

TEHNOLOGIJA, INFORMATIKA I OBRAZOVANJE
ZA DRUŠTVO UČENJA I ZNANJA

6. Međunarodni Simpozijum, Tehnički fakultet Čačak, 3–5. jun 2011.

TECHNOLOGY, INFORMATICS AND EDUCATION
FOR LEARNING AND KNOWLEDGE SOCIETY

6th International Symposium, Technical Faculty Čačak, 3–5th June 2011.

UDK: 004.55:37

Stručni rad

STILOVI PROCESA UČENJA I MEHANIZMI PRILAGODAVANJA KOD HIPERMEDIJSKIH PRILAGODIVIH OBRAZOVNIH SISTEMA

Risto Hristov¹, Ljupčo Krstevski², Ljupčo Sofijanov³

Rezime: Hipermedijski prilagodivi obrazovni sistemi u osnovi su hipermedijski sistemi nadograđeni sa određenim segmentima inteligentne tehnike, t.j. tehnikom koja omogućava prilagođenje ovisno o korisniku (studentu), njegovim znanjem, sposobnošću, afinitetom i trenutnom raspoloženju. Prilagođenje se sastoji od izbor sadržaja takozvane baze znanja, načina navigacije kroz njezinog sadržaja, te načina prikazivanja tog sadržaja za svakog pojedinog korisnika, t.j. za svaku grupu korisnika. U ovom radu je obrađen hipermedijski obrazovni sistem koji za prilagođenje korisniku koristi poseban mehanizam. Ovaj mehanizam sprovodi prilagođenje ovisno o stilu učenja studenta. Ideja ovoga rada je da obrazovni sistem najprije definiira stil/stilova učenja studenta. Na osnovu stila učenja odredi profil i karakteristike studenta, t.j. modela studenta. Ovisno o modelu, sistem određuje sadržaj učenja, način navigacije kroz definirani sadržaj, način prezentacije nastavnog sadržaja i brzinu odvijanja procesa učenja. Eva Learn – hipermedijski obrazovni sistem koji je kreiran u okviru ovoga rada testiran je na Fakultetu informatike pri Evropskom univerzitetu Republike Makedonije Skopje. Ovaj sistem danas je u funkciji nastavnih aktivnosti (samoučenje, utvrđivanje stečenih zvanja u toku pripreme za ispit). Rezultati implementacije su veoma pozitivni. Autori sistema planiraju njegovu nadogradnju uvođenjem inteligentne komponente koja će unaprediti sistem na višem kvalitetnijem nivou.

Ključne reči: Obrazovni sistem, hipermedija, hipermedijski prilagodivi obrazovni sistemi, mehanizmi prilagođivanja, proces učenja.

LEARNING STYLES AND MECHANISMS FOR ADAPTING IN EDUCATIONAL ADAPTIVE HYPERMEDIA SYSTEMS

Summary: Educational Adaptive Hypermedia Systems in base are hypermedia systems

¹ Van. prof. dr Risto Hristov, Evropski univerzitet Republika Makedonija-Fakultet informatike, Klimenta Ohridskoga 68, Skopje, E-mail: risto.hristov@eurm.edu.mk

² Mr Ljupčo Krstevski, asistent, Evropski univerzitet Republika Makedonija-Fakultet informatike, Klimenta Ohridskoga 68, Skopje, E-mail: ljupco.krstevski@eurm.edu.mk

³ Ljupčo Sofijanov, studente poslediplomskog studija, Evropski univerzitet Republika Makedonija-Fakultet informatike, Klimenta Ohridskoga 68, Skopje, E-mail: sofijanov@hotmail.com

upgraded with certain aspects of intelligent techniques, i.e. techniques that enable adjustment depending on the user (student): his knowledge, ability, affinity and the current mood. Adaptation consists of choosing selective content and adaptive navigation for each individual user. In this paper is presented educational adaptive hypermedia system that uses original designed mechanism. The main adaptive parameters taken into account by the system are the student's preferred learning style/s and her current knowledge. The idea of this paper is that the education system first defines learning style /s of students. On the basis of learning style is defined profile and determine the characteristics of students, i.e. student model. Depending on the model, the system determines the content of learning and how to navigate through defined content, manner of presentation of the content and pace of the learning process. EvaLearn – educational hypermedia system that was created by following the framework of this work and was tested at the Faculty of Informatics at the European University Republic of Macedonia, Skopje. This system is now in function of teaching activities (help to students to test them self's and learn on way like they want to learn). Implementation results are very positive. The authors are planning its upgrade system by introducing an intelligent component that will improve the system at a higher quality level.

