

# Agentima temeljeno generiranje nastavnih sadržaja u sustavima e-učenja

Ani Grubišić

Prirodoslovno-matematički fakultet  
Teslina 12, 21000 Split, Hrvatska  
ani.grubisic@pmfst.hr

**Sažetak** — Otkada se povećala uporaba računala u obrazovnim, akademskim i poslovnim zajednicama, sustavi e-učenja čine primjenu informacijske i komunikacijske tehnologije neizostavnim dijelom obrazovanja, koji podupire učitelje u tradicionalnom procesu učenja i poučavanja. U ovom radu, naša je pažnja usmjerena na materijale za učenje, njihov odabir, nizanje i prezentiranje u formi računalom oblikovanih nastavnih sadržaja. Glavna ideja ovog preliminarnog istraživanja vezanog za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja je u dinamičkom planiranju elemenata nastavnog sadržaja temeljenom na znanju učenika. Pojam „inteligentnog generiranja računalom oblikovanih nastavnih sadržaja“, još se nije spominjao u literaturi u ovoj formi i sa značenjem koje je opisano dalje u ovom radu. Ovdje definiramo model više-agentskog sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja, koji omogućava suradnju različitih inteligentnih agenata s istim ciljem – poboljšavanje učenikova procesa učenja i poučavanja.

**Gljučne riječi** — e-učenje, sustavi e-učenja, inteligentni tutorski sustavi, generiranje nastavnih sadržaja, inteligentni agenti

## I. UVOD

U današnje vrijeme, svako kućanstvo posjeduje osobno računalo, u školstvu i akademskim zajednicama se sve više koriste računala, rad bez računala je postao gotovo nezamisliv. Uvođenje računala u školske, akademske i poslovne zajednice otvara pitanje računalne pismenosti. Zbog računalnog opismenjavanja, mnogima je potrebna prekvalifikacija za nova zanimanja ili dokvalifikacija za stara zanimanja, potrebno je stalno profesionalno usavršavanje, stoga ne čudi što je pojavom i razvojem novih tehnologija, došlo do promjena i u obrazovanju. Sastavnim dijelom sustava obrazovanja je postala informacijska i komunikacijska tehnologija (eng. Information and Communication Technology - ICT) kao podrška učitelju u realizaciji tradicionalne nastave ili kao zamjena takvoj nastavi.

Na raskrižju svijeta obrazovanja i svijeta ICT-a nastalo je novo područje njihovog zajedničkog djelovanja, koje danas nosi već uvriježeni termin – e-učenje [1]. Sustavi e-učenja omogućavaju pristup elektroničkim izvorima za učenje bilogdje, bilo kada i bilo kome [2]. Inteligentni sustavi e-učenja imaju sposobnost prikladnog ponašanja u neizvjesnim situacijama koje se javljaju u procesu učenja i poučavanja. Njihov glavni cilj je da budu dobri koliko i vrlo uspješan živi učitelj. Posebna klasa inteligentnih sustava e-učenja su

inteligentni tutorski sustavi (eng. Intelligent Tutoring Systems - ITS).

Inteligentni tutorski sustavi su računalni sustavi koji su namijenjeni potpori i poboljšanju procesa učenja i poučavanja u odabranom područnom znanju, poštujući individualnost učenika kao što je to slučaj kod tradicionalnog poučavanja jedan-na-jedan ([3], [4], [5]). Glavni problemi kod razvoja ITS-ova su velika cijena i velik utrošak vremena. Da bi se prevladali spomenuti problemi pristupa se izgradnji određenog ITS-a uz pomoć autorskih ljuski [6]. Svaki se ITS sastoji od četiri komponente: područnog znanja, modula učitelja, modula učenika [7] i komunikacijskog modula [8]. U ovom se pristupu pažnja fokusira uglavnom na modul učitelja, te posebno na način odabira, nizanja i prezentiranja računalom oblikovanih nastavnih sadržaja (eng. courseware).

Mnogi autori definiraju računalom oblikovane nastavne sadržaje kao vrstu nastavne ili obrazovne programske podrške ([www.cybermediacreations.com](http://www.cybermediacreations.com)) ili kao obrazovna programska podrška koja isporučuje nastavne materijale putem računala ([www.worldwidelearn.com](http://www.worldwidelearn.com)). Mi se ne slažemo s tim definicijama jer smatramo da su računalom oblikovani nastavni sadržaji samo dio sustava e-učenja, te stoga ne mogu se smatrati programskom podrškom. Mi promatramo računalom oblikovane nastavne sadržaje kao materijale za učenje koji su stvoreni i prezentirani uz pomoć računala, te se dijele na nastavne teme, cjeline i jedinice. U svrhu pojednostavlivanja razmjene računalom oblikovanih nastavnih sadržaja između različitih sustava e-učenja, svi elementi tih nastavnih sadržaja moraju biti oblikovani prema nekom od standarda, npr. SCORM (Sharable Content Object Reference Model, [www.adlnet.gov](http://www.adlnet.gov)) [9].

Većina sustava e-učenja omogućava okruženje za učenje koje se temelji na „slobodnom“ pristupu učenju, tj. Učenici samostalno i samovoljno biraju svoju putanju učenja (eng. learning path) u unutar računalom oblikovanog nastavnog sadržaja. Na taj način mogu preskočiti usvajanje pojedinih elemenata nastavnog sadržaja ili učiti nešto pogrešnim redoslijedom ili učiti nešto što nema njima odgovarajuću težinu (ili preteško ili prelagano). To je razlog zašto sustavi e-učenja moraju učenika sami voditi u procesu učenja i poučavanja i prezentirati im samo one računalom oblikovane nastavne sadržaje koji imaju prikladni obim i težinu. Stoga sustavi e-učenja, prilikom odabira, nizanja i prezentiranja materijala za učenje učeniku, trebaju voditi računa o trenutnom znanju učenika i o složenosti elemenata računalom

oblikovanog nastavnog sadržaja. Ovakvim pristupom će se smanjiti kognitivno preopterećivanje te će se omogućiti individualizirano vođenje procesa učenja i poučavanja.

