalno okruženje nudi nove mogućnosti individualizacije i modernizacije nastave. Nove tehnologije postaju sastavni dio sustava obrazovanja i to kao podrška nastavniku u realizaciji tradicionalne nastave ili pak kao zamjena takvoj nastavi s jednom od brojnih novih metoda i načina realizacije nastavnog procesa kao i procesa učenja i poučavanja [39]. U današnjem društvu javlja se permanentna potreba za unaprjeđenjem procesa učenja i efikasnijom primjenom znanja [22]. Stoga je, posljednjih godina fokus usmjeren na poboljšanje i češću primjenu učenja i poučavanja potpomognutog tehnologijom koje se može postići razvojem elektroničkog učenja [35]. E-učenje je oblik učenja realiziran uz pomoć informacijsko-komunikacijske tehnologije. U počecima je obuhvaćao jednostavno korištenja računala u predavaonici za tradicionalnu nastavu (PPT prezentacije, računarske simulacije procesa, multimedijske prezentacije, korištenje web sadržaja, itd.) iz čega je postepeno nastala „miješana” ili „hibridna”

(engl. blended, mixed-mode, hybrid) nastava koja koristi i direktan kontakt u predavaonici i on-line aktivnost [7]. Multimedia, računalno umrežavanje i programsko inženjerstvo, uvođenje internet-a i hipermedijske usluge World Wide Web, omogućilo je pojavu nove generacije računalnih sustava za učenje i poučavanje. Tehnologije računalnih mreža, tj. Intranet, Internet kao i WWW, a posebno hipermedija zajedno su utjecali na osnivanje tzv. naprednih tehnologija učenja (engl. advanced learning technologies) i razvoj potpuno on-line organizirane nastave u kojoj se sve aktivnosti nastavnika i studenta odvijaju na daljinu bez fizičkog kontakta [39].

E-učenje, kao neizostavan dio obrazovnog procesa, predstavlja učinkovit način stjecanja znanja jer minimalizira prostorna i vremenska ograničenja omogućujući studentima da uče bilo kada i bilo gdje kroz aplikacije i procese e-učenja, primjenjujući učenje utemeljeno na računalu i na webu, pametne virtualne učionice, konferencije i digitalne suradnje. Fokus u nastavnom procesu se usmjerava s nastavnika prema studentu, te nastavnik kao centralna ličnost nastavnog procesa prelazi u status mentora usmjerenog na pružanje smjernica studentima temeljenim na njihovom interesu, želji, uvjerenju, sposobnosti učenja, ciljevima i vještinama [25].

Sve veća popularnost sustava e-učenja i brzo rastući broj korisnika, kao i veličine repozitorija materijala za učenje, čine ovu vrstu učenja složenim sustavom. Osim toga, e-učenje se suočava s brojnim izazovima, poput prilagodbe, suradnje i standardizacije [32].

Razvoj sustava za e-učenje nailazi na brojne poteškoće među kojima je jedan od najvažnijih i to prijelaz iz tradicionalnog pasivnog i sadržajno orijentiranog e-učenja prema više korisničkom usmjerenom, interaktivnom i suradničkom modelu učenja koji uključuje interakcije između različitih ljudi ili organizacija s različitim ciljevima i namjerama, s potencijalnom pojavom konflikta. Stoga je od ključne važnosti definirati arhitekturu koja se može prilagoditi različitim korisnicima i njihovim procjenama; može učinkovito održavati i isporučivati sadržaje za učenje, uključujući multimedijски materijal i suradničke sadržaje; i sposoban je pratiti uspjeh korisnika [34].

Primjena agentske tehnologije predstavlja bitan pristup rješavanju ovih izazova. Agenti se mogu definirati kao inteligentni entiteti, sa svojstvima autonomnosti, društvenosti, reaktivnosti i proaktivnosti, koji mogu samostalno obavljati zadatke. Korištenje inteligentnih agenata u arhitekturi e-učenja može omogućiti unaprjeđivanje sustava prilagođenog potrebama i karakteristikama svakog polaznika te omogućiti prilagodljivost i inteligenciju e-learning sustavu [4].

Prema dostupnoj literaturi, u ovom radu objašnjeni su temeljni pojmovi vezani za agentsku tehnologiju i višeagentske sustave. Predstavljen je pregled istraživanja primjene višeagentskih sustava u e-učenju, s osvrtom na strukturu agenata, i moguće smjernice za daljnje istraživanje.

II. AGENTSKA TEHNOLOGIJA

Agentska tehnologija usko je povezana s područjem umjetne inteligencije. Stoga, prije predstavljanja definicija i objašnjenja agentske tehnologije, potrebno je osvrnuti se na sam pojam inteligencije.

Definicija pojma inteligencije potpisana od strane 52 znanstvenika udružena 1994. u grupu "Mainstream Science of Intelligence" 3 navodi [13]:

"Inteligencija je vrlo općenita mentalna sposobnost, koja između ostalog, uključuje sposobnost zaključivanja, planiranja, rješavanja problema, apstraktno mišljenje, razumijevanje kompleksnih ideja, brzo učenje i učenje na temelju iskustva. On ne obuhvaća samo učenje iz knjiga, usku akademsku vještinu ili elegantno rješavanje testova. Prethodno ona reflektira širu i dublju sposobnost razumijevanja našeg okruženja – opažanja, shvaćanja smisla u stvarima ili odlučivanja o tome što napraviti."

Postoji više definicija pojma inteligencije i njezine podjele, no općeprihvaćeni je pristup višestruke inteligencije nastao iz Gardnerove teorije višestrukih inteligencija koji navodi devet osnovnih tipova inteligencije i to: lingvistička, logičko – matematička inteligencija, prostorna inteligencija tjelesno – kineziološka inteligencija, muzička inteligencija, prirodoslovna inteligencija, inter-personalna inteligencija, intra-personalna inteligencija i egzistencijalna inteligencija.

Ukoliko se pođe od pretpostavke kako svi ljudi imaju određenu razinu razvijenosti navedenih vrsta inteligencije te kako većina ljudi može razviti svaku inteligenciju do određene razine kompetentnosti, otvaraju se mogućnosti za implementaciju rezultata ovih istraživanja i u nastavnom procesu, kako u tradicionalnoj nastavi tako i u elektroničkom učenju [24].

Razvojem računala dolazi do novih istraživanja po pitanju da li se značajke prethodno spomenute „biološke“ inteligencije mogu prenijeti stroju. Krajem pedesetih godina prošlog stoljeća uvodi se i pojam umjetne inteligencije s željom da on obuhvati sva istraživanja vezana uz problematiku prijenosa svojstava prirodne inteligencije stroju, prije svega računalu, sa ciljem da tada takvo računalo bude u mogućnosti rješavati probleme (vrlo složene zadatke) koje klasični programi ne mogu riješiti ili mogu riješiti ali uz velike napore (dugo vrijeme trajanja izvođenja programa, te veliki troškovi za pisanje i implementiranje programa) [40].

Umjetna inteligencija (engl. Artificial intelligence) može se definirati kao inteligentno ponašanje strojeva sa sposobnošću: zaključivanja, prikupljanja i upotrebe znanja, korištenja znanja i izmjenjivanja zamisli te postavljanja problema [14].

Uz pojam umjetne inteligencije često se spominju pojmovi računalne inteligencije i distribuirane ili raspodijeljene umjetne inteligencije. Računalna inteligencija je područje umjetne inteligencije koje objedinjuje neizrazite sustave, neuronske mreže i genetske algoritme [29], dok raspodijeljena umjetna inteligencija prvenstveno vezana za agentsku tehnologiju i višeagentske sustave.

Raspodijeljena umjetna inteligencija svoju inspiraciju nalazi u biološkim sustavima kolektivne inteligencije koju još 1983. spominje Peter Russel u svojoj knjizi *The Global Brain* u kojoj polazi od tzv. Gaia hipoteze, ekološke teorije postavljene 1960. od strane Jamesa Lovelocka po kojem sva živa bića na zemlji čine jedinstveni kolektivni organizam, a završava s idejom o socijalnom inteligentnom super-organizmu. Kasnije su se na ovu teoriju nadovezali brojni autori a osnovna je ideja da se inteligentno ponašanja može pojaviti kao rezultat interakcije velikog broja jedinki po principima suradnje (kooperacije) ili suparništva (kompeticije). Ponekad se ovaj tip inteligencije naziva i inteligencija gomile (mnoštva) [10].

