

SEMANTIČNI SPLET IN KONCEPT GLOBALNE GEO-ONTOLOGIJE

SEMANTIC WEB AND THE CONCEPT OF GLOBAL GEO-ONTOLOGY

Marian Čeh, Domen Smole, Tomaž Podobnikar

UDK: 004:111:659.2:91

IZVLEČEK

S širjenjem aplikacij geografskih informacijskih sistemov (GIS) na svetovnem spletu se povečuje potreba po prepoznavanju pristopov, s katerimi različne skupine uporabnikov konceptualizirajo domeno prostora geografskih razsežnosti. V raziskavi predstavljamo, kako je mogoče izdelati povezovalni semantični referenčni sistem prostora geografskih razsežnosti v semantičnem spletu, in sicer v smislu izdelave koncepta globalne geo-ontologije. Koncept sloni na splošni ontologiji predstavitve znanja in temelji na predmetno-pojmovnih pojavnih oblikah ter hkrati na prvobitnih in naprednih človeških aktivnostih. Razvita ontologija obsega 588 konceptov na petih ravneh in je razširljiva. Z zamisljivo se uveljavljajo pravila, ki so veljavna v vsaki tovrstni ontologiji: neodvisnost od lokacije, časovnega preseka in kulture.

KLJUČNE BESEDE

ontologija, semantični splet, geografski prostor, logika, semantični referenčni sistem, globalna geo-ontologija

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.01

ABSTRACT

Geographic information systems have been applied on the World Wide Web with different approaches and there is a need to recognize how different groups of users conceptualize the domain of geographic space. In our research, we present an attempt to model a semantic reference system in a semantic web by the concept of global geo-ontology. Taxonomy is based on general knowledge representation as physical and conceptual shapes, simultaneously with basic and advanced human activities. Developed ontology includes 588 concepts on five levels and is extendable. Within such a structure, the rules as independence of location, time frame and culture are respected.

KEY WORDS

ontology, semantic web, geographic space, logic, semantic reference system, global geo-ontology

1 UVOD

Pogosto vprašanje pri razumevanju geografskih informacij je, kakšen je pomen pojmov »pašnik« ali »travnik«, ki se pojavljata v različnih zbirkah prostorskih podatkov, na primer v DTK 5, zemljiškem katastru, CORINE Land Cover ali na jožefinski vojaški karti. V zadnjih dveh desetletjih so na področju geoprostorske znanosti, ki je podpodročje geografskih informacijskih sistemov (GIS), opazna prizadevanja številnih raziskovalcev za opredelitev okolja, ki omogoča enostavnejšo in bolj učinkovito pridobivanje, izmenjavo prostorskih podatkov in storitev ter njihovo integracijo.

Takšno okolje se imenuje »geoprostorski pomenski splet« (angl. geospatial semantic web)

(Egenhofer, 2002; Berners-Lee et al., 2001) ali »splet 3.0« (Web 3.0). Podatki v tem okolju so strukturirani po standardih HTTP in URI, kar omogoča povezovanje in poizvedovanje po različnih virih. Take strukture imenujemo povezani podatki (angl. linked data) (Berners-Lee, 2009). Prizadevanja znanstvenikov izdatno (tudi finančno) podpira večina pomembnejših proizvajalcev programske opreme GIS. Slednji se namreč zavedajo dolgoročnih pozitivnih ekonomskih učinkov, ki jih prinaša pogostejša izmenjava potencialno zelo uporabnih podatkov in storitev, vezanih na prostor.

Eden pomembnejših mejnikov v zgodovini razvoja tehnologije GIS-ov je bil preskok s programske opreme GIS-a za delo v samostojnih okoljih na programsko opremo, ki uspešno deluje v okolju svetovnega spleta in v zadnjih letih kot računalništvo v oblaku. Spletni GIS-i vsebujejo prostorske podatke različnih tematik. Za večino takšnih predstavitev obstaja tudi opis prostorskih podatkov, ki jih vsebuje aplikacija. To je standardizirani opis prostorskih podatkov, na primer po evropskih standardih CEN ter mednarodnih standardih ISO ali OpenGIS. Dodatna težava so vedno večje zbirke podatkov, ki jih zelo težko obdelujemo, shranjujemo, analiziramo, vizualiziramo ipd. Taki podatki so zapisani v različnih formatih, njihovo lastništvo je zapleteno, kakovost je lahko vprašljiva. Pri tem posebej izpostavljamo semantično natančnost, ki je večinoma ne znamo izmeriti (Janowicz, 2012). Taki podatki pogosto implicitno vsebujejo informacije, ki jih lahko uporabljamo za različne namene.