Key words: Educational System, educational adaptive hypermedia system, adaptive mechanisms, learning process.

1. UVOD

Svaki student se karakterizira različitim osobnim karakteristikama, stilova učenja, predznanjem i iskustvom, koji neminovno nameću saznanje da je način učenja „jedan nasproti jedan – per to per“ nejefektivniji način učenja. (Bra & Cristea, 2004). Ali, sprovođenje učenja tipa „jedan nasproti jedan“ nije baš neka bezazlena igračka. Ona traži korišćenje velikih resursa (tehnološko-tehničkih, vremenskih, prostornih itd. (Paramithis & Loidl, 2004).

U pokušaju rešavanja ovih problema, a u kontekstu trendova modernog vremena, javljaju se takozvani *Adaptivni (prilagodivi) hipermedijski sistemi* (Brusilovsky, 1996). Njihov zadatak je izgraditi model korisnika (studenta) baziran na: znanje, ciljeva procesa učenja, afiniteta i momentalnog raspoloženja i iskoristiti ga u procesu učenja za uspostavljenje interakcija u smeru prilagođenja potrebama korisnika (Brusilovsky, 2001). U suštini Adaptivni hipermedijski sistemi (AHS) kombinuju pozitivne karakteristike hipermedijskih sistema (domen znanja i mogućnost slobodne navigacija kroz sadržaja) sa uvođenjem inteligentne mentorske komponente kojom se usmerava proces učenja prema karakteristikama korisnika (Brusilovsky, 1998).

Principi prilagođenja AHS-a su relevantni u najvećem broju segmenata ljudskog života, ali počeci praktične primjene tih principa se javljaju i najviše se primenjuju u hipermedijskim prilagodivim obrazovnim sistemima (Brusilovsky, 2001) koji su cilj istraživanja u ovom radu. Pojavom AHS-a obiman broj problema u obrazovnom procesu su rešeni, ali mora se naglasiti da oni ne rešavaju sve problem (Hristov, 2010). U tom smeru oni se nadopunjuju sa klasičnom obrazovnom tehnologijom (direktna komunikacija i klasični oblici predavanja nastavnog sadržaja).

Ideja ovoga rada je pretstaviti način organizovanja sadržaja domena znanja (materijala učenja), kojim mehanizmima prilagoditi količinu, redosled i tempo učenja i oblik

prikazivanja učenog materijala adekvatno profilu studenta.

Imeno, sa jedne strane postoji student koji svoj profil gradi na bazi stila/va učenja kojeg je odabrao (Postoje različite klasifikacije stilova učenja. Autor obrazovnog sistema je taj koji će odabrati koju klasifikaciju će koristiti), a sa druge strane imamo materijal učenja (sadržaj domena znanja) kojeg trebamo prilagoditi stilu učenja, t.j. prilagodite profilu korisnika. Naime, domen znanja je sastavljen iz elementarnih koncepta, elementarnih jedinica učenja. Sistem, posredstvom mehanizma za prilagođenje, određuje koja elementarna jedinica učenja je adekvatna danom profilu studenta.

Nakon definiranja profila studenta i jedinice učenja odgovarajuća tom profilu, sistem odabira kombinaciju tehnike prilagodive navigacije kroz sadržaja domena znanja, odnosno adekvatnu prezentaciju učnog materijala.

