

Analiza karakteristika inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja

Maja Gligora Marković
Poslovni odjel, Veleučilište u Rijeci
Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska
mgligoram@veleri.hr

Sažetak – Glavni cilj ovog istraživanja je analiza karakteristika inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja na temelju objavljenih znanstvenih članaka indeksiranih u odgovarajućim bazama podataka. Inteligentni i prilagodljivi hipermedijski sustavi e-učenja zaokupljaju interes znanstvenika posljednjih godina više no inače o čemu u prilog govore i rezultati ovog istraživanja. Najviše članaka objavljeno je tijekom 2011 i 2012 godine. Analizirano je 1096 članaka iz kojih je izdvojeno 55 sustava. Opis arhitekture sustava je primijenjen za kriterij odabira, pri čemu je izdvojena 21 karakteristika kojima su sustavi opisivani i to: stil učenja, kognitivni stil, mehanizam zaključivanja kod prilagodbe, granulacija sadržaja učenja, navike studenta tijekom korištenja sustava, ciljevi učenja, model studenta, pedagoški model, model područnog znanja, praćenje studentske aktivnosti, provjera znanja, provjera predznanja, eksperimentalno isproban, oblik prezentiranog sadržaja, kriteriji prilagodbe, standardizacija, model sučelja sustava, model učitelja, model opisa, komunikacijski model i interaktivni alati. U radu je dan poseban osvrt na karakteristiku mehanizam zaključivanja kod prilagodbe i karakteristiku kriterij prilagodbe.

Ključne riječi – prilagodljivi hipermedijski sustavi e-učenja, inteligentni sustavi e-učenja, personalizacija, mehanizam zaključivanja, kriterij prilagodbe

I. UVOD

Prijenos znanja jedna je od temeljnih društvenih aktivnosti. Primjena mrežnih tehnologija značajno potiče njenu dinamiku bilo u pogledu promjene načina izvođenja te aktivnosti, bilo u pogledu promjene zahtjeva koji se na tu aktivnost postavljaju. Korištenje računala i interneta prisutno je u svim djelatnostima pa tako i u obrazovanju. „Presjek svijeta informacijske i komunikacijske tehnologije i svijeta obrazovanja naziva se e-učenje“ [1]. Sustavi e-učenja su sustavi koji studentima (korisnicima) omogućavaju pristup elektroničkim izvorima za učenje bez prostornih i vremenskih ograničenja [2].

Tradicionalni hipermedijski sustavi e-učenja su sustavi koji omogućavaju svim studentima pristup istim sadržajima učenja. Za razliku od njih, prilagodljivi hipermedijski sustavi e-učenja predstavljaju sustave koji omogućavaju prilagodbu navigacije i prikaza sadržaja prema različitim kriterijima i potrebama korisnika ([3], [4]). Kako bi prilagodba bila što učinkovitija kombiniraju se prilagodljivi hipermedijski sustavi e-učenja i inteligentni sustavi za učenje ([5], [6], [7]). Ovakvi sustavi u prilagodbi navigacije i prezentiranog sadržaja koriste i

prednosti inteligentnih sustava za učenje na način da omogućavaju prikladno ponašanje u neizvjesnim situacijama tijekom procesa e-učenja [8]. Grubišić [8], prema [9] ističe da prilikom određivanja načina prilagođavanja u prilagodljivim hipermedijskim sustavima e-učenja treba voditi računa o: ciljevima prilagođavanja, značajkama učenika prema kojima se prilagođava, tehnologijama prilagođavanja (sadržaj i/ili navigacija), tehnikama i metodama prilagođavanja.

Ciljeve prilagođavanja definiraju ili student ili nastavnik ovisno o okolini u kojoj se sustav koristi. Značajke studenta prema kojima se prilagođava sustav često su i kriteriji prilagođavanja. Tako je u istraživanju o kriterijima prilagođavanja koje su proveli Triantafillou i suradnici [10] definirano osam značajki studenta koje se javljaju i kao kriteriji prilagođavanja: predznanje, prethodno iskustvo, sklonosti ka određenoj boji sučelja ili navigacijskom putu ili fontu, interes za neku temu (motivacija), individualne osobine poput stila učenja ili kognitivnog stila, demografska skupina podataka o studentu, mogućnosti/nemogućnosti studenta vezane uz korištenje računala i socijalne vještine. Značajke studenta imaju poseban doprinos u izgradnji ovakvih sustava što je vidljivo iz istraživanja koje je proveo Vandewater [11] u kojima je analizirano 46 prilagodljivih računalnih sustava e-učenja u kojima su izvor prilagođavanja neke od spomenutih značajki studenta (npr. stil učenja i motivacija).

Karakteristika prilagođavanja često je sinonim za personalizaciju iako to nije u potpunosti ispravno. Personalizirani sustavi su tek jedna vrsta prilagodljivih sustava [12]. Značajka personaliziranih sustava jest da se oni prilagođavaju studentu. Autori Garcia-Barrios, Mödritscher i Gütl [12] definiraju pet različitih dimenzija personalizacije:

- **Implicitna - eksplicitna.** Implicitna personalizacija se odnosi na prilagođavanje u određenom kontekstu dok se eksplicitna odnosi na prilagođavanje prema točno određenom modelu studenta.
- **Skrivena - vidljiva.** Skrivena personalizacija nije vidljiva studentu dok je personalizacija vidljiva ukoliko student može prepoznati njene rezultate.
- **Determinirana - predvidiva.** Determinirana personalizacija se događa u jednom koraku prilagođavanja dok predvidljiva personalizacija

podrazumijeva unaprijed pripremljene korake prilagođavanja.

- Nekontrolirana – kontrolirana. Nekontrolirana personalizacija ne omogućava studentu utjecaj na prilagođavanje dok to kontrolirana omogućava.
- Stereotipna – individualna personalizacija. Stereotipna personalizacija se odnosi na skupinu studenata, dok se individualna odnosi na samo jednog studenta.