Zaradi preobilja in raznolikosti podatkovnih standardov in terminologije, ki predstavljajo različne geografske in podatkovne koncepte, pa se povečujejo težave pri porazdeljevanju med različnimi viri geografskih informacij in večkratni uporabi geografskih informacij (Čeh, 2003). Pridobivanje semantičnega znanja glede na okoliščine (kontekst) geografskega prostora neposredno iz obstoječih podatkovnih shem je še vedno zelo intuitiven proces. Semantična integracija geografskih podatkovnih nizov je problematična zaradi oviranega porazdeljevanja informacij.

Zmotno se predpostavlja, da so geografske informacije uporabne same po sebi, če so le dovolj verodostojna predstavitev stvarnosti. Za povečanje njihove koristnosti in uporabnosti je treba razviti metodo za gradnjo ontologije kot vmesnika za komunikacijo. Pojem ontologija izvira iz filozofije, v kateri označuje splošno teorijo obstoja in možnosti razvrščanja ločenih entitet v kategorije. GIS je v večini izvedb razvit kot pasivni model sveta, pri katerem se premalo upošteva okolje, v katerem se uporablja. Menimo, da je treba prepoznati, kako posamezni agenti delujejo v svetu obravnave in aktivnosti, ki se pojavljajo v svetu, in sicer neodvisno od načina modeliranja človeškega znanja o svetu v informacijskem sistemu.

Postavlja se vprašanje, ali ontologija omogoča reševanje že prepoznanih težav semantične medopravnosti oziroma ali ni le nova fraza za obravnavo semantičnih omrežij. Obstoječe geontologije (natančneje, ontologije prostora geografskih razsežnosti) vsebujejo raznolikosti, kot so razlike na ravni podrobnosti, razlike razmerij med konceptnimi tipi, protislovja v opredelitvah konceptov in nepopolni opisi značilnosti konceptov.

Obstaja več težav pri pridobivanju semantičnega znanja: nepopolnost in ohlapnost uporabniških zaznav stvarnosti, nasprotujoče si predstavitve konceptov, mnogopomenskost simbolov,

uporabljenih v shemah, oporečne razlage in opredelitve simbolov. Najpogosteje uporabljen pristop za pridobivanje semantičnega znanja je preučevanje sveta obravnave oziroma izdelava ustrezne ontologije področja obravnave oziroma domene. Za nadgraditev povezav med podatkovnimi objekti v vnaprej določene povezave je bilo razvitih več strategij, na primer izgradnja semantičnega referenčnega sistema (SRS).

2 PROBLEM

GIS vsebuje podatke, ki so opredeljeni prostorsko, časovno in tematsko. Prostorska in časovna opredelitev sta navezani na (univerzalne oziroma globalne) teorije in geodetske referenčne sisteme. Tretja, še vedno pomanjkljivo opredeljena referenčna sestavina je semantična opredelitev. Prostorski referenčni sistem štejemo za poseben primer semantičnega referenčnega sistema (SRS). Osnovni izziv, ki si ga postavljamo, je: kako modelirati SRS geografskega prostora? Geografski element v geoinformatiki je abstrakcija pojava stvarnega sveta, vezana na položaj glede na Zemljo. Preučevanje globalnih ontologij zgornje ravni geografskega prostora kot univerzalnega SRS je resen znanstveni izziv, ki odpira številna vprašanja.

Kuhn (2003) in Raubal (2004) sta se teh vprašanj lotila z uporabo pomenske osnove v geoprostorskih aktivnostih. Podala sta zasnove za izgradnjo SRS-a, ki je namenjen transformacijam in projiciranju tematskih podatkov v domeni geoinformatike. Njunjo zasnovo SRS-a sestavlja:

- n-dimenzionalni semantični referenčni prostor kot (ontološka) mreža ali vektorski prostor konceptov, ki ni nujno metričen;
- semantični datum za pričvrstitev referenčnega prostora na podlagi fizičnih opazovanj;
- prostorska razmerja v semantičnem prostoru, kot so zaporedje ter topološke in metrične relacije.