Struktura ovoga rada je sledeća. U glavi 2 su objašneni osnovni sastavni komponenti jednog *AHS-a*. Glava 3 razrađuje model Honey and Mumford za određivanje stila učenja, kao osnovni model koji će se koristiti za određivanje preferencije studenta, način organizovanja materijala učenja i mehanizam definiranja u kojoj meri adekvatni materijal učenja je pogodan definiranom profilu učenja. U glavu 4 dat je opis praktične izvedbe hipermedijskog prilagodivog obrazovnog sistema nazvan EvaLearn. U glavu 5 dat je zaključak i buduće smernice istraživanja.

2. OSNOVNI KOMPONENTI HIPERMEDIJSKOG PRILAGODIVOG OBRAZOVNOG SISTEMA

Struktura standardnog hipermedijskog prilagodivog obrazovnog sistema sastoji se od sledećih osnovnih komponenata (Brusilovsky, 2003): model domena, model studenta i model prilagođivanja.

2.1 Model domena znanja

Domen znanja, kao i veći deo obrazovnih sistema, predstavljamo koristeći takozvani konceptualni model. Domen znanja predstavlja skup osnovnih koncepata. Osnovni koncept predstavlja elementarna čestica znanja koja se ne može deliti. Osnovni koncept, pošto predstavlja temeljna čelija u izgradnji domena znanja, naziva se domenski koncept. Osnovni koncepti međusobno su uslovno povezani, učenje jednog koncepta ovisi o poznavanju sadržaja drugog koncepta. Koncepti su međusebno povezani u mrežu koja ima oblik mreže grafova.

Student mora pristupiti konceptu i proučiti njegov sadržaj da bi ga mogao razumeti. U tom smeru sadržaj koncepta treba biti predstavljen u adekvatnom obliku u hipermediskom prostoru. To se ostvaruje na taj način što domenski koncept se opisuje sa jednom ili višim multimedijским stranicama. Kao što se domenska mreža predstavlja pomoću čvorova (koncepata) i vezama između njih, tako i mreža hiperprostora se predstavlja pomoću čvorova (hipermediske strane) i vezama između njih. Hipermedijske strane i njihove veze sačinjavaju mrežu hiperprostora.

Ako je mreža domena strukturirana prema nastavnim temama, ciljeva učenja, nastavnog plana, grupnih ili pojedinačnih karakteristika studenata, tada struktura mreže domena predstavlja pedagoška struktura domena znanja.

Domenska mreža i mreža hiperprostora su analogne. Mreža hiperprostora služi za prikazivanje sadržaja domena znanja pred studentima.

2.2 Model korisnika (studenta)

Model korisnika je osnova svakog sistema prilagođivanja korisniku, pošto sadrži sve informacije o njemu. Bez informacije o korisniku sistem ne može saradivati sa svakim korisnikom osobno, već sve korisnike tretira na isti način.

Model korisnika mora u sebi sadržavati sve osobine korisnika, njegovo vladanje i njegovo znanje, t.j. mora sadržavati sve faktore koji utiču na proces učenja i efektivnog konsumiranja znanja od strane korisnika. Ključna uloga kod definiranja osobine korisnika ima testiranje njegovog znanja. Znanje se vrednuje koeficijentom znanja koji ima vrednost u opsegu od "0 = ne zna" do "1 = zna".

Kreiranje modela korisnika koji obuhvata sve njegove realne osobine, je kompleksna, rečisi nerešljiva zadaća. Zato se u praksi kreiraju jednostavniji modeli.

2.3 Model prilagođivanja

Glavno pitanje koje je postavio Brusilovsky (Brusilovsky, 1996) je "Što može biti prilagođeno?".

Pojam tehnologije prilagođivanja podrazumeva način prilagođivanja hipermedijskih prilagodivih sistema potrebama i osobinama korisnika. Postoje 7 načina prilagođivanja koje možemo podeliti u dve osnovne grupe (Brusilovsky, 1997): prilagođivanje prezentacije sadržaja učenja i prilagođivanje navigacije kroz domen znanja, kroz odgovarajućeg hiperprostora. Ove dve grupe nisu suprotne, već tesno povezane i nadopunjuju se, a u nekim primerima čak se preklapaju. Tako na primer prilagođenje sakrivanjem vezama s jedne strane pretstavlja prilagođivanje prezentacije sadržaja domena znanja (koncepti koji nije potrebno učiti ne moraju biti dostupni), a sa druge strane pretstavlja i prilagođivanje navigacije (veze koje vode ka konceptu koji ne treba učiti ne moraju biti vidljive). Za sve tehnologije prilagođivanja karakteristično je da dejstvuju ka svakom korisniku osobno, ovisno o informacijama koje su zapisane u modelu korisnika.