Glavna ideja ovog preliminarnog istraživanja vezanog za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja (eng. intelligent courseware generation - ICG) je u dinamičkom planiranju elemenata nastavnog sadržaja temeljenom na znanju učenika. Pojam „inteligentni računalom oblikovani nastavni sadržaji“ (eng. intelligent courseware) prvi put spominju Cunningham, Newens i Mollender 1988. [10], s tim da su riječ inteligentni stavili u navodnike. Chapelle i Mizuno 1989. [11] koriste ovaj pojam bez navodnika i smatraju ga nastavnim sadržajem osjetljivim na učenikove potrebe. Nadalje, ovaj pojam spominju Holt i Wood [12], Mayor ga spominje na konferenciji AIED1995 [13], kao i Sarti i Marcke [14]. Pojam „inteligentnog generiranja računalom oblikovanih nastavnih sadržaja“, još se nije spominjao u literaturi u ovoj formi i sa značenjem koje je opisano dalje u ovom radu.

Referentni model za generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja još nije definiran [15]. Da bi se optimizirao proces učenja i poučavanja, potrebno je uzimati u obzir individualnost svakog učenika ponaosob. Stoga uporaba inteligentnih agenata u generiranju računalom oblikovanih nastavnih sadržaja slijedi kao logičan izbor, jer im njihove sposobnosti za učenjem, personalizacijom i prilagođavanjem, te tehnike planiranja i pretraživanja [16], omogućavaju snalaženje u novim situacijama te pedagoški utemeljeno prilagođavanje nastavnih sadržaja učenikovim potrebama i znanju.

Dakle, u ovom radu definiramo model više-agentskog sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja, koji omogućava suradnju različitih inteligentnih agenata s istim ciljem – poboljšavanje učenikova procesa učenja i poučavanja. U drugom poglavlju predstavljamo kronološki nekoliko najvažnijih istraživanja u području generiranja računalom oblikovanih nastavnih sadržaja, koji su nam poslužili kao inspiracija. U trećem poglavlju opisujemo naš pristup inteligentnom generiranju računalom oblikovanih nastavnih sadržaja koji se može koristiti kao modul u bilo kojem sustavu e-učenja koji ispunjava određene preduvjete. Primjena ovog modela će se objasniti na inteligentnoj autorskoj ljusci eXtended Tutor-Expert System (xTEx-Sys) [1].

## II. POVIJESNI RAZVOJ SUSTAVA ZA GENERIRANJE NASTAVNIH SADRŽAJA

Generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja je dugo okupiralo pažnju znanstvenika. Postoje mnogi nazivi za generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja: nizanje kurikuluma (eng. curriculum sequencing), generiranje putanje (eng. trail generation), planiranje kolegija (eng. course planning), modeliranje nastave (eng. instructional modeling). Također se pojmovi kao što su dinamičko, prilagodljivo, personalizirano ili inteligentno generiranje računalom

oblikovanih nastavnih sadržaja koristi u značenju kojeg su definirali Chapelle i Mizuno [11]: generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja osjetljivog na učenikove potrebe. Prije nego što prikazemo naš pristup inteligentnom generiranju računalom oblikovanih nastavnih sadržaja, neophodno je obraditi ključne radova iz ovog područja. Njihov prikaz vršimo kronološki.

### A. Dynamic Courseware Generator

Dynamic Courseware Generator (DCG) [17] razlikuje koncepte područnog znanja (planiranje sadržaja) i obrazovne resurse (planiranje prezentacije). Koncepti područnog znanja su predstavljeni grafom. Obrazovni resursi su HTML stranice vezane na koncepte područnog znanja. Kada su poznati model učenika i ciljni koncepti, planer sadržaja generira putanje kroz graf koncepata područnog znanja, koje povezuju koncepte poznate učeniku s ciljevima učenja. Taj plan predstavlja nacrt za planiranje prezentacije. Planer prezentacije bira koji će obrazovni resursi povezani s konceptima područnog znanja i u kojem redoslijedu biti prezentirani učeniku.

### B. Generic Teaching Expertise

Generic Tutoring Environment (GTE) [18] je okruženje za učenje temeljeno na eksplicitno oblikovanom znanju. Znanje se dijeli na zadatke, metode i objekte. Zadatak je skup aktivnosti koje se trebaju ispuniti tijekom procesa poučavanja. Metode izvršavaju zadatke dijeleći ih u podzadatke sve do primitiva. Finalni rezultat dekompozicije zadataka je stablo nazvano struktura zadataka.

### C. Adaptive Courseware Environment

Adaptive Courseware Environment (ACE) [19] kombinira tehnike prilagodljive hipermedije [20] s planiranjem prezentacije predstavljene u DCG-u [17]. Svaki koncept iz grafa koncepata područnog znanja je povezan s različitim vrstama materijala za učenje koji opisuju različite značajke koncepta. Učitelj mora eksplicitno definirati putanju kroz strukturu područnog znanja (za planiranje prezentacije) specificirajući niz obrazovnih resursa. Dakle, putanja za učenje se ne generira automatski uzimajući u obzir ciljeve učenja. Komponenta za prilagodljivo nizanje pokušava zadržati učenika na optimalnoj putanji i dozvoljava preskakanje dijelova kojima je učenik ovladao. Specht i drugi [21] su razvili Web-based Intelligent Design and Tutoring System (WINDS) koji je usko povezan s ACE.

### D. Adaptive Personalized e-Learning Service

Adaptive Personalized e-Learning Service (APeLS) [22] predstavlja kolegije korištenjem opisa ili narativa (eng. narratives) i kandidatski grupa (eng. candidate group). Narativa je niz koraka kroz sadržaj u kojem se svaki korak sastoji od skupova obrazovnih resursa koji imaju isti cilj učenja (pripadaju istoj kandidatskoj grupi). Planiranje prezentacije je ograničeno na biranje određene kandidatske grupe. Kandidatske grupe su unaprijed definirane i imaju različite strukture i format obrazovnih resursa. Conlan i Wade [23] su nastavili svoje istraživanje u okviru projekta Intelligent Distributed Cognitive-based Open Learning System for Schools (iClass). U iClass-u generiranje kolegija se

inteligentno i kognitivno prilagođava učeniku. Za razliku od APeLS, iClass odvajaju pedagoške informacije i strukturu područnog znanja.