Referenčni prostori razdeljujejo tematski prostor v dele, ki so označeni s simboli in predstavljajo subjektivne zavedne izkušnje prostora oziroma tako imenovane »qualie«. Kuhn (2003) semantični datum utemeljuje s semantično osnovo v fizikalno zaznavnih pojavih, prav tako kot geodetski datum opredeli geografsko dolžino in širino v opazovanem položaju relativno glede na Zemljo in zvezde. Prostorska razmerja omogočajo izračune v semantičnih prostorih, na primer semantične razdalje, ter izračune med različnimi semantičnimi prostori (datumi) za semantično transformacijo, na primer za primerjanje in kartiranje med pomeni.

Alternativni način za opisovanje SRS-a z geo-ontologijo je predlagal Fonseca et al. (2006), in sicer z naslednjimi osnovnimi koncepti: fizična stvarnost, družbena stvarnost, omejen prostor, zvezni prostor. S temi osnovnimi gradniki opisujejo naslednje koncepte: objekte bona fide (npr. »gora«), objekte fiat (npr. »parcela«), fizikalna polja (npr. »temperatura«) in družbene porazdelitve (npr. »človeški razvoj«).

Tretji pristop opredelitve SRS-a ponuja Frank (2001), in sicer kot »sloje« (Tiers). Ničelni sloj predpostavlja »zunanjo« stvarnost, ki jo sestavlja niz kontinuiranih polj prostor-čas. Prvi sloj je sestavljen iz človekovih meritev te stvarnosti. Drugi sloj sestavljajo objekti, ki jih je ustvaril človek na podlagi meritev. Tretji sloj je niz objektov družbene stvarnosti, ki je sestavljen na

podlagi sporazumov in pogodb. Četrta, zadnji sloj pa sestoji iz subjektivnih miselnih zasnov o geografskem prostoru.

Vprašanje oblikovanja metodologije za izgradnjo SRS-a geografskega prostora z ontologijo predstavljamo z rešitvami lastnega pristopa, ki so nadgradnja problematike, zajete v publikaciji Čeh (2003).

3 METODOLOGIJA KONCEPTUALNEGA MODELIRANJA ONTOLOGIJE PROSTORA

Pri oblikovanju ontologije se uporabljajo zdravorazumsko mišljenje in zapisana besedila, ki opisujejo človeške aktivnosti. Pri razvoju formalne ontologije in njenih kategorij, razredov, je treba ohraniti čim manjše število razredov najvišje ravni. Tako sta zagotovljeni jasnost razumevanja členjenja ontologije in enostavnost njene uporabe. Podrobnejša opredelitev formalne ontologije je: ontologija je členjena, strukturirana, omejevalna zbirka nedvoumno opredeljenih konceptov. Obstajajo štiri temeljna pravila za modeliranje formalne ontologije (Gruber, 1993; Kuhn, 1996): (i) ontologija je zbirka skupnih konceptov; (ii) koncepti ontologije so nedvoumno opredeljeni; (iii) zbirka konceptov je omejevalna: koncepti, ki niso opredeljeni v ontologiji, niso uporabni; (iv) zbirka ima model členitve, kar pomeni, da ontologija vsebuje razmerja med koncepti. Vključevalna pravila pomenijo merila za zajem podatkov o objektih, določajo, kateri objekti bodo posneti. Predstavitvena pravila opredeljujejo, kako bodo objekti predstavljeni. Pravila poenostavljanja določajo, kako bodo stvarni objekti poenostavljeni v predstavitvah objektov. Pravila združevanja opredeljujejo, kako bodo stvarni objekti združeni v predstavitvi objektov.

Naša metoda temelji na človeških aktivnostih in povezuje aktivnosti z objekti domene. Oblikovana je hierarhija konceptov v naslednje ravni:

- raven 0: izhodišče ontologije,
- raven 1: inducirana kategorija,
- raven 2: superrazred,
- raven 3: razred,
- raven 4: objekt/shema (pojav),
- raven 5: atribut (objekta/sheme pojava).

Metoda za izdelavo geo-ontologije je zaradi potrebe po hierarhičnosti modela, ki povečuje enoličnost strukture in hitrost iskanja konceptov, razdeljena v tri faze:

- določitev izhodišča ontologije prostora,
- izdelava inducirane ravni ontologije prostora in
- izdelava stvarnih ravni ontologije prostora.