Tri su osnovna smjera istraživanja unutar distribuirane umjetne inteligencije [40]:

- Paralelno rješavanje zadataka s ciljem prilagodbe koncepata razvijenih unutar umjetne inteligencije multi-procesorskim sustavima i klasterima računala.
- Distribuirano rješavanje zadataka kada se pojedini dijelovi zadatka daju nezavisnim entitetima (agentima) koji ih samostalno rješavaju, a sva pojedinačna rješenja doprinose globalnom rješenju.
- Multi – agentske simulacije kod kojih se u simulacijama ne modeliraju skupine već pojedine jedinke

Distribuirana umjetna inteligencija ima poseban odnos u odnosu na znanje. Znanje u sustavima distribuirane inteligencije nije nigdje posebno izdvojeno i pohranjeno kao kod sustava umjetne inteligencije, niti je na temelju njega formirana nekakva struktura kao kod računske inteligencije, već je znanje sakriveno u zakonima interakcije između pojedinih jedinki. Posebno područje distribuirane inteligencije su kolektiviteti inteligentnih jedinki (inteligentni multi – agentski sustavi) koji kao svoju prirodnu inspiraciju imaju civilizaciju. Civilizacija nastaje kao rezultat kolektivnog rada inteligentnih jedinki (ljudi). U ovom slučaju znanje je pohranjeno i u svakoj pojedinoj jedinki ali i skriveno u interakcijama između tih inteligentnih jedinki –agenata [40].

Koncept agenta jedan je od najvažnijih pojmova područja računarstva još od 1990. Agentska tehnologija od ključne je važnosti u pogledu interakcije čovjek-računalo[5]. Pored pojma agent, u upotrebi u raznim područjima je i mnogo drugih sličnih pojmova: autonomni agent, softverski agent, inteligentni agent, ili nešto specifičniji pojmovi virtualni agent, mobilni agent, informacijski agent te agent za korisničko sučelje. Razne inačice pojma agent se upotrebljavaju tako često da, kao posljedica, ne postoji zajednički prihvaćen stav o tome što je agent [12].

Razni istraživači dali su definiciju agenta naglašavajući njegovo glavno svojstvo – autonomnost, a među njima možemo izdvojiti:

„Agent je računalni sustav koji se nalazi u nekom okruženju i koji je sposoban za fleksibilno, autonomno djelovanje u tom okruženju kako bi ispunio svoje ciljeve dizajna“[1][30]

„Agentom se može nazvati sve ono što opaža okolinu preko senzora i djeluje na okolinu preko aktuatora. Primjeri uključuju ljude, robote ili softverske agente.“[38]

„Agent je softverski entitet koji ima sposobnost izvršavanja fleksibilnih autonomnih aktivnosti na inteligentan način kako bi izvršio zadatke sukladno svojim ciljevima,“[9]

Uz svojstvo autonomnosti, pod slabom predodžbom agenta uključuje se i socijalnu sposobnost (interakcija s drugim agentima), reaktivnost (agenti mogu opažati okolinu i odgovarati na promjene okoline) i proaktivnost (djelovanje u smislu ispunjavanja ciljeva). Jaka predodžba pored spomenutih elemenata uključuje i mentalne koncepte koji se obično primjenjuju na ljude (vjerovanje, želja, namjera, znanje, emocije) te u području umjetne inteligencije uključuje sljedeća obilježja:[22][27][44]

- Pokretljivost (engl. mobile). Agent se može kretati s jednog mrežnog čvora na drugi.

Svaki pokretni agent sastoji se od tri komponente:

1. programskog koda koji sadrži logiku agenta,
2. podataka, odnosno, internih atributa koji predstavljaju znanje koje agent posjeduje i
3. stanja izvođenja.

- Racionalnost (engl. rationality). Racionalnost definira da ako agent ima skup ciljeva, od kojih je samo jedan aktivan, on neće izvoditi akcije koje bi mogle biti u suprotnosti s njegovim trenutnim ciljevima. Racionalan agent uvijek mora izvoditi akcije koje bi u konačnici maksimizirale očekivani rezultat pri tome koristeći svoje znanje o trenutnom i budućem stanju okoline.

- Dobronamjernost (engl. benevolence). Agentovi ciljevi ne smiju biti međusobno konfliktni, ako se od agenta želi da maksimizira očekivani rezultat.

U definicijama često se dodaju prethodno navedena svojstva, s naglaskom na njihovu interakciju s okolinom. Svojstva poput reaktivnosti, proaktivnosti, autonomnosti i sposobnosti učenja čine agente zanimljivim pristupom za implementaciju u sustave e-učenja pružajući fleksibilnost za buduće nadogradnje.

Izuzev nepostojanja jedinstvene definicije agenta, nerijetko se u istraživanjima navodi i njihova usporedba s objektima. Objekti se mogu definirati kao računalni entiteti koji enkapsuliraju neko stanje, mogu izvršavati radnje ili metode nad tim stanjem i komunicirati prijenosom poruka. Iako postoje očigledne sličnosti, postoje i značajne razlike između agenata i objekata. Prva je u stupnju autonomnosti. Kontrola nad odlukom o tome hoće li izvršiti neku akciju je stoga različita u agentskim i objektnim sustavima. U objektno orijentiranim sustavima, odluka je na objektu koji primjenjuje metodu, dok u agentskom, odluka je na agentu koji prima zahtjev. Druga važna razlika između objektnih i agentskih sustava odnosi se na pojam fleksibilnog (reaktivnog, proaktivnog, socijalnog) autonomnog ponašanja, dok kod objekta ne pronalazimo ništa o takvom ponašanju [30]. Treća razlika je vezana za višenitno izvođenje programa. U standardnom objektnom modelu postoji jedna kontrolna nit u sustavu. Višeagentni sustavi su prirodno višenitni, a svaki agent u sustavu ima barem jednu kontrolnu nit [12].

Agenti se razlikuju od objekata jer nisu izravno međusobno povezani, pa umjesto objekata koji

upotrebljavaju druge objekte, imamo skupinu agenata koji komuniciraju i pomažu jedni drugima. Time se omogućava jednostavno uklanjanje ili zamjena agenta, bez opasnosti prestanka rada cijelog sustava, jer ga drugi agenti tada ga neće moći kontaktirati. Međutim, neki agenti mogu djelovati na okolinu više od drugih, ovisno koliko su njegove usluge presudne. Novi agenti također se mogu kreirati u hodu da zamjenu za agente koji su postali disfunkcionalni, zbog čega su sustavi s više agenata tolerantniji na greške i pouzdaniji [43].

Upravo zbog svojstava agenata, agentska tehnologija predmet je istraživanja raznih znanstvenih područja. Posljednjih godina sve više nalazi primjenu u komercijalnim svrhama, pa primjeri implementacije višeagentskih sustava uključuju kontrolu zračnog prometa, sustave upravljanja električnim vozilima, energetske industrije, robotici, računalnim igrama, elektroničkom poslovanju, pa sve do elektroničkog učenja.

Razvoj novih tehnologija i metodologija prijenosa znanja u domeni e-učenja uvjetovani su sve većim brojem korisnika. Korisnici su nerjetko zbunjeni s velikom količinom sadržaja za učenje, različitim formatima sadržaja, različitim metodama pristupa njima i većem broju standarda koje treba poštovati tijekom podučavanja ili učenja putem sustava za e-učenje. Identifikacija informacije u pogledu njihovih potreba, njihove prethodne razine znanja, preferencije, stila učenja, osobnosti učenja, interesa predstavljaju izazove za brojne istraživače u području e-učenja. Napredna informacijska i internetska tehnologije povećavaju te izazove suvremenog obrazovnog okruženja, pri čemu agentska tehnologija predstavlja novi pristup rješavanju tih izazova [35].

III. VIŠEAGENTSKI SUSTAVI

Višeagentski sustav (MAS) karakterizira skup inteligentnih entiteta (agenata) koji surađuju pomoću definiranih komunikacijskih protokola kako bi ostvarili unaprijed definirane ciljeve. Svaki agent ima definirano područje djelovanja nad kojim ima određenu količinu kontrole tj. količinu utjecaja. Ta područja agenata se znaju preklapati te je tada nužna suradnja, odnosno kooperacija agenata [15][45]. Suradnja agenata dvosmjerni je proces komunikacije koji može ovisiti o ciljevima agenata, resursima agenata i njihovim sposobnostima.

Znanje agenata te njihova svjesnost o znanju drugih agenata ključna je za razvoj svakog sustava višestrukih agenata te glavna karakteristika cijele tehnologije.