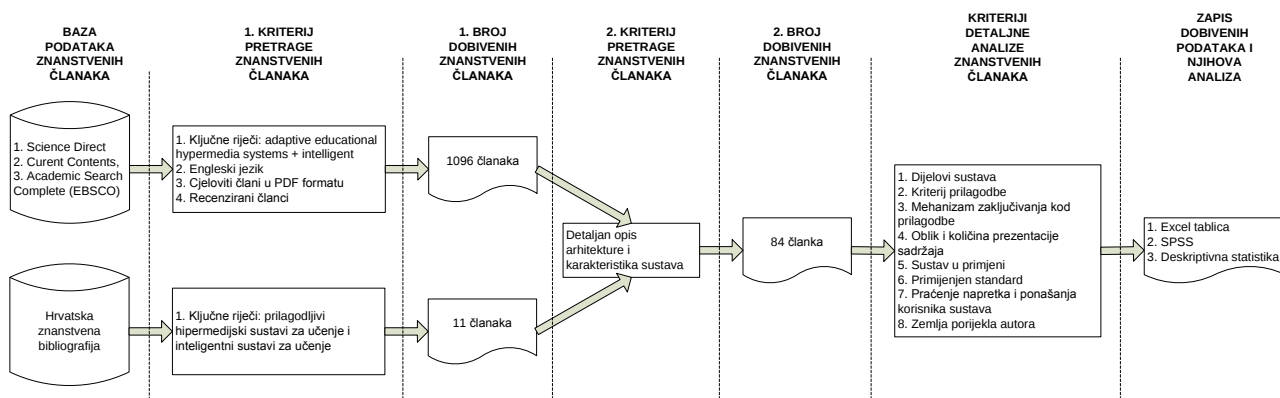
Ovakva klasifikacija dimenzija personalizacije je primjerena većini sustava kojima je u središtu student i koje ističu individualnu personalizaciju kao primarnu dimenziju ([13], [14], [15], [16]). Tehnologije prilagođavanja (sadržaj i/ili navigacija) najčešće su povezane s primjenom sadržaja oblikovanih pomoću različitih tipova medija i različitom granulacijom sadržaja učenja ([17], [18]) i podrškom prilagodljivoj navigaciji. Tehnike i metode prilagođavanja vezane su uz kriterije prilagođavanja, ali i mehanizme zaključivanja kod prilagodbe gdje do izražaja dolazi primjena inteligentnih metoda ([19], [20]). Istraživanja na ovom području usmjerena su uglavnom na prikaz pojavnosti pojedinih kriterija prilagođavanja ili značajki sustava bilo s aspekta studenta, nastavnika ili sadržaja ([3], [21]). Aktualnost potrebe za istraživanjima na području inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja s naglaskom na individualnu personalizaciju govori i najava Gatesa [22] većinskog vlasnika Microsoft-a o ulaganjima u online nastavu i sustave e-učenja koji trebaju osigurati individualno personalizirano učenje, a koje će omogućiti „prilagođavanje kurikuluma svakom pojedinom učeniku prema njegovim preferencijama i kvalitetama“. Želja je autora članka identificirati karakteristike koje se najviše koriste u opisima sustava, a kako bi se temeljem toga donio zaključak o tome na koje karakteristike bi se posebno trebalo fokusirati u izgradnji novoga sustava.

U nastavku rada naglasak je na prikazu metodike i rezultata istraživanja čiji je cilj bio dobiti uvid u karakteristike prilagodljivih i inteligentnih hipermedijskih sustava e-učenja od početka 90-ih godina prošlog stoljeća do danas. U drugom poglavlju opisana je metodika istraživanja, a u trećem poglavlju su prikazani rezultati istraživanja s raspravom. U četvrtom su poglavlju zaključak i smjernice za buduća istraživanja.

II. METODIKA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno u dva navrata. Prvi puta tijekom prosinca 2012, a drugi puta tijekom travnja 2013 godine. U istraživanje su bile uključene sljedeće baze znanstvenih radova: Science Direct, Curent Contents (CC), Academic Search Complete (EBSCO). Slika 1. zorno prikazuje primijenjenu metodiku istraživanja.

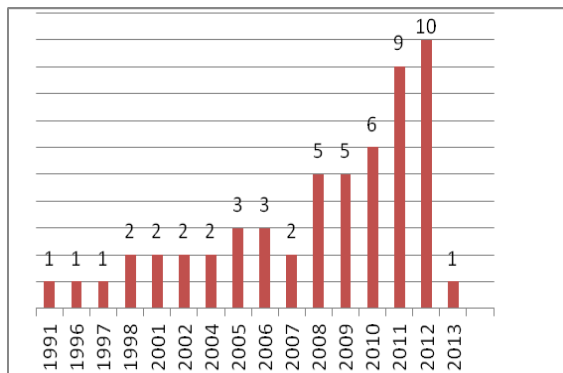
Kako su predmet istraživanja inteligentni i prilagodljivi hipermedijski sustavi e-učenja, baze su pretraživane prema sljedećim ključnim riječima: *adaptive educational hypermedia systems + intelligent*. U prvom pretraživanju tijekom prosinca 2012. godine pronađeno je 456 članaka u bazi Science Direct, 9 članaka u bazi CC te 576 članaka u bazi Academic Search Complete. U drugom pretraživanju tijekom travnja 2013. povećao se broj članaka u bazi Science Direct na 482, u bazi CC na 11, dok baza Academic Search Complete nije mogla biti ponovno pretražena zbog nemogućnosti pristupa. U pretraživanju baza podataka bila su postavljena ograničenja na engleski jezik, dostupnost cjelovitih članaka u pdf formatu i recenzirane znanstvene časopise. Veći broj istih radova nalazio se u bazi Science Direct i u bazi Academic Search Complete. Članci su analizirani na način da je tražen što detaljniji opis arhitekture sustava i karakteristika sustava. Time su izdvojena 73 članka. Za prikupljanje podataka o nekim sustavima korišteno je i po nekoliko izdvojenih članaka. Također je analizirana i baza Hrvatska znanstvena bibliografija prema sljedećim ključnim riječima: prilagodljivi hipermedijski sustavi za učenje i inteligentni sustavi za učenje. To je dalo ukupno 11 izvora. Daljnja analiza temeljila se na opisu sastavnih dijelova sustava dostupnih u članku, na stilu učenja, kognitivnom stilu, mehanizmu zaključivanja kod prilagodbe, obliku i granulaciji sadržaja učenja, navikama studenta tijekom korištenja sustava, ciljevima učenja, modelu studenta, pedagoškom modelu, modelu područnog znanja, praćenjem studentske aktivnosti, provjeri znanja, provjeri predznanja, korištenju sustava u praksi, kriterijima prilagodbe, standardizaciji, modelu sučelja sustava, modelu učitelja, modelu opisa, komunikacijskom modelu i interaktivnim alatima. Prikupljeni podaci pohranjeni su u Excel dokument i obrađeni pomoću statističkog softvera SPSS. Rezultati istraživanja prikazani su deskriptivnom statistikom.