Prilagođivanje prezentacije sadržaja učenja (*adaptive presentation*) informacije koje se sadrže u hipermedijskom čvoru se prikazuju na prilagodivim načinom tako da se menja njihov izgled u odnosu na detalje, komentare, upotrebe medija ili broja veza.

Različnim korisnicima jedna ista hipermedijska strana se prikazuje različitim sadržajem ovisno o njihovim modelu. Naime, sadržaj stranice za svaki korisnički model osobno dinamički se definiira neposredno pred njezinim prikazom. Na taj način sadržaj hipermedijske strane se prilagođuje prema trenutnom stepenu korisničkog znanja koje je zapisano u modelu korisnika. Početnici, koji tek počinju sa učenjem, dobivaju dodatni komentari zбогаćene multimedijom koji njima pomažu u početnom savlađivanju, a detalji koji mogu ih opteretiti privremeno se skrivaju. Napredni korisnici kojima material učenja nije stran, ne dobivaju osnovne komentare, već dobivaju složenije, detaljnije i dublje.

Za oba tipa prilagođivanja postoje različite tehnike. Prilagođivanje prezentacije koristi sledeće tehnike: uvjeten tekst, produžen tekst i tehnike bayirane na okvire. Kod prilagođivanje navigacije se koriste tehnike: direktno sortiranje veza, krienje veza i anotacije veza. U praksi najčešće se koristi kombinacija svih ovih tehnika.

3. DEFINIRANJE STILOVA UČENJA, ORGANIZACIJE SADRŽAJA DOMENA ZNANJA I MEHANIZMA PRILAGOĐIVANJA MATERIJALA UČENJA U ODNOSU NA KARAKTERISTIKE MODELA STUDENTA

3.1 Određivanje stila učenja

Svaki pojedinac uči na svoj osobni način, t.j. razvija osobne navike koji mu omogućuju veću dobit od stečenih iskustava od drugih (Coffield et al., 2004). Postoje različiti stilovi klasifikaciji stilova učenja, ali prema Giddings (Giddings, 2009) kao najpogodniji za naše podneblje, mentalitet i kao najprimenljiviji u praksi je stil Petera Honeya i Alana Mumforda. (Honey & Mumford, 1992). Oni definišu četiri stila učenja:

- **Aktivisti**, sanjaju da budu involvirani u nova iskustva. Oni su inteligentni i imaju mnogo ideja, ali njima postaje dosadno u procesu implementacije tih ideja. Često prvo deluju, a zatim uočavaju posledice.
- **Reflektori**, nastoje analizirati situaciju sa stanovišta različitih perspektiva. Nastoje sakupiti više podataka, a tek nakon toga doneti zaključke i odluku.
- **Teoretičari**, nastoje promatrati kompleksnija rešenija i pronaći adekvatniju teoretsku potporu. Rasčlanuju problema na delove i prolaze kroz njih korak za korakom.
- **Pragmatičari**, Nastoje iskoristiti koncepte u svom radu, da pronađe praktične aspekte i najčešće žele duge diskusije.