#### E. *Self e-Learning Networks*

U okviru projekta Self e-Learning Networks (SeLeNe) istraživalo se prilagodljivo nizanje u formi generiranja putanje (eng. trail generation) [24]. Putanja je linearna niz obrazovnih resursa. U SeLeNe, učenik potražuje obrazovne resurse, tim potraživanjima se dodaju uvjeti, rangiraju se rezultati po važnosti i generira se putanja. Pedagoško znanje u SeLeNe je ugrađeno u algoritam za rangiranje rezultata pretrage. Rangiranje (ili nizanje) se radi na temelju odnosa danih u metapodacima resursa

#### F. *Personalizirano nizanje sadržaja temeljeno na modificiranoj teoriji odgovora na zadatak*

Personalizirano nizanje sadržaja (eng. personalized curriculum sequencing (PCS)) temeljeno na modificiranoj teoriji odgovora na zadatak (eng. item response theory) [25] uključuje „off-line“ proces oblikovanja nastavnih sadržaja, četiri inteligentna agenta (agent sučelja za učenje - learning interface agent, agent povratne informacije - feedback agent, agent za preporuku nastavnog sadržaja - courseware recommendation agent, agent za upravljanje nastavnim sadržajem - and courseware management agent). Agent povratne informacije dobiva učenikovu eksplicitnu povratnu informaciju od agenta sučelja za učenje. Agent za preporuku nastavnog sadržaja preporuča učeniku personalizirane putanje za učenje na temelju učenikove povratne informacije i stupnjeva povezanosti koncepata nastavnog sadržaja. Agent za upravljanje nastavnim sadržajem pomaže učitelju pri kreiranju novih jedinica kolegija, postavljanja nastavnog sadržaja te brisanja ili mijenjanja nastavnih sadržaja. Kada agent za preporuku nastavnog sadržaja primi sposobnosti novog učenika, on rangira nekoliko prikladnih materijala kolegija prema tim sposobnostima. PCS model preporuča prikladne nastavne materijale učeniku i daje putanje za učenje koje se mogu prilagoditi različitim težinskim razinama materijala kolegija kao i različitim sposobnostima učenika.

#### G. *Generiranje kolegija temeljeno na statističkim metodama*

Karampiperis i Sampson [26] koriste statističke metode za pronalaženje najbolje putanje za učenje. Oni prvo izračunavaju sve moguće nizove koncepata (svaki koncept se zamjeni s odgovarajućim skupom obrazovnih resursa) te zatim, na temelju funkcije prikladnosti (eng. suitability function) i algoritma za traženje najkraćeg plana, bira najprikladniji niz. Odabrani niz se naziva graf putanje za učenje (eng. learning paths graph) i nasljeđuje odnose iz strukture područnog znanja i one koji postoje između resursa. Funkcija prikladnosti, kroz statističke metode, određuje koliko je određeni obrazovni resurs prikladan za određenog učenika. Ona uspoređuje karakteristike objekta učenja s karakteristikama učenika, i obratno. Autori smatraju da je njihov pristup prikladan za male obrazovne resurse koji imaju

metapodatke. Glavni nedostatak je u tome što procjenu obrazovnih resursa radi dizajner nastavnih materijala uzimajući u obzir određenog učenika.

#### H. *Generiranje kolegija temeljeno na hijerarhijskom mrežnom planiranju zadataka*

Generiranje kolegija temeljeno na hijerarhijskom mrežnom planiranju zadataka (eng. hierarchical task network planning - HTN planning) prvi put je implementirano u okruženju za e-učenje FORMacion HUMana (FORHUM) [27] te kasnije u sustavu PAIGOS [15]. Kod HTN planiranja, cilj je postići djelomično ili potpuno uređenu listu aktivnosti koje se nazivaju zadaci. Ti zadaci se rješavaju dekomponiranjem na podzadatke sve dok se ne dođe do primitivnih zadataka koji se mogu direktno izvršiti. U FORHUM-u se obrazovni ciljevi (slično konceptima strukture područnog znanja) ostvaruju obrazovnim resursima koji se nazivaju obrazovne jedinice. Svaka obrazovna jedinica ima pridruženi stil učenja. Za svaki koncept se generira HTN metoda. Generiranje pedagoškog znanja se radi automatski nakon definiranja strukture područnog znanja. FORHUM poučava prvo potrebna predznanja te zatim bira obrazovne resurse prema stilu učenja. U PAIGOS-u generirani kolegiji su strukturirani i prilagođeni različitim ciljevima učenja i učenikovim sposobnostima. PAIGOS ima eksplicitnu prezentaciju pedagoškog znanja napravljenu na temelju znanja pedagoških stručnjaka i pedagoške teorije. On dozvoljava generiranje kolegija za iste koncepte, ali s različitim ciljevima učenja.

### III. MODEL SUSTAVA ZA INTELIGENTNO GENERIRANJE RAČUNALOM OBLIKOVANIH NASTAVNIH SADRŽAJA

Glavna ideja ovog preliminarnog istraživanja vezanog za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja je u dinamičkom planiranju elemenata nastavnog sadržaja temeljenom na znanju učenika. Ovo poglavlje opisuje arhitekturu modela inteligentnog generiranja računalom oblikovanih nastavnih sadržaja (ICG) temeljenu na inteligentnim agentima. Pošto inteligentni agenti mogu surađivati, ovaj model više-agentskog sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja omogućava suradnju različitih inteligentnih agenata s istim ciljem – poboljšavanje učenikova procesa učenja i poučavanja.

Prvo opisujemo xTeX-Sys, platformu koja će se koristiti za primjenu prototipa ICG modela. Nadalje, dajemo pregled modela, njegove specifikacije, te, na kraju, utvrđujemo njegovo slaganje sa SCORM modelom za nizanje i navigaciju (SCORM Sequencing and Navigation model) [9].

#### A. *Pregled inteligentne autorske ljuške eXtended Tutor-Expert System*

Sustav xTeX-Sys je inteligentna autorska ljuška za izgradnju inteligentnih tutorskih sustava u proizvoljno odabranom područnom znanju [1]. Najvažnija značajka xTeX-Sys-a je njegovo strogo odvajanje oblikovanja područnog

znanja od oblikovanja nastavnih sadržaja.

Formalizam za prikaz znanja u xTeX-Sys-u se temelji na semantičkim mrežama s okvirima te na produkcijskim pravilima. Na najvišem nivou hijerarhije područnog znanja se nalazi područje, svako područje se sastoji od podpodručja, a svako podpodručje sadrži čvorove znanja povezane u semantičku mrežu.