Slika 1. Metodika istraživanja

III. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S OSVRTOM

Analiza je provedena na ukupno 84 izvora iz kojih je izdvojeno 55 sustava, 3 iz Hrvatske i 52 iz ostalih zemalja (prilog A). Grafikon 1 prikazuje broj članaka prema godini izdanja iz čega je vidljivo da ih je najviše objavljeno tijekom 2011. i 2012. godine, a najmanje 90-tih godina prošlog stoljeća. Neki sustavi su opisani kroz više članaka različitih godina izdanja (prilog A), ali je za analizu korišteno izdanje novijeg datuma.



Grafikon 1. Broj članaka prema godini izdanja

Analizom zemalja iz kojih potječu autori članaka došlo se do sljedećih rezultata o pojavnosti broja sustava: Alžir (1), Belgija (1), Brazil (1), Bugarska (1), Egipat(1), Francuska (1), Grčka (6), Hrvatska (3), Iran (1), Irska (3),

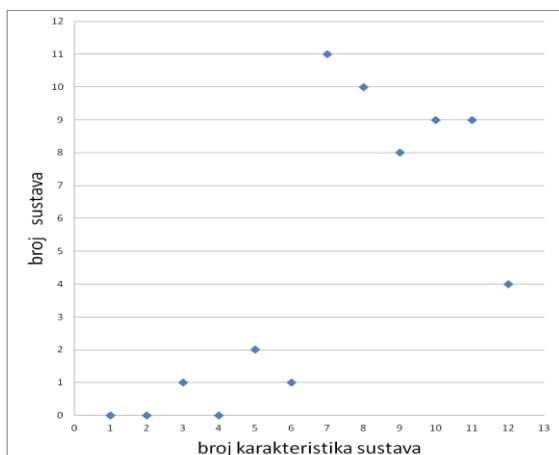
Italija (3), Maroko (1), Meksiko (2), Nizozemska (2), Njemačka (7), Rumunjska (1), Srbija(2), Španjolska (3), Tajland (2), Tajvan (7), Turska (3), Velika Britanija (2), Sjedinjene Američke Države (2), Vijetnam (1). Može se uočiti dominacija autora iz Njemačke i Grčke, te Tajvana. Autori su za samo 3 (5,45 %) sustava naglasili da su otvorenog koda, 1 (1,81%) sustav je komercijalan, a ostali autori 51 (92,72%) nisu definirali uvjete korištenja sustava. Iz opisa njihova eksperimentalnog korištenja može se zaključiti da se radi o sustavima koji su uglavnom testirani i/ili su u uporabi u visokom školstvu njih 42, tj. 76,6%, te u srednjim školama njih 2, tj. 3,6%.

Kako je glavni cilj ovog istraživanja dobivanje uvida u karakteristike postojećih inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja to su od interesa bile upravo karakteristike kojima se ti sustavi mogu opisati. Izdvojena je 21 karakteristika, i to: *stil učenja, kognitivni stil, mehanizam zaključivanja kod prilagodbe, granulacija sadržaja učenja, navike studenta tijekom korištenja sustava, ciljevi učenja, model studenta, pedagoški model, model područnog znanja, praćenje studentske aktivnosti, provjera znanja, provjera predznanja, eksperimentalno isproban, oblik prezentiranog sadržaja, kriteriji prilagodbe, standardizacija, model sučelja sustava, model učitelja, model opisa, komunikacijski model i interaktivni alati*. Karakteristike su izdvojene na temelju ključnih riječi te isticanjem i opisom pojedinih karakteristika od strane autora članaka.

Tablica 1. Opis karakteristika sustava

Br.	Karakteristika	Opis
1.	Stil učenja	Preferirani način učenja pojedinca kako bi ono bilo što učinkovitije npr. vizualno, auditivno... ([6], [16], [23], [24], [25]).
2.	Kognitivni stil	Način na koji pojedinac pojmovno organizira sadržaj učenja putem kognitivnih aktivnosti kao što su mišljenje, primanje informacija, pamćenje ([10], [17], [26], [27]).
3.	Mehanizam zaključivanja kod prilagodbe	Obuhvaća načine zaključivanja kod prilagodbe sustava [28].
4.	Granulacija sadržaja učenja	Najmanja količina sadržaja učenja [29].
5.	Navike studenta tijekom korištenja sustava	Učestale aktivnosti studenta tijekom korištenja sustava [30].
6.	Ciljevi učenja	Ono što želimo postići učenjem [31].
7.	Model studenta	Sadrži sve odgovarajuće podatke o studentu ([7], [14], [27], [29]).
8.	Pedagoški model	Obuhvaća tehnike poučavanja koje se na osnovu kriterija prilagodbe primjenjuju, simulira nastavnika i njegovu ulogu u procesu poučavanja i učenja ([17], [18], ([32], [33])).
9.	Model područnog znanja	Obuhvaća sadržaj učenja i veze između elementarnih jedinica sadržaja učenja [33].
10.	Praćenje studentske aktivnosti	Aktivnosti koje studenti izvršavaju tijekom korištenja sustava [34].
11.	Provjera znanja	Obuhvaća sve načine provjere znanja putem sustava ([35], [36]).
12.	Provjera predznanja	Razina znanja iz područja sadržaja učenja prije korištenja sustava [37].
13.	Eksperimentalno isproban	Sustav je isproban u stvarnim uvjetima ([38], [39]).
14.	Oblik prezentiranog sadržaja	Oblik prikaza sadržaja učenja (tekst, grafika, multimedija. ...) [40].
15.	Kriteriji prilagodbe	Kriteriji na temelju kojih se vrši prilagodba u sustavu ([41], [42]).
16.	Standardizacija	Korišteni standardi pri izgradnji sustava ili pojedinih dijelova sustava [17].
17.	Model sučelja sustava	Podaci vezani uz realizaciju prezentacijskog sloja [6].
18.	Model učitelja	Sadrži sve odgovarajuće podatke o učitelju [31].
19.	Model opisa (priče)	Opis niza koraka kroz sadržaj koji se sastoji od skupa različitih izvora učenja, ali namijenjenih istoj grupi studenata (stereotipna personalizacija) [43].
20.	Komunikacijski model	Povezuje sloj sučelja sa aplikacijskim slojem [8].
21.	Interaktivni alati	Alati u sustavu koji omogućavaju interakciju korisnika sa sustavom [28].

U tablici 1. prikazan je opis pojedinih karakteristika dok je u grafikonu 2 prikazan broj sustava koji su opisani pojedinim brojem karakteristika. Vidljivo je da je veći broj sustava, njih 47 opisano sa 7 do 11 karakteristika. Najmanji broj karakteristika s kojima je opisan neki sustav je 3 dok je najveći broj 12 (njima su opisana samo 4 sustava).