Tabela 1: Procesiranje rezultate

Aktivista	Reflektor	Teoretičar	Pragmatičar	Preferenciji
20				
19				
18		20	20	
17	20	19	19	Veoma silni preferenciji
16	19	18	18	
15	18	17	17	
14		16		
13				
12	17	15	16	Silni preferenciji
11	16 15	14	15	
10	14	13	14	Umereni (sredni) preferenciji
9	13	12	13	
8		11	12	
7	12			Slabi preferenciji
6	11	10	11	
5	10	9	10	
4	9	8	9	Veoma slabi preferenciji
	8	7	8	
	7	6	7	
	6	5	6	
3	5	4	5	
2	4	3	4	
1	3	2	3	
0	2	1	2	
	1	0	1	
	0		0	

Peter Honey i Alan Mumford koriste anketni upitni list koji određuje u kojoj grupi/grupa se nalazi student (Honey & Mumford, 2006). Upitnik se sastoji od 80 upita i nema vremensko ograničenje za popunjavanje upitnika. Tačnost rezultata ovisi o iskrenost ispitanika. Za svako pitanje student dobija od 0 do 20 poena. Rezultati anketiranja se mapiraju soglešno Tabeli 1, analiziraju se i izvlači se zaključak koji stil/ovi učenja koristi student. Ovisno o stilu student dobije preporuku kako treba učiti.

3.2 Struktura materijala učenja (hipermedijskog prostora)

Struktura organizacije učnog materijala je definirana ovisno o nastavnih planova i programa u kojoj su ugrađeni parametri prilagođivanja. Ovi parametri u suštini odgovaraju primerima, primerima sa objašnjenjem, kodovima, teorijom (teoreme, dokazi, diskusije I sl.), zadacima itd.

Ovim parametrima pridružujemo četiri attribute: a, r, t i p. Vrednost atributa određuje težinsku pretstavu pripadnosti parametra aktivistu, reflektoru, teoretičaru ili pragmatičaru. Vrednost atributa se mijenja u granicama od 0 do 1. Na slici 1 dat je deo programa u kom se definiraju vrednost atributa za dati parametar.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Predmet IdPredmet="">
<NaslovPredmet>tuka e postaven naslovot na predmetot</NaslovPredmet>

  <Tema IdTema="">
  <NaslovTema>Tuka e postaven naslovot na temata</NaslovTema>
    <Voved>Tekst so kratok voved</Voved>
    <Sekcija>
    <NaslovSekcija></NaslovSekcija>
      <Voved>Tekst so kratok voved</Voved>

      <AdaptivenElement a="", r="", p="", t=""> primer </AdaptivenElement>
      <AdaptivenElement a="", r="", p="", t=""> zadaca </AdaptivenElement>
      <AdaptivenElement a="", r="", p="", t=""> definicija </AdaptivenElement>