Učitelj oblikuje nastavne sadržaje u specijaliziranom okruženju u kojem je koncept najvišeg nivoa – kolegij. Računalom oblikovani nastavni sadržaji u xTeX-Sys-u imaju višeslojnu strukturu koja se dijeli na četiri nivoa: (i) cjelina, (ii) tema, (iii) jedinica i (iv) nastavni pojam. Ovi elementi računalom oblikovanog nastavnog sadržaja definirani su prema pedagoškoj tradiciji u većini europskih zemalja, ali su nadopunjeni novim elementom, nastavnim pojmom, koji se smatra nedjeljivim elementom. Test znanja može biti pridružen bilo kojem elementu računalom oblikovanog nastavnog sadržaja, osim nastavnom pojmu.

Sustav xTeX-Sys je usuglašen sa SCORM referentnim modelom jer mu je struktura računalom oblikovanog nastavnog sadržaja, kao i njegovih elemenata, definirana prema SCORM-u. Svaki element nastavnog sadržaja (osim testa) sadrži jedan ili više SCO-ova (eng. Sharable Content Object), dok nastavni pojam može sadržavati samo jedan SCO. SCO može biti objekt za učenje ili objekt za testiranje znanja. U xTeX-Sys-u, ako se SCO koristi za učenje, onda su njegovi dodaci (eng. assets) čvorovi područnog znanja, koji su nedjeljivi baš kao što bi to i trebali biti dodaci SCO-a prema SCORM-u. Ako se SCO koristi za testiranje znanja, onda su njegovi dodaci pitanja koja mu se dinamički slučajnim odabirom pridjeljuju prilikom izvođenja.

Dakle, prikaz znanja, kao i oblikovanje i nizanje obrazovnih sadržaja u xTeX-Sys-u, prati smjernice predstavljene u SCORM referentnom modelu. Na ovaj je način omogućena razmjena elemenata računalom oblikovanih nastavnih sadržaja s drugim sustavima e-učenja.

Pošto smo željeli prilagoditi generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja u xTeX-Sys-u učenicovim

individualnim potrebama, karakteristikama i znanju, odlučili smo učiniti strukturu nastavnih sadržaja dinamičnom. Ta dinamika bi se trebala očitovati u samom procesu učenja i poučavanja. Ovaj pristup je predložen i opisan u sljedećim odjeljcima.

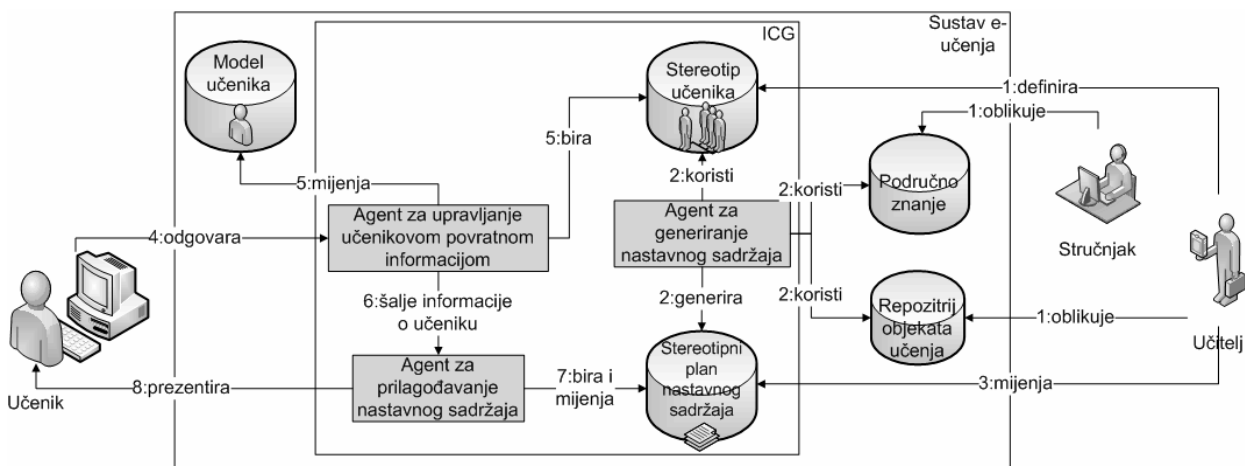
### B. Pregled modela sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja

Ovdje je prikazan model sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja (ICG) koji uključuje tri inteligentna agenta i dvije baze podataka. U predloženom modelu spominju se sljedeći pojmovi: područno znanje, model učenika (kombinacija modela prekrivanja [28] i stereotipnog modela [29]), struktura računalom oblikovanog nastavnog sadržaja (cjeline, teme, jedinice, nastavni pojmovi, testovi), planiranje sadržaja i prezentacije sadržaja, SCO-ovi.

Zbog poboljšavanja kvalitete i učinkovitosti procesa učenja i poučavanja, odabire se onaj računalom oblikovani nastavni sadržaj koji najbolje odgovara učenicovim individualnim potrebama, karakteristikama i znanju. Taj odabir, kao i samo generiranje nastavnih sadržaja, ovisi, dakle, o informacijama pohranjenima u modelu učenika. Neprikladni nastavni sadržaji će samo usporiti učenikov proces učenja i poučavanja, pa je stoga vrlo važno da sustav e-učenja uzima u obzir učenikov model i težinu elemenata nastavnog sadržaja. Rezultat generiranja nastavnog sadržaja je *plan* nastavnog sadržaja.

Stoga, u našem ICG modelu jedan od inteligentnih agenata stalno usklađuje težinu elementa nastavnog sadržaja s razinom učenikova znanja. Provjera usklađenosti se vrši dinamički nakon vrednovanja učenikova znanja temeljenog na povratnoj informaciji dobivenoj od učenika. Važno je naglasiti, da se u našem pristupu nastavni sadržaj prilagođava učeniku isključivo prema njegovom znanju, a ne prema njegovom stilu interakcije, kao što je slučaj u sustavima prilagodljive hipermedije (eng. adaptive hypermedia systems).

Predložena arhitektura ICG modela se sastoji od sljedećih komponenti (Slika 1.): (i) baze stereotipova učenika, (ii) baze stereotipnih planova nastavnih sadržaja, (iii) agenta za



Slika 1. Model sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja

generiranje nastavnog sadržaja, (iv) agenta za prilagođavanje nastavnog sadržaja, i (v) agenta za upravljanje učenikovom povratnom informacijom. Preduvjeti za ICG model su postojanje formaliziranog područnog znanja s jasno naglašenim konceptima i vezama ili repozitorij objekata učenja (eng. learning object (LO) repository) temeljenih na nekom od standarda za oblikovanje sadržaja za učenje (npr. SCORM).