Grafikon 2. Broj sustava opisanih pojedinim brojem karakteristika

Analizom pojavnosti pojedinih karakteristika u sustavima dobiven je rezultat prikazan u grafikonu 3. Iz ovog prikaza izdvojene su karakteristike: granulacija sadržaja, oblik prezentacije sadržaja, mehanizam zaključivanja kod prilagodbe i kriteriji prilagodbe. Karakteristike granulacija sadržaja i oblik prezentacije sadržaja opisuju sadržaj učenja koji je prisutan u opisu svih sustava pa su zbog toga navedeni pojavi oblici tih karakteristika. Karakteristika granulacija sadržaja pojavljuje se u sljedećim oblicima: pojam (14), lekcija (7), nastavna jedinica (7), nastavna tema (5) i objekt učenja (14) bez precizno navedene granulacije. U 8 sustava nije definirana granulacija sadržaja.

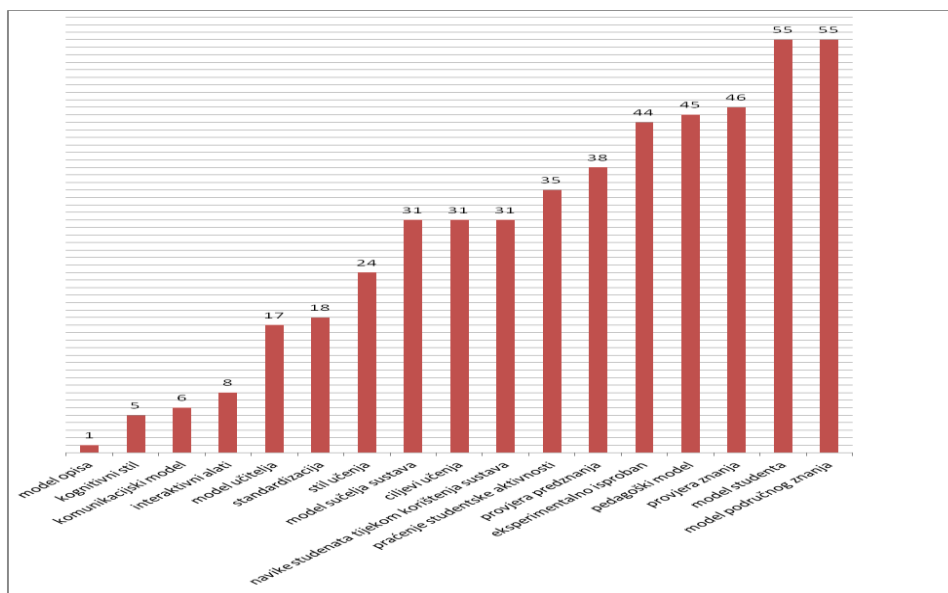
Ova karakteristika u 22 sustava nije jasno definirana, a u 14 sustava je sadržaj granularan do oblika pojma kojega njihovi autori navode kao prednost zbog lakše uporabljivosti u različitim kontekstima.

Najmanje se pojavljuju karakteristike model opisa, kognitivni stil, komunikacijski model te interaktivni alati dok su najzastupljenije karakteristike model studenta, model područnog znanja, provjera znanja, pedagoški model i eksperimentalno isproban sustav. Karakteristike model opisa, komunikacijski model i interaktivni alati su karakteristike vezane uz opis i primjenu korištene tehnologije dok je karakteristika kognitivni stil interesantna iz aspekta individualne personalizacije inteligentnih i prilagodljivih sustava za učenje. Ova karakteristika se javlja samo u pet sustava što može predstavljati izazov za izgradnju budućih sustava obzirom da je kognitivni stil osobna karakteristika svakog studenta i njegovom primjenom povećava se razina personalizacije sustava za učenje. Karakteristike model učitelja, standardizacija i stil učenja su zastupljene kod trećine sustava. Kako se radi o sustavima kojima je primarno u fokusu interesa student i njegove potrebe to je model

učitelja razumno manje zastupljen iako su dijelovi integrirani kroz pedagoški model. Karakteristika standardizacije je uglavnom usmjerena na standardizaciju objekata učenja (SCORM- Sharable Content Object Reference Model, LOM- Learning Object Metadata) i nešto manje na standardizaciju čitavih sustava (IEEE 1484 LTSA). Stil učenja kao osobina studenta najčešće je prikazana prema Felder-Silvermanovoj¹ (F-S) podjeli stila učenja dok je najmanje prilagođena prema *Visual Audio Read Kinesthetic*² (VARK) podjeli stila učenja što se podudara s dosadašnjim istraživanjima [3]. Više od polovice sustava opisano je karakteristikama: model sučelja sustava, ciljevi učenja, navike studenata tijekom korištenja sustava, praćenje studentske aktivnosti i provjera predznanja. Karakteristika model sučelja sustava specifična je za prilagodljive hipermedijske sustave e-učenja jer je to jedna od njihovih osnovnih funkcionalnosti. Iznenadujuće je mala pojavnost te karakteristike u analiziranim člancima. Ova karakteristika je najčešće realizirana primjenom različitih predložaka za raspored i prikaz sadržaja učenja. Karakteristika ciljevi učenja u nekim sustavima je vezana uz model studenta, dok je u drugim vezana uz model učitelja, ovisno tko ih definira. U dva sustava postoji podjela ciljeva učenja prema Bloomovoj taksonomiji ([8], [29]). Razlog male pojavnosti ciljeva učenja prema Bloomovoj taksonomiji vjerojatno je u tome što tako oblikovani ciljevi učenja povećavaju složenost samog sustava, odnosno pripreme sadržaja učenja za ispunjenje tako definiranih ciljeva. Karakteristike navike studenata tijekom korištenja sustava i praćenje njihove aktivnosti važne su iz razloga podizanja razine individualne personalizacije sustava, kako bi se što bolje upoznalo studenta u procesu učenja i korištenja sustava. Provjera predznanja karakteristika je koja predstavlja polaznu točku mjerenja usvojenosti znanja, a koja je povezana s učinkovitošću korištenja sustava. Karakteristike koje imaju gotovo svi sustavi su model studenta i model područnog znanja što je i očekivano obzirom da su to dva osnovna elementa didaktičkog trokuta uz nastavnika koji je opisan karakteristikama pedagoški model i model učitelja. Skoro 80% sustava je eksperimentalno isprobano, sustavi izvide provjeru znanja te imaju pedagoški model. Kod sustava koji su eksperimentalno isprobani potvrđena je bolja učinkovitost inteligentnih i prilagodljivih sustava e-učenja u odnosu na tradicionalne hipermedijske sustave e-učenja ([10], [14], [15], [24]).