    </Sekcija>
    .
  </Tema>
  .
</Predmet>
```

Slika 1: Deo koda za određivanje vrednost atributa

Sa ovakvom strukturom u suštini učni materijal za učenje ostaje isti, samo se određenim delovima pridružuju atributi za određivanje težinskih faktora pripadnosti stilu/stilova učenja.

3.3 Kosinusno merenje (cosine measure)

Ova tehnika u suštini ima najveću primenu u oblasti Information Retrieval (Salton et al., 1975), ali u ovom radu je iskorišćena za merenje relevantnosti elemenata prilagođivanja preferencijama studenata.

Prvi korak u izvođenju kosinusnog merenja za određivanje relacije elementi prilagođivanja-profil studenta je predstavljane karakteristika studenta i atributa elemenata prilagođivanja pomoću četiri dimenzionalnih vektora ovisno stilova učenja. Ovi četiri komponenti su:

a- Aktivist; r- Reflektor; t- Teoretičar; p- Pragmatičar

Vrednost elemenata prilagođivanja se kreće od 0 do 1, a vrednost karakteristika studenata od 0 do 20. Zbog različitih mernih jedinica moramo napraviti normiranje dobijenih rezultata.

Drugi korak je izračunavanje korelaciju između ova dva vektora, odnosno izvodi se kosinusno merenje ciljem određivanja ugla između vektora (Sl. 2).

Za ovaj proračun se koristi relacija kosinusnog merenja:

$$C(S, A) = \frac{S \cdot A}{|S||A|} =$$

Nakon ekspaniranja vektora dobija se:

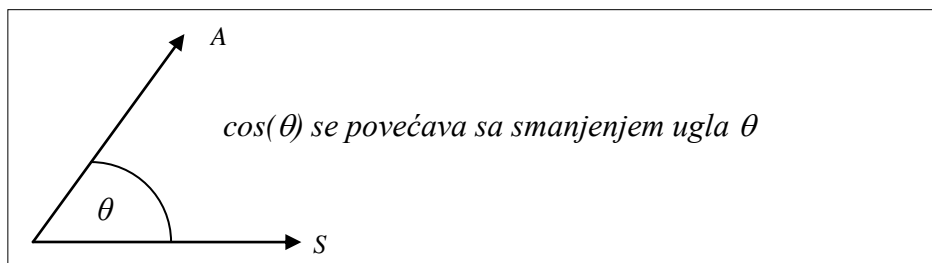
$$= \frac{1}{W_S W_A} \sum_{t \in A \cap S} W_{S,t} W_{A,t}$$

Gde su:

S – vector karakteristika studenta

A – vector elemenata prilagođivanja

$$W_S = \sqrt{\sum_{t=1}^n W_{S,t}^2} \text{ i } W_A = \sqrt{\sum_{t=1}^n W_{A,t}^2} - \text{ Euklidovi dužini vektora.}$$



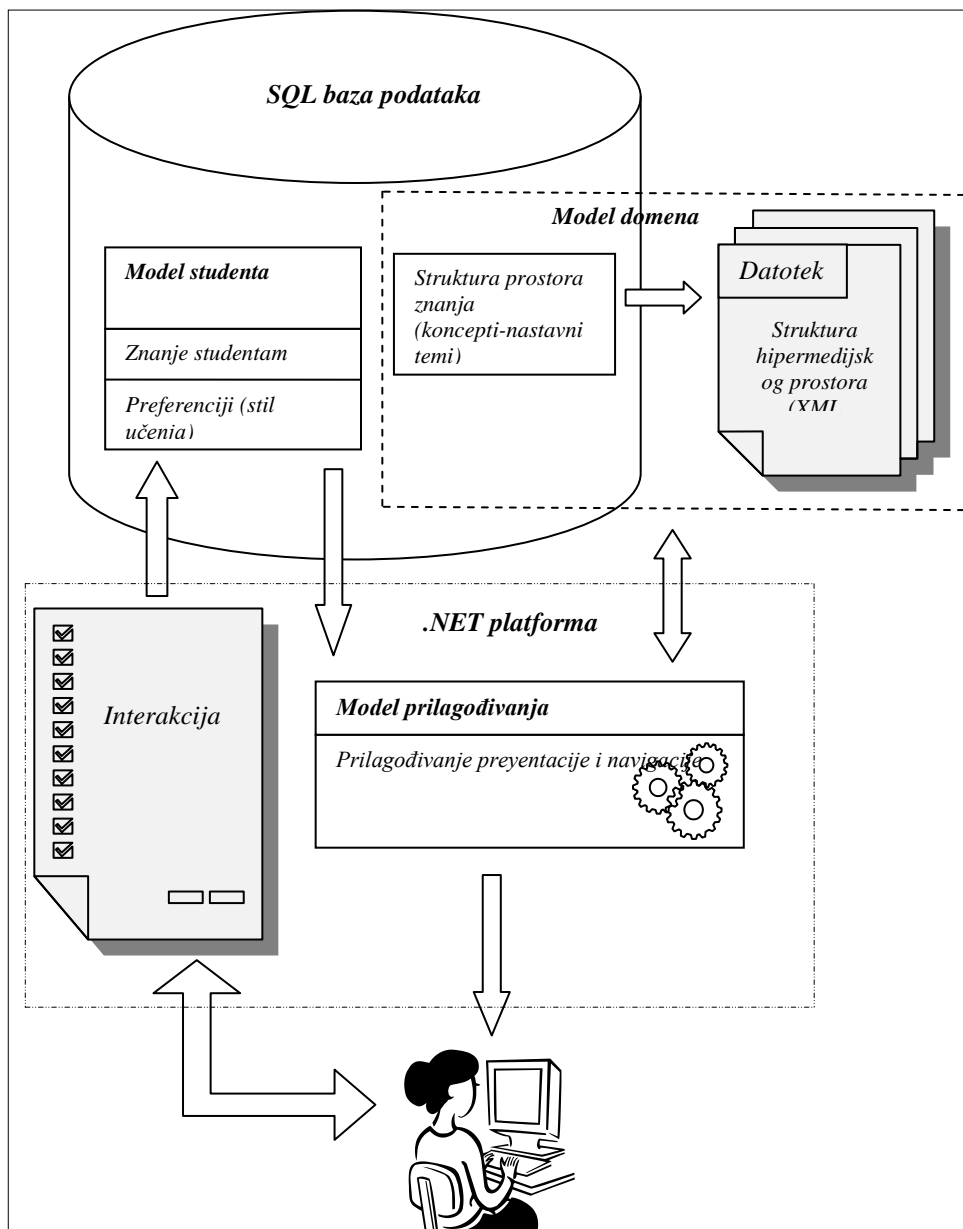
Slika 2: Merenje kosinusne funkcije

Veličina $\cos(\theta)$ predstavlja mera pripadnosti elemenata prilagođenja odgovarajućim stilu učenja. Ova veličina mjenja se ovisno o vrednosti ugla θ . Za $\theta = 0$ stepeni $\cos(\theta) = 1$, dok za $\theta = 90$ stepeni $\cos(\theta) = 0$. Drugim rečima, što više $\cos(\theta)$ teži ka jedinicu to više elemenat prilagođenja pripada odgovarajućem stilu učenja i obrnuto. Kada $\cos(\theta) = 0$ elemenat ne pripada stilu učenja, a kada $\cos(\theta) = 1$ celosno pripada.

Odgovarajući elemenat prilagođivanja nije u relaciji samo sa jednim stilom učenja. Nekom stilu pripada više, a nekom manje. Isto tako i profil studenata retko za celokupni material za učenje pripada samo jednom stilu. Zato, u praksi najčešće u smeru optimalnog prikaza učnog materijala, se koristi kombinacija više elemenata, t.j. se koristi kombinacija više tehnika prilagođivanja.

4. EVALEARN – HIPERMEDIJSKI PRILAGODIVI OBRAZOVNI SISTEM