Unutar sustava višestrukih agenata najčešće je nužno da agenti budu svjesni svog djelovanja, mogućnosti i djelovanja agenata koji ih okružuju te informacija kojih drugi agenti posjeduju (znanje ostvareno međusobnom komunikacijom) [41].

Uz kooperativnost i broj i tipove agenata u sustavu, važna karakteristika višeagentskih sustava odnosi se na strukturu cilja. Sustav može imati jedan cilj, čija je realizacija rezultat suradnje svih agenata unutar okruženja. Unutar sustava mogu postojati i podciljevi, pa suradnja agenata nije nužno uvjetovana te jedan agent može imati više

različitih ciljeva. Stoga mogu se navesti i osnovna svojstva višeagentskog sustava [12]:

- Svaki agent ima nepotpune informacije i sposobnosti za rješavanje globalnog problema
- Ne postoji globalna kontrola sustava
- Podaci su decentralizirani
- Proračun je asinkron

Zahvaljujući svojim svojstvima i karakteristikama, višeagentski sustav se gleda kao obećavajuća platforma za izgradnju softvera. Prednosti višeagentskih sustava u velikim softverskim sustavima [28]:

- ubrzanje i učinkovitost (zbog asinkronog i paralelnog izračunavanja)
- robustnost i pouzdanost (otkazivanje jednog agenta rezultira degradacijom ali ne i otkazivanjem čitavog sustava)
- skalabilnost i fleksibilnost (lako je dodati nove agente u sustav)
- smanjenje troškova (cijena agenta je mala u usporedbi s cijenom sustava)
- razvoj i ponovna iskoristivost (lakše je razvijati i održavati modularni nego monolitni softver)

Unatoč navedenim prednostima, prisutno je mišljenje o potrebi daljnjih istraživanja u području razvoja agentski temeljenih softvera prije nego što višeagentska paradigma postane široko prihvaćena.

IV. PREGLED ISTRAŽIVANJA VIŠEAGENTSКИH SUSTAVA U E-UČENJU

Dominantni pristup u poučavanju potpomognutom tehnologijom već godinama je prijenos informacija temeljen na centralnoj ulozi učitelja s osnovnim ciljem pružanja obrazovnih sadržaja učenicima koji pasivno koriste te sadržaje. Kao posljedica toga, mnoga rješenja e-učenja predstavljaju jednostavnu "digitalizaciju" tog pristupa i u većini su slučajeva su to softverske platforme za učenje na daljinu, čiji je glavni fokus na obrazovnim resursima, koji predstavljaju samo izvor cijelog procesa učenja, te na prezentaciju (isporuku) obrazovnih materijala. Ovaj aspekt, zajedno s ostalim relevantnim propustima, kao što je pedagoška podrška, kontekstualizacija iskustva učenja, individualni i kolaborativni angažman učenika u aktivnostima, smatra se glavnom preprekom za usvajanje e-učenja i u mnogim istraživanjima prati nastojanja znanstvenika da ih prevladaju primjenom novih tehnologija [8].

Pojava internetske tehnologije rezultirala je novim rješenjima u području sustava e-učenja i poučavanja pri čemu je nedavni trend korištenje agentske tehnologije i razvijanje i korištenje različitih vrsta agenata u virtualnim okruženjima učenja. Programski agenti, ili jednostavno agenti, obično se definiraju kao autonomni softverski entiteti, s različitim stupnjevima inteligencije, koji mogu prikazati i reaktivno i proaktivno ponašanje kako bi zadovoljili svoje ciljeve [6].

[21] navodi glavne prednosti primjene višeagentskih sustava u e-učenju:

- kooperativnost: mogućnost inteligentne interakcije između članova tima
- adaptabilnost: mogućnost personalizacije prema modelu učenika i mentora i pohranjuje sve informacije o korisnicima iz rutinskih operacija; pruža bolju interaktivnost među studentima i učiteljima.
- inteligencija: daje inteligenciju sustavu e-učenja, tako da sustav posjeduje znanje o modelu korisniku i može mu pomoći u skladu s njim.
- višekratna iskoristivost: uklanja dupliciranje aktivnosti – zadaci se dijele među različitim aplikacijama sustava

Navedene prednosti mogu doprinijeti razvoju rješenja u području e-učenja, a posebice u pogledu personalizacije procesa učenja (individualna obrada prezentiranog sadržaja, individualno iskustvo i predznanje pojedinca, motivacija i mentalni napor koji se pri tome ulaže, neke socijalne norme i vrijednosti, okruženje u kojem se učenje ostvaruje) te općenito unaprjeđenja samoorganiziranog i informalnog učenja.

Koncept personalizacije i adaptacije ključan je za efikasnost procesa stjecanja znanja u e-učenju. Potencijal primjene višeagentskih sustava u području e-učenja leži upravo u inteligentnoj funkciji podučavanja koja može podupirati mentora/nastavnika u njegovim aktivnostima, voditi učenike da realiziraju svoje obrazovne ciljeve na temelju njihove izvedbe, napretka i stilova učenja, prema personaliziranim procesima učenja.

U posljednjih dvadeset godina provedena su brojna istraživanja agentske tehnologije u sustavima za e-učenje. Međutim, istraživanja su se bazirala na primjenu višeagentske tehnologije iz određene točke gledišta, predstavljajući različite arhitekture (logička, reaktivna, BDI, hibridna,), agentsko orijentirane metodologije (Gaia, AEIO, MaSE...), agentski-orijentirane programske jezike (JAVA, KQML, FIPA-ACL, FIPA-OS...), agentske programske platforme (JADE, JATLite, MadKit, PMA3) s naglaskom na tipove agenata.

Tijekom pretraživanja dostupne relevantne literature povezane sa navedenim područjem interesa, posebno su izdvojeni radovi koji se bave istraživanjem, razvojem i implementacijom višeagentskih sustava u e-učenju. Pregled istraživanja baziran je isključivo na tipovima agenata u sustavima za e-učenje. Izrađena je tablica (Prilog 1.) koja predstavlja prikaz trenda primjene višeagentske tehnologije u sustavima za e-učenje, a organizirana je u dvije kategorije

1. Struktura agenata njihovu ulogu unutar sustava
2. Doprinos istraživanja autore

Analizom istraživanja predstavljenih u Tablici, uočeno je sljedeće:

1. većina autora gravitira s područja Azije, no bilježi se interes za istraživanjem i u Europi;
2. prema dostupnoj literaturi, najveći broj istraživanja objavljen je u 2015. godini;

3. interaktivnosti između studenta i profesora, kao jednoj od bitnih čimbenika e-učenja, nije posvećena posebna pažnja u svim sustavima, naglasak je na interakciji sustava/agenta s korisnikom (studentom), dok se interakcija agent-mentor(nastavnik), prema navodi u pogledu instrukcijskog dizajna, te kao ispomoć mentoru u realizaciji dodijeljenih zadataka te davanja savjeta učenicima i praćenja njihovih procesa učenja (Mhouti et al.)
4. svaki od sustava posjeduje neku vrstu agenta koji je zadužen za personalizaciju i/ili adaptaciju obrazovnog sadržaja modelu korisnika,
5. uloga agenta za sigurnosna pitanja sustava e-učenja uočena je jedino u istraživanju Bokhari, M.U. Ahmad, i Arif et al.
6. Doprinos navedenih istraživanja primjene višeagentskih sustava u e-učenju ogleda se u:
 - skalabilnost, dostupnost, distribucija računalnih energetskih sustava i sustava za pohranu, kao i dijeljenje usluga i informacija između korisnika i organizacija koje pridonose sustavu e-učenja;
 - mogućnost kombiniranja inteligentnih agenata s platformom za e-učenje Moodle
 - rješavanje problema kod prilagodljivih hipermedijalnih sustava poput nedosljednosti koja se javlja kada su dva ili više pravila u sukobu, konvergencije koja nastaje kada su dva ili više pravila jednaka te insuficijenciju koja se javlja kada nije definirano jedno ili više potrebnih pravila.
 - uvođenju agenata s ulogom povećavanja korisnikove motivacije (novi koncept korisnih i obmanjujućih pedagoških agenata)
 - raznim mogućnostima prilagodbe sustava mentalnom modelu korisnika
 - realizacija suradničkog učenja u sustavima za e-učenje, mogućnost praćenja njegovog napretka bez uključivanja mentora/nastavnika, mogućnost grupne rasprave u stvarnom vremenu
 - mogućnostima primjene kombiniranog učenja
 - mogućnosti nadogradnje sustava i implementaciji svojstva inteligencije u sustave e-učenja
 - integriranje prednosti MAS-a sa sustavom za upravljanje učenjem i uslugom računalstva u oblaku
7. Autori, kao prijedloge budućih istraživanja, navode:
 - dodatne mogućnosti adaptacije na model korisnika (npr. uvođenje agenata s tehnikama za rudarenje podataka)
 - primjenu ontologija za obrazovne modele, kako bi se omogućilo postavljanje dodatnih pravila u svrhu povećanja adaptivne funkcionalnosti na temelju činjenica modeliranih u bazi znanja uz pomoć dodatnih odnosa
 - predlaganje metoda analize sadržaja chat-a i foruma na području suradničkog učenja
 - korištenje Moodlea kao LMS-a u oblaku i JADE platforme (Okvir Java Agentu za učenje na daljinu) kao razvoja MAS okvira.