Pošto xTex-Sys omogućava oblikovanje formaliziranog područnog znanja, kao i oblikovanje strukture nastavnog sadržaja usklađene sa SCORM referentnim modelom, zaključujemo da je moguće koristiti ICG model u xTex-Sys. Iz toga proizlazi da se ICG model može koristiti u bilo kojem sustavu e-učenja koji ispunjava njegove preduvjete.

*Agent za generiranje nastavnog sadržaja* je odgovoran za razvoj onoliko planova nastavnog sadržaja koliko ima stereotipova u bazi stereotipova učenika. Ovaj agent koristi neke oblike planiranja temeljenog na stanjima [16]. „Stereotipni“ planovi nastavnog sadržaja su prilagođeni reprezentantu određenog stereotipa učenika.

Svrha *agenta za upravljanje učenikovom povratnom informacijom* je sakupljanje eksplicitnih povratnih informacija o znanju učenika i pohranjivanje tih informacija u model učenika, a sve u svrhu pojednostavljivanja mehanizama za prilagođavanje nastavnih sadržaja. On koristi skup pravila za utvrđivanje učenikovih potreba, za vrednovanje učenikova znanja i za određivanje težinskog nivoa prikladnog za učenika. On, zatim, prosljeđuje sakupljene informacije agentu za prilagođavanje nastavnog sadržaja koji ih koristi kao kriterij za filtriranje i prilagođavanje elemenata nastavnog sadržaja. Ova pravila osiguravaju personalizaciju koja neće ometati učenika u procesu učenja i poučavanja. Ovaj agent također pridružuje učeniku jedan od stereotipova te održava model učenika.

*Agent za prilagođavanje nastavnog sadržaja* je odgovoran za mijenjanje generiranog nastavnog sadržaja i njegovo prilagođavanje pojedinom učeniku na temelju modela učenika, pridruženom stereotipu učenika, učenikovim povratnim informacijama i težinskom nivou nastavnog sadržaja. On uspoređuje težinski nivo svakog elementa nastavnog sadržaja sa znanjem učenika, odabire prikladne elemente i prezentira ih učeniku.

Stručnjaci oblikuju formalizirano područno znanje koje se koristi za stvaranje objekata učenja. Učitelj definira stereotipove učenika određivanjem njihovih karakteristika, te može mijenjati samo one stereotipove koje je sam definirao. *Agent za generiranje nastavnog sadržaja* generira različite planove nastavnog sadržaja za svaki definirani stereotip i za svako područno znanje koje postoji u sustavu e-učenja. „Stereotipni“ planovi nastavnih sadržaja sastoje se od različitih vrsta elemenata nastavnog sadržaja kao što su teme, cjeline, jedinice, nastavni pojmovi i testovi. Ovaj agent oblikuje SCO-ove koristeći elemente područnog znanja za njegove dodatke i pohranjuje ih u repozitorij objekata učenja. Učitelji mogu mijenjati „stereotipne“ planove nastavnih sadržaja na način za koji smatraju da će bolje odgovarati

određenom stereotipu učenika. Oni mogu promijeniti redoslijed elemenata u planu nastavnog sadržaja te dodavati ili brisati testove.

Studenti mogu davati povratne informacije samo dok rješavaju testove. Ako prezentirani SCO elementa nastavnog sadržaja nije test, onda je povratna informacija standardna – „Ja sada učim.“. *Agent za upravljanje učenikovom povratnom informacijom* koristi podatke dobivene tijekom testiranja znanja da bi odabrao učeniku njegov stereotip i da bi promijenio učenikov model. Zatim on šalje informacije o učeniku agentu za prilagođavanje nastavnog sadržaja. Na temelju dobivenih informacija o modelu učenika i stereotipu učenika, *agent za prilagođavanje nastavnog sadržaja* odabire i mijenja, ako je to potrebno, plan nastavnog sadržaja tako da on više odgovara tom učeniku. On prezentira učeniku elemente odabranog plana nastavnog sadržaja jedan po jedan. Proces učenja i poučavanja završava kada se učenik odjavi iz sustava ili kad završi usvajanje određenog plana nastavnog sadržaja.

### C. Specifikacije modela sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja

Dijagram slučajeva korištenja ICG modela je prikazan na Slici 2. Živi sudionici u ovom modelu su učenik i učitelj. Glavne funkcionalnosti učenika su: prijava/odjava, učenje, biranje područnog znanja te davanje povratne informacije kroz upitnike i testove znanja. Glavne funkcionalnosti učitelja su: prijava/odjava, definiranje stereotipova te mijenjanje generiranih planova nastavnih sadržaja.

Ostali sudionici ICG modela su tri agenta: agent za generiranje nastavnog sadržaja, agent za upravljanje učenikovom povratnom informacijom, agent za



Slika 2. Dijagram slučajeva korištenja modela sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja

prilagođavanje nastavnog sadržaja. Glavna funkcionalnost *agenta za generiranje nastavnog sadržaja* je oblikovanje plana nastavnog sadržaja za svaki stereotip učenika i za svako područno znanje koje postoji u sustavu. Glavne funkcionalnosti *agenta za upravljanje učenikovom povratnom informacijom* su analiziranje učenikove povratne informacije i mijenjanje modela učenika. Glavne funkcionalnosti *agenta za prilagođavanje nastavnog sadržaja* su prilagođavanje plana nastavnog sadržaja i prezentiranje elementa nastavnog sadržaja učeniku. Dijagram klasa ICG modela je prikazan na Slici 3.

Jedan od mogućih scenarija koji se mogu realizirati nakon što se učenik prvi put prijavi u sustav e-učenja koji ima ugrađenu ICG komponentu je sljedeći:

1. Učenik se prijavljuje u sustav e-učenja.
2. Učenik ispunjava upitnik o svojim osobnim karakteristikama.
3. Sustav e-učenja šalje sakupljene informacije o učeniku *agentu za upravljanje učenikovom povratnom informacijom* koji odabire stereotip koji najbolje odgovara učeniku i stvara novi model učenika temeljen na tom stereotipu.
4. Učenik odabire područno znanje koje će usvajati u procesu učenja i poučavanja.
5. *Agent za prilagođavanje nastavnog sadržaja* prima „stereotipni“ plan nastavnog sadržaja za odabrano područno znanje i za stereotip pridružen tom učeniku. Zatim ga on mijenja tako da bolje odgovara modelu učenika i započinje s prezentiranjem elemenata nastavnog sadržaja učeniku. Odabrani i prilagođeni elementi nastavnog sadržaja i pripadajući im SCO-ovi, se u sljedećim koracima, prezentiraju učeniku jedan po jedan.
6. *Agent za prilagođavanje nastavnog sadržaja* odabire prvi

SCO. Ako nema oviše SCO-ova u odabranom planu nastavnog sadržaja, proces učenja i poučavanja završava.