Kao dokaz ispravnosti teoretskih pretpostavaka u našem radu izrađen je hipermedijski prilagodivi obrazovni sistem nazvan EvaLearn koji je testiran i implementiran u okviru funkcija Evropskog univerziteta Republika Makedonija Skopje.



Slika 3: Blok dijagram strukture obrazovnog sistema EvaLearn

EvaLearn se koristi u procesu učenja(kada student sam uči)/podučavanja (kada nastavnik kontrolira proces učenja) studenta.

Proces učenja primjenom EvaLearn sistemom se odvija u sledećim koracima:

1. Definiranje teme koju student treba učiti
2. Definiranje profila studenta, ukoliko nije definiran. Definiranje profila se obavlja pomoću elektronske verzije upitnika od Honey and Mumford.
3. Definiranje predznanja studenata za odgovarajuću nastavnu temu, t.e. za nastavne teme koje mora poznavati da bi mogao shvatiti sadržaj jedinice koju mora učiti.
4. Ovisno o definiranih profila (stila učenja) i predznanja studenta, se definira sadržaj i način prezentacije učnog materijala, odnosno način navigacije kroz učnog materijala, koristeći kosinisno merenje kojeg smo objasnili i predhodnoj glavi.

5. ZAKLJUČAK I BUDUĆI PRAVCI ISTRAŽIVANJA

5.1 Zaključak

U okviru ovoga rada dizajniran je hipermedijski prilagodivi obrazovni sistem nazvan EvaLearn. Ovaj sistem je napravljen za potrebe visokoškolske ustanove "Evropski univerzitet Republika Makedonija Skopje".

Karakteristično za EvaLearn sistem je to što koristi poseban mehanizam za prilagođenje nastavnog sadržaja, njegovog prikaza i navigacije kroz njega. Taj mehanizam dizajnira spomenuta prilagođenja ovisno profilu studenta, t.j. stilu učenja studenta. Spomenuti obrazovni sistem ima mogućnosti kreirati prilagođenja prema svakom studentu osobno, ali i prema grupama ovisno o njihovim stilovima učenja.

Implementacija EvaLearn-ga daje pozitivne rezultate. Nadamo se da će biti skromna inicijativa u smeru kreiranja i implementiranja ovakvih sistema u ukvirima obrazovne prakse u Republici Makedonije i šire.

5.2 Budući pravci istraživanja

EvaLearn je sistem može da se nadograđuje u dva smera: uvođenje novih mehanizama za prilagođivanje i uvođenje inteligentne komponente.

U cilju poboljšanja prilagođivanja korisniku, naše analize kažu da može da se koristi kombinacija prilagođivanje prema stilu učenja sa sledećim tehnikama:

- PCA (Principal Component Analysis) (Kramer & Kramer, 1998). Gdje pomoću osobnih vrednosti i osobnih vektora može se namaliti dimenzionalnost originalnog problema (četiri dimenzionalnost) na manju dimenzionalnost. Na taj način se pojednostavljuje algoritam prilagođivanja, dok u suština rešavanje problema ostaje ista.
