

SEMANTIČKO OZNAČAVANJE OGC BAZIRANIH GEOSERVISA

Dubravka Sladić, Miro Govedarica, Aleksandra Ristić, Dušan Petrovački

REZIME: Standardizacija u oblasti GIS-a dovela je do niza specifikacija i standarda koji definišu strukturu i pravila kodiranja podataka i interfejsa servisa od strane ISO TC 211 (ISO 19100 serije) i OpenGIS konzorcijuma. Ovaj skup standarda omogućava sintaksnu interoperabilnost geoprostornih podataka i servisa, ali ne rešava semantičke probleme. U cilju postizanja semantičke interoperabilnosti, što podrazumeva eksplicitno definisanje značenja podataka i servisa kako bi ih razumeli i računari i ljudi, načinjeni su pokušaji da se razvije geoprostorni semantički web, gde neće biti vidljive samo strukture podataka već i semantika. U radu je dat pregled tehnologija i metoda za semantičko označavanje OGC (Open Geospatial Consortium) servisa i pridruženih resursa kako bi se mogla koristiti postojeća semantička infrastruktura. Dati su primeri za katastarske podatke.

KLJUČNE REČI: geoservisi, ontologije, GIS standardi, OGC, semantičke oznake

ABSTRACT: Standardization in the field of GIS has led to a series of specifications and standards that define structure and encoding rules of data and interfaces of services provided by ISO TC 211 (ISO 19100 series) and OpenGIS Consortium. This set of standards provides syntactic interoperability of geospatial data and services, but does not solve semantic problems. In order to achieve semantic interoperability i.e. explicitly define the meaning of data and services to make them understandable both to machines and humans, attempts are made to develop geospatial semantic web, where not only the structure of data will be visible but semantics as well. The paper gives an overview of technologies and methods for semantic markup of OGC (Open Geospatial Consortium) services and associated resources in order to use existing semantic infrastructure. Examples are given for cadastral data.

KEY WORDS: geoservices, ontologies, GIS standards, OGC, semantic annotations

1. UVOD

U oblasti standardizacije geoprostornih informacija važno mesto zauzima OpenGIS konzorcijum (*Open Geospatial Consortium* – OGC). OpenGIS konzorcijum je internacionalni industrijski konzorcijum za razvoj javno dostupnih specifikacija interfejsa geoservisa [16] čiji cilj je da se omogući interoperabilnost u domenu geoprostornih informacija. OGC definiše implementacione specifikacije softverskih interfejsa koje se naslanjaju na postojeću IT infrastrukturu koja uključuje WSDL, UDDI, SOAP, XML i druge tehnologije [15]. OGC specifikacije podržavaju interoperabilna rešenja koja obezbeđuju geoprostorne funkcionalnosti web, bežičnim i lokacijsko-baziranim servisima, kao i celokupnom IT sektoru.

Percivall u ref. [19] definiše interoperabilnost kao mogućnost da se razmene informacije, izvršavaju programi, ili prenesu podaci između različitih funkcionalnih jedinica na način koji zahteva od korisnika da imaju malo ili nimalo znanja o specifičnim karakteristikama tih jedinica. Postoje dva nivoa interoperabilnosti: sintaksna interoperabilnost i semantička interoperabilnost [19]. Sintaksna interoperabilnost zahteva da postoji tehnička veza, odnosno da se podaci mogu preneti između web servisa, ali ne i da se obezbedi interpretacija sadržaja koji se prenosi. Semantička interoperabilnost podrazumeva da se sadržaj podataka i servisa ispravno interpretira i razume, kada se podaci i servisi povežu.

Sintaksna interoperabilnost web servisa opšte namene se postiže upotrebom standarda za web servise: Web Service Description Language (WSDL) i Simple Object Access Protocol (SOAP), a sintaksna interoperabilnost geoservisa se postiže upotrebom OGC specifikacija interfejsa kao što su

Web Map Service (WMS) [4], Web Feature Service (WFS) [29], Web Coverage Service (WCS) [3], Web Processing Service (WPS) [24], itd. Ove specifikacije slede principe za geoprostorne web servise definisane u ISO 19119 [19], i opisuju strukturu sadržaja koji se prenosi između web servisa, ali ne formalizuju konceptualizaciju sadržaja.

Da bi se postigla semantička interoperabilnost, konceptualizacija sadržaja treba da bude izražena formalno i eksplicitno. Jedan način da se ovo postigne je korišćenjem ontologija koje prema definiciji datoj u ref. [7] predstavljaju formalnu eksplicitnu specifikaciju konceptualizacije. Ontologije su od presudnog značaja da semantika razmenjenog sadržaja bude razumljiva i računarima. OWL (*Web Ontology Language*) [2], W3C standard za ontologije na webu, dizajniran je da predstavi semantiku na osnovu fleksibilnog modela grafa koji se sastoji od RDF trojki [18]. Takođe, SWSI inicijativa (Semantic Web Services Initiative) uvodi OWL-S [17], kao reprezentativnu tehnologiju za opisivanje semantike pojedinih web servisa. OWL-S može da se koristi za specifikaciju semantike razmenjenih podataka (npr. ulaz / izlaz), funkcionalnosti (preko referenciranja na neku klasifikaciju servisa van OWL-S), preduslova i postuslova, i drugih aspekata web servisa kao što su informacije o pristupanju i izvršavanju servisa (*grounding*). Ove eksplicitne specifikacije omogućavaju razumevanje mogućnosti pojedinih web servisa od strane računara, što omogućava automatsko pronalaženje, pristup i kompoziciju web servisa. OWL-S je ontologija koja omogućava veliki nivo ekspresivnosti prilikom opisa web servisa, ali se u praksi pokazalo da ovakav pristup nije dovoljno prihvaćen od strane korisnika, naročito kada je u pitanju označavanje web servisa. Sa druge strane postoji trend da se koriste jednostav-

nije (*lightweight*) ontologije kao što je SAWSDL [22] koje su prilično pojednostavljene i ne omogućavaju dovoljan nivo ekspresivnosti prilikom opisivanja web servisa, ali se pokazalo da je ovakav jednostavniji pristup bolje prihvaćen u realnim slučajevima korišćenja.

