

UPRAVLJANJE NASTAVNIM OBJEKTIMA ZASNOVANO NA ONTOLOGIJI ZA OPIS DOKUMENATA LEARNING OBJECTS MANAGEMENT BASED ON A DOCUMENT ONTOLOGY

Goran Savić*, Milan Segedinac*, Goran Sladić*, Stevan Gostojić*, Zora Konjović*
{savicg, milansegedinac, sladicg, gostojic, ftn_zora}@uns.ac.rs

*Katedra za informatiku, Departman za računarstvo i automatiku, Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Republika Srbija

REZIME: U radu je prikazan model za opis nastavnih objekata zasnovan na generičkoj ontologiji za opis dokumenata. Nastavni objekti se ovde posmatraju kao dokumenti kako bi se za upravljanje nastavnim materijalima iskoristili koncepti i servisi razvijeni za sisteme za upravljanje dokumentima. Nastavni objekti su opisani ontologijom. Ontologija je nastala proširenjem generičke ontologije za opis dokumenata zasnovane na ISO 82045 familiji standarda. Generička ontologija klasifikuje dokumente po tipu, definiše veze između dokumenata, opisuje identifikator i metapodatke dokumenta, i prati životni ciklus dokumenata. Za svaki konkretan domen predviđa se razvoj posebnog sloja u ontologiji koji treba da opiše specifičnosti dokumenta u tom domenu i da omogući razvoj domenski specifičnih servisa za upravljanje dokumentima. Proširenjem generičke ontologije za domen reprezentacije nastavnih materijala, nastavni objekti su predstavljani kroz model koji opisuje njihov sadržaj, značenje i organizaciju. Ovim je omogućeno uspostavljanje specijalizovanih servisa za naprednu pretragu i programsko procesiranje materijala, što sistemi za elektronsku nastavu standardno ne omogućuju. Kao verifikacija predloženog modela, predloženom ontologijom su opisani nastavni materijali sa kursa Veb programiranja.

KLJUČNE REČI: model dokumenata, ontologija dokumenata, ISO 82045, elektronska nastava, nastavni objekti

ABSTRACT: The paper presents a model for describing learning objects based on a generic document ontology. Treating learning objects as documents enables using document management concepts and services for managing learning objects. Learning objects are described using ontology. This ontology is developed as an extension to a more generic document management ontology which is based on the ISO 82045 family of standards. The generic ontology classifies documents according to their type, defines relations between documents, describes document identifier and metadata, and records document life-cycle. Every application domain requires a new layer in the ontology, which should describe domain-specific document features and enable development of domain-specific services for document management. Extending the generic ontology for the learning objects domain has allowed a formal description of the content, semantic and organization of learning objects. Such an approach facilitates establishment of specialized services for advanced search and machine-processing of learning material, which is a feature that learning management systems commonly lack. As a verification of our model, we described learning material from the Web programming course using the proposed ontology.

KEY WORDS: document model, document ontology, ISO 82045, e-learning, learning objects

UVOD

Jedna od glavnih funkcionalnosti pri organizaciji i izvođenju nastavnog procesa je svakako upravljanje nastavnim materijalima. Svi šire zastupljeni sistemi za elektronsku nastavu podržavaju ovu funkcionalnost. Upravljanje nastavnim materijalima se u sistemima ovog tipa standardno sprovodi kroz repozitorijum nastavnih materijala, najčešće hijerarhijski organizovan po uzoru na fajl sistem. Nastavni materijali su predstavljeni kao fajlovi u različitim formatima (*Office* i PDF dokumenti, video sadržaji, itd.) ili u formi internet stranica (obzirom da su svi savremeni sistemi za elektronsku nastavu *online* aplikacije kojima se pristupa kroz internet *browser*).

Obzirom da im to nije osnovna namena, sistemi za elektronsku nastavu osim skladištenja i pristupa nastavnim materijalima standardno ne podržavaju naprednije oblike predstavljanja i upravljanja materijalima. Za napredno upravljanje digitalizovanim sadržajima postoje specijalizovane aplikacije pod zajedničkim nazivom sistemi za upravljanje dokumentima [1, 2]. Ovaj tip aplikacija omogućuje skladištenje, korišćenje, pronalaženje i preuzimanje dokumenata. Takođe, uobičajeno je podržano i upravljanje životnim ciklusom dokumenta i verzioniranje.

Da bi obezbedili upravljanje dokumentima, ovi sistemi moraju da reprezentuju dokumente i njihovu organizaciju. Većina

sistema ne sadrži formalan model dokumenata, već sudokumenti predstavljeni fajlovima koje sistem skladišti i hijerarhijom foldera u koje su fajlovi organizovani. Određen broj sistema sadrži formalan model koji reprezentuje dokumente, njihovu strukturu i međusobne odnose. Ovakav pristup omogućuje postojanje kompleksnijih servisa koji „razumeju“ prirodu dokumenata i obezbeđuju naprednu pretragu i automatizaciju standardnih scenarija u radu sa dokumentima [3, 4, 5, 6, 7].

Ovaj rad predlaže nov način upravljanja nastavnim materijalima koji se oslanja na sistem za upravljanje dokumentima sa formalno predstavljenim modelom dokumenata. Predloženo rešenje treba da obezbedi kompleksno upravljanje nastavnim materijalima kakvo standardno omogućuju sistemi za upravljanje dokumentima. Istovremeno, nastavni materijali su predstavljeni kroz model koji opisuje njihov sadržaj, značenje i organizaciju, čime je omogućeno uspostavljanje specijalizovanih servisa za pretragu i programsko procesiranje materijala, što sistemi za elektronsku nastavu standardno ne omogućuju.

Kao sistem za upravljanje dokumentima koji treba da obezbedi upravljanje nastavnim materijalima izabran je sistem predstavljen u [8]. Sistem predviđa formalnu reprezentaciju značenja dokumenata zasnovanu na tehnikama semantičkog vebsa [9]. Rad prikazuje kako se ovi generalni mehanizmi za semantički-bazirano upravljanje dokumentima mogu iskoristiti

za upravljanje nastavnim materijalima u IKT podržanom obrazovanju. Kao primer, razvijena je ontologija koja reprezentuje nastavne materijale iz kursa Veb programiranje koji se izvodi na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Ova ontologija treba da posluži kao osnov za implementaciju servisa za upravljanje nastavnim materijalima u kursu korišćenjem pomenutog sistema za upravljanje dokumentima.