V nadaljevanju opisujemo izdelavo konceptualnega omrežja domene prostora geografskih razsežnosti v naravnem jeziku. Izdelati ga je mogoče tudi v obliki formalno opredeljenih izrazov, na primer v jeziku prolog (Smole et al., 2011; Čeh et al., 2012) na podlagi ontologije konceptov predstavitve znanja.

3.1 Določitev izhodišča ontologije prostora

Za določitev izhodišča ontologije prostora je določena omejitev koncepta »prostor« s parametrom razsežnost. Z obravnavano ontologijo je zaželeno obravnavati objekte geografskega prostora, zato je parameter razsežnosti omejen na geografsko razsežnost, ki sta jo opredelila Egenhofer in Mark (1995): »Prostorski objekti geografskega obsega (razsežnosti) so objekti, ki so večji od človeškega telesa in jih ni mogoče v celoti zaznati v okviru enega zaznavnega dejanja.« Izhodišču ontologije je določena oznaka ravni 0.

3.2 Izdelava inducirane ravni ontologije prostora

Razplastitev ravni in iz nje izvirajoča hierarhija, bodisi eksplicitna ali implicitna, je v logiki nujna predpostavka temeljnega načela neprotislovnosti. Naravni jezik je izhodišče in zadnji člen hierarhije formalnih metajezikov, ki celotno hierarhijo osmišlja in vsem njenim stopnjam podeljuje pomen (Uršič in Markič, 2009). Pristop induciranja konceptov je privzet po metodologiji konstruktivne indukcije, ki je metoda klasifikacije v induktivnem logičnem programiranju (Smole et al., 2011). Uporablja se pri obravnavi nekaterih vrst problemov, pri katerih se je pokazalo, da obstoječi atributi in relacije ne zadoščajo za razumljiv opis danega koncepta. Problemi takšne vrste se rešujejo s samodejnim ali ročnim dodajanjem novih, vmesnih (induciranih) konceptov (Robnik-Šikonja, 1997).

Z izdelavo inducirane ravni ontologije prostora so povezani deli splošne ontologije predstavitev znanja, ki ga je razvil Sowa (2000). Tri izbrane kategorije so formalno zapisane v obliki trditve. Aktivnosti ljudi v prostoru geografskih razsežnosti so opredeljene s kategorijo »namen«. Namen je hotenje, ki pojasnjuje stanje, situacijo, kar zapišemo kot trditve:

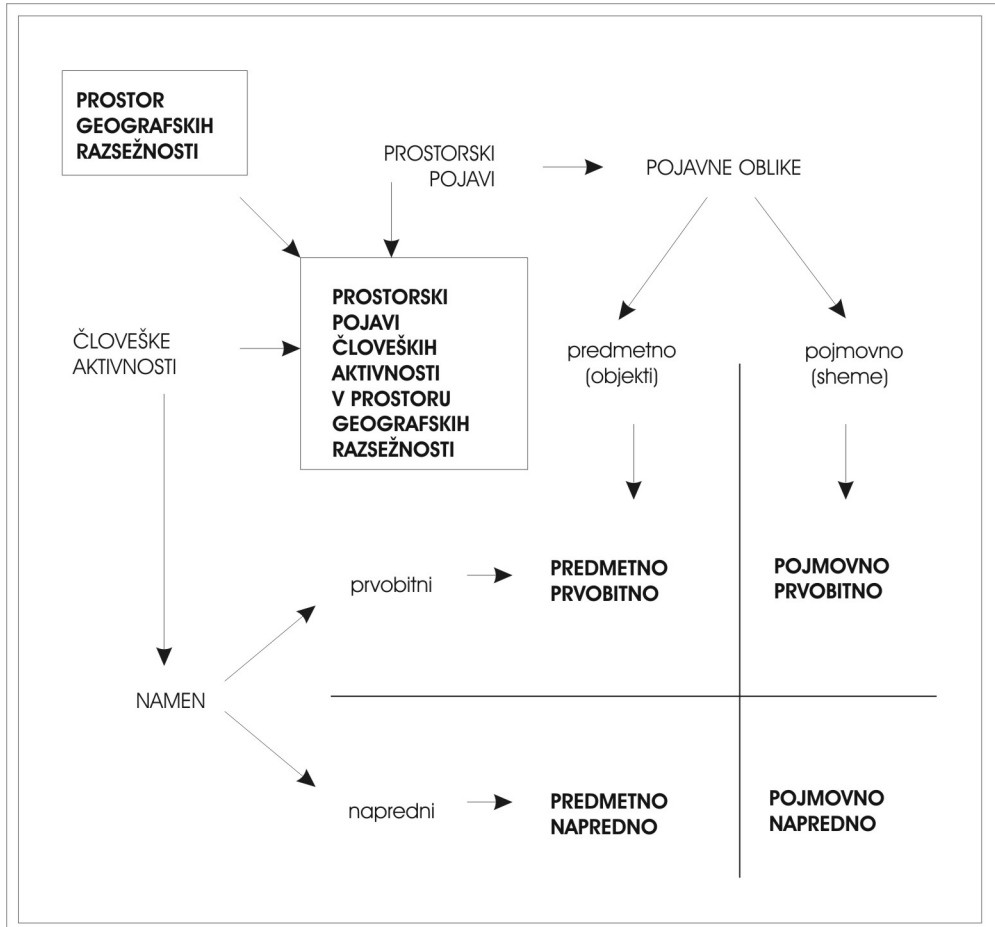
\exists namen = pojmovno \wedge posređovalno \wedge pojavno.