V. ZAKLJUČAK

Pojava novih informacijsko komunikacijskih tehnologija unijela je promjene u obrazovnom procesu, omogućavajući razvoj novih metoda i načina realizacije procesa učenja i poučavanja.

Tradicionalna nastava sve manje može odgovoriti na potrebe suvremenog društva, čiji zahtjevi imaju naglasak na personalizaciji i adaptaciji, te eliminaciji ograničavajućih faktora kao prostorna udaljenost, vremenska ograničenja, životna dob ili individualne potrebe. U tom pogledu učenje u elektronskom okruženju pruža nove mogućnosti za modernizaciju nastavnog procesa. Kako bi se odgovorilo na navedene zahtjeve, brojna istraživanja su provedena u pogledu razvoja sustava za e-učenje, a podrazumijevaju implementaciju raznih metoda instruktorskog dizajna i pedagoške podrške. Težnja autora usmjerena je unaprijeđenje procesa stjecanja znanja sukladno mentalno modelu korisnika.

Umjetna inteligencija objedinjuje istraživanja iz tehničkih, društvenih i bioloških područja, podrazumijeva primjenu inteligentnih postupaka pri rješavanju zadataka u kompleksnim sustavima. Zbog svoje multidisciplinarnosti, njezin potencijal je prepoznat i u istraživanjima područja e-učenja.

Inteligentna virtualna učionica se sastoji od nastavne skupine, učeničke/studentske skupine, i skupine agentske podrške. Ove tri skupine agenata u međusobnoj su interakciji koja rezultira postignućem u učenju.

Djeca i mladi ljudi puno znaju o svijetu jer je informacija lako dostupna, samo nekoliko klikova. Nastavnici bi trebali osposobiti mlade ljude da odgovorno koriste digitalne uređaje, ali da ih ne ograničavaju previše. Nastavnici trebaju potaknuti studente/učenike da kreiraju vlastita pitanja istraživanja temeljena na njihovoj unutarnjoj motivaciji. Kada se neki fenomen promatra u školi/fakultetu, učenici/studenti bi trebali imati priliku razmisliti o tome: "Što me interesira u ovom konkretnom fenomenu? Što želim saznati o tome?"

Višeagentski sustav razvijen za e-učenje ima istovremene procese i raspoređuje se na više funkcija u procesu e-učenja. Uz te karakteristike, ta vrsta sustava ima svojstvo inteligencije i sposobnosti socijalnog učenja, autonomnosti, društvene sposobnosti, reaktivnosti i proaktivnosti. Pristup koji se temelji na ulogama za sustave s više agenata zasnovan je na meta modelu koji može potencijalno simulirati komponente sustava obrazovanja (tj. osobe, okoliš) u obliku inteligentnih agenata.

U ovom radu dana su objašnjenja pojmova e-učenje, inteligencija, umjetna inteligencija i agent. Predstavljena su svojstva agenta i njihov značaj za implementaciju u području e-učenja. Opisan je pojam višeagentskih sustava te su predstavljena njihova svojstva i prednosti primjene u velikim softverskim sustavima, te posebno u sustavima za e-učenje.

Primjena i značaj agentskih arhitektura, agentsko orijentiranih metodologija, agentski-orijentiranih programskih jezika i agentskih programskih platformi u sustavima za e-učenje, nije uvrštena u analizu pregleda istraživanja navedenih sustava. Literatura obuhvaća 19

istraživanja nastalih u razdoblju između 2010. i 2017. godine.

Navedena istraživanja su analizirana s aspekta strukture i uloge agenata u sustavu, doprinosa istraživača i njihovih prijedloga za buduća istraživanja.

Daljnja istraživanja bit će usmjerena na dodatnu analizu navedenih sustava u pogledu implementacije agentskih arhitektura, agentsko orijentiranih metodologija, agentski-orijentiranih programskih jezika i agentskih programskih platformi, detaljniju analizu tipova agenata u pogledu određivanja populacije agenata koja bi mogla odgovoriti na navedene zahtjeve korisnika kao i njihova implementaciju u inteligentno tutorskom sustavu.

LITERATURA

- [1] A. Alexandru, E. Tirziu, E. Tudora, O. Bica, „Enhanced Education by Using Intelligent Agents in Multi-Agent Adaptive e-Learning Systems“, *Studies in Informatics and Control*, ISSN 1220-1766, vol. 24 (1), pp. 13-22, 2015.
- [2] A. Byrski, R. Dreżewski, L. Siwik, M. Kisiel-Dorohinicki. "Evolutionary multi-agent systems." *The Knowledge Engineering Review* 30, no. 02: 171-186. 2015.
- [3] A. El Mhouti, M. Erradi, A. Nasseh, "Using cloud computing services in e-learning process: Benefits and challenges", *Education and Information Technologies*, 2016.
- [4] A. Fabiano, R. Carlos, A. Márcia, „Multiagent architecture for distance education systems“, in *Proc. ICALT'03*, 368–369, 2013.
- [5] A. Florea, *Introduction to Multi- Agent Systems*, International Summer School on Multi-Agent Systems, Bucharest, pp. 1-11., 1998.
- [6] A. Klačnja-Milićević, V. Boban, M. Ivanović, Z. Budimac, L. C. Jain, „Agents in E-Learning Environments“, *Intelligent Systems Reference Library book series (ISRL, volume 112)*, 43-49, 2016.
- [7] Đ. Nadrljanski, M. Nadrljanski: *Digitalni mediji – obrazovni softver*, Univerzitet u Novom Sadu, 2008.
- [8] G. Acampora, M. Gaeta, and V. Loia, „Combining multi-agent paradigm and memetic computing for personalized and adaptive learning experiences“ *Computational Intelligence*, 27: pp. 141–165. 2011.
- [9] G.S. Basheer, M.S. Ahmad, A.Y.C. Tang „A Conceptual Multi-agent Framework Using Ant Colony Optimization and Fuzzy Algorithms for Learning Style Detection“ In: Selamat A., Nguyen N.T., Haron H. (eds) *Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS Lecture Notes in Computer Science*, vol 7803. Springer, Berlin, Heidelberg 2013.
- [10] Gaia, <http://www.peterrussell.com/GB/Gaia.php> [Preuzeto 10. listopada 2017.]
- [11] H. Mazyad, I. Tnazefti-Kerkeni, and H. Basson: „A Multi-Agent System to Implement a Collaborative Learning Method“, *ICIW: The Eighth International Conference on Internet and Web Applications and Services*, pp. 266-271, 2013.
- [12] I. Curak, Višeagentski sustav za optimizaciju procesa izrade vremenskog rasporeda, https://elearning.fesb.unist.hr/pluginfile.php/81876/mod_page/content/12/Curak_Ivan_2012.pdf [Preuzeto 10. listopada 2017.]
- [13] Intelligence, <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Intelligence> [Preuzeto 9. listopada 2017.]
- [14] I. Ipšić: „Inteligentni sustavi, nastavni materijali“ Odjel za informatiku, Sveučilište u Rijeci, 2012./2013.
- [15] J. Ferber: *Multi-Agent System: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Harlow: Addison Wesley Longman, 1999, Paper: ISBN 0-201-36048-9. „Logics for Multiagent Systems“ by Wiebe van der Hoek and M. Wooldridge, 2013.
- [16] Jour Huang, Lu-Hui, Dow, Chyi-Ren Li, Yi-Hsung Hsuan, „Pa u-TA: A ubiquitous teaching assistant using knowledge retrieval and adaptive learning techniques“, *Computer Applications in Engineering Education, Comput. Appl. Eng. Educ.* VL - 21 IS - 2- Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company 245-255. 2010.