Rad je organizovan na sledeći način. Naredno poglavlje prikazuje srodna istraživanja. Treće poglavlje donosi opis generičke ontologije za reprezentaciju dokumenata. Nakon toga, prikazana je primena ove ontologije za predstavljanje nastavnog materijala iz kursa Veb programiranje. Poslednje poglavlje daje rezime rada i navodi planove za dalji razvoj ovog istraživanja.

SRODNA ISTRAŽIVANJA

Tema ovog poglavlja su načini predstavljanja dokumenata predloženi od strane različitih autora i institucija koji su se bavili ovim problemom. Pre toga, potrebno je reći šta se u ovom radu smatra pod pojmom dokumenta. Iako postoje različite definicije, pri čemu nijedna nije opšteprihvaćena [10, 11], u ovom radu ćemo pojam dokument koristiti u vrlo generalnom smislu, onako kako je definisan u [12]. Po ovoj definiciji, dokument je „predstava određenog skupa informacija koja može da sadrži različite tipove informacija, postoji na različitim mestima u okviru mreže, čije informacije zavise od drugih dokumenata, menja se u toku korišćenja, i ima složenu strukturu“.

Kada je reč o predstavljanju dokumenata, u [13] su navedeni ključni koncepti koje savremeni modeli dokumenata moraju da podrže. Tu se navodi da je neophodno predstaviti sadržaj, strukturu i prezentaciju dokumenta. Sadržaj se odnosi na podatke koji su u dokumentu zapisani i koji može da se sastoji od više komponenti. Struktura predstavlja organizaciju i međusobne veze komponenti koje čine sadržaj. Konačno, prezentacija dokumenta se odnosi na to kako dokument izgleda, tj. u kojoj formi su podaci predstavljeni. Kada je reč o strukturi dokumenta, važno je razlikovati njegovu logičku od fizičke strukture. Semantička veza između komponenti koje čine sadržaj predstavlja logičku strukturu dokumenta. Kako su komponente povezane i predstavljene pri samoj prezentaciji predstavlja fizičku strukturu. Često u dokumentu nisu eksplicitno, formalno niti odvojenopredstavljene logička i fizička struktura, već su kombinovane u jedan entitet u kojem ne mogu biti odvojeno procesirane [14]. Ovakav tip dokumenata nazivamo nestrukturirani dokumenti. Za razliku od njih, kod strukturiranih dokumenata moguće je eksplicitno referencirati logičke elemente.

Pomenuti koncepti koji se tiču problema predstavljanja dokumenata formalno su definisani u okviru ISO 82045 [15] familije standarda, koji su danas prihvaćeni u većini zemalja. Standardi se bave tipovima dokumenata, vezama između dokumenata, verzioniranjem, životnim ciklusom i metapodacima dokumenata. Obzirom da je reprezentacija nastavnih materijala prikazana u ovom radu oslonjena na koncepte dokumenata kako ih definišu pomenuti ISO standardi, u nastavku ćemo navesti neke od ključnih definicija iz ovih standarda. ISO definiše dokument kao „ograničenu i strukturiranu količinu informacija kojom može biti upravljano i može biti razmenjivana kao jedi-

nica od strane sistema i korisnika“. Predviđa se da dokument može da sadrži više delova. Takođe, više odvojenih i nezavisno identifikovanih dokumenata koji su logički povezani mogu biti spojeni u jedan dokument koji se naziva agregirani dokument. Ako se dokument sastoji od više fajlova, koji sami po sebi nisu u sistemu identifikovani kao jedinice kojima je moguće upravljati, onda se takav dokument naziva spojeni dokument. Kolekcija dokumenata koja nema svoj sadržaj, već samo okuplja dokumente, prema ISO 82045 familiji standarda naziva se skup dokumenata. Standardi predviđaju i evidenciju životnog ciklusa dokumenta, koji definišu kao „period od ideje o kreiranju dokumenta do uništavanja dokumenta“. U toku životnog ciklusa dokument prolazi kroz različite faze, koje su identifikovane pod nazivima: inicijalizacija, priprema, uspostavljanje, korišćenje, revizioniranje, povlačenje i brisanje. U fazi inicijalizacije, dokument se identifikuje i klasifikuje u skladu sa nekom šemom klasifikacije. Sadržaj dokumenta se kreira u fazi pripreme. Zatim dolazi faza uspostavljanja u kojoj dokument prolazi kroz verifikaciju, nakon čega se postavlja dostupnim za upotrebu. Time otpočinje faza u kojoj se dokument aktivno koristi. U fazi revizije, sadržaj dokumenta se menja, pri čemu se ponovo prolazi kroz faze pripreme, uspostavljanja i korišćenja izmenjenog dokumenta. Kada nema više potrebe za korišćenjem dokumenta, dokument se povlači iz sistema, što najčešće podrazumeva arhiviranje dokumenta. Konačno, zavisno od tipa dokumenta i pravila sistema, arhivirani dokumenti se nakon određenog vremena potpuno uklanjaju, što predstavlja poslednju fazu u životnom ciklusu dokumenta. ISO 82045 familija standarda predviđa i vođenje evidencije o verzijama dokumenta. Nova verzija se stvara pri izmeni dokumenta. Pri tome, moguće je izmeniti sadržaj dokumenta (što uvek predstavlja stvaranje nove verzije dokumenta) i prezentaciju dokumenta, što ne mora nužno da bude evidentirano kao nova verzija dokumenta. Takođe, standardi predviđaju mogućnost postojanja samo jedne aktivne verzije dokumenta u jednom trenutku (sekvencijalno verzioniranje) ili istovremeno postojanje više različitih aktivnih verzija (paralelno verzioniranje).