V ontologiji znanja (Sowa, 2000) trditve povezujejo namen z aktivnostmi in povzročitelji, agenti. Trditve za namen in aktivnosti lahko vključujejo parametre, kot so časovno zaporedje, naključnost in uspeh ali neuspeh. Nameni človeških aktivnosti v prostoru geografskih razsežnosti se posređujejo v prostor geografskih razsežnosti prek dveh skupin dojemanja udeležbe agentov, in sicer kot prvobitne in napredne aktivnosti. Prvobitne človeške aktivnosti imajo temeljni vzrok v namenu zadovoljevanja posameznikovih, individualnih hotenj in potreb. Napredne človeške aktivnosti imajo vzrok v namenu zadovoljevanja kolektivnih hotenj skupnosti.

Pojavne oblike v prostoru geografskih razsežnosti je mogoče opredeliti s kategorijama objekt in shema. Posamezna kategorija (objekt, shema) je konjunkcija enostavnejših monadičnih predikatov (Sowa, 2000), kar zapišemo kot trditvi:

\exists objekt = predmetno \wedge samostojno \wedge nepretrgano,

\exists shema = pojmovno \wedge samostojno \wedge nepretrgano.



Slika 1: Izhodišče in inducirana raven globalne geo-ontologije

Nadalje opredelimo kombinacije kategorij prvobitne in napredne aktivnosti ter kombinacije kategorij pojavnih oblik (objekt, shema). Kombinacije so izražene v matriki kategorij, razsežnosti 2 krat 2, ki predstavlja inducirano raven izdelane ontologije (slika 1). Kategorijam inducirane ravni 1 ontologije prostora so določene oznake vsebovanih kategorij. Formalno so zapisane kategorije inducirane ravni kot naslednje trditvene formule:

- ☐ predmetno-prvobitno = predmetni objekti \wedge prvobitne človeške aktivnosti \wedge geografska razsežnost,
- ☐ predmetno-napredno = predmetni objekti \wedge napredne človeške aktivnosti \wedge geografska razsežnost,
- ☐ pojmovno-napredno = pojmovne sheme \wedge napredne človeške aktivnosti \wedge geografska razsežnost,
- ☐ pojmovno-prvobitno = pojmovne sheme \wedge prvobitne človeške aktivnosti \wedge geografska razsežnost.

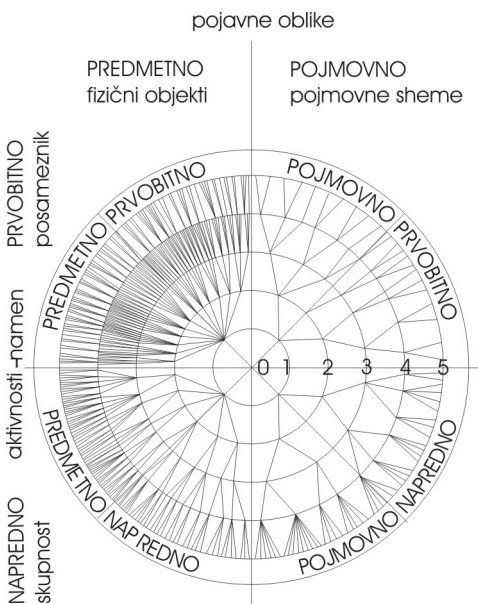
Tako so formalno ustvarjene kategorije inducirane ravni geo-ontologije.