¹ Felder-Silverman stil učenja podrazumijeva kategorije: aktivno/refleksivno, racionalno/intuitivno, vizualno/verbalno i sekvencijalno/globalno

² VARK podjela stila učenja podrazumijeva podjelu na: vizualne, auditivne, čitalačke i kinestetičke tipove



Grafikon 3. Pojavnost karakteristika u sustavima

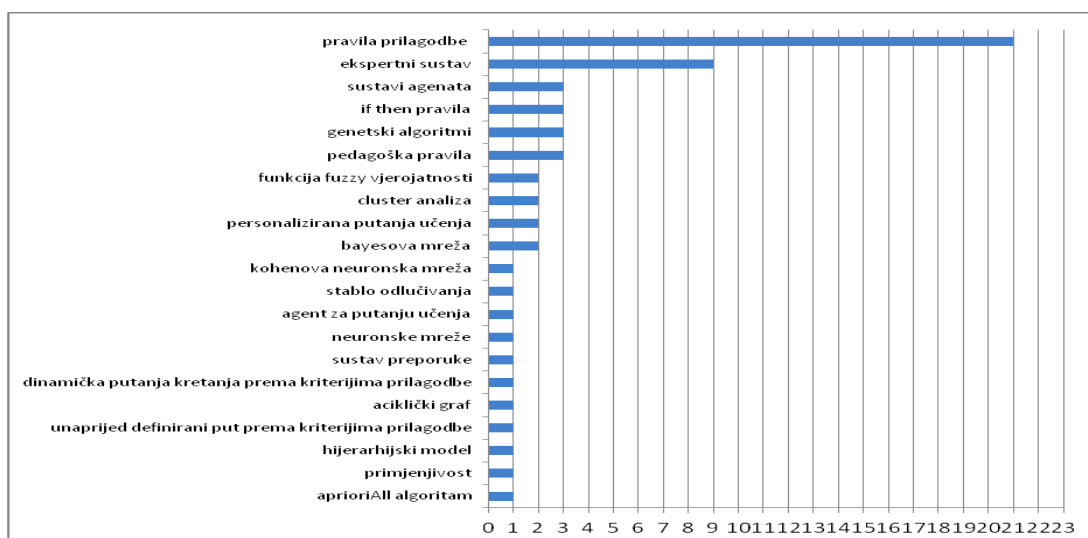
Sadržaj učenja je najčešće prezentiran u obliku teksta i statične grafike, a pojavljuje se i multimedijски sadržaj te u obliku videozapisa i animacija. Najmanje je istaknuta prisutnost zvučnih zapisa. Karakteristike mehanizma zaključivanja kod prilagodbe i kriteriji prilagodbe posebno će se analizirati budući da su to karakteristike od posebnog značaja za inteligentne i prilagodljive hipermedijske sustave e-učenja.

Tradicionalni hipermedijski sustavi e-učenja omogućavaju studentu da njihovim korištenjem sami biraju svoj put učenja. Korištenje takvih sustava za

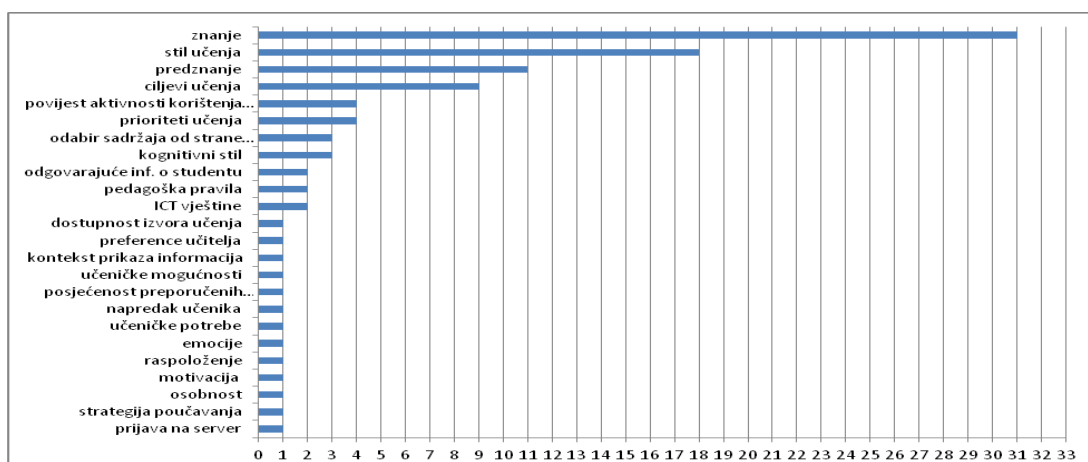
posljedicu ima mogućnost preskakanja usvajanja pojedinih dijelova sadržaja učenja ili učenje pogrešnim redoslijedom što se ne događa kod inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja.

A. Mehanizam zaključivanja kod prilagodbe

Karakteristika mehanizam zaključivanja kod prilagodbe sustava analizirana je na način da su izdvojeni mehanizmi koji se pojavljuju u pojedinim sustavima te je izračunata njihova pojavnost u uzorku (N=55) što je vidljivo u grafikonu 4.



Grafikon 4. Mehanizmi zaključivanja kod prilagodbe



Grafikon 5. Pojavni oblici kriterija prilagodbe

Najzastupljeniji mehanizam zaključivanja su pravila prilagodbe koja se javljaju u 21 sustavu, dok je ekspertni sustav definiran u 9 sustava, sustav agenata, if then pravila, genetski algoritmi i pedagoška pravila definirani su svaki u po 3 sustava. Mehanizam cluster analize, funkcije *fuzzy* logike, Bayesova mreža i personalizirane putanje učenja koriste se svaki u dva sustava, dok se samo u po jednom sustavu pojavljuju ostali mehanizmi. Kod ostalih pojavnih oblika u opisu arhitekture sustava mehanizmi zaključivanja nisu detaljno objašnjeni već su samo naznačeni koji su. Iz tog razloga je potrebna njihova detaljnija analiza budući da su mogući slučajevi da se radi o istom mehanizmu, ali različitoga naziva, ili pak da se radi o potpuno različitim mehanizmima. Primjera radi, mehanizmi *personalizirana putanja učenja* i *unaprijed definirani put prema kriterijima prilagodbe* mogu biti različiti mehanizmi, a može se raditi i o potpuno istom mehanizmu.

B. Kriterij prilagodbe

Kriterij prilagodbe, karakteristika je od posebnog značaja u analizi ovih sustava. Ova je karakteristika detaljno analizirana na način da su izdvojeni svi pojavni oblici (N=24). Iz grafikona 5 može se uočiti da je najzastupljeniji kriterij prilagodbe znanje (31) što je obzirom na svrhu uporabe sustava za učenje i očekivano.