Pomenuti ISO standardi su iskorišćeni za definisanje formalnog modela dokumenata predstavljenog u [16]. Za definisanje modela korišćena je ontologija u OWL DL jeziku. Obzirom da je u našem istraživanju iskorišćena kao osnov za formalno predstavljanje nastavnog materijala iz kursa Veb programiranje, ova ontologija će biti detaljno prikazana u narednom poglavlju.

Pomenuta ontologija je deo sistema za upravljanje dokumentima nazvanog 4Branes [8]. Sistemi za upravljanje dokumentima su najčešće implementirani tako da podrže generalne zahteve za rad sa dokumentima nezavisno od konkretnog domena na koji se sadržaj dokumenata odnosi. Ovakav sveobuhvatan pristup omogućuje primenu sistema u različitim oblastima i institucijama. Sa druge strane, zbog nepostojanja modela dokumenata specifičnog za određenu oblast, sistem nije prilagođen strukturi dokumenata u toj oblasti, zbog čega ne može da sadrži namenske servise kroz koje bi bili realizovani standardni scenariji u radu sa dokumentima u toj oblasti. 4Branes sistem putem pomenute ontologije predviđa semantički sloj za opis dokumenata kroz koji će sistem moći da „razume“ značenje i strukturu dokumenata. Ovo će omogućiti razvoj domen-specifičnih servisapi upravljajući dokumentima.

Kada je reč o nastavnim materijalima, u ovom radu se kao nastavni materijal smatra svaki papirni ili digitalni resurs koji se može koristiti kao podrška u nastavi [17]. Ovo uključuje kako materijal koji se koristi za učenje gradiva, tako i testove koji se koriste za evaluaciju učenikovog postignuća. Današnja tendencija u oblasti računarski podržane nastave je da se koriste takozvani nastavni objekti, odnosno mali i postojani nastavni resursi pogodni za višestruko korišćenje [18]. Prema [19], nastavni objekti treba da budu razmenjivi, digitalni, modularni, interoperabilni i jednostavni za pronalaženje.

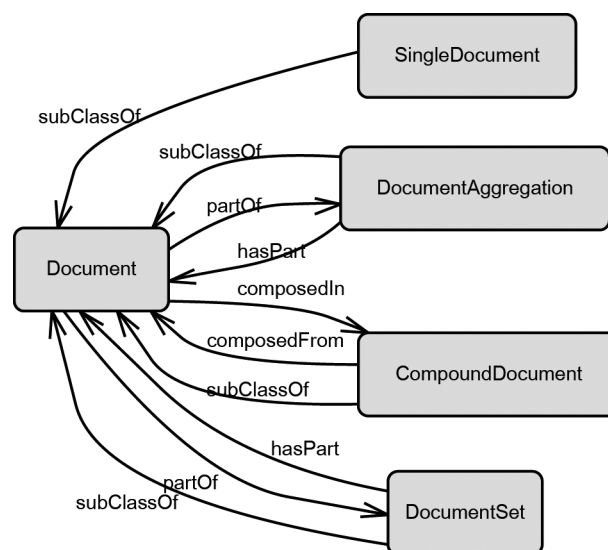
Najpopularnija specifikacija za formalno predstavljanje nastavnih materijala i njihove organizacije je IMS Content Packaging (IMS CP) specifikacija [20]. Takođe, SCORM specifikacija [21] kao globalno prihvaćeni standard za formalan opis nastavnih kurseva se oslanja na IMS CP specifikaciju u pogledu reprezentacije nastavnog materijala u kursu. Prema IMS CP specifikaciji, nastavni materijal se distribuira u formi IMS CP paketa. Sadržaj paketa opisan je fajlom u XML formatu, koji se naziva manifest fajl. Unutar manifest fajla moguće je definisati više organizacija resursa. Elementi *organization* definišu organizacije resursa, pri čemu je uvek jedna organizacija glavna. Organizacija sadrži hijerarhiju *item* elemenata, pri čemu *item* elementi na najnižem nivou hijerarhije referenciraju nastavne resurse (predstavljene elementima *resource*). Elementi *resource* definišu nastavne resurse. Resurs je predstavljen kolekcijom fajlova iz IMS CP paketa. Svaki fajl u resursu se navodi u odgovarajućem elementu *file* u okviru elementa *resource*. Resurs je moguće dovesti u vezu sa drugim resursima elementom *dependency*. Svaki od pomenutih entiteta može imati povezane metapodatke koji opisuju njegovo značenje. Najzastupljenija specifikacija za opis nastavnih resursa metapodacima je IEEE LOM [22]. Osnovni cilj ove specifikacije je da definiše minimalan skup atributa potreban za kompletan opis, pretragu i korišćenje nastavnih objekata. Specifikacija sadrži 76 elemenata podeljenih u 9 kategorija. Kategorija *general* grupiše one osobine nastavnog objekta koje opisuju objekat u celini. Kategorija *lifeCycle* definiše osobine povezane za životnim ciklusom objekta, njegovom istorijom i trenutnim stanjem. Ovde se nalaze i svi oni podaci koji na neki način utiču na životni ciklus nastavnog objekta. Element *meta-Metadata* opisuje same metapodatke, a ne objekat na koji se oni odnose. Kategorija *technical* se odnosi na podatke koji opisuju tehničke aspekte objekta (npr. format, veličina, trajanje). Obrazovne i pedagoške karakteristike su objedinjene u kategoriju *educational*, a prava na intelektualnu svojinu i uslovi korišćenja se nalaze u kategoriji *rights*. Opis objekta je nezavisan od njegovog odnosa sa drugim sadržajima. Ove relacije se definišu posebnim elementom *relation*. Kategorija *comments* predstavlja skup komentara o korišćenju konkretnog objekta. Kategorija *classification* omogućuje da se objekat klasifikuje u odnosu na neki sistem klasifikacije.

OPŠTI MODEL DOKUMENATA

Kao što je pomenuto u prethodnom poglavlju, model nastavnih materijala se oslanja na generalni model dokumenata predstavljen u [16]. Model je formalno predstavljen ontologijom čije su ključne klase i svojstva opisane u ovom poglavlju.