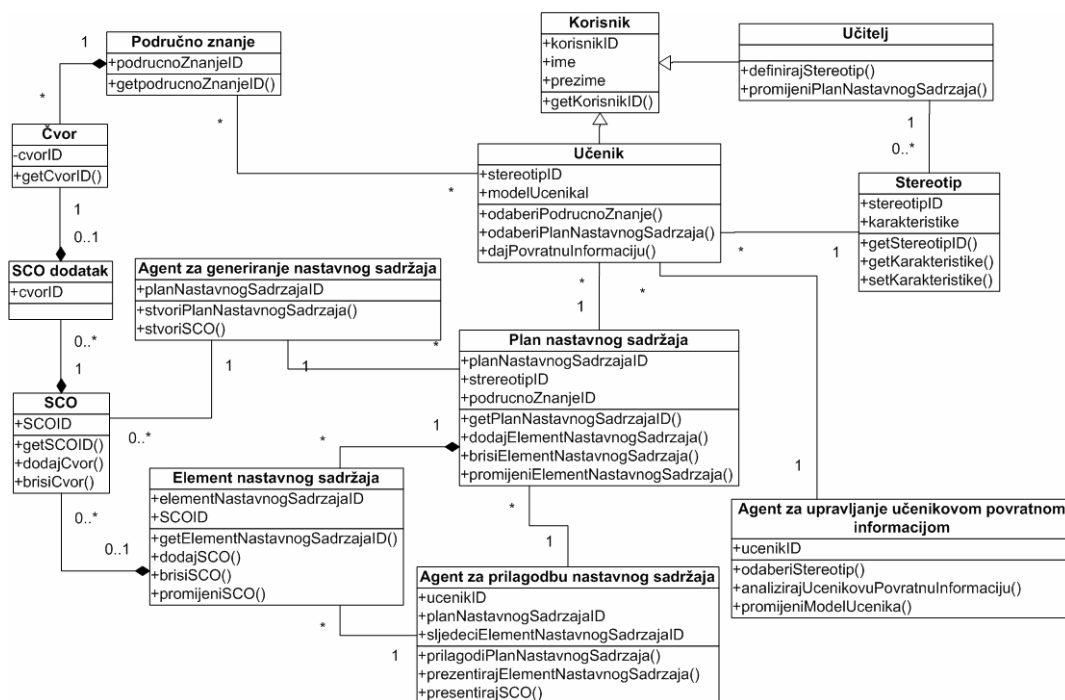
7. Ako odabrani SCO nije test, onda se on prezentira učeniku za učenje. Tijek se vraća na korak 6.
8. Ako je odabrani SCO test, onda nakon što ga učenik riješi, *agent za upravljanje učenikovom povratnom informacijom* vrednuje učenikovo znanje, mijenja model učenika, bira novi stereotip učenika (ako je to potrebno) i šalje nove informacije *agentu za prilagođavanje nastavnog sadržaja*. Ako se time promijenio učenikov predefiniрани stereotip, tijek se vraća na korak 5.

Tri agenta u ICG modelu surađuju da bi odradili svoje zadaće, a sve u cilju prezentiranja prikladnog nastavnog sadržaja učeniku i zbog vrednovanja znanja učenika.

#### D. Usporedba modela sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja i SCORM referentnog modela

Plan nastavnog sadržaja u našem modelu odgovara stablu aktivnosti u SCORM-u, koje omogućava nizanje i navigaciju na temelju definiranih aktivnosti i uvjeta. Aktivnost je nastavna jedinica koja ima značenje i daje učeniku izvore za učenje (SCO-ove) ili sadrži podaktivnosti [9]. U xTEx-Sys-u stablo aktivnosti ima statičku strukturu. Agent za generiranje nastavnog sadržaja, u ICG modelu, također stvara „stereotipne“ planove nastavnih sadržaja koji imaju statičku strukturu, ali agent za prilagođavanje nastavnog sadržaja čini tu strukturu dinamičnom.

Elementi nastavnog sadržaja su organizirani u klasterne koji se sastoje od aktivnosti roditelja i njene neposredne djece, ali ne sadrži i potomke te djece. Djeca u klasterima su ili aktivnosti u listovima ili drugi klasteri. Aktivnosti u listovima ne mogu biti klasteri. Aktivnost roditelj u klasteru sadrži



Slika 3. Dijagram klasa modela sustava za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja



informaciju o strategiji nizanja. Aktivnosti u listovima klastera imaju pridružene sadržaje za učenje. Ciljevi učenja su odvojeni od aktivnosti učenja. Broj izvršavanja aktivnosti ovisi o broju izvršavanja njene roditeljske aktivnosti [9].

Svaka aktivnost u planu nastavnog sadržaja ima skup atributa za upravljanje nizanjem koji definiraju navigaciju (navedene su vrijednosti ovih atributa u našem pristupu): kontrolirano nizanje (eng. Sequencing Control Choice) - false, dozvoljen izlazak iz aktivnosti (eng. Sequencing Control Choice Exit) - false, izvršavanje aktivnosti djece (eng. Sequencing Control Flow) - true, izvršavanje aktivnosti samo prema naprijed (eng. Sequencing Control Forward Only) - false.

U našem pristupu mi ograničavamo broj izvršavanja aktivnosti koja sadrži testiranje znanja (Limit Condition Attempt Control = true, Limit Condition Attempt Limit = 3). Pošto ne želimo ograničiti trajanje učenja u pojedinoj aktivnosti, ne definiramo vrijednost atributa Attempt Absolute Duration Limit za nijednu aktivnost.

SCORM se temelji na pravilima za nizanje. Svako pravilo za nizanje se sastoji od skupa uvjeta i odgovarajućih akcija (*if [condition\_set] then [action]*) [9]. Mi koristimo sljedeće uvjete za ta pravila: ispunjenost cilja veća od (eng. Objective Measure Greater Than), ispunjenost cilja manja od (eng. Objective Measure Less Than), završena (eng. Completed), pokušana (eng. Attempted), prijedem dozvoljeni broj pokušaja (eng. Attempt Limit Exceeded). Akcije koje koristimo su: preduvjet (preskoči, onemogućiti), post uvjet (izađi iz roditelja, izađi iz svega, pokušaj ponovno, pokušaj sve ponovno, nastavi, idi na prethodnu), izlaz.