Stil učenja pojavljuje se kao kriterij prilagodbe u 18 sustava. Stilovi učenja zastupljeni su na sljedeći način: F-S stil javlja se u 10 sustava, u 5 analiziranih sustava nije eksplicitno rečeno o kojem se stilu radi, Kolbov³ stil se javlja u jednom sustavu kao i VAK i VARK stil. Kriterij predznanja javlja se u 10 sustava, no iznenađujuće malo su zastupljeni ciljevi učenja samo u 9 sustava. U 4 sustava je kriterij prilagodbe povijest aktivnosti korištenja sustava od strane korisnika i prioriteti učenja. Kriterij odabira sadržaja od strane studenata i kognitivni stil javljaju se svaki u 3 sustava, dok se posjećenost preporučenim web adresama, napredak studenata i njihove ICT vještine pojavljuju svaki u 2 sustava. Svaki od ostalih 13 pojavnih oblika se mogu naći u jednom sustavu.

³ Kolbov stil učenja podrazumijeva podjelu na aktiviste, mislioce, teoretičare i pragmatičare.

IV. ZAKLJUČAK I SMJERNICE ZA BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Ovim istraživanjem nastojalo se dati što bolji uvid u karakteristike koje opisuju inteligentne i prilagodljive hipermedijske sustave e-učenja u proteklih 20-tak godina. Analizom 55 sustava izdvojena je 21 karakteristika i to: stil učenja, kognitivni stil, mehanizam zaključivanja kod prilagodbe, granulacija sadržaja učenja, navike studenta tijekom korištenja sustava, ciljevi učenja, model studenta, pedagoški model, model područnog znanja, praćenje studentske aktivnosti, provjera znanja, provjera predznanja, eksperimentalno isproban, oblik prezentiranog sadržaja, kriteriji prilagodbe, standardizacija, model sučelja sustava, model učitelja, model opisa, komunikacijski model i interaktivni alati. Veći broj sustava, njih 47 opisano je sa 7 do 11 karakteristika, a samo 4 sustava je opisano s 12 karakteristika. To naravno ne znači da broj karakteristika nekog sustava nije i veći, već da podaci o tome u izdvojenim člancima nisu bili dostupni. Daljnjim istraživanjem trebalo bi ispitati povećava li broj karakteristika i samu učinkovitost sustava u prijenosu znanja.

Karakteristika granulacija sadržaja u 40% sustava nije jasno definirana što govori da toj karakteristici nije posvećena dovoljna pozornost iako u 25,4% sustava je sadržaj granularan do oblika pojma. Karakteristika oblik prezentiranog sadržaja govori o glavnom mediju koji je nositelj sadržaja učenja, koji je u analiziranim sustavima najčešće u obliku teksta i statične grafike, a najmanje je prezentiran kao multimedijски sadržaj. Razlog je vjerojatno u složenosti izrade iako je učinkovitost usvojenosti znanja korištenjem multimedijских nastavnih materijala uglavnom bolja nego ako je nositelj sadržaja samo tekst. Daljnja istraživanja trebalo bi usmjeriti na ispitivanje povezanosti granulacije sadržaja s oblikom prezentacije i usvojenosti znanja kako bi se ispitala opravdanost ulaganja u složeniju prezentaciju sadržaja.

Od ostalih karakteristika koje su vezane uz značajke studenta, a nisu dovoljno zastupljene u opisima sustava je kognitivni stil. Ovu karakteristiku svakako valja uključiti

u buduće sustave jer će se time osigurati bolja razina individualne personalizacije sustava.

Karakteristika stil učenja je zastupljena u mnogim sustavima i to najviše prema F-S podjeli dok je prema VAK (VARK) najmanje zastupljena. Vjerojatni razlog toga je složenost oblikovanja sadržaja za potrebe ovog stila učenja. Međutim ovaj stil učenja među nastavnicima je u čestoj uporabi [44] pa bi o tome trebalo voditi računa kod budućih istraživanja.

Posljednjih godina više no inače naglasak je na definiranju ishoda učenja u formalnom obrazovanju, a koji predstavljaju realizirane ciljeve učenja. Karakteristika ciljevi učenja javlja se u 31 sustavu, ali u samo 2 sustava su ciljevi raščlanjeni prema Bloomovoj taksonomiji. Ukoliko bi ciljevi učenja bili definirani prema Bloomovoj taksonomiji pridonijeli bi boljoj personalizaciji sustava.

Karakteristike mehanizam zaključivanja kod prilagodbe i kriteriji prilagodbe posebno su analizirani na način da su utvrđeni njihovi pojavnici oblici i učestalost javljanja. Karakteristika mehanizam zaključivanja kod prilagodbe ima 21 pojavni oblik, a kriteriji prilagodbe 24. Najčešći mehanizmi zaključivanja kod prilagodbe su pravila prilagodbe, zatim ekspertni sustavi i if then pravila. Međutim mehanizam zaključivanja koji koriste metodu neuronskih mreža (Kohenovu neuronsku mrežu) se javljaju u samo jednom sustavu, a upravo ova metoda posljednjih godina se sve više koristi za potrebe obrazovanja.

Kod kriterija prilagodbe najčešći je kriterij znanje (31) što je i očekivano obzirom na namjenu sustava. Među najmanje zastupljenim kriterijima prilagodbe nalaze se: studentske potrebe, emocije, motivacija, raspoloženje i osobnost. Dakle, značajke studenta čijim uključenjem u sustav bi se svakako podigla razina individualne dimenzije personalizacije sustava.

Primjena inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja obzirom na raširenost i dostupnost informacijsko-komunikacijske tehnologije moguća je u svim oblicima obrazovanja - formalnog, neformalnog i informalnog. Najave ulaganja vodećih gospodarstvenika svijeta u personalizirano učenje daje dodatnu motivaciju i opravdanost daljnjih istraživanja inteligentnih i prilagodljivih hipermedijskih sustava e-učenja.