Ontologija je javno dostupna na adresi <http://informatika.ftn.uns.ac.rs/content/elearning-document-ontology>.

Generički dokument je predstavljen klasom *Document*. Konkretni tipovi dokumenata, kakve ISO 82045 predviđa, predstavljeni su klasama naslednicama klase *Document*. Dokument i njegove specijalizacije su predstavljene na slici 1.



Slika 1. Dokument i podtipovi dokumenta u ontologiji

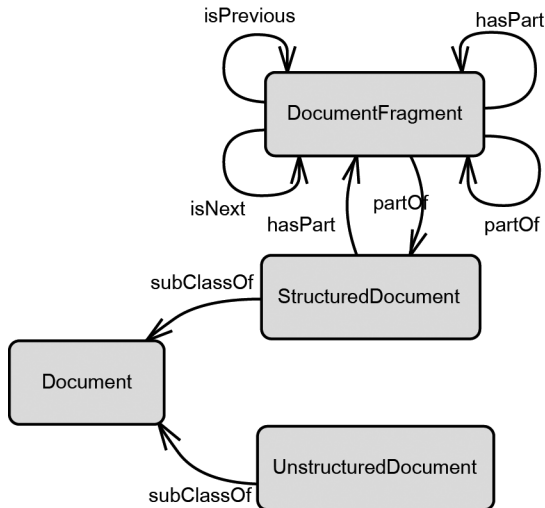
Klasa *SingleDocument* predstavlja osnovnu jedinicu upravljanja dokumentima. To je dokument koji je moguće jednoznačno identifikovati i koristiti čiji je sadržaj definisan direktno unutar samog dokumenta.

Klasa *DocumentAggregation* odgovara agregiranom dokumentu iz ISO 82045 standarda. Ovaj tip dokumenta je u ontologiji formalno definisan kao dokument koji može da sadrži, metapodatke, ali i druge dokumente, što je definisano objektnim svojstvima *partOf* i *hasPart*.

CompoundDocument klasa odgovara ISO tipu *spojeni dokument* i formalno je definisan kao dokument koji ima meta podatke, delove sadrži druge dokumente koji nemaju sopstvene metapodatke. To znači da se ovim dokumentima koji su sadržani u spojenom dokumentu ne može samostalno upravljati jer nemaju sopstveno značenje bez spojenog dokumenta kao okruženja u kojem se nalaze. Vidimo da objektna svojstva *composedFrom* i *composedIn* definišu ovu vezu.

DocumentSet klasa predstavlja kolekciju dokumenata. Ova kolekcija okuplja dokumente i nema sopstveni sadržaj, ali može da ima povezane metapodatke. Veza kolekcija sa dokumentima koji se u njoj nalaze definisana je svojstvima *partOf* i *hasPart*.

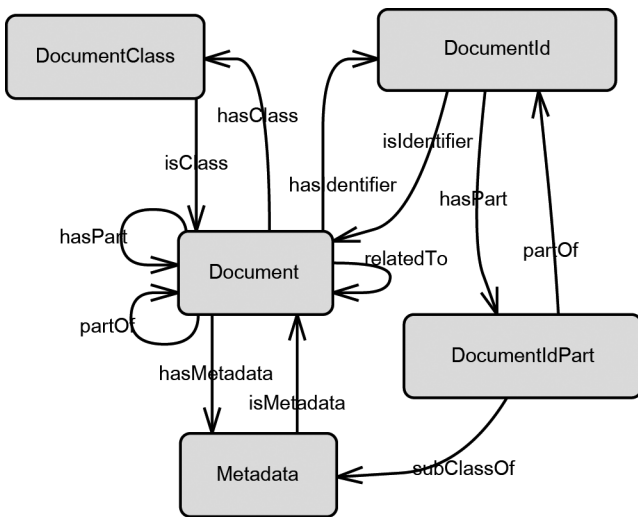
Osim podele na pomenute podtipove dokumenta, ontologija predviđa još jednu dimenziju klasifikacije dokumenata. Prema ovoj dimenziji, dokumenti mogu biti strukturirani i nestrukturirani. Ova podela je prikazana na slici 2.



Slika 2. Strukturirani i nestrukturirani dokumenti u ontologiji

Sstrukturirani dokument, predstavljen klasom *StructuredDocument*, je dokument koji može biti razložen na logičke delove predstavljen klasom *DocumentFragment*. Sa slike vidimo da putem objektnih svojstava *hasPart* i *partOf* model reprezentuje vezu između dokumenta i njegovih delova. Struktura dokumenta je definisana vezom između fragmenata. Svojstvima *isBefore*, odnosno *isAfter* se definiše redosled fragmenata. Sa druge strane, nestrukturirani dokumenti ne sadrže fragmente i u ontologiji su predstavljeni klasom *UnstructuredDocument*.

Slika 3 prikazuje klase i svojstva koja dodatno opisuju generički dokument.



Slika 3. Generički dokument u ontologiji

Između dokumenata moguće je definisati relacije. Na generičkom nivou, za koji je ontologija razvijena, definisano je objektno svojstvo *relatedTo* koje označava da su dva dokumenta na neki način u vezi. Za specifične tipove veza između dokumenata u određenoj oblasti, potrebno je definisati konkretizacije ovog svojstva.