3.3 Izdelava inducirane ravni ontologije prostora

Vnaprej določeni štirje inducirani koncepti so podlaga za ustvarjanje stvarnih konceptov na hierarhični ravni z oznako 2. Na tej ravni se izvede razvejanje ontologije. Da bi ohranili preglednost, je razvejanost na ravni 2 omejena na 12 konceptov za vsako od štirih skupin, izhajajočih iz induciranih konceptov, tako je največji teoretični obseg druge ravni 48 konceptov. V razviti metodologiji je treba upoštevati načelo »od manj podrobnegega k bolj podrobnejemu« ali »od zgoraj navzdol«, ki bi ga lahko primerjali s strategijo enkapsulacije objektov v razrede v domeni objektnega modeliranja.

Za oblikovanje novih konceptov je treba izvajati miselni postopek naravnega učenja, in sicer učenja z razumevanjem in vpogledom (Bratko et al., 1998), natančneje, s strategijo iskanja v širino ter raziskovanja znanja kot strategijo iskanja v globino (Kononenko, 1997). Pri strategiji učenja iskanje v globino človek zaporedno predstavlja hipoteze in jih preskuša in spreminja, dokler je to mogoče, potem pa se vrne na izhodišče in postavi novo hipotezo. Tako učenje je za ljudi lahko, vendar ne vodi nujno k optimalni hipotezi in po navadi zahteva veliko učnih primerov.

S strategijo iskanja v širino in globino so bili na ravni 2 ustvarjeni splošni, stvarni in razumljivi koncepti, ki so nadalje razvejani na nižjih ravneh ontologije (slika 2). Osnovno vodilo za ustvarjanje novih konceptov so aktivnosti ljudi v prostoru geografskih razsežnosti, katerih posledica je stvaritev predmetnih objektov ali pojmovnih shem geografske razsežnosti.



Slika 2: Semantični referenčni sistem (SRS), globalna geo-ontologija

Koncepti ravni 2 dedujejo lastnosti koncepta, ki predstavlja izbrano inducirano kategorijo na ravni 1. Dodatno lastnost vsakemu konceptu ravni 2 določa obravnavana aktivnost. Koncepti ravni 2 so formalno izraženi z naslednjo formulo:

koncept (superrazred) = pojavna oblika \wedge namen aktivnosti \wedge aktivnost \wedge razsežnost \wedge pomenska podrobnost.

Navajamo primer formalnega zapisa koncepta:

koncept (POSTAVLJANJE mejnih predmetov) = predmetni objekti \wedge prvobitne aktivnosti \wedge postavljanje mejnih predmetov \wedge geografska razsežnost \wedge superrazred.

Tako izraženi koncept pomeni odločevalno pravilo za uvrščanje konceptov na raven 3 ontologije prostora.

Sestavljanje tako imenovanih govorečih šifer na ravni 2: enomestna šifra pripadajočega koncepta inducirane ravni 1 in k njej dodana dvomestna šifra koncepta ravni 2 (10). Primer govoreče šifre za predhodno predstavljeni koncept (POSTAVLJANJE mejnih predmetov) je: 1_10 = 110.

Simboli konceptov ravni 4 in 5 so semantični slovar izrazov prostora geografske razsežnosti. Pri konceptih, za katere obstajajo istopomenski izrazi, se dodaja povezava na njihove sinonimne simbole. Enako se izvaja označevanje konceptov z izrazi v tujih jezikih. To omogoča uporabo izdelane ontologije za povezovanje konceptov zbirk podatkov, izraženih v različnih nacionalnih jezikih. Geo-ontologija obsega 588 konceptov na petih ravneh in je razširljiva. Razvito konceptualno ogrodje je podlaga za organizacijo semantičnega slovarja.