LITERATURA

- [1] S. Stankov, A. Grubišić, and B. Žitko, (2004) „E-learning paradigm&Intelligent tutoring systems“, Annual 2004 of the Croatian Academy of Engineering, pp 21-31.
- [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] Y. Akbulut, C. S. Cardak, „Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011“, Computers&Education 58 (2012) 835-842
- [4] H. Steichen, H. Ashman, and V. Wade, „A comparative survey of personalised informaton retrieval and adaptive hypermedia techniques“, Information processing and Management 48 (2012) 698-724
- [5] Ö. Özyurt, H. Özyurt, A. Baki, B. Güven, and H. Karal, „Evaluation of an adaptive and intelligent educational hypermedia for enhanced individual learning of mathematics: A qualitative study“, Expert Systems with Applications 39(2012) 12092-12104
- [6] Ö. Özyurt, H. Özyurt, and A. Baki, „Design and development of an innovative individualized adaptive and intelligent e-learning system for teaching-learning of probability unit: Details of UZWEBMAT“, Expert Systems with Applications 40 (2013) 2914-2940
- [7] Ö. Özyurt, H. Özyurt, A. Baki, and B. Güven, „Integration into mathematics classrooms of an adaptive and intelligent individualized e-learning enviroment: Implementation and evaluation of UZWEBMAT“, Computers in Human Behavior 29(2013) 726-738
- [8] A. Grubišić, Model prilagodljivog stjecanja znanja učenika u sustavima e-učenja, doktorski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2012.
- [9] P. Brusilovsky, „Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia“, Journal of user modeling and user Adapted interaction 6(2-3), 1996, pp 87-129.
- [10] E. Triantafillou, E. Georgiadou, and A.A. Economides, „Adaptive Hypermedia Systems: A review of adaptivity variables“, 5^o Πανελλήνιο Συνέδριο Ε.Τ.Π.Ε.- Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, 2006
- [11] M.Vandewaetere, P. Desmet, and G. Clarebout, „The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning enviroments“, Computers in Human Behavior 27(2011) 118-130
- [12] V.M.Garcia-Barrios, F.Mödrtscher, and C. Gütl, Personalisation versus Adaptation? A User-centred Model Approach and its Application. Proceedings of the International Conference on Knowledge Management (I-KNOW), pp.120-127. Citeseer,2005.
- [13] R. Flores, F. Ari, F. A. Inan, and I. Arslan-Ari, (2012), „The Impact of Adating Content for Students with Individual Differences“, Educational Technology & Society, 15(3), 251-261
- [14] S.L. Huang, J.H. Shiu, (2012), „A User-Centric Adaptive Learning System for E-Learning 2.0“, Educational Technology & Society, 15(3), 214-225
- [15] D. Vassileva, Adaptive e-learning content design and delivery based on learning styles and knowledge level, Serdica Journal of Computing 6(2012), 207-252
- [16] C. Limongelli, F. Sciarone, M. Temperini, and G. Vaste, „The Lecomps5 framework for personalized web-based learning: A teacher's satisfaction perspective“, Comuters in Human Behavior 27(2011) 1310-1320
- [17] R. Peredo, A. Canales, A. Menchaca, and I.Peredo, „Intelligent Web-based education system for adaptive learning“, Expert Systems with Applications 38(2011) 14690-14702
- [18] P. Karampipers, D. Sampson (2005), „Adaptive Learning resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems“, Educational Technology & Society, 8(4), 128-147.
- [19] M.A. Hogo, „Evaluation of e-learning systems based on fuzzy clustering models and statistical tools“, Expert system with Applications 37(2010) 6891-6903
- [20] C. Ullrich, E. Melis, „Pedagogically founded courseware generation based on HTN-planning“, Expert Systems with Applications 36(2009) 9319-9332
- [21] C. Mulwa, S. Lawless, M. Sharp, I. Arnedillo-Sanchez, and V. Wade, „Adaptive Educational Hypermedia Systems in Technology Enhanced learning: A Literature Review“, ACM Special Interest Group for Information Technology Education Conference (SIGITE), 2010.
- [22] I.B., „Personalizirana nastava i online studiranje uskoro stupaju na scenu“, <http://srednja.hr/Zbornica/Nastava/Personalizirana-nastava-i-online-studiranje-uskoro-stupaju-na-scenu> (11.3.2013.)
- [23] S.Graf, T. C. Liu, Kinshuk, N. S. Chen, and S. J. H. Yang, „Learning styles and cognitive traits – Their relationship and its benefits in web-based educational systems“, Computers in Human Behavior 25(2009) 1280-1289
- [24] A.Klašnja-Miličević, B. Vesin, M. Ivanović, and Z. Budimac, “E-learning personalization based on hybrid recommendation strategy

- and learning style identification", *Computers&Education* 56(2011) 885-899
- [25] E. Popescu, „Adapttion provisioning with respect to learning styles in a Web-based educational system:an experiential study“, *Journal of Computer Assisted Learning* (2010), 26, 243-257
- [26] K. A. Papanikolaou, A. Mabbott, S. Bull, and M. Grigoriadou, „Designing learner-controlled educational interactions based on learning/cognitive style and learner behavior“, *Interacting with Computers* 18(2006) 356-384
- [27] J. J. Lo, Y. C. Chan, and S. W. Yeh, „Designing an adaptive web-based learning system based on studnets' cognitive styles identified online“, *Computers&Education* 58(2012) 209-222
- [28] R. Z. Cabada, M. L. Barron Estrada, and C. A. Reyes Garcia, „EDUCA: A web 2.0 authoring tool for developing adaptive and intelligent tutoring systems using a Kohonen network“, *Expert Systems with Applications* 38(2011) 9522-9529
- [29] S. A. Gamalel-Din, „Smart e-Learning:A greater perspective; from the fourth to the fifth generation e-learning“, *Egyptian Informatics Journal* (2010) 11, 39-48
- [30] C. Wang, D. Z. Wang, and J. L. Lin, „ADAM: An adaptive multimedia content description mechanism and its application in web-based learning“, *Expert Systems with Applications* 37(2010) 8639-8649
- [31] M. Specht, R. Oppermann (1998), „ACE-adaptive courseware environment“, *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, 4(1), pp. 141-161.
- [32] J. W. Li, Y. C. Chang, C. P. Chu, and C. C. Tsai, „A self-adjusting e-course generation process for personaized learning“, *Expert Systems with Applications* 39(2012) 3223-3232
- [33] R. A. Sottilare, M. Proctor, (2012), „Passively Classifying Student Mood and Performace within Intelligent Tutors“, *Educational Technology&Society*, 15(2), 101-114.
- [34] A. Keleş, R. Ocak, A. Keleş, and A. Gülcü, „ZOSMAT:web-based intelligent tutoring system for teaching-learning process“, *Expert Systems with Applications* 36(2009) 1229-1239
- [35] N. Hoić-Božić, V. Mornar, „AHyCo: a Web-Based Adaptive Hypermedia Courseware System“, *Journal of Computing and Information Technology – CIT* 13, 2005, 3, 165-176
- [36] B. Kovacic, I. Jugo „Applying a Distance Learning System Based on Dialogue in e-commerce“, *Proceedings of the International Convention MIPRO 2009*, section DE, pp. 29-32, Rijeka, Croatia, 2009
- [37] E. Gaudioso, M. Montero, and F.H. del Olmo, „Supporting teachers in adaptive educational systems through predictive models:A proof of concept“, *Expert Systems with Applications* 39 (2012) 621–625
- [38] J. R. van Seters, M. A. Ossevoort, J. Tramper, and M. J. Goedhart, „The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material“, *Computers&Education* 58(2012) 942-952
- [39] F. Mampadi, S. Y. Chen, G. Ghinea, and M. P. Chen, „Design of adaptive hypermedia learning systems:A cognitive style approach“, *Computers & Education* 56(2011) 1003-1011
- [40] P. Davies, D. Newell, N. Rowe, and S. Atfield-Cutts, „An Adaptive Multimedia Presentation System“, *International Journal on Advances in Software*, vol 4 no 1&2, 2011
- [41] C. Romero, S. Ventura, A. Zafra, and P.de Bra, „Applying Web usage mining for personalizing hyperlinks in Web-based adaptive educational systems“, *Computers&Education* 53 (2009) 828-840
- [42] C. M. Chen, „Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance“, *Computers&Education* 51(2008) 787-814
- [43] I. O Keeffe, A. Brady, O. Conlan, and V. Wade (2006), „Just-in-time generation of pedagogically sound, context sensitive personalized learning experience“, *International Journal on e-Learning*, 5(1), 113-127.
- [44] M. Gligora Marković, Utjecaj kvalitete multimedijskog nastavnog materijala na usvojenost znaja, magistarski znanstveni rad, Fakultet organizacije i informatike, 2011.