Rad je strukturiran na sledeći način: u odeljku 2 je dat pregled nekoliko relevantnih rezultata u oblasti semantičkog označavanja geoprostornih resursa u kojima se demonstriraju prednosti korišćenja ovakvog pristupa. U odeljku 3 je dat pregled semantičkog označavanja geoprostornih resursa na tri nivoa: na nivou metapodataka, modela podataka i procesa, kao i samih instanci podataka. U odeljku 4 je dat pregled metoda za semantičko opisivanje OGC servisa upotrebom jednostavnijeg i složenijeg (*lightweight* i *heavyweight*) pristupa za označavanje web servisa, a kao standardizovani predstavnici ovih metodologija izabrane su SAWSDL i OWL-S tehnologije. U odeljku 5 su data zaključna razmatranja.

2. PREDNOSTI KORIŠĆENJA SEMANTIČKI OZNAČENIH GEOSERVISA

Razlog uvođenja semantički označenih geoservisa (i web servisa, uopšte) je mogućnost automatske pretrage i preuzimanja podataka, odnosno pozivanje servisa od strane računara. Ovo dovodi do mogućnosti automatske kompozicije servisa u cilju izvršavanja složenijih zadataka. Na taj način se zadatak povezivanja servisa prenosi sa krajnjeg korisnika na računar, odnosno krajnji korisnik se oslobađa od manuelne pretrage i kompozicije geoservisa. Ključni izazov u promovisanju široke upotrebe web servisa u geoprostornim aplikacijama je da se automatizuje izgradnja lanca servisa (*service chaining*) koji uključuju više različitih servisa i veoma raznovrsne i distribuirane podatke. Naučna istraživanja i aplikacije u geoprostornom domenu po pravilu uključuju prikupljanje i analiziranje velike količine geoprostornih podataka od kojih je većina izvedena iz drugih postojećih podataka. Takav proces može se posmatrati kao process transformacije geoprostornog znanja. Semantički Web predviđa novu standardizovanu informacionu infrastrukturu kako bi se omogućilo automatsko ili poluautomatsko povezivanje servisa za dobijanje znanja preko weba. Prednosti ovakvog pristupa su pokazane u nekoliko projekata navedenih u nastavku.

Projekat NASA GeoBrain je predstavljen u radovima [31, 33]. Ref. [31] predstavlja pristup za automatizaciju kompozicije geoprostornih web servisa uključivanjem geoprostorne semantike u servisno orijentisanu arhitekturu. Takođe pokazuju kako se geoprostorna semantika bazirana na ontologijama koristi u prototip sistemima za omogućavanje automatskog pronalaženja, pristupanja i kompozicije geoprostornih web servisa. Ref. [33] opisuje generičko okruženje i implementaciju transformacije geoprostornog znanja, od geoprostornog modeliranja (formalizacije znanja), preko instanciranja modela (lanac servisa) do izvršavanja modela. Ovaj pristup se zasniva na semantičkim integracijama.

U radu u ref. [1] predstavljen je SWING projekat koji ima za cilj primenu tehnologija semantičkih web servisa u geo-

prostornom domenu. Pri tome su analizirane glavne prepreke koje se moraju prevazići da bi ova tehnologija mogla biti opšte usvojena u geoprostornoj zajednici, a to su kompleksnost kreiranja semantičkih opisa i nedovoljan broj semantički opisanih servisa. Trenutna situacija zahteva sveobuhvatno znanje logike, ontologija, metapodataka i raznih specifikacionih jezika da bi se semantički opisao servis. Ovaj projekat je razvio metode i alate koji mogu da sakriju složenost i automatizuju kreiranje neophodnih semantičkih opisa, kao i da omoguće pretragu, kompoziciju, i pozivanje geoprostornih web servisa.

U radu u ref. [12] je predstavljen ENVISION (*ENVironmental Services Infrastructure with ONtologies*) projekat koji razvija infrastrukturu servisa vezanih za životnu sredinu baziranu na ontologijama koja ima za cilj da podrži korisnike koji nisu eksperti za informacione tehnologije u procesu semantičkih pretraga i adaptivnih povezivanja i kompozicija servisa u oblasti ekologije. On pruža podršku migraciji modela iz ekologije i zaštite životne sredine na web kroz distribuciju preko servisa. Ceo proces je baziran na ontologijama.

3. SEMANTIČKO OZNAČAVANJE GEOPROSTORNIH RESURSA

Da bi se tehnologije semantičkog weba mogle koristiti u standardnoj OGC arhitekturi [15] neophodno je proširiti postojeće opise geoprostornih resursa opisima koji sadrže eksplicitnu, formalizovanu semantiku. Ovi opisi se u literaturi nazivaju semantičke oznake [11]. Semantičke oznake proširuju već postojeće označavanje, poput OGC *Capabilities* dokumenta [26], povezivanjem pojedinih elemenata metapodataka sa konceptualizovanim domenom znanja. Ove veze referenciraju jedan ili više koncepata modelovanih upotrebom ontologija (ili manje formalnih taksonomija).

Uz pomoć OGC *Capabilities* dokumenata i različitih pojedinačnih opisa tipova geoprostornih objekata, rastera, ili procesa, OGC standardi definišu kako će se pristupiti, pozvati i na kraju vizualizovati prostorni podaci. OGC standardi pokrivaju funkcionalnu dimenziju web servisa, ali im nedostaje dobro definisana metodologija da se opiše tematska dimenzija web servisa. Oni ne saopštavaju šta isporučeni podatak (ili proces) predstavlja i nemaju način da povežu resurse sa spoljnim modelima. Uz pomoć semantičkih oznaka, provajderi podataka će moći da povežu standardizovane opise servisa sa modelovanim znanjem. Takvi modeli čine konceptualizaciju znanja o predstavljenim geoprostornim fenomenima. Ako se takva veza uspostavi, algoritmi za rezonovanje će biti u mogućnosti da zaključe da li web servis odgovara upitu klijenta na formalnom nivou. Pored toga, omogućiće ekstrakciju značajnih kontekstualnih informacija iz modela znanja, što omogućava prikaz tematskih informacija za prikazane podatke i pomaže korisnicima da ih razumeju. Modelovanje znanja i publikovanje u dobro definisanom i mašinski interpretabilnom formatu može dovesti do poboljšanja upotrebljivosti OGC web servisa. U različitoj literaturi je navedeno da ontologije predstavljaju format koji najviše odgovara za predstavljanje takvih znanja [28, 32].