Aktivnost može imati jedan ili više pridruženih ciljeva učenja. Svaki cilj učenja ima skup informacija o statusu koje omogućavaju praćenje učenikova napredovanja prema cilju učenja i omogućavanje donošenje odluka o uvjetnom nizanju. Proces utvrđivanja informacija o statusu klastera neke aktivnosti koji se temelji na informacijama o statusu djece u klasteru, naziva se objedinjavanje (eng. rollup). Pravila za objedinjavanje (eng. rollup rules) se mogu primijeniti na klaster aktivnosti da bi se povezo klaster aktivnosti sa objektima sadržaja. Svako pravilo objedinjavanja se sastoji od skupa aktivnosti djece, skupa uvjeta i odgovarajućih akcija (*if [condition\_set] True for [child activity set] then [action]*) [9]. Uvjeti objedinjavanja koje mi koristimo su: završena, pokušana, prijedem dozvoljeni broj pokušaja. Skup aktivnosti objedinjavanja se sastoji od: sve, bilo koja, nijedna. Aktivnosti objedinjavanja su: završena, nezavršena.

#### IV. ZAKLJUČAK

Jedan od najvažnijih obrazovnih ciljeva je prenijeti znanje učeniku. Tradicionalni proces učenja i poučavanja nije usmjeren individualnom učeniku, već prema razredu kao cjelini. Znamo da učenici prihvaćaju i obrađuju informacije na različite načine i različitim ritmom, tj. Svaki učenik ima svoj stil učenja. To je razlog zašto proces učenja i poučavanja ne rezultira uvijek učenjem. Optimizacija metoda poučavanja je od velike važnosti, ali je teško odabrati i primijeniti jednu prikladnu metodu poučavanja na cijeli razred.

Kao rezultat preliminarnog istraživanja koje se odnosi na spomenutu problematiku, ovaj rad prezentira model za inteligentno generiranje računalom oblikovanih nastavnih sadržaja temeljen na interakciji inteligentnih agenata. On omogućava automatsko generiranje „stereotipnih“ planova nastavnih sadržaja, njihovo mijenjanje i prilagodbu s ciljem prilagođavanja potrebama, karakteristikama i znanju individualnog učenika. Prilagodba nastavnih sadržaja se vrši prema učenikovo povratnoj informaciji pa je stoga optimizirana i personalizirana. Ovaj model predstavlja više-agentski sustav u kojem inteligentni agenti komuniciraju da bi prilagodili proces učenja i poučavanja znanju učenika.

Postoje nekoliko ključnih činjenica vezanih za naš pristup generiranju nastavnih sadržaja. Prvo, ovaj ICG model predstavlja inovativni pristup jer se može implementirati i primijeniti u bilo kojem sustavu e-učenja koji ispunjava njegove preduvjete: formalizirano područno znanje s jasno istaknutim konceptima i vezama među njima ili repozitorij objekata učenja temeljenih na nekom od standarda za oblikovanje sadržaja učenja (npr. SCORM). Dakle, mi pružamo pristup generiranju nastavnih sadržaja neovisan o područnom znanju. Drugo, generiranje nastavnih sadržaja nad formaliziranim područnim znanjem je novi pristup jer omogućava stvaranje nastavnih sadržaja temeljenih na znanju, a ne na dokumentima, kao što je slučaj u drugim sustavima e-učenja. Treće, učitelji definiraju stereotipove učenika koji se koriste za generiranje nastavnih sadržaja. Ova značajka omogućava učiteljima definiranje onoliko stereotipova učenika koliko smatraju da je potrebno. Četvrto, generiranje nastavnih sadržaja se radi prije samog procesa učenja i poučavanja, pa učenik dobiva cijelu sliku strukture kolegija, na temelju pridijeljenog mu „stereotipnog“ plana nastavnog sadržaja. Prilagođavanje i mijenjanje se vrši dinamički u malim koracima nakon svake učenikove povratne informacije i u skladu s tom povratnom informacijom.

Ako se opet vratimo na ključne radova iz ovog područja, obrađene u drugom poglavlju, možemo utvrditi glavne razlike i prednosti našeg pristupa naspram spomenutih. DCG, ACE i iClass razlikuju koncepte područnog znanja i obrazovnih konceptata, ali smatraju koncepte područnog znanja izvorima za učenje, što čini naš pristup temeljen na znanju jer mi razlikujemo područno znanje, izvore za učenje i elemente nastavnog sadržaja. U našem pristupu izvori za učenje su više od HTML stranica vezanih za koncepte područnog znanja, oni su standardizirani objekti učenja povezani s konceptima područnog znanja. ICG model omogućava rad u bilo kojem područnom znanju, jedini zahtjev je da to znanje bude formalizirano. GTE i PAIGOS strukturiraju nastavne sadržaje u manje elemente različitih kategorija. U našem pristupu to strukturiranje se radi prema pedagoškoj tradiciji koja postoji u većini europskih zemalja. iClass vrši planiranje sadržaja odvojeno od planiranja prezentiranja tog sadržaja. U našem pristupu je to također moguće jer elementi nastavnog sadržaja i SCO-ovi čine sadržaj, a njihovi dodaci čine prezentaciju tih sadržaja. Generiranje najprikladnijeg plana nastavnog sadržaja za definirane stereotipove i odabrano područno znanje, koristi neke od statističkih metoda i planiranje temeljeno na stanjima da bi se definirala funkcija prikladnosti i algoritam za traženje najkraćeg plana. Između svih, samo PCS pristup temeljen na

modificiranoj IRT-i omogućava prilagodbu prema znanju učenika, te je temeljen na agentima. U našem pristupu, agent za prilagođavanje nastavnog sadržaja i agent za upravljanje učenikovom povratnom informacijom surađuju da bi vrednovali učenikovo znanje i automatski prilagodili plan nastavnog sadržaja mijenjajući sljedeći element nastavnog sadržaja koji će mu se prezentirati. PAIGOS dozvoljava generiranje kolegij za iste koncepte ali s različitim ciljevima učenja. U našem pristupu, različiti ciljevi učenja odgovaraju različitim stereotipovima koje definira učitelj.