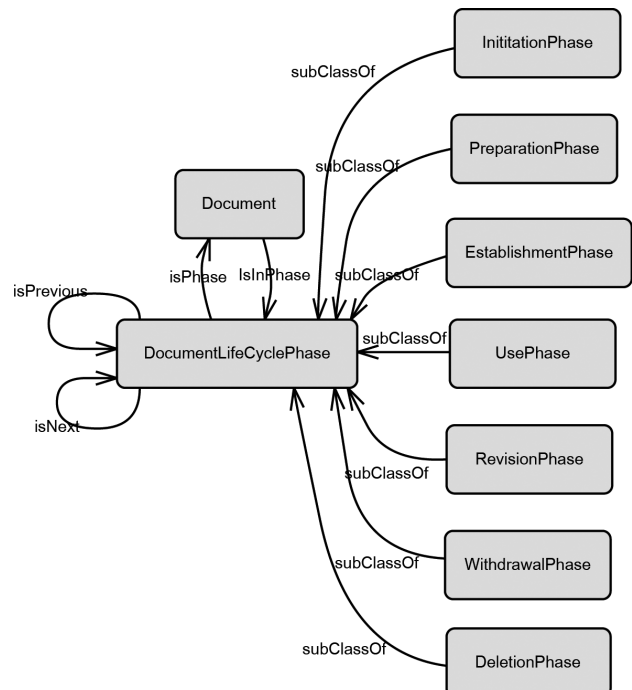
Dokumenti mogu da imaju metapodatke koji su predstavljeni klasom *Metadata*. Model je neutralan u pogledu konkretnog skupa metapodataka koji će se koristiti za opis značenja kon-

kretnih dokumenata predstavljenih modelom. Model metapodataka se može dodatno specificirati kao proširenje ovde predloženog generičkog pristupa [23].

Svaki dokument je moguće jednoznačno identifikovati. Model ne postavlja ograničenja u pogledu načina identifikacije dokumenata. Klasa *DocumentId* reprezentuje identifikator dokumenta, definisan po bilo kojoj šemi identifikacije. Predviđeno je da identifikatori mogu biti strukturirani i da se sastoje od više formalno reprezentovanih delova. Ovi delovi su predstavljeni klasom *DocumentIdPart*. Vidimo da je deo identifikatora dokumenta konkretizacija generičkog metapodatka predstavljenog klasom *Metadata*. Ova klasa predviđa definisanje metapodataka u formi parova ključ-vrednost.

Dokumenti se mogu i klasifikovati po proizvoljnoj šemi klasifikacije. Generička klasifikacija predstavljena je klasom *DocumentClass*. Konkretan domen treba da specijalizacijom ove klase preciznije odredi način klasifikacije dokumenata u tom domenu.

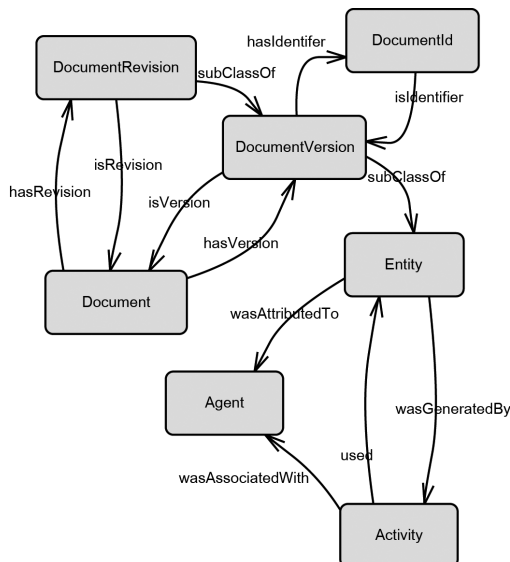
Kao što je objašnjeno u prethodnom poglavlju, ISO standardi identifikuju sedam faza u životnom ciklusu dokumenta. Generička faza životnog ciklusa je predstavljena klasom *DocumentLifeCyclePhase*. Kreirano je sedam podtipova ove klase koji redom predstavljaju konkretne faze u životnom ciklusu dokumenta. Relacija između dokumenta i faze u kojoj se trenutno nalazi definisana je objektnim svojstvima *isPhase*, odnosno *inPhase*. U modelu postoji i informacija o redosledu faza kroz koje je dokument prošao. Objektna svojstva *isPrevious* i *isNext* definišu fazu koja prethodi, odnosno sledi određenoj fazi. Opisana reprezentacija faza dokumenta prikazana je na slici 4.



Slika 4. Faze životnog ciklusa dokumenta u ontologiji

U toku životnog ciklusa dokumenta, sadržaj dokumenta se menja. Svaka izmena sadržaja predstavlja novu verziju dokumenta. Model predstavlja verzije dokumenta kroz klasu *DocumentVersion*. Zvanične revizije dokumenta su predstavljene podklasom *DocumentRevision*. Za definisanje podataka potrebnih

za verzioniranje, iskorišćena je postojeća ontologija PROV-O [24]. Putem konceptata definisanih u ovoj ontologiji može se definisati poreklo informacija. To uključuje informacije o tome ko je i kada izvršio određenu aktivnost koja je dovela do određene informacije. Aktivnost je predstavljena klasom *Activity* i sprovodi je subjekt predstavljen klasom *Agent*. Aktivnost se sprovodi nad određenim entitetom predstavljenim klasom *Entity*. Za svaku aktivnost se evidentira početak i kraj izvršavanja. Model verzioniranja je napravljen da podrži opšte scenarije upotrebe, tako da ne postavlja ograničenja u pogledu određivanja efektivnosti verzija. Moguće je evidentirati i sekvencijalne i konkurentne verzije. Klasa *DocumentVersion* je podklasa klase *Entity* tako da se verzijama upravlja na način kako PROV-O upravlja entitetima. Veza dokumenta i njegove verzije definisana je objektnim svojstvima *isVersion* i *hasVersion*. Slično, dokument i revizija dokumenta su povezani svojstvima *hasRevision* i *isRevision*. Kao i dokument, i verzija ima identifikator predstavljen klasom *DocumentId*. Model verzioniranja dokumenta predstavljen je na slici 5.



Slika 5. Verzioniranje dokumenta u ontologiji

NASTAVNI OBJEKTI KAO DOKUMENTI

U drugom poglavlju pomenuti su formalni načini opisa nastavnih materijala. U ovom poglavlju će na primeru nastavnog kursa Veb programiranje biti prikazano kako se generalni model dokumenata, opisan u prethodnom poglavlju, može iskorišćiti za predstavljanje nastavnih materijala.