Semantičke oznake uspostavljaju vezu između geoprostornih resursa, njihovih metapodataka, i ontologija. Moguće je razlikovati tri lokacije, gde se određene informacije o resursima mogu dobiti [10, 11]:

- OGC *Capabilities* dokument, definisan u Web Services Common (OWS) [26] specifikaciji, sačinjavaju funkcionalni atributi koji saopštavaju korisniku kako da se pristupi i pozove servis, kao i metapodaci o resursu kao što su provajder servisa, licenca, naslov, opis, sekcija sa ključnim rečima itd.
- Dodatni dokument koji pruža OWS je XML šema koja predstavlja model podataka, koji sačinjava opis modela podataka sa fokusom na sintaksu i strukturu. Oba dokumenta, metapodaci i šema, opisuju podatke.
- Sami podaci, kodirani u formatu predefinisanim u modelu podataka specifikiranom u šemi podataka.

Semantičke oznake je, stoga, moguće implementirati na tri različita nivoa:

- Nivo metapodataka – ISO/TC211 standardi za metapodatke 19115 / 19119 / 19139 [8], OGC *Capabilities* dokumenti i OASIS ebRIM (*ebXML Registry Information Model*) [14].
- Nivo modela podataka i procesa – Feature Type šema [29], CoverageOffering [3], Process [24]
- Nivo podataka – GML (*Geography Markup Language*) [20].

Dakle, moguće je direktno povezati ključne reči u okviru *Capabilities* dokumenata, elemente modela podataka (geoprostorne objekte i attribute) i instance geoprostornih objekata na odgovarajuće koncepte ontologije domena i aplikativne ontologije. Ontologije domena se odnose na modelovano znanje iz određenog domena, a aplikativne ontologije opisuju pojedinačne resurse [27]. Primer ontologije domena za katastar nepokretnosti je dat u [23]. Svaka vrsta semantičkih oznaka ima drugačije implikacije na mogućnost pretrage web servisa, kao i na mogućnost korisnika da proceni da li rezultat zadovoljava njegove potrebe.

Veza između elemenata u XML dokumentu i konceptima kodiranim u drugom formatu se naziva *referenca modela* (uvedena u W3C standardu SAWSDL). Njena svrha je da premosti različite jezike, i uvek je veza između dva modela (npr.

XML šeme ili UML modela podataka sa OWL modelom rečnika domena). S druge strane veza između lokalnih (zavisnih od aplikacije) i globalnih ontologija (ontologija domena) se naziva *referenca domena*. Dok je referenca modela jedinstven URI (*Uniform Resource Identifier*) koji pokazuje na odgovarajući element u drugom modelu, referenca domena se može izraziti u obliku složenih pravila. Ovde su potrebne n-arne veze da modeluju složen odnos između aplikacijskih pojmova i zajedničkog znanja domena. Razlika između ova dva tipa reference je značajna jer bez nje bi ili model domena bio previše glomazan sa velikim brojem detalja vezanih za aplikacije (preveliki nivo granularnosti) ili bi semantičke oznake bile previše opšte što bi smanjilo njihovu upotrebnost vrednost.

Važno je naglasiti da se semantičke oznake mogu posmatrati kao posebna vrsta metapodataka, semantičkih metapodataka, i stoga se mogu smatrati zvaničnim elementima metapodataka. Da bi se predstavila semantika podataka i servisa u servisima kataloga, ontologije (predstavljene sa OWL/OWL-S) treba da budu uključene u OGC CSW [5, 6]. Za ovakav servis kataloga se kaže da je proširen semantičkim mogućnostima.

3.1 Semantičko označavanje metapodataka

Semantičko označavanje metapodataka podrazumeva proširivanje mogućnosti standardnog kataloga metapodataka sa elementima semantike. Ovo se postiže na dva načina: (1) postojećim resursima kataloga se dodaju pretraživi semantički koncepti kao što su identifikatori OWL klasa i (2) dodavanjem metapodataka u semantičkom formatu. Prvi način se odnosi na dodavanje semantičkih oznaka u standardne metapodatke kao što su ISO 19115/19119 i ebRIM.

Uključivanje semantičkih oznaka, odnosno referenci na aplikativne i ontologije domena, u metapodatke kodirane prema ISO 19139 formatu usklađenom sa ISO 19115/19119 je moguće izvršiti na nekoliko mesta. Najprikladnije mesto za uvođenje referenci je element *gmd:MD_Keywords*. Ovaj element sadrži sekvence ključnih reči, upotrebom elementa *keyword*, i dodatne attribute koji definišu kontekst, kao što su *type* ili *thesaurusName*. Struktura ISO19139 može da se koristi bez modifikacija za uključivanje semantičkih referenci na

```
<gmd:MD_Keywords>
  <gmd:keyword>
    <gco:CharacterString>Parcela</gco:CharacterString>
  </gmd:keyword>
  <gmd:type>
    <gmd:MD_KeywordTypeCode
      codeList="http://ontology.com/KNOntology#"
      codeListValue="ontology"/>
    </gmd:type>
    <gmd:thesaurusName>
      ...
    </gmd:thesaurusName>
</gmd:MD_Keywords>
```

Listing 1. Semantičko označavanje metapodataka u ISO 19139 formatu

pojmove iz date ontologije. Element *keyword* se može koristiti da sadrži naziv koncepta koji opisuje resurs, a atribut *codeList* može da se koristi da sadrži URI ontologije koja sadrži koncepte. Primer je dat u listingu 1.

Što se tiče semantičkog označavanja metapodataka u eBRIM formatu (ovaj format u poslednje vreme u uzima primat nad ISO 19115 formatom), elementi *ClassificationNode* i *Classification* u eBRIM specifikaciji mogu da se koristi za čuvanje koncepta i semantičkih oznaka. Ovo je već predviđeno u eBRIM profilu za CSW [13]. Stoga, eBRIM profil za CSW u svojoj sadašnjoj definiciji već ima funkcionalnost potrebnu za predstavljanje referenci modela.