Prilog A

	Ime sustava/ prezime autora članka	Stil učenja	Kognitivni stil	Mehanizam zaključivanja kod prilagodbe	Ciljevi učenja	Studentske navike tijekom korištenja sustava	Model studenta	Pedagoški model	Model područnog znanja	Praćenje studentske aktivnosti	Provjera znanja	Eksperimentalno isproban	Kriteriji prilagodbe	Predznanje	Standardizacija	Komunikacijski model	Model sučelja	Model učitelja	Model opisa	Interaktivni alati	Granulacija sadržaja	Oblik prezentiranog sadržaja	Zemlja porijekla	Godina izdanja članka
1	ACE			✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	Njemačka	1998
2	Active Math			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓	✓	Njemačka	2001
3	AC-ware tutor			✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	Hrvatska	2012
4	ADAM			✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	Tajvan	2010
5	Adaptive Multimedia Presentation System			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓				✓	✓	Velika Britanija	2011
6	ADOPTA	✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	Bugarska	2009-2012
7	Aguilar et al.	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	Španjolska	2011
8	AHyCo			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓	Hrvatska	2005
9	Anh et al.			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓	✓	Vijetnam	2009
10	APeLS	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓					✓		✓	✓	Irska	2006
11	ASM	✓		✓			✓		✓				✓	✓							✓	✓	Grčka	2005
12	AST	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓							✓	✓	Njemačka	1997
13	Bachari et al.		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓								✓	✓	Maroko	2011
14	Beldagli & Adiguzel			✓			✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓					✓	Turska	2010
15	Bittencourt et al.			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	Brazil	2009
16	Chen			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	Tajvan	2008
17	Conlan et al.	✓		✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓				✓	✓	Irska	2002
18	DEPTHS	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓				✓	✓	Srbija	2009
19	ECSAI			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓							✓	✓	Francuska	1991
20	EDUCA	✓		✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	Meksiko	2011
21	ELM-ART			✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓								✓	✓	Njemačka	1996
22	Esichaikul et al.			✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓							✓	✓	Tajland	2011
23	FLEXI-OLM	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓				✓	✓	Velika Britanija	2004
24	Flores et al.			✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓				✓	✓	SAD	2012
25	Gamalel-Din	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓	Egipat	2010
26	Giugni et al.			✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓					✓				✓	Španjolska	2010
27	GTE	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓							✓	✓	Belgija	1990- 1998
28	Huang			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓				✓	✓	Tajvan	2007
29	Huang & Shiu			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓		✓	Tajvan	2012

	Ime sustava/ prezime autora članka	Stil učenja	Kognitivni stil	Mehanizam zaključivanja kod prilagodbe	Ciljevi učenja	Studentske navike tijekom korištenja sustava	Model studenta	Pedagoški model	Model područnog znanja	Praćenje studentske aktivnosti	Provjera znanja	Eksperimentalno isproban	Kriteriji prilagodbe	Predznanje	Standardizacija	Komunikacijski model	Model sučelja	Model učitelja	Model opisa	Interaktivni alati	Granulacija sadržaja	Oblik prezentiranog sadržaja	Zemlja porijekla	Godina izdanja članka
30	iClass		✓	✓	✓		✓	✓	✓				✓					✓			✓	✓	Irska	2006
31	INSPIRE	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓				✓	✓	Grčka	2006
32	Karampipers et al.	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓			✓	✓	Grčka	2005
33	Kovačić			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓					✓	✓	Hrvatska	2009
34	LeActiveMath			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	Njemačka	2008
35	Lecomps5	✓		✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	Italija	2011
36	Li et al.			✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓							✓	✓	✓	Tajvan	2012
37	Lo et al.		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓					✓	Tajvan	2012
38	Mohamed et al.			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓	Alžir	2012
39	NetCoach			✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓			✓	✓			✓	✓	Njemačka	2002
40	Pdinamet	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓				✓				✓	Španjolska	2005-2012
41	Peredo et al.		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	Meksiko	2011
42	Phobun, Vicheanpanya	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓				✓	✓	Tajland	2010
43	PROTEUS			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓								✓	✓	Nizozemska	2007
44	PROTUS	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								✓	✓	Srbija	2011
45	Romero et al.			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓	✓	Nizozemska	2009
46	Sangineto et al.	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	✓	Italija	2008
47	Sottolare & Proctor			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓				✓		✓	SAD	2012
48	SPERO			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	Grčka	2008
49	Triantafillou et al.	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓				✓	✓	Grčka	2004
50	Tseng et al.	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								✓	✓	Tajvan	2008
51	UZWEBMAT	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	Turska	2013
52	WELSA	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	Rumunjska	2010
53	WINDS	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓				✓	✓	Njemačka	2001
54	Yaghmaie et al.	✓		✓		✓	✓	✓	✓				✓		✓			✓			✓	✓	Iran	2011
55	ZOSMAT			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓					✓	Turska	2009