Najpre je potrebno odrediti kako se koncepti za opis nastavnog materijala, definisani IMS CP specifikacijom, odnose prema konceptima koji postoje u ontologiji za opis dokumenata. IMS CP *item* elementi na višim nivoima hijerarhije se mogu posmatrati kao *DocumentSet* entiteti. *Item* elementi na najnižem nivou hijerarhije sadrže metapodatke i referenciraju resurs sa konkretnim fajlovima. Ukoliko se ovaj resurs sastoji iz više fajlova, onda resurs odgovara pojmu *CompoundDocument* entiteta koji u sebi sadrži individuale klase *Document*, koji predstavljaju fajlove u resursu. Ukoliko resurs predstavlja pojedinačan fajl, onda resurs posmatramo kao monolitni dokument predstavljen klasom *SingleDocument*.

Nastavni materijal kursa Veb programiranje postoji u digitalnom obliku u formi veb stranica u HTML formatu. Gradivo kursa pokriva razvoj veb aplikacija u Java tehnologiji. U ovom istraživanju formalno su opisani nastavni materijali iz dela kursa koji se odnosi na HTML jezik i kreiranje statičkih veb stranica. U nastavnom materijalu se nalazi gradivo sa predavanja organizovano u lekcije, primeri koji ilustruju korišćenje HTML jezika i zadaci za vežbu.

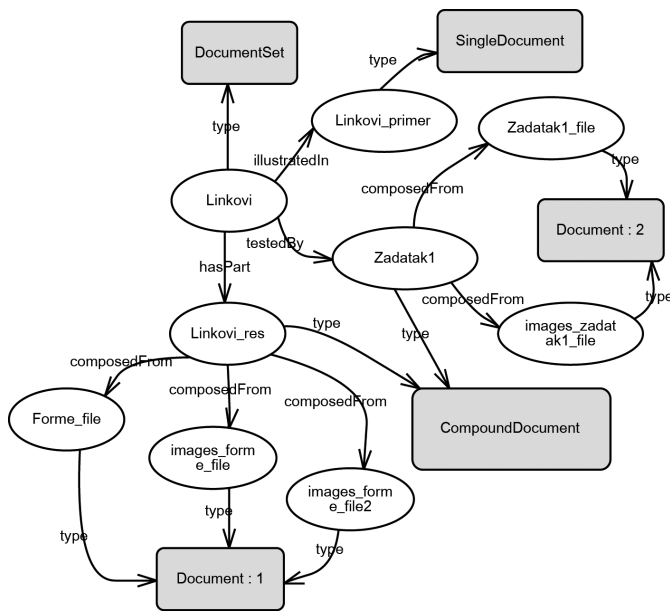
U skladu sa pomenutim mapiranjem, nastavni objekti iz kursa Veb programiranje su definisani kao individuali klase *Document*, odnosno njenih potklasa. Ukupno je definisano 14 individuala, od toga je 14 lekcija, predstavljenih kao *DocumentSet* individuali, 20 nastavnih objekata predstavljenih kao individuali klase *CompoundDocument*, 7 nastavnih objekata predstavljenih kao individuali klase *SingleDocument* i 101 prateći fajl definisan kao obični dokumenti kroz individuale klase *Document*.

Ontologija predstavljena u prethodnom poglavlju je napravljena generički da podrži opis dokumenata u bilo kojem domenu. Da bi sistem za upravljanje dokumentima mogao da sadrži namenske servise razvijene specifično za određeni domen, potrebno je proširiti generičku ontologiju domenski zavisnim konceptima. Iz tog razloga, prikazana ontologija je proširena konceptima specifičnim za nastavne materijale. Proširena ontologija javno je dostupna na adresi <http://informatika.ftn.uns.ac.rs/content/elearning-document-ontology>. Proširenje uvodi nove koncepte koji treba da opišu semantičke veze koje postoje između nastavnih objekata. Npr. jedna od takvih veza je da se poznavanje gradiva izloženog u određenom nastavnom objektu evaluira putem testa predstavljenog drugim nastavnim objektom. U IMS CP specifikaciji ove veze su predstavljene elementom *dependency* za koji postoji korespondentno objektno svojstvo *relatedTo* u generičkoj ontologiji. Za opis veza između nastavnih objekata, u ontologiji su kreirana objektna svojstva koja predstavljaju podtipove svojstva *relatedTo*. Ukupno je identifikovano osam tipova veza, za koje su kreirana sledeća objektna svojstva.

Objektno svojstvo *illustratedIn* označava da je gradivo izloženo u jednom nastavnom objektu ilustrovano kroz primer predstavljen drugim nastavnim objektom. Njemu inverzno svojstvo je *illustratesContent*. Veza između gradiva i testa kojim se gradivo proverava je predstavljena međusobno inverznim svojstvima *testedBy* i *explainedIn*. Najčešće je za izučavanje gradiva potrebno određeno predznanje. Jedan nastavni objekat može biti preduslov za korišćenje drugog nastavnog objekta. Ovo je u ontologiji predstavljeno svojstvom *isPrecondition*. Definisano je i njemu inverzno svojstvo *isPostcondition*. Za objekte između kojih ne postoji čvrsta relacija preduslova, predviđeno je svojstvo *recommendedBefore*, odnosno njemu inverzno svojstvo *recommendedAfter*. Ovo svojstvo označava preporuku da određeni nastavni objekat bude izučavan pre nekog drugog, iako poznavanje sadržaja jednog objekta nije striktan preduslov za savladavanje drugog.

Slika 6 prikazuje deo ontologije koji se odnosi na lekciju o HTML linkovima. Na slici su prikazani odgovarajući individuali, klase na koje se odnose, kao i relacije između njih. Vidimo da je lekcija *Linkovi predstavljena kao DocumentSet*. Gradivo je objašnjeno u okviru kompozitnog dokumenta *Linkovi_reskoji* sadrži više fajlova. Lekcija o linkovima ilustrovana je

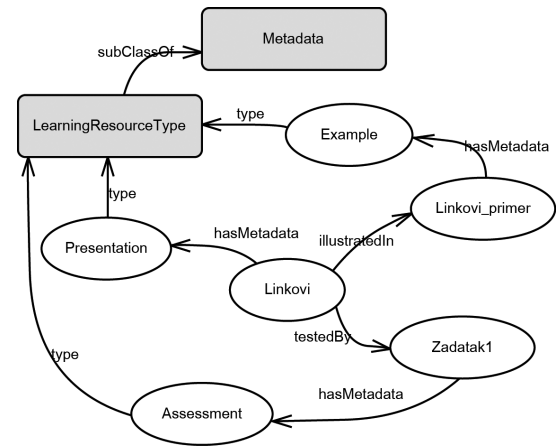
primerom u monolitnom dokumentu *LinkoviPrimer*, a poznavanje lekcija testira se putem kompozitnog dokumenta *Zadatak1*.