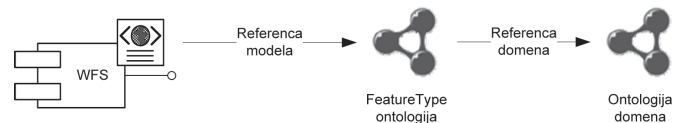
3.2 Semantičko označavanje na nivou modela podataka i instanci

Da bi se metapodaci servisa efikasnije povezali sa znanjem domena, potrebno je označiti modele podataka koje isporučuju WFS i WCS. Kada se semantički označavaju strukture podataka, kao što je GML aplikativna šema, omogućava se rezonovanje na nivou modela podataka, što u značajnoj meri unapređuje proces pretrage. Tip geo-objekta i njegovi atributi sadrže reference na koncepte iz aplikativne ontologije. Iz ove ontologije moguće je povezati lokalne koncepte specifične za servis, koji su direktno pridruženi podacima, na globalne koncepte iz ontologije domena. Ova aplikativna ontologija se naziva *Feature Type Ontology* [9], jer opisuje semantiku jednog tipa geo-objekta.

Definisanjem semantike tipa geoprostornog objekta (*Feature Type*) upotrebom aplikativne ontologije specificira se značenje elemenata i atributa modela podataka. Ovo omogućava detaljnije rezonovanje. Kada se resurs pronađe, semantička oznaka se može iskoristiti da se identifikuju atributi koji sadrže željenu informaciju, praćenjem reference od ontologije ka modelu podataka i njegovim specifičnim elementima. Dakle, da bi se rezonovanje moglo koristiti na nivou modela podataka, neophodno je šemi podataka pridružiti aplikativnu ontologiju koja opisuje tu šemu. U prvom koraku, postojeća

šema se translira u aplikativnu ontologiju. Dakle, GML aplikativna šema se translira u aplikativnu ontologiju u OWL formatu, npr. upotrebom XSLT tehnologije.

SAWSDL standard podržava upotrebu atributa *modelReference* za navođenje reference modela, odnosno povezivanje elemenata u XML šemi ili WSDL dokumentu, sa konceptima u modelu znanja. Standard ne definiše jezik koji se koristi za modele znanja, niti njegovu kompleksnost, pa oni mogu da budu jednostavne taksnomije, rečnici, leksikoni pojmova ili formalne ontologije. Jedini preduslov je da se koristi URI kao jedinstveni identifikator za koncepte u modelu znanja. SAWSDL standard specificira dva dodatna atributa koja omogućuju mapiranje između jezika koji opisuje ontologije i originalne šeme podataka: *liftingSchemaMapping* i *loweringSchemaMapping*. Ova dva atributa, ako se uključe, mogu da pokazuju na XSLT dokument koji omogućava automatsku transformaciju između dve šeme (pod pretpostavkom da su ontologije kodirane u XML baziranom jeziku). Atribut *loweringSchemaMapping* pokazuje na transformaciju koja prevodi ontologiju u originalnu šemu podataka, dok atribut *liftingSchemaMapping* pokazuje na transformaciju u suprotnom smeru (originalna šema podataka u ontologiju). Ove transformacije se odnose na entitete podataka, što omogućava transformaciju podataka koji potiču sa servisa u entitete koje može da procesira algoritam za rezonovanje (slika 1).



Slika 1. Primena reference modela i reference domena na tip geoprostornog objekta

Listing 2 prikazuje GML aplikativnu šemu koja opisuje jedan *Feature Type - Parcels_polygon*, koji predstavlja parcele, proširenu referencama modela na elemente iz aplikativne ontologije *Parcel* koja se povezuje na koncept *Parcel* iz ontologije domena. Budući da je GML aplikativna šema vrsta XML šeme, SAWSDL standard se može primeniti. U ovom primeru se vidi kako se atribut *modelReference* koristi da semantički

```
<xsd:element name="Parcels_polygon" substitutionGroup="gml:_Feature" type="kn:parcelType"
sawSDL:modelReference="&cadastre;Parcel"/>
<xsd:complexType name="parcelType">
  <xsd:complexContent>
    <xsd:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xsd:sequence>
        <xsd:element maxOccurs="1" minOccurs="0" name="the_geom" nillable="true"
type="gml:MultiSurfacePropertyType" sawSDL:modelReference="&cadastre;geometry"/>
        <xsd:element maxOccurs="1" minOccurs="0" name="number" nillable="true"
type="xsd:int" sawSDL:modelReference="&cadastre;number"/>
        <xsd:element maxOccurs="1" minOccurs="0" name="subnumber" nillable="true"
type="xsd:int" sawSDL:modelReference="&cadastre;subnumber"/>
        <xsd:element maxOccurs="1" minOccurs="0" name="area" nillable="true" type="xsd:int"
sawSDL:modelReference="&cadastre;area"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
</xsd:complexType>
```

Listing 2. *Feature Type - Parcels_polygon* proširen sa referencama modela

označi sam tip geo-objekta (*Feature Type*), kao i pojedine njegove elemente. Sa aspekta specifikacije, ovaj deo XML šeme je validan, jer se bilo koji atribut može dodati u elemente kao što su *xs:complexType* ili *xs:element*.

Sa druge strane označavanje procesa i operacija je neophodno kada se koristi WPS standard. Opis tipova ulaza i izlaza je bitan deo funkcionalnog opisa jer obezbeđuje semantičku interoperabilnost između klijenta i servisa i stoga garantuje da servis može da obradi date tipove ulaza i da klijent može da prihvati isporučen tip izlaza. Takvi opisi mogu da budu realizovani upotrebom aplikativnih ontologija. Operacije takođe moraju da budu povezane sa odgovarajućim konceptima koji ih predstavljaju kako bi njihova interpretacija bila nedvosmislena. Takođe je neophodno formalno specificirati ograničenja na ulaze i zavisnost ulaza i izlaza (npr. moraju biti u istom koordinatnom referentnom sistemu), redosled ulaza itd. Modelovanje ovih zavisnosti je vrlo složeno, stoga je semantičko opisivanje procesa vrlo težak zadatak i za sada je više u teorijskom nego praktičnom domenu.