- [17] M. Arif, M. Illahi, A. Karim, S. Shamshirband, K.A. Alam, S. Farid, S. Iqbal, Z. Buang, and V.E. Balas, "An Architecture of Agent-Based Multi-Layer Interactive e-Learning and e-Testing Platform" Quarterly Quantity, October, 2014.
- [18] M. Bokhari, and S.Ahmad. "Design for Interactive E-learning Based upon Multi-Agent System: IMBLS." 9-05,2013
- [19] M. Hameed, N. Akhtar and M. Saad Missen, "Role Based Multi-Agent System for E-Learning (MASEL)" International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), 7(3), 2016.
- [20] M. Ivanović, D. Mitrović, Z. Budimac, Lj. Jerinić, C. Bădică: „HAPA: Harvester and Pedagogical Agents in E-learning Environments“, International journal of computers communications & control; ISSN 1841-9836, 10(2):200-210, April, 2015.
- [21] M. U. Bokhari, S. Ahmad: Multi-Agent Based E-Learning Systems: A Comparative Study, Proceedings of the 2014 International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies, pp.1-6, Udaipur, Rajasthan, India. November 14-16, 2014,
- [22] M. Wooldridge, N.R. Jennings: Intelligent agents: Theory and practice, The Knowledge Engineering Review, 10(2):115-152, 1995.
- [23] M., Serrhini, A. Dargham, „STIG: A Generic Intelligent Tutoring System a Multi-agents Based Model“. In: El Oualkadi A., Choubani F., El Moussati A. (eds) Proceedings of the Mediterranean Conference on Information & Communication Technologies Lecture Notes in Electrical Engineering, , vol 381. Springer, Cham 2016.
- [24] M. Posavec, Višestruke inteligencije u nastavi Život i škola, br. 24 god. 56., pp. 55. – 64., 2010.
- [25] M.W. Lee, S.Y. Chen, K. Chrysostomou, X. Liu, „Mining student behavior in web based learning programs“, Expert Syst. Appl., Vol. 36, No. 2, pp.3459–3464, 2009.
- [26] M.Yaghmaiea, A. Bahreininejad, „A context-aware adaptive learning system using agents“, Expert Systems with Applications, Volume 38, Issue 4, pp. 3280-3286 April 2011.
- [27] M. Zelić, Višeagentski sustavi za mobilno učenje. URL: http://161.53.72.120/_download/repository/Kvalifikacijski_Zeli_c.pdf [Preuzeto 18. listopada 2017.]
- [28] MAS, https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/IMAS1.pdf [Preuzeto 15. listopada 2017.]
- [29] Meko računarstvo, <https://www.math.pmfst.unizg.hr/hr/meko-ra%C4%8Dunarstvo> [Preuzeto 12. listopada 2017.]
- [30] N.R. Jennings, K. Sycara, and M. Wooldridge, „A Roadmap of Agent Research and Development, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems“, Volume 1, Issue 1, pp 7–38 , March 1998,
- [31] N.V. de Rosado ., M. Esponda-Argüero, R. Rojas, „Developing a Multi-Agent System for a Blended Learning Application“. In: Zgrzywa A., Choroś K., Siemiński A. (eds) New Research in Multimedia and Internet Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 314. Springer, Cham 2015.
- [32] P.Iulian, D.Hunyadi, D.Chiribuca, „A multi-agent architecture for human-computer interaction“, 12th WSEAS International Conference on Computers, Heraklion, Greece, 2008
- [33] Pham Quang Dung, A. M. Florea, „An Architecture and a Domain Ontology for Personalized Multi-agent e-Learning Systems“, pp. 181-185, 2011, doi:10.1109/KSE.2011.35
- [34] S. Hammami, H. Mathkour, „daptive e-learning system based on agents and object petri nets AELS-A/OPN“, Computer Applications in Engineering Education archive, Volume 23 Issue 2, March 2015., Pages 170-190
- [35] S. Hammami, H. Mathkour, A. Entesar, „A multi-agentarchitecture for adaptive E-learning systems using a blackboard agent“, 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology Beijing, China, 2009.
- [36] S. Maalal, M. Addou, „A New Approach of Designing Multi-Agent Systems“, International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), II (11), pp.148–157, November 2011.
- [37] S. Panagiotis, P. Ioannis, G. Christos, K. Achilles, „APLe: Agents for Personalized Learning in Distance Learning“. In: Zvacek S., Restivo M., Uhomoihi J., Helfert M. (eds) Computer Supported Education. CSEDU, Communications in Computer and Information Science, vol 583. Springer, Cham 2016.
- [38] S. Russell, P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2rd edition, Prentice Hall, 2003.
- [39] S. Stankov, A. Grubišić, B. Žitko, E-learning paradigm & intelligent tutoring systems. // Annual ... of the Croatian Academy of Engineering., pp. 21-31. 2004.
- [40] Stipaničev, D. – Uvod u umjetnu inteligenciju – KaMIS, FESB Split 2006
- [41] Sustavi višestrukih agenata u kartografskoj generalizaciji , <https://hrcak.srce.hr/81662> [Preuzeto 17. listopada 2017.]
- [42] T. Chellatamilan and R M. Suresh, „Intelligent Agents for the Semantic Adaptive e-Learning System“,. International Journal of Computer Applications ICACT(1):1-5, August 2011.
- [43] T. Kristensen, M. Dyngeland, Bech, ØØ. „Towards a Multi-Agent E-learning Platform“ Journal of Computer Engineering and Informatics, 12, 64-81., 2013.
- [44] Uporaba inteligentnih agenata u dinamičkom generiranju courseware-a, http://mapmf.pmfst.unist.hr/~ani/radovi/diplomski/Mihanovic_Marina_Uporaba_inteligentnih_agenata_DCG_2009.pdf [Preuzeto 11. listopada 2017.]
- [45] Više-agentski sustavi i mogućnosti primjene u zračnim lukama, <https://data.fesb.unist.hr/public/news/KDI%20Vi%C5%A1e-agentski%20sustavi%20i%20mogu%C4%87nosti%20primjene%20u%20zra%C4%8Dnim%20lukama-3509192658.pdf> [Preuzeto 15. listopada 2017.]
- [46] X. Daomin, "Multi-Agent Based e-Learning Intelligent Tutoring System for Supporting Adaptive Learning", Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications, pp. 393-397, 2013.
- [47] X. Li, „A study on E-Learning systems integration based on multi-agent technology“, Education Technology and Computer (ICETC), 2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC) Shanghai, China, pp. 294-297, 2010.
- [48] Y. Abdelhamid, A. Ayoub, M. Alhawiti, „Agent-based intelligent academic advisor system“, International Journal of Advanced Computer Technology, 4 (2), pp. 1-6, 2015.