Slika 6. Nastavni objekti kursa Veb programiranje kao dokumenti u ontologiji

Za uspešno upravljanje nastavnim objektima, neophodno je da sistem sadrži informaciju o njihovom značenju. IEEE LOM specifikacija predviđa skup metapodataka za predstavljanje značenja nastavnog materijala putem elementa *learningResourceTypes* a skupom predviđenih vrednosti: *exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrativeText, exam, experiment, problemStatement, selfAssessment* i *lecture*. Veliki broj analiza pokazao je da ovaj skup vrednosti nije odgovarajući. Jedna od najčešćih kritika je da skup sadrži elemente koje se odnose na oblik nastave (npr. *exercise*), ali i one koji se odnose na format podataka (npr. *diagram*) [25]. Slično, Urlich u [26] objašnjava da IEEE LOM „ne uspeva da definiše najvažnije informacije relevantne sa stanovišta nastavnih instrukcija”, da *learningResourceType* element „kombinuje nastavne i tehničke informacije” i da „neke nastavne tehnike nisu predviđene specifikacijom (npr. *definition* i *example*)”. Imajući u vidu navedene kritike, zaključeno je da skup vrednosti *learningResourceType* elementa ne definiše sve potrebne vrednosti za opis značenja nastavnih objekata. Zbog toga je izabrano da se u za opis značenja nastavnih objekata ovde koristi skup vrednosti za ovaj element razvijen u okviru CLEO specifikacije [27]. Ova specifikacija uvodi proširenja u IEEE LOM specifikaciju proširenjem predviđenih vrednosti postojećih elemenata i uvođenjem novih elemenata. CLEO definiše 29 mogućih vrednosti elementa *learningResourceType* pri čemu su ovde korišćeni elementi *assessment, example* i *presentation*.

Za opis tipa nastavnog objekta u ontologiji je definisana klasa *LearningResourceType* kao podtip klase *Metadata*. Za svaku od vrednosti tipa nastavnog objekta koji predviđa CLEO specifikacija, definisan je odgovarajući individualna klasa *LearningResourceType*. Za nastavne objekte iz kursa Veb programiranje definisan je tip tako što su povezani sa svojim metapodatkom putem svojstva *hasMetadata*. Slika 7 prikazuje deo ontologije sa metapodacima nastavnih objekata kursa Veb programiranje koji se odnose na HTML linkove.



Slika 7. Metapodaci nastavnih objekata kursa Veb programiranje predstavljeni ontologijom

Ovim su formalno predstavljeni nastavni objekti iz kursa Veb programiranje kao dokumenti u ontologiji koja omogućuje semantički bazirano upravljanje dokumentima. Proširenje ontologije konceptima specifičnim za oblast elektronske nastave omogućuje upravljanje dokumentima putem namenskih servisa razvijenih specifično za rad sa nastavnim objektima.

ZAKLJUČAK

U radu je prikazan formalan model nastavnih objekata koji treba da omogući upravljanje nastavnim objektima na bazi značenja objekata. Značenje nastavnih objekata je formalno definisano putem ontologije. Ontologija za opis nastavnih objekata oslanja na generičku ontologiju za upravljanje dokumentima koja je deo šireg sistema za upravljanje nastavnim dokumentima. Ovaj sistem je modelovan tako da podrži domenski zavisno upravljanje dokumentima kroz implementaciju namenskih servisa za određenu oblast primene.

Generička ontologija predviđa klasifikaciju dokumenata po tipu i definisanje veza između dokumenata, kao i opis identifikatora, metapodataka, i životnog ciklusa dokumenata. Ova generička ontologija je iskorišćena za opis nastavnog materijala, tako što se nastavni objekti posmatraju kao dokumenti. Dodatno, generička ontologija je proširena kako bi bilo moguće opisati značenja specifična za nastavne objekte. Proširenje ontologije definiše koncepte koji modeluju veze između nastavnih objekata. Konkretno, predstavljene su informacije o tome koje gradivo određeni test evaluira, koje gradivo je ilustrovano određenim primerom, šta je od nastavnih objekata potrebno izučiti kao preduslov za savladavanje određenog nastavnog objekta, kao i koji je preporučeni redosled savladavanja gradiva. Takođe, definisan je skup metapodataka specifičan za opis značenja nastavnih objekata.

Koristeći razvijenu ontologiju formalno je predstavljen nastavni materijal iz kursa Veb programiranje sa Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Nastavni objekti iz kursa su predstavljeni kao dokumenti i putem ontologije su opisani metapodaci objekata, kao i veze između njih.

Dalje istraživanje se odnosi na razvoj namenskih servisa za upravljanje nastavnim objektima u okviru sistema za upravljanje dokumentima. Prioritet je servis za formiranje putanje učenja na bazi preduslova i preporuka definisanih za svaki nastavni objekat. Pored toga predviđeno je dalje proširenje ontologije za opis

nastavnih objekata kroz integraciju sa ontologijom za opis nastavnih ciljeva, predstavljenom u [28]. Konačno, plan je integracija ovde prikazanog upravljanja nastavnim objektima sa nekim od sistema za elektronsku nastavu. Za upravljanje nastavnim objektima u sistemu za elektronsku nastavu koristiće se sistem za upravljanje dokumentima opisan u [8].