Najviši nivo granularnosti zahteva označavanje samih podataka. Kada su u pitanju podaci kodirani GML-om označava se svaki geo-objekat. Da bi se to postiglo, njegova GML aplikativna šema treba da sadrži *modelReference* atribut koji pokazuje na koncept iz aplikativne ontologije.

4 SEMANTIČKO OZNAČAVANJE OWS SERVISA

Geoservisi se klasifikuju na osnovu ontologije servisa koja obuhvata predefinisane funkcionalnosti OGC servisa kao i funkcionalnosti implementirane u okviru WPS servisa, što obuhvata i definiciju operacija nad geoprostornim podacima. Klasifikacija servisa se označava upotrebom URI reference na OWL-S dokument koji opisuje taj servisi ili na jednostavniji način upotrebom reference modela i domena iz SAWSDL specifikacije.

4.1 Semantičko označavanje Capabilities dokumenata

Da bi se efikasno opisali i pretražili servisi upotrebom semantičkih oznaka, neophodno je razmotriti OWS specifikaciju koja definiše način na koji OGC servis oglašava svoj sadržaj kroz odgovor na *GetCapabilities* operaciju [26]. Dodavanje SAWSDL referenci modela u neku od postojećih

sekcija metapodataka podataka / servisa je pragmatičan, a i dalje koristan način da se semantički opišu resursi [1, 11]. Jedna od takvih sekcija su ključne reči.

Ključne reči mogu da preuzmu ulogu referenci modela i da budu direktna veza na koncepte u ontologiji domena. Ovaj pristup proširuje pojam ključnih reči da služe ne samo ljudima već i da ih računari mogu interpretirati. Osnovna dobit od takvog pristupa je jednostavna implementacija, jer se samo proširuje postojeća sekcija metapodataka, međutim uključivanje reference modela u ovu sekciju smanjuje čitljivost od strane ljudi, jer su tekstualni opisi jedan od glavnih izvora informacija za procenu isporučenih podataka, kada se koriste klijentske aplikacije koje nisu u stanju da interpretiraju semantički sadržaj. Ovaj pristup ne može da pokrije svu kompleksnost isporučenih podataka sa OGC servisa, jer nije uspostavljena formalna veza sa isporučenim podacima. Rezonovanje može da se vrši samo na nivou metapodataka, tako da reasoner može samo da zaključi da su podaci na neki način povezani sa konceptom domena, ali nije u mogućnosti da detektuje tačan resurs koji pruža potrebnu informacije, dok god se direktno semantički ne označe isporučeni resursi, kao što su tipovi geo-objekata kod WFS, slojevi mape kod WMS, itd. Na primer, kod WFS servisa, klijent hoće da zna koji tačno tipovi geo-objekata pružaju željenu informaciju, kao i da locira attribute koji sadrže tu informaciju. Za ovo se koristi označavanje modela podataka, opisano u prethodnom odeljku.

Listing 3 prikazuje proširenje sekcije *ows:Keywords* kroz dodavanje pokazivača na koncepte domena. Odgovor na *GetCapabilities* zahtev sadrži deo šeme za metapodatke definisane u standardima ISO 19115 / ISO 19139, a to obuhvata element *ows:Keywords*. Element *ows:Type* se mapira na element *ows:CodeSpace* koji sadrži referencu modela. Na sličan način se može koristiti na nivou resursa servisa kao što su tipovi geo-objekata (*Feature Types*) kod WFS, ili opisi rastera (*Coverage Offerings*) kod WCS, opisi procesa kod WPS, itd. Ovaj pristup je validan kod svih OGC servisa koji su u skladu sa OWS specifikacijom.

Druga opcija je da se koristi polje *Metadata* definisano u OWS specifikaciji. Standard ne specificira koji tipovi metapodataka treba da budu prisutni u ovom polju. Stoga je moguće dodati listu koncepata domena u ovo polje. WFS i WMS specifikacija definišu element *MetadataUrl* koji pruža vezu na dokument metapodataka koji opisuje elemente *FeatureTypes*

```
<ows:ServiceIdentification>
  <ows:Title>Some WFS Service</ows:Title>
  <ows:Keywords>
    <ows:Keyword>Parcele</ows:Keyword>
    <ows:Keyword>Objekti</ows:Keyword>
    <ows:Type codeSpace="http://ontology.com/KNOntology#">
      ontology
    </ows:Type>
  </ows:Keywords>
  <ows:ServiceType>WFS</ows:ServiceType>
</ows:ServiceTypeVersion>1.1.0</ows:ServiceTypeVersion> </ows:ServiceIdentification>
```

Listing 3. Uključivanje referenci modela u sekciju *ows:Keywords* u *GetCapabilities* dokumentu

```
<wfs:WFS_Capabilities version="1.1.0">
  <FeatureTypeList>
    <FeatureType>
      <Name>parcele</Name>
      <MetadataURL type="0" format="rdf/xml">
        http://ontology.com/knontology#parcele
      </MetadataURL>
    </FeatureType>
  </FeatureTypeList>
</wfs:WFS_Capabilities>
```

Listing 4. Uključivanje referenci na ontologiju u element *MetadataURL* u WFS *GetCapabilities* dokumentu

i *MapLayers*, tim redom. Ovaj element ima atribut *format* koji definiše format metapodataka, kao što je ISO 19115. On se može koristiti kao pokazivač na dokument koji semantički opisuje resurs. Ova vrsta semantičkog označavanja nije samo referenca modela, već referenca na celu ontologiju koja uključuje ove koncepte. U slučaju WFS, ovakva ontologija se može koristiti da semantički opiše strukturu tipa geo-objekta i u tom slučaju se moraju dodati i drugi formati u skup vrednosti atributa *format*, kao što su RDF i OWL. Primer korišćenja elementa *MetadataURL* kao reference na ontologiju unutar WFS *Capabilities* dokumenta je dat u listingu 4.

U slučaju WFS, WCS i drugih OWS servisa fokusiranih samo na podatke, semantičko označavanje se može fokusirati samo na podatke, jer je semantika operacija predefinisana. Što se tiče WPS, pored modelovanja izlaza sa geoservisa, kako je to slučaj sa WFS i WCS, potrebno je modelovati očekivane ulaze procesa, kao i zavisnost izlaza od ulaza, što zahteva sofisticiranije mogućnosti rezonovanja. Međutim, zbog velike složenosti ovog problema, semantičko označavanje procesa je trenutno primenljivo samo za mali broj aplikacija.