Prilog 1. Višeagentski sustavi u e-učenju

Struktura agenata/Opis agenata	Doprinos
[16] u-TA sustav obuhvaća pet sustava agenata: Agent događaja potiče učinkovitost učenja učenika. Agent događaja se sastoji od promatrača i dnevnika događaja. Analizirajući dnevnike događaja, agent promatrač prijavljuje u-TA da učeniku treba podrška za učenje. Agent vodič pomaže korisnicima u razumijevanju upravljanja sustavom. Agent dobavljanja znanja daje odgovore na pitanja učenika. Agent za učenje nudi dvije metode učenja: jedinicu za učenje s agentom koji razmjenjuje znanje s drugim agentima kako bi pružio učenicima brze odgovore; i jedinicu sa savjetnikom koji unosi novi odgovor u bazu podataka znanja. Agent koji bilježi povratne informacije opisuje mehanizam operativnog toka i u funkciji je sve dok agent daje prijedloge korisnicima.	TA sustav se može koristiti za raspodjelu TA opterećenja i rješavanje učeničkih problema u laboratorijskim vježbama. u-TA sustav može promatrati ponašanje učenika kako bi otkrio abnormalno ponašanje na web stranici za učenje.
[47] u sustavu za e-učenje zasnovanom na višeagentskoj tehnologiji navodi sljedeće agente: Agent lokalnih resursa provodi kontrolu lokalnih podsustava e-učenja i novih aplikacija. Agent za upravljanje upravlja aktivnim agentima u integriranom sustavu, a obuhvaća stvaranje agenta, odjavu agenta i potvrdu agenta. Agent za integraciju provodi prikupljanje podataka i analizu podataka podsustava, te daje potporu odlučivanju. Agent korisnika provodi interakciju između korisnika i integracijskih sustava, što je oblik distribuirane arhitekture.	Rješenje problema kao što su: skalabilnost, dostupnost, distribucija računalnih energetskih sustava i sustava za pohranu, kao i dijeljenje usluga i informacija između korisnika i organizacija koje pridonose sustavu e-učenja.
[42] Sustav se sastoji od sljedećih agenata: Agent za učeničko modeliranje: ovaj agent je odgovoran za trenutni učenički model obzirom na trenutni kontekst okruženja kroz koncept inteligentne personalizacije. Agent za odabiranje tema: kada učenik odabere nastavni sadržaj, ovaj agent odabire relevantne teme koje odgovaraju učeniku. LO agent: kada učenik odabere temu nastavnog sadržaja uz pomoć agenta za odabiranje tema, LO agent odlučuje koji paket učenja je potrebno isporučiti na temelju stila učenja određenog učenika. Agent za prezentacije: sve podatke koji je prikupio prethodni agent, ovaj agent šalje u LMS kako bi se proveo najbolji izbor paketa za učenje. Agent za ontologiju: Ovaj agent dohvaća ontologiju o sadržaju za učenje iz ontologijskog repozitorija pomoću ontologijskog API-ja..	Agenti za semantičko savjetovanje koji daju učenicima podršku u uspješnom organiziranju i provođenju učenja
[26] Adaptivni (LMS) temeljen na višeagentskim sustavima sastoji se od sljedećih agenata :Agent za upravljanje kontekstom: zadužen je za donošenje trenutnog učeničkog modela. Agent za odabir sadržaja: kad god učenik odabere nastavni sadržaj, ovaj agent odlučuje koje su teme prikladne za učenika. Agent za organizaciju sadržaja: kada se odabere tema, ovaj agent odlučuje koji paket sadržaja treba isporučiti obzirom na stil učenja učenika. Agent za prezentaciju sadržaja: odluka agenta za odabir i agenta za organizaciju se podnosi ovom agentu kako bi se tada mogla primjereno isporučiti u LMS.	Predlaže način prilagodbe tema nastave prema iskustvima učenika čiji je stil učenja sličan trenutnom učeniku
[33] Višeagentski sustav e-učenja sastoji se sljedećih agenata: • Osobni agenti učenika: Ovi agenti obavljaju sljedeće funkcije: - Preuzimanje/pohranjivanje podataka korisnika iz/u bazu podataka korisničkog profila. - Komunikacija i razmjena informacija s agentom za adaptivni sadržaj kako bi se donijela odluka o odabiru odgovarajućih adaptivnih materijala za različite korisnike. - Komunikacija s agentom za praćenje stila učenja tijekom nastave kako bi se provjerilo jesu li stilovi učenja najprikladniji za učenike ili nisu. - Izvođenje ostalih zadataka poput traženja informacija, provođenja testova itd. uz pomoć odgovarajućih servisa. • Agent za praćenje stila učenja: zadužen je za praćenje ponašanja svakog učenika tijekom nastave kako bi procijenio njegov stil učenja, a zatim ga usporedio s njegovim stilom učenja koji je identificiran testom od prije. Ako se ne podudaraju, agent šalje svoj savjet agentu - savjetniku. Ovaj agent također može ažurirati stilove učenja učenika u bazi podataka korisničkog profila. • Agent – savjetnik: prima savjete od mentora ili agenta za praćenje stila učenja, a zatim ih šalje učenicima. • Agent za adaptivni sadržaj: zadužen je za određivanje vrste materijala za učenje koju treba dostaviti svakom učeniku na temelju njegovog stila učenja. • Osobni agent mentora: zadužen je za ažuriranje baze podataka sadržaja učenja kroz servis upravljanja sadržajem.	Razvoj inteligentnih agenata koji bi opetovano procijenili stilove učenja učenika i isporučili nastavni sadržaj prikladan svakom studentu ponaosob, kao i ontologiju domene koja je pogodna za sustav.
[34] Višeagentski sustav e-učenja sastoji se od tri razine i obuhvaća sljedeće agente: RAZINA 1. Interaktivni višeagentski sustav se koristi u upravljanju glavnim zadacima za autora i učenika Interaktivni agent baze podataka ima sposobnost primanja poruka sa svoje gornje razine ili odgovora s donje razine, procesuiranja tih poruka, te slanja raznih zahtjeva/odgovora i poruka u Višeagentski sustav za učenje, Višeagentski autorski sustav i Interaktivni agent baze podataka.	Novi pristup rješavanju sljedećih pitanja: - Razvijanje sustava e-učenja koji ima sposobnost prilagođavanja sklonostima i potrebama učenika. - Prepoznavanje odgovarajuće tehnologije koja će nadograditi sustav e-učenja inteligencijom.

Višeagentski sustav za učenje (Learning-MAS) sadrži agente koji pružaju osnovnu funkcionalnost učeniku i procesu učenja, kao i Inteligentne agente baze podataka (Agent baze podataka profila, Agent baze podataka za učenje i Agent baze podataka za vježbanje) koji kontroliraju pristup bazi podataka na ovoj razini arhitekture. Osobni agent učenika: Cilj ovog agenta je ponuditi najprikladniji savjet učeniku. Agent generatora nastave, preuzima i generira određene nastavne materijale za učenika iz baze podataka s nastavnim materijalima, a prema podacima iz Agent a baze podataka profila i Agent a baze podataka za učenje. Agent za vježbanje procjenjuje znanje učenika ili njegove sklonosti. Agent za vježbanje odabire vježbe koje će učeniku biti zadane u nastavnoj cjelini. Agent ocjenjivač učenika ocjenjuje učenika za vrijeme vježbanja i šalje rezultate evaluacije u bazu podataka učenja kako bi se koristili u procesu adaptacije. Agent za pedagoško praćenje učenika je odgovoran je za praćenje pedagoških aktivnosti učenika kao što je vrijeme provedeno u rješavanju zadataka ili broj klikova mišem na određenoj vrsti linka ili stranice. Ovaj agent je nastao iz Osobnog agenta učenika. Višeagentski autorski sustav (MAS) sadrži agente koji su zaduženi za autora i e-sadržaj nastave, kao i inteligentne agente baze podataka koji kontroliraju pristup informacijskom sustavu e-učenja ove razine arhitekture, kao što je Agent domene baze podataka i Agent baze podataka materijala za učenje Inteligentni agenti baze podataka: Agent domene baze podataka sadrži informacije o nastavi, nastavnim jedinicama i smjerovima učenja. Agent baze podataka za poučavanje sadrži cjelokupni nastavni materijal koji se koristi u različitim fazama nastave i ima za cilj olakšati pretraživanje i korištenje različitih tipova predmeta učenja. Tri vrste agenata koji osiguravaju funkcionalnost koja je autoru potrebna za stvaranje ili ažuriranje e-sadržaja: Autorov osobni agent daje autoru preporuke za poboljšanje procesa učenja i usmjeravanje ga u izgradnji strukture i sadržaja nastave. Agent generatora strukture nastave posvećen je izradi strukture nastave ili smjera učenja koji se temelji na ontologiji sadržanoj u Bazi podataka domene, kao i na informacijama u Bazi podataka za učenje. Agent generatora nastavnih jedinica je posvećen sadržaju nastave i odabire nastavne materijale koji se odnose na određenu nastavnu jedinicu i shodno tome generira nastavne jedinice. RAZINA 2: Sučelje višeagentskog sustava sadrži Agent a sučelja baze podataka i Interaktivnog agenta baze podataka, Agent a sučelja za učenika i Agent a sučelja za autora. Agent sučelja baze podataka osigurava interakciju između ljudskog agenta i ostatka sustava, te im pomaže izvršiti svoje zadatke, razmjenjivati znanje, tražiti usluge, prezentirati informacije o svojim planovima ili odlukama i ostvariti svoje ciljeve. Agent sučelja za učenika (LIA) je agent koji je povezan sa sučeljem učenika i ima širok raspon ciljeva. Ovaj agent prvenstveno pomaže učeniku u procesu registracije ili prijave u sustav, prati njegove radnje i osigurava pristup resursima sustava. Ovaj agent pruža korisniku informacije o čitavom okruženju za učenje. Agent interaktivne baze podataka (Interaction-BA) kontrolira i posreduje u komunikaciji između Višeagentskog sustava sučelja (Interface-MAS) i Interaktivnog višeagentskog sustava (Interaction-MAS) Agent sučelja za autora. Ovaj agent ima istu funkciju kao i Agent sučelja za učenika, ali je usmjeren na autora, a ne na učenika. RAZINA 3: Ljudski agent predstavlja autora i učenika	- Razvijanje prilagodljivog sustava praćenja učenja u stvarnom vremenu koji bi omogućio učiteljima da efikasno savjetuju svoje učenike.
[46] ITS (MAELITS) se sastoji od:Agent sučelja nastavnih materijala za e-učenje nudi sučelje koje je prikladno za interakciju s učenicima, on surađuje s Agentom za prikupljanje podataka o aktivnosti e-učenja kako bi prikupio podatke o aktivnostima učenja učenika Tada Agent za prikupljanje podataka o aktivnosti e-učenja bilježi ove podatke u bazama podataka za učenike. Kada učenik završi s pregledavanjem nastavne građe, šalje poruku Agentu za evaluaciju e-učenja da napravi ispitni papir za njega kako bi se provelo testiranje. Nakon testiranja, Agent za evaluaciju e-učenja će procijeniti razinu spoznajne sposobnosti učenika za određen stupanj znanja kroz neizrastiti algoritam i pohraniti procijenjenu vrijednost u bazu podataka o kognitivnoj sposobnosti. Nakon što je obavio procjenu, Agent za evaluaciju e-učenja odmah šalje obavijest Agentu za preporuku prilagodljivih nastavnih materijala koji će primjenom metodologije odlučivanja na temelju studije slučaja izvesti i preporučiti prilagodljivi nastavni materijal za pojedinog učenika.	Koristeći tehniku agenata u razvoju inteligentnog sustava, riješili su probleme kao što su: Nedosljednost koja se javlja kada su dva ili više pravila u sukobu; Konvergenciju koja nastaje kada su dva ili više pravila jednaka; Insuficijenciju koja se javlja kada nije definirano jedno ili više potrebnih pravila. Ovi problemi sprječavaju da AEHS (Adaptive Educational Hypermedia Systems) prema pravilima odabere i isporuči odgovarajuće koncepte učenja i resurse za svakog pojedinog učenika u nizu resursa za učenje
Prema [11] svaki učenik i mentor ima agenta - osobnog pomoćnika (AP). AP agent igra zadanu ulogu i izvršava zadano na zahtjev korisnika.Kako bi se pratio i usmjeravao napredak, jednom agentu su definirane i pripisane sljedeće uloge: Nadziranje aktivnosti. Nadziranje alata. Upravljanje lokalnom bazom podataka (L_DB). Upravljanje centralnom bazom podataka (C_DB). • a_ACTIV: nadzire aktivnosti korisnika tijekom sesije. Daje statistiku o napredovanju svake aktivnosti. Podsjeća učenike na rokove i šalje upozorenja grupama koje kasne; • a_TOOL: nadzire upotrebu alata. Daje statistiku o korištenju suradničkih alata (e-pošta, chat, forumi itd.). U stvari,, "a_TOOL" agent sprema alate koje je koristio u "L_DB" svakog pojedinog korisnika; • a_LDB: upravlja interakcijama između agenata sustava i "L_DB", kao i između "L_DB" i "C_DB";	Omogućava suradničko učenje projektnog menadžmenta.