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja u okviru projekta broj III-47003 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

[1] Zantout, H Marir, F (1999). Document Management Systems from current capabilities towards intelligent information retrieval: an overview, International Journal of Information Management, vol. 19, Issue 6, pp. 471-484.

[2] Milosavljević, B Komazec, S Sladić, G (2006). Open-source document management systems in eGovernment, Info M, Vol. 5 (20), pp. 25-35.

[3] Castillo-Barrera, FE Durán-Limón, HA Médina-Ramírez, C Rodriguez-Rocha, B (2013). A method for building ontology-based electronic document management systems for quality standards—the case study of the ISO/TS 16949: 2002 automotive standard. Applied intelligence 38(1):99—113. doi 10.1007/s10489-012-0360-1.

[4] Clowes, D Dawson, R Proberts, S (2013). Extending document models to incorporate semantic information for complex standards. Computer Standards & Interfaces 36(1):97—109. doi:10.1016/j.csi.2013.07.009.

[5] Nešić, S (2009). Semantic document model to enhance data and knowledge interoperability. In Devedžić, V and Gašević, D (eds) Web 2.0 & Semantic Web, Annals of Information Systems, Vol 6, Springer US, pp. 135—160.

[6] Simon, E Ciorăscu, I Stoffel, K. (2007). An Ontological Document Management System. In Abramowicz, W and Mayr, HC (eds) Technologies for Business Information Systems, Springer Netherlands, pp. 313—325.

[7] Zarić, M Segedinac, M Sladić, G Konjović, Z (2014). A Flexible System for Request Processing in Government Institutions, Acta Polytechnica Hungarica, Vol 11 (6), pp. 207-227.

[8] Gostojic, S Sladic, G Milosavljevic, B Zarić, M Konjovic, Z (2014). Semantic Driven Document and Workflow Management, International Conference on Applied Internet and Information Technologies (AIIT).

[9] Berners-Lee, T, Hendler, J, Lassila, O (2008). The Semantic Web”, Scientific American.

[10] Buckland, M K (1997). What is a „Document“?, Journal of American Society for Information Science, 48, 9, ABI/INFORM Global pp. 804.

[11] Frohmann, B (2009). Revisiting „what is a document?“, Journal of Documentation, Vol. 65, No. 2, pp. 291-303, Emerald Group Publishing Limited, doi: 10.1108/00220410910937624.

[12] Sprague, R (1995). Electronic Document Management: Challenges and Opportunities for Information Systems Managers. Management Information Systems Quarterly, 19(1), pp. 29-49.

[13] Small, D (1999). A model driven architecture for enterprise document management, supporting discovery and reuse, Ph.D. dissertation, The University of Leeds, School of Computer Studies.

[14] Paganelli, F Pettenati, MC (2005). A Model-driven Method for the Design and Deployment of Web-based Document Management Systems, Journal of Digital Information, Vol. 6, No. 3.

[15] International Organization for Standardization (ISO) (2001). ISO IEC 82045-1: Document Management – Part 1: Principles and Methods, ISO, Geneva, Switzerland.

[16] Molnar, R Gostojic, S Sladić, G Savić, G Konjović, Z (2015). Enabling Customization of Document-Centric Systems Using Document Management Ontology, Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2015), Kopaonik, Serbia.

[17] Wiley, D (2002). Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy., in: Wiley, D. (Ed.), The Instructional Use of Learning Objects. The Agency for Instructional Technology, Bloomington, IN., pp. 3–23.

[18] Campbell, L. M. (2003). Engaging with the learning object economy, in: Littlejohn, A. (Ed.), Reusing Online Resources: a Sustainable Approach to E-learning. Kogan Page Limited, pp. 35–45.

[19] Downes, S. (2004). Learning objects, Resources for learning worldwide, in: McGreal, R. (Ed.), Online Education Using Learning Objects. RoutledgeFalmer, London, United Kingdom, pp. 22–30.

[20] IMS Global Learning Consortium (2001). IMS Content Packaging Information Model Version 1.1.2 Final Specification. <http://www.imsglobal.org/content/packaging> (pristupljeno jun 2015)

[21] ADL, 2006. Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004 3rd Edition Overview Version 1.0. <http://www.adlnet.gov> (pristupljeno jun 2015).

[22] IEEE (2002). IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata. http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf (pristupljeno jun 2015).

[23] Cverdelj-Fogaraši, I Sladić, G Gostojic, S Segedinac, M Milosavljević, B (2015), A Meta-Metadata Ontology Based on ebRIM Specification, 5th International Conference on Information Society, Technology and Management (ICIST 2015), Kopaonik, Serbia, pp. 213–218.

[24] W3C (2013). PROV-O: The PROV Ontology, <http://www.w3.org/TR/prov-o/> (pristupljeno jun, 2015).

[25] Campbell, LM Power, M (2004). Implementing UK LOM Core, JISC Joint Programmes Meeting.

[26] Ullrich, C (2005). The Learning-Resource-Type is Dead, Long Live The Learning-Resource-Type, Learning Objects and Learning Designs, 1(1), pp. 7-15.

[27] CLEO Collaborative Partners (2003). CLEO Extensions to the IEEE Learning Object Metadata, Version 1.1, CLEO White Paper CLEO001.

[28] Savić, G Segedinac, M Konjović, Z (2012). Automatic Generation of E-Courses Based on Explicit Representation of Instructional Design. Computer Science and Information Systems 9(2), pp. 839 – 869.



Goran Savić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
Kontakt: savicg@uns.ac.rs
Oblasti interesovanja: elektronska nastava, upravljanje dokumentima



Milan Segedinac, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
Kontakt: milansegedinac@uns.ac.rs
Oblasti interesovanja: elektronska nastava, semantički web



Goran Sladić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
Kontakt: sladicg@uns.ac.rs
Oblasti interesovanja: internet bezbednost, upravljanje dokumentima



Stevan Gostojic, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
Kontakt: gostojic@uns.ac.rs
Oblasti interesovanja: pravna informatika, upravljanje dokumentima



Zora Konjovic, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu.
Kontakt: ftn_zora@uns.ac.rs
Oblasti interesovanja: računarska inteligencija, semantički web