4.2 Semantičko označavanje OGC servisa upotrebom OWL-S ontologije

Ontologija OWL-S se koristi da opiše semantiku geoservisa. OWL-S je strukturiran u tri osnovna dela [17]:

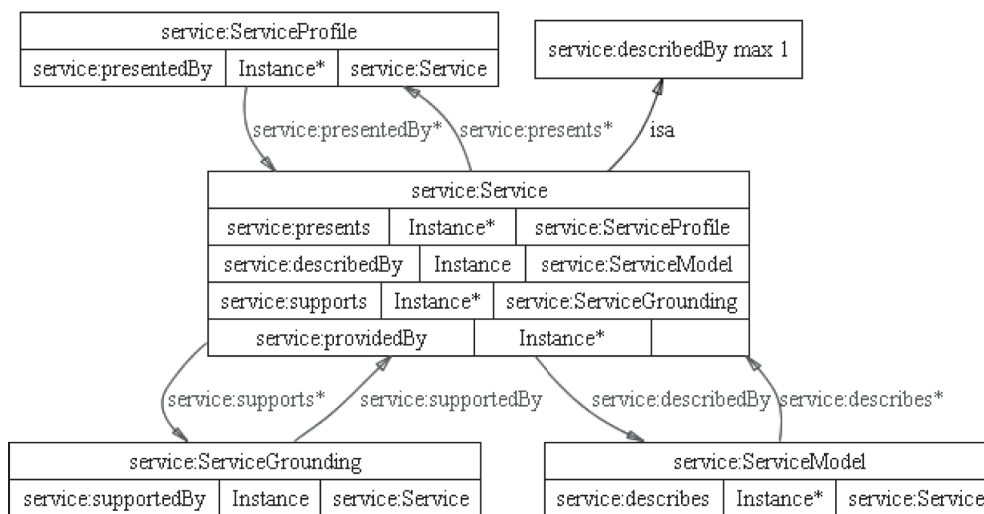
- Profil servisa: šta servis radi (oglas). Profil servisa daje tematsku informaciju o tipu, ulozi i kontekstu servisa. Npr. WFS servis pristupa vektorskim podacima.

- Model servisa: kako servis radi (detaljan opis), odnosno konceptualni ili opšti model procesa kojim servis povezuje ulaze i izlaze.
- Informacije kako da se pristupi servisu i pokrene izvršavanje (*grounding*), npr. semantički opis izlaza sa WFS se povezuje sa izlaznom porukom *GetFeature* operacije korišćenjem XSLT transformacije.

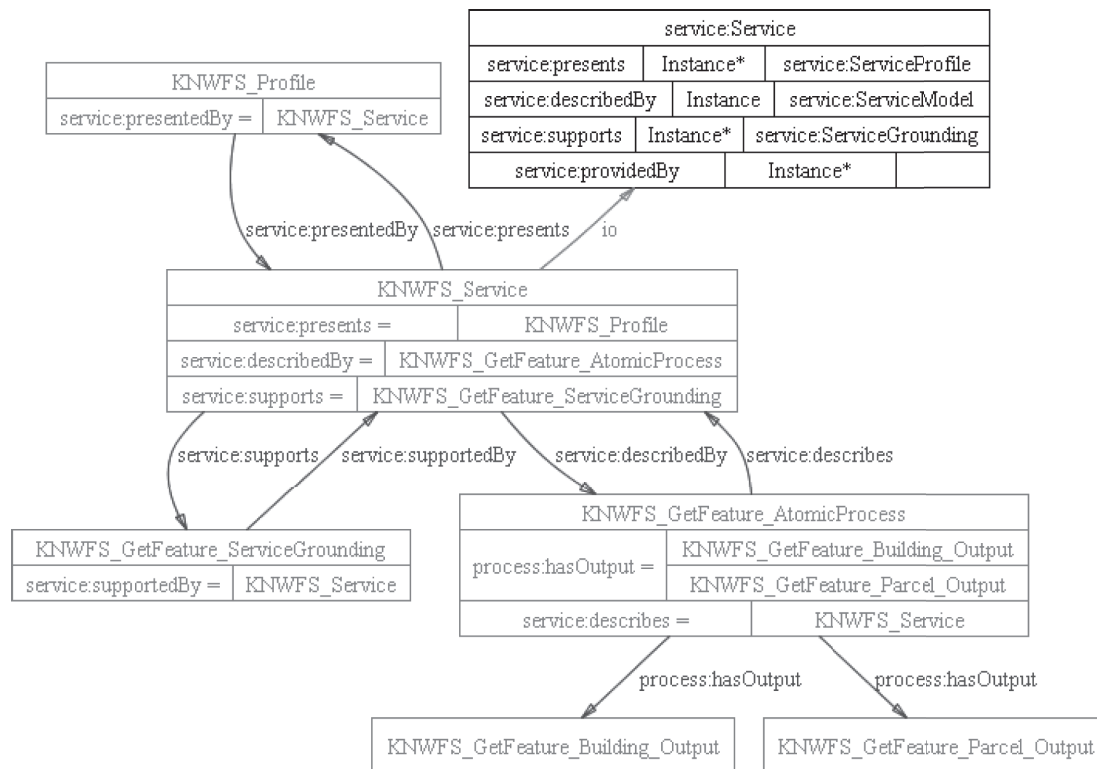
Profil servisa i model servisa se odnose na semantički opis servisa, dok *grounding* opisuje relaciju semantičkog opisa na sintaksni opis servisa što omogućava pozivanje i izvršavanje servisa. OWL-S opis može biti korišćen od strane generičkog klijenta da se efikasno poveže sa tim servisom. OWL-S koristi elemente WSDL da opiše sintaksu povezivanja sa određenim servisom, dakle OWL-S je prevashodno specificiran za semantički opis WSDL servisa (koncept *grounding* u OWL-S-u je konzistentan sa konceptom *binding* u WSDL-u), ali ga je moguće koristiti i sa drugim vrstama servisa, kao što je OWS, specificiranjem ontologije za pristup OWS servisima.