• a_CDB: upravlja središnjom bazom podataka	
[9] Predloženi višegentski sustav se sastoji od tri agenta: Agent društvenog okruženja (SSA), Agent za učenika (STA) i Agent procjene (EVA). Svaki agent je zadužen za određeni skup operacija. SSA i STA koriste neizrazitu logiku u odabiru učeničkog stila učenja. EVA koristi tehniku mravljeg algoritma za predlaganje skupa optimalnih puteva za otkrivanje svih mogućih svojstava stilova učenja.	Višegentski sustav koji primjenjuje mravlji algoritam i algoritme neizrazite logike za pretraživanje kao alate za otkrivanje stilova učenja
[17] Arhitektura višeslojne interaktivne platforme za e-učenje i e-testiranje sastoji se od : Dva resursna agenta - učitelja nalaze se u resursnom sloju: resursni agent i resursni agent za e-učenika. Resursni agent komunicira kroz višegentski sloj sa slojem DB kontrolera, a agent korisnika dohvaća informacije iz baze podataka korisničkog profila. Višegentski sloj ima sedam agenata: Intelligentni agent - Ovaj agent osigurava vitalnost u e-učenju i obavlja određene relevantne zadatke umjesto učenika, učitelja, roditelja i drugih članova obrazovne zajednice. Agent za pristup - Ovaj agent je glavni i osnovni agent sustava koji omogućuje jednostavan pristup agentu kontrole baze podataka. Agent za interakciju - Agent za interakciju osigurava korisnicima suradničku platformu gdje mogu mijenjati objekte i sadržaj e-učenja. Štoviše, ovaj agent može mijenjati, prilagoditi i manipulirati sadržajem korisnika prema njihovim prioritetima. Agent za interpretabilnost - Ovaj agent omogućava internu komunikaciju, ali i vanjski sustav upravljanja informacijama. Interpretabilnost se fokusira na poboljšanje prilagodljivog učenja različitim sredstvima. Agent za personalizaciju - Ovaj agent osigurava funkcije personalizacije poput planova za učenje, materijala i testova. Slično tome, ovaj agent omogućava interakciju među ostalim učenicima kroz instant poruke, savjete i druge relevantne činjenice. Ovaj agent također može omogućiti upravljanje učeničkim sadržajem, model učenika, učenički plan i prilagodljivu interakciju. Agent za sigurnost - Agent za sigurnost je odgovoran za sigurnosna pitanja i omogućava kontrolirani pristup samo relevantnim sudionicima. Agent za prilagodljivost - Agenti za prilagodljivost imaju sposobnost praćenja aktivnosti korisnika. Ako je agent sposoban, zahtjevi korisnika preferiraju protumačene aktivnosti i djeluju na dostupnom znanju. Sloj kontrolora baze podataka sastoji se od pet različitih agenata (agent za preporuku, agent za e-sadržaj, agent za korisnika, agent za pristup i agent za vježbu) Agent za korisnika čuva korisničke zapise, te dodaje i briše podatke o aktivnostima korisnika. Agent za e-sadržaj prima zahtjev od korisnika, dohvaća podatke iz repozitorija e-sadržaja i pruža korisniku informacije preko resursnog agenta. Agent za preporuku predlaže relevantni materijal iz digitalne knjižnice ili s neke druge korisne web stranice preko pretraživača za preporuku.	Predstavljena nova metoda – višeslojna inteligentna arhitektura na osnovu agenta za sustav e-učenja i e-testiranja, koja automatski ažurira pitanja i odgovore među agentima i e-učenicima, i koja ima interoperabilne, distribuirane, prilagodljive, agentske, ontologijske, suradničke i inteligentne značajke.
[18] Višegentska arhitektura za okruženje e-učenja sastoji se od: Agent za učeničko sučelje (SIA) - Osigurava učeniku interaktivno sučelje; čini sadržaj jednostavnim i uređenim na interaktivan način za učenika.Prati učenikove aktivnosti učenja.Prima povratne informacije od studenta.Vodi evidenciju o povijest učenja.Sadrži informacije o profilu studenta. Agent za suradnju (CA) - Odgovoran je za uspostavljanje komunikacije između učenika i učitelja, te među učenicima općenito. Intelligentni agent za podršku odlučivanju (IDSA) - Djeluje kao agent za donošenje odluka.Izračunava učenikovu sposobnost učenja. Odabire odgovarajući nastavni sadržaj za učenika. Donosi odluku o unaprjeđivanju razine na kojoj je učenik na temelju rezultata ispitivanja. Agent za ispitivanje/procjenu (TA)-Odgovoran je za polaganje testa kada je učenik prošao dovoljno nastavnog sadržaja. Daje ocjene učeniku i šalje ih kao rezultate u IDSA tako da se odluka poduzima u skladu s tim. Agent za planiranje nastave (LPA)-Pomaže mentoru u pripremi sadržaja kolegija. Agent sigurnosti (SA) - Ovaj agent je odgovoran za sigurnosna pitanja sustava e-učenja. Agent za sučelje mentora (TIA)- Osigurava sučelje za mentora, a ujedno mu pomaže u stvaranju nastavnog sadržaja.	Ova arhitektura uzima u obzir personalizirani status učenika i sukladno tome pruža interaktivni i učinkovit proces učenja koji pruža visoko interaktivno i sigurno okruženje za učenje, kako za učenika, tako i za mentora. Glavni značaj ovog sustava je povezivanje značajki kao što su inteligencija, pristupačnost, interaktivnost, prilagodljivost, suradnja i sigurnost u jedinstveni sustav.
[48] Sustav ima dva agenta:Prvi agent je agent - akademski savjetnik koji predlaže kolegije na koje student treba biti prijavljen, a prema podacima iz njegovog uvjerenja o položenim ispitima (prijepisa), njegovom trenutnom rasporedu i nastavnom planu akademskog programa. Generirane zahtjeve za registraciju mora obraditi agent za rješavanje sukoba koji pri dobivanju zahtjeva za registraciju mora zadovoljiti što više njih, mijenjanjem trenutnog rasporeda bez kolizije s trenutačnim rasporedom studenata.	Predloženi sustav bi trebao reducirati slučajeve u kojima studenti ne mogu upisati kolegije zbog kolizije u rasporedu.
[20] HAPA sustav obuhvaća sljedeće agente: Agenti - sakupljači se definiraju kao web pretraživači, i zajedno s klasifikacijskim modulom, specijalizirani su za prikupljanje primjera s Java izvornim kodom i njihovu prilagodbu pojedinom nastavnom sadržaju unutar predmeta. Pedagoški agenti: - korisni pedagoški agent daje ispravne prijedloge i savjete o određenom problemu, - obmanjujući agent pokušava voditi postupak rješavanja problema u pogrešnom smjeru, nudeći krive prijedloge i savjete..	Integracija agenata – sakupljača i motivacijskih agenata Uvođenje novog koncepta korisnih i obmanjujućih pedagoških agenata.