- Fazi logika (Ross, 2004). Korišćenjem fazi logike, fazi funkcije i fazi skupova moguće je određivati parametre prilagođivanja osobno za svaki student ili na nivoa grupe (školskog razreda) kao što se radi u današnjoj obrazovnoj praksi u Republici Makedonije.
- Bajesova metoda (Carlin & Louis, 2000). Teorija u oblasti vjerojatnosti koja se koristi kod proračuna uvjetne vjerojatnosti.

Svaka od ovih metoda ima svoju oblast gdje može biti object temeljnih istraživanja.

Uvođenjem inteligentne komponente, ovaj obrazovni sistem može se transformirati u inteligentni mentorski sistem.

6. LITERATURA

- [1] Bra, P. D., & Cristea, A. (2004). Adaptive Web-Based Educational Hypermedia. U *Web Dynamics, Adaptive to Change in Content, Size, Topology and Use* (str. 387-411). Springer.
- [2] Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 87-110.
- [3] Brusilovsky, P. (1996). Adaptive hypermedia: An attempt to analyze and generalize. U *Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality Models, Systems, and Applications* (str. 288-304). Springer Berlin / Heidelberg.
- [4] Brusilovsky, P. (2003). Developing Adaptive Educational Hypermedia System. U *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environment* (str. 377-409). KluwerAcademic Publisher.
- [5] Brusilovsky, P. (1997). Efficient techniques for adaptive hypermedia. U *Intelligent Hypertext: Advanced Techniques for the World Wide Web* (str. 12-30). Springer.
- [6] Brusilovsky, P., Kobsa, A., & Vassileva, J. (1998). *Adaptive Hypertext and Hypermedia*. Kluwer Academic Publishers.
- [7] Carlin, B., & Louis, T. (2000). *Bayes and Empirical Bayes methods for data analysis*. Chapman & Hall.
- [8] Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review*. Learning and Skills Research Centre. Learning and Skills Research Centre.
- [9] Giddings, C. (2009). Program for training trainers. WHO.
- [10] Honey, P., & Mumford, A. (2006). *Learning Styles Questionnaire 2006: 80*. Peter Honey Publications.
- [11] Honey, P., & Mumford, A. (1992). *The Manual of Learning Styles*. Peter Honey Publications.
- [12] Hristov, R. (2010). *Obrazoven Softver*. Skopje: Evropski Univerzitet.
- [13] Kramer, R., & Kramer, K. (1998). *Chemometric Techniques for Quantitative Analysis*. Dekker, Marcel Inc.
- [14] Paramithis, A., & Loidl, S. (2004). Adaptive Learning Environments and eLearning Standards. *ELECTRONIC JOURNAL OF ELEARNING, EJEL*, 181-194.
- [15] Ross, T. (2004). *Fuzzy Logic with engineering applications*. John Wiley & Sons Ltd.
- [16] Salton, G., Wong, A., & Yang, C. S. (1975). A vector space model for automatic indexing. *Communications of the ACM*, 18, 613-620.