Slika 2 prikazuje osnovne klase OWL-S ontologije. Centralni koncept je *Service* koji predstavlja konkretni web servis. Za ovaj koncept su vezane tri osnovne uloge: *service:presents*, *service:describedBy* i *service:supports* koje servis povezuju sa profilom, modelom i pristupom, tim redom. Dakle, servis predstavlja (*service:presents*) profil servisa, opisan je modelom servisa (*service:describedBy*) i podržava (*service:supports*) odgovarajući pristup servisu.

Slika 3 prikazuje graf koji ilustruje kako se opisuje WFS servis upotrebom OWL-S ontologije. *KNWFS_Service* je instanca klase *Service* koja predstavlja WFS servis koji publikuje katastarske podatke. Model servisa je *KNWFS_GetFeature_*



Slika 2. Osnovne klase OWL-S ontologije prikazane u Protégé OntoViz



Slika 3. OWL-S opis WFS servisa

AtomicProcess koji predstavlja atomski proces (jednostavan proces koji se sastoji iz jedne aktivnosti, nasuprot složenim procesima koji se sastoje iz više aktivnosti) za WFS *GetFeature* operaciju. Rezultat ovog procesa je opisan konceptima *KNWFS_GetFeature_Building_Output* i *KNWFS_GetFeature_Parcel_Output* kojima je predstavljen izlaz WFS servisa; konkretno, GML dokument za objekte, odnosno parcele. Radi jednostavnosti ovaj proces nema ulazni parametar koji bi se odnosio na kriterijum selekcije geo-objekata prema *Filter Encoding* specifikaciji [30].

Ovdje valja još jednom napomenuti da je OWL-S ontologija koja opisuje web servise bazirane na WSDL opisima. Ovakvi web servisi se suštinski razlikuju od RESTful servisa kao što su OGC OWS servisi. REST (Representational state transfer) [21] predstavlja pokušaj da se opišu arhitekture koje koriste HTTP ili slične protokole koje ograničavaju interfejs na skup poznatih, standardnih operacija (kao što je GET, POST, PUT, DELETE za HTTP). Ovdje je fokus na interakciji sa stateful resursima, umesto poruka ili operacija kao kod WSDL. WSDL opisuje ulaze i izlaze, slično deklaraciji metode u objektno orijentisanoj paradigmi. Arhitektura bazirana na REST (RESTful) može da koristi WSDL da opiše SOAP poruke preko HTTP-a, može biti realizovana kao apstrakcija samo povrh SOAP, ili može da se kreira bez upotrebe SOAP. Za adekvatniji opis OGC servisa bi se mogla definisati ontologija koja više odgovara njihovim specifičnostima, naročito u domenu pristupa i izvršavanja.

5. ZAKLJUČAK

U radu je dat pregled metoda za semantičko označavanje i opisivanje geoprostornih web servisa baziranih na OGC

standardima upotrebom ontologija, na primeru katastarskih podataka i servisa. Ekspresivnije ontologije poput OWL-S su složenije za primenu, naročito u vezi sa označavanjem, odnosno opisivanjem web servisa. Praksa pokazuje da je to složen proces za krajnje korisnike, a samo veliki broj semantički opisanih servisa može da proizvede dovoljan broj semantičkih opisa kako bi te tehnologije ušle u širu upotrebu. Sa druge strane, postoji trend da se koriste jednostavnije ontologije, poput SAWSDL koje su suviše jednostavne i nisu u mogućnosti da opišu sve što bi trebalo da se opiše kod web servisa. Međutim pokazalo se da je upravo ovaj pristup bolji i prihvaćeniji [1]. Stoga je noviji razvoj u oblasti geoprostornog semantičkog weba uglavnom fokusiran na korišćenje referenci na ontologije koje opisuju podatke i servise, a uključuju se u postojeću OGC arhitekturu.

U domenu web servisa semantika se može podeliti na četiri tipa: (1) semantika podataka / informacija, (2) funkcionalna / operativna semantika, (3) semantika izvršavanja, i (4) semantika kvaliteta servisa (quality of service – QoS) [25]. Semantika podataka opisuje ulaze i izlaze web servisa. Funkcionalna semantika predstavlja semantiku funkcije servisa. Semantika izvršavanja precizira zahteve servisa kao što su preduslovi i efekti. Semantika kvaliteta servisa daje kriterijume kvaliteta za izbor servisa. Ovako preciznu semantiku je moguće ostvariti upotrebom ekspresivnijih ontologija poput OWL-S. Radi smanjenja kompleksnosti i bolje prihvaćenosti od strane krajnjih korisnika, koristi se jednostavniji pristup, ali je za sada on dao zadovoljavajuće rezultate samo kod geoservisa za pristup podacima. Dakle, složeniji (*heavy-weight*) pristup je pogodniji za korišćenje kod geoservisa za obradu (WPS), dok je jednostavniji *lightweight* pristup pogodniji za korišćenje kod servisa za pristup podacima, kao što su WFS i WCS.

4. REFERENCE

[1] M. Andrei, A. Berre, L. Costa, P. Duchesne, D. Fitzner, M. Grcar, J. Hoffmann, E. Klien, J. Langlois, A. Limyr, P. Maue, S. Schade, N. Steinmetz, F. Tertre, L. Vasiliu, R. Zaharia, and N. Zastavni, SWING: An Integrated Environment for Geospatial Semantic Web Services, The Semantic Web Research and Applications, vol 3, 2008, pp. 767-771.

[2] G. Antoniou, F. Van Harmelen, "Web ontology language: OWL", In S. Staab and R. Studer, editors, Handbook on Ontologies, Springer, 2009, pp. 91-110.

[3] P. Baumann, "WCS 2.0 Interface Standard – Core", Version 2.0.0. OGC 09-110r3, Open Geospatial Consortium, Inc., 2010, pp. 53.

[4] J. de la Beaujardiere, OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, Version: 1.3.0, OGC 06-042, Open Geospatial Consortium, Inc., 85 pp., 2006.

[5] D. Nebert, A. Whiteside, P. Vretanos, "Catalogue Services Specification", Version 2.0.2. OGC 07-006r1, Open Geospatial Consortium, Inc., 2007, pp. 218.