[23]STIG se sastoji od sljedećih agenata: Agent za nastavni plan i program: prati napredak interakcije između sustava i učenika gradeći povijest događaja koji se zbivaju tijekom nastave. Njegova uloga sastoji se od izgradnje, učitavanja podataka i upravljanja modelom učenika. • Agent za upravljanje didaktičkim resursima: Uloga ovog agenta je odrediti adresu resursa koju traži Agent za nastavni plan i program i Pedagoški agent. • Pedagoško sučelje: osigurava dijalog između učenika i sustava. • Pedagoški agent: pomaže učeniku kada dođe do pogreške. Ovaj agent određuje bolju strategiju učenja prema razini znanja učenika. Navedene su tri strategije učenja: (1) Suradnik, (2) Savjetnik i (3) Perturbator. • Agent - detektor pogreške/evaluator: otkriva i procjenjuje pogreške učenika.	Izgrađen je opći okvir za ITS koji se može naknadno koristiti za formiranje nekoliko inteligentnih tutorskih sustava kao nadopune za različite nastavne sadržaje.
[31]Višeagentski sustavi obuhvaća: Agent korisnika se koristi za identifikaciju kako bi se dobili pojedinačni profili korisnika. Agent sadržaja dostavlja zahtjev za traženim sadržajem podatkovnom sloju, a korisnički višeagentski sustav (MAS korisnika) vrši komunikaciju između korisnika (obično učitelja) i sustava, kako bi stvorio obrazovni sadržaj. U sloju sučelja mogu se naći agenti čije aktivnosti se vrše u editorskom modulu PowerChalk-a. (Primjeri ovih agenata su: razvoj agenata za poboljšanje vizualizacije poteza (Modul rukopisa), agenti za čarobne ploče (poboljšanje renderiranih animacija), implementacija agenata koji pomažu u vizualizaciji informacija na editorskom platnu u drugim formatima (modul pretvarača) itd.)	Koristan i učinkovit način ugradnje agenata za poboljšanje planiranja, projektiranja i produkcije nastavnog sata, kao i poboljšanje isporuke obrazovnih sadržaja na Powerchalk aplikaciji za kombinirano učenje.
[1]Sustav se sastoji od sljedećih agenata: - Inteligentni agent - mentor posjeduje didaktičko-pedagoške funkcije i sposobnost modeliranja za mentora; - Agent za učenike stvara učeničke modele i ažurira informacije; - Agent za korisničko sučelje (učenik-mentor) određuje najprikladnije sučelje za svakog korisnika na temelju hardvera i softvera koji se koriste za povezivanje; - Agent za instruktivno odlučivanje komunicira s agentima i vrši interakciju među njima, te određuje najbolji način obuke za krajnjeg korisnika	Kombiniranje inteligentnih agenata s otvorenom platformom za e-učenje. Adaptivna arhitektura AES-a za Moodle koja je ovdje predložena, je dinamička višeagentska struktura koja omogućava učenje, komunikaciju i neovisnost među komponentama sustava uz korištenje inteligentnog agenta za donošenje odluka vezanih za učenje.
[37] Obrazovni sustav APLe sadrži sljedeće agente: Agenti prolaza održavaju i koriste mape koje povezuju učeničkog agenta i Agentu mentora (TA) kako bi prenijeli poruke zahtjeva / djelovanja između učenika i odgovarajućih agenata (unutar njihovog posebnog okruženja). Svaki Agent mentor se dodjeljuje učeniku koji trenutačno pohađa određenu nastavu. Arhitektura Agentu mentora (TA) se sastoji od dva modula: Upravljanja prostorom učenja (LSM), koji odražava unutarnji prikaz, i Kontrole taktike učenja (LTC), koja odražava taktiku odlučivanja o učenju. TA-ovi i GA-ovi grupirani su unutar skupa okruženja agenata (JADE kontejneri) koji se mogu distribuirati na različita fizička mjesta infrastrukture pružatelja usluga.	Ovo je prvo poznato indirektno približavanje samoregularnom učenju - sustav sam organizira studentske skupine na temelju cjelovitih pokazatelja napretka grupe i bez uplitanja mentora.
[19] Višeagentski sustav za e-učenje baziran na igranju uloga (MASEL) sastoji se od sljedećih skupina agenata: Agenti Inteligentne virtualne učionice - Agenti - virtualni profesori - Agenti za podršku - Agenti iz učiteljske skupine (agenti - stručnjaci za domene, agenti - pedagozi, agenti za ocjenjivanje) Agenti - virtualni učenici - Agenti za učeničke grupe - Agenti za podršku Agenti – suradnici iz različitih skupina - Agent za razinu učenja - Agent za platformu	Značajke MASEL-a su: 1) Uvođenje suradničkog učenja 2) Omogućavanje grupne rasprave u stvarnom vremenu 3) Dinamička sinkronizacija procesa učenja 4) Sesije pitanja učenika i odgovora učitelja u stvarnom vremenu 5) Dinamička isporuka nastavnog sadržaja 6) Prilagodljiva procjena 7) Proučavanje navika ljudi uključenih u proces učenja 8) Stvaranje osjećaja zajednice od strane virtualnih učitelja i učenika 9) Pristup većem broju platformi 10) Korištenje metoda učenja kroz izradu projekata
[3] LMS u oblaku s integriranim MAS-om sadrži sljedeće agente: • Agent - asistent u učenju: predlaže učeniku sučelje koje mu olakšava učenje. Sadrži profil učenika. • Agent za aktivnosti: omogućava praćenje svih aktivnosti učenika (sve radnje koje je učenik izvršio) tijekom sesije učenja. Prikupljene podatke svakog učenika pohranjuje u bazu podataka u oblaku. • Agent za alat: prikuplja podatke o alatima za suradnju koje je učenik koristio (chat, forum, wiki, ...) i sprema prikupljene podatke u bazu podataka u oblaku. Također daje statističke podatke o korištenju ovih alata (trajanje korištenja svakog alata, učestalost veza s korištenim alatima, ...). • Agent – mentor: pomaže mentoru u realizaciji dodijeljenih zadataka: davanje savjeta učenicima i praćenje njihovih procesa učenja. • Agent – učitelj: predlaže učitelju sučelje koje će mu pomoći u stvaranju koncepata učenja i koncepata procjenjivanja. • Pedagoški agent: predstavlja učenicima pedagoške sadržaje prilagođene njihovim profilima. • Agent - procjenitelj: omogućava procjenu razine znanja studenata pomoću skupa alata za testiranje i vježbi. • Agent za bazu podataka: upravlja podacima koji su pohranjeni u bazi podataka u oblaku. • Agent koordinator: upravlja i koordinira interakcijama među različitim agentima i s bazom podataka u oblaku. Svi agenti moraju proći kroz Agentu koordinatora kako bi pristupili bazama podataka platforme.	Interaktivna i suradnička platforma e-učenja koja kombinira prednosti LMS-a, MAS-a i usluga računalstva u oblaku u svrhu poboljšanja i podrške suradničkom učenju. Agenti koriste usluge u oblaku kako bi omogućili mentorima i uenicima prikupljanje, pohranjivanje, upravljanje i dobivanje informacija o napretku i razini suradnje svakog aktera u grupi.