4 RAZPRAVA

Študij ontologij z vidika filozofije in računalniških znanosti lahko pomembno prispeva k združevanju različnih konceptualizacij geografskega prostora v temeljno geo-ontologijo. Izgradnja ontologij o geografskih informacijah, kakršna je predstavljena v prispevku, je zapleten postopek (Frank, 1999), povezan s porazdeljevanjem znanja o prostoru geografskih razsežnosti in z večkratno uporabo znanja (Bucher, 2000). Pri porazdeljevanju znanja je smiselno združevanje ontologij in znanja o reševanju problemov (Gomez, Benjamins, 1999).

V literaturi (npr. de Bruijn, Fensel, 2009) zasledimo tri ravni znanja, miselnih zasnov oziroma konceptov glede na različne ravni abstrakcije, ki sovpadajo s tremi različnim tipi ontologij, razvrščenimi glede na njihove ravni splošnosti, in sicer:

- ontologije zgornje ravni (splošne, globalne, univerzalne), ki opisujejo splošne koncepte, neodvisne od posebnih področij obravnave ali programov;
- ontologije področij obravnave (domenske ontologije), ki so predstavljene kot slovarji miselnih zasnov (konceptov) in njihovih razmerij, s katerimi se opredeljujejo teorije obravnavanega področja;
- ontologije uporabe (aplikativne ontologije) opisujejo koncepte, ki se nanašajo na izbrano uporabo.

Semantični splet je oblikovan kot omrežje elektronskih informacijskih virov, podprtih z ontologijami, kar vsebuje pripadajoče predstavitvene mehanizme in mehanizme sklepanja (Berners-Lee et al., 2001). V prispevku obravnavani geoprostorski semantični splet je mogoče razumeti kot povečanje semantičnega spleta, ki dodatno vsebuje geoprostorske abstrakcije, kot tudi

na to vezane postopke sklepanja, predstavljanja in poizvedovanja (O'Dea et al., 2005). Ontologije zgornje (globalne) ravni so podlaga za človeško razumevanje sveta (časa, prostora, dejavnosti). Opisujejo splošne koncepte, ki so enaki na vseh področjih znanja in v vseh kulturah klasične misli. Med ontologijami zgornje ravni obstaja mnogo podobnosti. V prispevku predlagano metodologijo konceptualnega modeliranja uvrščamo v obravnavan problem področja poskusov vzpostavitve globalne geo-ontologije.

5 SKLEP

V raziskavi smo predstavili povezovalni semantični referenčni sistem geografskega prostora v semantičnem spletu, in sicer v smislu izdelave koncepta globalne geo-ontologije »od zgoraj navzdol«. Predlagani inovativni koncept se naslanja na splošno ontologijo predstavitve znanja in temelji na predmetno-pojmovnih (objektno-pojmovnih) pojavnih oblikah ter hkrati na prvobitno-naprednih človeških aktivnostih v prostoru geografskih razsežnosti. Razvita ontologija obsega 588 konceptov na petih ravneh in je razširljiva. V okviru zamisli se uveljavljajo pravila, ki so veljavna v vsaki tovrstni ontologiji, vendar poskuša biti naprednejša (bolj univerzalna) od že razvitih konceptov. Pri tem gre za razvoj učinkovitih prostorskih modelov, neodvisnih od lokacije, časovnega preseka in kulture.

S širjenjem GIS-aplikacij na svetovnem spletu se povečuje potreba po prepoznavanju pristopov, s katerimi različne skupine uporabnikov konceptualizirajo domeno prostora geografskih razsežnosti. Z nenehnim naraščanjem količine digitalnih podatkov se povečuje aktualnost komunikacije ali medopravnosti prostorskih zbirk podatkov. To delo morajo poznati skrbniki (načrtovalci) in tudi uporabniki zbirk prostorskih podatkov. Z obravnavano tematiko morajo biti seznanjeni vsi, ki se ukvarjajo s prostorsko informatiko in odločajo o uporabi posameznih zbirk podatkov. K dodelavi enotnega koncepta standarda semantične opredelitve prostorskih podatkov na državni, evropski in svetovni ravni bi ne nazadnje pripomogla tudi politična podpora. Semantična opredelitev prostorskih podatkov je v primerjavi z neprimerno bolj raziskano in standardizirano geometrično opredelitvijo zelo pomembna, saj omogoča lažjo in učinkovitejšo uporabo prostorskih podatkov.

Literatura in viri:

Berners-Lee, T. (2009). *Linked Data*, <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html> (dostop 8.8.2013).

Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. (2001). *The Semantic Web*, *Scientific American*, 29–37.

Bucher, B. (2000). *Users Access to Geographic Information Resources: a Model of Tasks and Roles to Specify Intentional Uses Regarding Available Resources*. V: Winter S. (ur.). *Geographical Domain and Geographical Information Systems*, *Geo-info series*, Technical University of Vienna, Department of Geoinformation, Avstrija, Vol. 17, 29-32.

Čeh, M. (2003). *Semantična integracija zbirk prostorskih podatkov*. Založba ZRC, ZRC SAZU. Ljubljana.

Čeh, M., Smole, D., Podobnikar, T. (2012). *Izvedba univerzalne ontologije geografskega prostora v podmnožici predikatnega računa prvega reda*. *Geodetski vestnik*, 56(1), 57-69, Ljubljana.

De Bruijn, J., Fensel, D. (2009). *Ontologies and Their Definition*. *Encyclopedia of Library and Information Sciences*. New York.

Egenhofer, M. (2002). *Toward the Semantic Geospatial Web*. *10th ACM International Symposium on Advances in*

Geographic Information System. New York, ZDA.

Egenhofer, M., Mark, D. (1995). *Naïve geography. COSIT '95, LNCS 988, Springer Verlag, Berlin, Nemčija.*

Fonseca, F., Câmara, G., Monteiro, A. (2006). *A Framework for Measuring the Interoperability of Geo-Ontologies. V: Spatial Cognition & Computation, 6(4). 307-329 4.*

Frank, A. (1999). *Spatial Ontology: A geographical Information Point of View, Spatial and Temporal Reasoning. Dordrecht, Nizozemska.*

Frank, A. (2001). *Tiers of Ontology and Consistency Constraints in Geographical Information Systems. International Journal of Geographical Information Science, 15(7), 667-678.*

Gomez, A., Benjamins, R. (1999). *Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, IJCAI '99, Stockholm, Švedska.*

Gruber, T. (1993). *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. Workshop on Formal Ontology, Padova, Italija.*

Janowicz, K. (2012). *Observation-Driven Geo-Ontology Engineering. Transactions in GIS, Wiley, New York, 16(3).*

Kononenko, I. (2005). *Strojno učenje - 2. popravljena in dopolnjena izdaja, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana.*

Kuhn, W. (1996). *Semantics of Geographic Information. Geo-info series, Vol. 7, Technical University of Vienna, Department of Geoinformation, Avstrija.*

Kuhn, W. (2003). *Semantic Reference Systems. International Journal of Geographical Information Science, 17(5), 405-409.*

O'Dea, D., Geoghegan, S., Ekins, C. (2005). *Dealing with Geospatial Information in the Semantic Web. Proceedings of the 2005 Australasian Ontology Workshop, Sydney, Australia.*

Raubal, M. (2004). *Formalizing Conceptual Spaces. Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the Third International Conference (FOIS 2004), 114. Amsterdam, Nizozemska.*

Robnik-Šikonja, M. (1997). *Razvoj heuristike za usmerjanje učenja regresijskih dreves. Magistrska naloga, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani. Ljubljana.*

Smole, D., Čeh, M., Podobnikar, T. (2011). *Evaluation of Inductive Logic Programming for Information Extraction from Natural Language Texts to Support Spatial Data Recommendation Services. International Journal of Geographical Information Science 25(11), 1809-1827.*

Sowa, J. (2000). *Ontology, Metadata, and Semiotics. Conceptual Structures: Logical, Linguistic, and Computational Issues, Lecture Notes in AI, št. 1867, Berlin, Nemčija.*

Uršič, M., Markič, O. (2009). *Osnove logike. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta. Ljubljana.*

Prispelo v objavo: 4. januar 2013

Sprejeto: 9. avgust 2013

dr. Marjan Čeh, univ. dipl. inž. geod.

UL FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: marjan.ceph@fgg.uni-lj.si

mag. Domen Smole, univ. dipl. inž. geod.

DFG Consulting, Pivovarniška ulica 8, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: domen.smole@dfgcon.si

doc. dr. Tomaz Podobnikar, znanstveni svetnik, univ. dipl. inž. geod.

UL FGG - Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

e-pošta: tomaz.podobnikar@fgg.uni-lj.si