[6] M. Govedarica, D. Bošković, D. Petrovački, T. Ninkov, A. Ristić, "Metadata Catalogues in Spatial Information Systems", Geodetski list, vol.64 (87) no.4, 2010, pp. 313-334.

[7] T.R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications", Knowledge acquisition vol. 5, 1993, pp. 199-220.

[8] ISO 19115: 2003 - Geographic information – Metadata, http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=26020.

[9] E. Klien, S. Schade, and J. Hoffmann, "Deliverable 3.1 - Ontologies in the SWING Application - Requirement Specification", 2007, <http://swing-project.org/deliverables/document/86>

[10] M. Lutz, J.Sprado, E.Klien, C.Schubert, I.Christ, "Overcoming semantic heterogeneity in spatial data infrastructures", Computers & Geosciences vol. 35, 2009, pp. 739-752.

[11] P. Maué, "Semantic annotations in OGC standards", OGC 08-167r1, Open Geospatial Consortium, Inc., 2009, pp. 50.

[12] P. Maué, C. Stasch, G. Athanasopoulos, L. E. Gerharz, "Geospatial Standards for Web-enabled Environmental Models", International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, vol. 6, 2011, pp. 145-167.

[13] R. Martell, "CSW-ebRIM Registry Service - Part 1: ebRIM profile of CSW", Version: 1.0.1. OGC 07-110r4, Open Geospatial Consortium, Inc., 2009, pp. 53.

[14] OASIS regrep-rim-3.0-os, "ebXML Registry Information Model", Version 3.0. <http://docs.oasis-open.org/regrep/v3.0/specs/regrep-rim-3.0-os.pdf>

[15] OGC Reference Model, Version: 2.1, OGC 08-062r7, Open Geospatial Consortium, Inc., 2011, pp. 44.

[16] Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org>

[17] OWL-S: Semantic Markup for Web Services, <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>

[18] J. Z. Pan, "Resource Description Framework", In S. Staab and R. Studer, editors, Handbook on Ontologies, Springer, 2009, pp. 71-90.

[19] G. Percival, „The OpenGIS Abstract Specification, Topic 12: OpenGIS Service Architecture”, Version 4.3, Open Geospatial Consortium, Inc., 2002, pp. 78.

[20] C. Portele, "Geography Markup Language (GML) Encoding Standard", Version: 3.2.1, OGC 07-036, Open Geospatial Consortium, Inc., 2007, pp. 437.

[21] L. Richardson; S. Ruby, "RESTful Web Services", O'Reilly, 2007, pp. 448.

[22] Semantic Annotations for WSDL and XML Schema, <http://www.w3.org/TR/sawSDL/>

[23] D. Sladić, M. Govedarica, A. Ristić, "Semantic Metadata in Spatial Information Systems", 9th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Subotica, 2011, pp. 231 – 236.

[24] P. Schut, "Web Processing Service", Version 1.1.0. OGC 05-007r7, Open Geospatial Consortium, Inc., 2007, pp. 87.

[25] A. Sheth, "Semantic web process lifecycle: role of semantics in annotation, discovery, composition and orchestration", invited talk at WWW 2003 Workshop on e-Services and the Semantic Web, Budapest, Hungary, 2003.

[26] A. Whiteside, J. Greenwood, "Web Services Common Standard", Version 2.0.0. OGC 06-121r9, Open Geospatial Consortium, Inc., 2010, pp. 207.

[27] H. Wache, T. Voegelé, U. Visser, H. Stuckenschmidt, G. Schuster, H. Neumann, S. Hubner, "Ontology-based integration of information – a survey of existing approaches", Proceedings of the IJCAI'01:17th International Joint Conferences on Artificial Intelligence, Seattle, WA, 2001, pp.108-117.

[28] U. Visser, H. Stuckenschmidt, G. Schuster, T. Voegelé, "Ontologies for Geographic Information Processing", Computers & Geosciences vol. 28, 2002, pp. 103-117.

[29] P. Vretanos, "Web feature service (WFS) implementation specification", Version 2.0.0. OGC 09-025r1, Open Geospatial Consortium, Inc., 2010, pp. 253.

[30] P. Vretanos, "OpenGIS Filter Encoding 2.0 Encoding Standard", Version: 2.0.0. OGC 09-026r1, Open Geospatial Consortium, Inc., 2010, pp. 90.

[31] P. Yue, L. Di, W. Yang, G. Yu, P. Zhao, "Semantics-based automatic composition of geospatial Web service chains", Computers & Geosciences 33, 2007, pp. 649-665.

[32] P. Zhao, L. Di, W. Yang, G. Yu, P. Yue, "Geospatial Semantic Web: Critical Issues", in: H.A. Karimi, Handbook of Research on Geoinformatics, Information Science Reference, 2009, pp. 178-189.

[33] P.Zhao, L. Di, G. Yu, P. Yue, Y. Wei, W. Yang, "Semantic Web-based geospatial knowledge transformation", Computers & Geosciences 35, 2009, pp. 798-808.



Mr Dubravka Sladić, dipl. ing. el., Fakultet tehničkih nauka - Centar za geoinformacione tehnologije i sisteme
 Kontakt: dudab@uns.ac.rs
 Oblasti interesovanja: Elektrotehnika i računarstvo, automatika i upravljanje sistemima – geoinformatika, geoinformacioni sistemi



Prof. dr Miro Govedarica, dipl. ing. geod., Fakultet tehničkih nauka - Centar za geoinformacione tehnologije i sisteme
 Kontakt: miro@uns.ac.rs
 Oblasti interesovanja: Elektrotehnika i računarstvo, automatika i upravljanje sistemima – geoinformatika, geoinformacioni sistemi



M. Sc. Aleksandra Ristić, Fakultet tehničkih nauka - Centar za geoinformacione tehnologije i sisteme
 Kontakt: sanjicans@gmail.com
 Oblasti interesovanja: Elektrotehnika i računarstvo, automatika i upravljanje sistemima – geoinformatika, geoinformacioni sistemi



Prof. dr Dušan Petrovački, Fakultet tehničkih nauka
 Kontakt: petrovacki@uns.ac.rs
 Oblasti interesovanja: Elektrotehnika i računarstvo, automatika i upravljanje sistemima