Nastavak istraživanja će se usmjeriti na primjenu tutorskog dijaloga [30] kao tehnike koja će omogućiti testiranje znanja učenika uporabom komunikacije na kontroliranom jeziku. Ta komunikacija će biti kontrolirana jer će se moći koristiti samo one riječi i fraze definirane od strane stručnjaka u ontologiji područnog znanja.

#### REFERENCE

- [1] S. Stankov, M. Rosić, B. Žitko, A. Grubišić, "TEx-Sys model for building intelligent tutoring systems", *Computers & Education*, 51, Issue 3, 2008, pp. 1017-1036
- [2] D. Albert, "E-learning Future – The Contribution of Psychology", in R. Roth, L. Lowenstein, D. Trent (eds.), *Catching the Future: Women and Men in Global Psychology*, Proceedings of the 59th Annual Convention, International Council of Psychologists, Winchester, England, 2001, pp. 30-53
- [3] E. Wenger, *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*, Morgan Kaufmann Publishers, Los Altos, California, 1987
- [4] S. Ohlsson, "Some Principles of Intelligent Tutoring", in Lawler, Yazdani (eds.), *Artificial Intelligence and Education*, Volume 1, Ablex: Norwood, NJ, 1987, pp. 203-238
- [5] D. Sleeman, J.S. Brown, "Introduction: Intelligent Tutoring Systems", in D. Sleeman, J.S. Brown (eds.), *Intelligent Tutoring Systems*, New York: Academic Press, 1982, pp. 1-11
- [6] T. Murray, "Having It All, Maybe: Design Tradeoffs in ITS Authoring Tools", in *Proceedings of the Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Montreal, 1996
- [7] J. Self, "Theoretical Foundations for Intelligent Tutoring Systems", *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1(4), 1990, pp. 3-14
- [8] B. Woolf, "AI in Education", in S. Shapiro (ed.), *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1992, pp. 434-444
- [9] SCORM 2004 3rd Edition Sequencing and Navigation (SN) Version 1.0
- [10] J. Cunningham, M. Newens, I. Hollender, "Practical experience in implementing "intelligent" courseware using expert systems tools", *IEEE Colloquium on Intelligent Tutorial Systems*, 1988, pp. 7/1-7/3
- [11] C. Chapelle, S. Mizuno, "Student's Strategies with Learner-Controlled CALL", *CALICO Journal* 7, 1989, pp. 25-47
- [12] P. Holt, P. Wood, "Intelligent Tutoring Systems: A Review for Beginners", *Canadian Journal of Educational Communications*, 19 (2), 1990, pp. 107-23
- [13] N. Major, "REDEEM: Creating Reusable Intelligent Courseware", in J. Greer (ed.), *Proceedings of the International Conference on AIED*, AACE, Charlottesville, VA, 1995, pp. 75-82
- [14] L. Sarti, K.V. Marcke, "Reuse in intelligent courseware authoring", in N. Major, T. Murray, C. Bloom. (eds.), *AI-ED 95 Workshop on Authoring Shells for Intelligent Tutoring Systems – 7th World Conference on AIED*, Washington, 1995, pp. 82- 87
- [15] C. Ullrich, "Pedagogically Founded Courseware Generation for Web-Based Learning - An HTN-Planning-Based Approach Implemented in PAIGOS", in *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 5260, Springer, 2008
- [16] J. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall, 2003
- [17] J. Vassileva, "Dynamic Courseware Generation: at the Cross Point of CAL, ITS and Authoring", in *Proceedings International Conference on Computers in Education*, ICCE'95, Singapore, 1995, pp. 290-297
- [18] K. Van Marcke, "GTE: An epistemological approach to instructional modeling", *Instructional Science*, 26, 1998, pp. 147-191
- [19] M. Specht, R. Oppermann, "ACE – adaptive courseware environment", *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, 4, 1998, pp. 141-162
- [20] P. Brusilovsky, E. Schwarz, G. Weber, "ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on the World Wide Web", in A. Lesgol, C. Frasson, G. Gauthier (eds.), *ITS 1996*, LNCS, vol. 1086, Springer, Heidelberg, 1996
- [21] M. Specht, M. Kravick, L. Pesin, R. Klemke, R. "Authoring adaptive educational hypermedia in WINDS", in N. Henze (ed.) *Proceedings of the ABIS 2001 Workshop*, 2001
- [22] O. Conlan, V. Wade, C. Bruen, M. Gargan "Multi-Model, Metadata Driven Approach to Adaptive Hypermedia Services for Personalized eLearning", in P. De Bra, P. Brusilovsky, R. Conejo (eds.), *Proceedings of Second Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, Springer, LNCS 2347, 2002, pp. 100-111
- [23] I. O'Keefe, A. Brady, O. Conlan, V. Wade "Just-in-time Generation of Pedagogically Sound, Context Sensitive Personalized Learning Experiences", *International Journal on E-Learning (IJEL)*, Special Issue: Learning Objects in Context, Volume 5, Issue 1, Chesapeake, VA: AACE. 2006, pp. 113-127
- [24] K. Keenoy, M. Levene, D. Peterson, "Personalization and Trails in Self e-Learning Networks", *SeLeNe Deliverable 4.2.*, 2003
- [25] C.-M. Chen, C.-Y. Liu, M.-H. Chang "Personalized curriculum sequencing utilizing modified item response theory for web-based instruction", *Expert Systems with Applications*, 30, 2006, pp. 378-396
- [26] P. Karampiperis, D. Sampson "Adaptive Learning Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems", *Educational Technology & Society*, 8 (4), 2005, pp. 128-147
- [27] N. Mendez, C. Ramirez, J. Luna "IA Planning for Automatic Generation of Customized Virtual Courses", in *Artificial Intelligence And Applications*, Proceedings of ECAI 2004 Vol. 117, IOS Press, Valencia, Spain, 2004, pp. 138-147
- [28] I.P. Goldstein "Overlays: A Theory of Modeling for Computer Aided Instruction", *AI Memo 406*, MIT, Cambridge, MA, 1977
- [29] E. Rich "User modeling via stereotypes", *Cognitive Science*, 3, 1979, pp. 329-354
- [30] M.T.H. Chi, S.A. Siler, H. Jeong, T. Yamauchi, R.G. Hausmann "Learning from human tutoring", *Cognitive Science*, 25, 2001, pp. 471-533