

Vedran Galetić

Sveučilišni interdisciplinarni doktorski studij

Jezik i kognitivna neuroznanost

Ericsson Nikola Tesla, d.d.

vedran.galetic1@gmail.com

Nasrtljivi crvendać u dvorištu: Formalna kvantifikacija razine prototipnosti u okviru prototipne semantičke teorije kognitivne lingvistike

Danas postoji više različitih semantičkih pristupa opisu razumijevanja prirodnoga jezika, od kojih svaki pruža vjerodostojan model nekoga određenoga vida toga složenoga procesa, dok neke druge, često nimalo manje bitne, izostavlja. Primjerice, formalna semantika iscrpno opisuje i formalizira predikaciju, referencijalnost i istinitost iskaza, prikazanih propozicijama u okviru propozicijske logike, međutim, zanemaruje leksičko značenje. S druge strane, kognitivna semantika pruža razvijene teoretske modele koji nude opis konceptualizacije i kategorizacije pojmova, međutim, ne uključuje semantičke relacije te ne omogućava opis istinitosti iskaza. Uvođenjem formalnih metoda kojima se implementiraju načela teorije kognitivne lingvistike nastoji se premostiti takva oprečnost i stvoriti osnova za interdisciplinarni pristup proučavanju jezičnih pojava, kakav lingvistika iziskuje. Ovaj rad predlaže uvođenje kvantifikacijske metode u prototipnu semantiku uporabom formalizama neizrazite logike. Predložen je i na vlastitim primjerima opisan model formalne kvantifikacije prototipnosti koncepta i složene semantičke strukture.

0. Uvod

“*Meaning is what language is all about*”, tvrdi Langacker (1987: 12), naglašavajući pritom temeljnu funkciju jezičnih izraza, a ona je prijenos značenja. Osmisliti model za opis znanja sadržanoga u značenju jezičnih entiteta te odnosa između pojedinih entiteta u okviru složenije semantičke strukture jedan je od osnovnih ciljeva današnje semantike.

Kao što je poznato, temeljni je problem značenjske analize u okviru kognitivne lingvistike opisati način izgradnje značenjske strukture u obliku jezičnih iskaza temeljem konceptualizirane slike svijeta. Pritom se značenje ne promatra kao statična kategorija, već kao proces (Langacker 1987). U skladu s time,

postoje posebni kognitivni mehanizmi, operacije izgradnje jezičnoga značenja, pomoću kojih se nejezični konceptualizirani sadržaj prevodi u jezične strukture, leksičke ili gramatičke. Postoji više vrsta klasifikacija tih mehanizama, kao što su Langackerove (1987) žarišne prilagodbe (engl. *focal adjustments*), Talmyjevi (2000) shematski sustavi (engl. *schematic systems*) te operacije izgradnje značenja (engl. *construal operations*) Crofta i Wooda (2000), odnosno Crofta i Crusea (2004) (istakla Tudman Vuković 2009: 129).

Danas gotovo da i nema pogovora tezi da značenje jezičnih jedinica, kako jednostavnih tako i složenih, odgovara njihovomu umnomu opisu, a to je načelo polazno za kognitivnolingvistički pristup opisu jezičnih struktura i pojava. Prisjetimo se triju temeljnih hipoteza kojima Croft i Cruse (2004: 1–4) sažimaju bit kognitivne lingvistike:

- I. jezik nije autonomna kognitivna djelatnost;
- II. gramatika je konceptualno strukturirana;
- III. stjecanje jezičnih vještina proizlazi iz njegove uporabe.

Iz prve hipoteze proizlazi da je jezično znanje strukturirano na jednak način kao i sve ostalo. To znači da je znanje na razini svih jezičnih sastavnica, kao što su semantika, sintaksa, morfologija i fonologija, konceptualno strukturirano. Također, i kognitivni procesi koji se odvijaju prilikom jezične djelatnosti u svojoj se biti ne razlikuju od ostalih kognitivnih procesa. Iz perspektive kognitivne lingvistike jezik je percepcija i proizvodnja vremenskoga slijeda diskretnih, strukturiranih simboličkih jedinica u realnom vremenu.

Pod drugom se temeljnom hipotezom podrazumijeva konceptualna organizacija gramatičkoga znanja jezika, čijom se specifičnom uporabom doprinosi različitim načinima proizvodnje i percepcije iskaza. Naime, model gramatike u kognitivnoj lingvistici konstrukcijska je gramatika. U konstrukcijskoj gramatici sve gramatičko znanje nekoga jezika uniformno je prikazano u obliku generaliziranih konstrukcija koje sadrže simboličke veze između forme i značenja (Langacker 1987). Svi lingvistički koncepti, kao što su primjerice sintaksa, supkategorizacijski okvir, idiom, morfologija, sintaktička kategorija i riječ, u konstrukcijskoj su gramatici konstrukcije unutar prostora konstrukcija razapetoga dvjema dimenzijama – složenošću (engl. *complexness*) i shematičnošću (engl. *schematicity*). Taj se prostor često naziva *sintaksnoleksikonskim kontinuumom* (ibid.). Takva pretpostavka gramatičkoga prostora odražava Langackerov postulat (1987: 53–54) da su jedine strukture dozvoljene u gramatici jezika:

- fonološke, semantičke ili simboličke strukture koje se pojavljuju u samim jezičnim izrazima;
- sheme takvih struktura;
- veze kategorizacija koje uključuju prethodne dvije sastavnice.

Treća temeljna hipoteza kognitivne lingvistike pretpostavlja da je poznavanje semantičkih, sintaktičkih, morfoloških i fonoloških primjeraka nekoga jezika uzrokovano stjecanjem iskustva s jezičnim elementima u određenim načinima uporabe. Drugim riječima, na umni prikaz gramatičkih jedinica utječe učestalost pojava određenih gramatičkih struktura i značenje korištenih riječi i konstrukcija, kao što je opisano *uporabnim modelom* (engl. *usage-based model*; v. Langacker, 1987).

Lakoff (1987: 291–2) nadopunjuje ove temeljne pretpostavke kognitivne lingvistike tvrdeći da ne postoji rascjep između jezika i ostalih kognitivnih procesa s jedne strane i svijeta s druge, odnosno da jezik i ostali kognitivni procesi uključuju značenje jer su motivirani čovjekovim djelovanjem kao dijelom stvarnosti.

Iako se o značajnostima i doprinosima teorija kognitivne lingvistike u okviru kognitivne znanosti općenito ne dvoji, često se kritizira previsoka razina njihova narativnoga karaktera. Time se prvenstveno misli na njezine teorije koje nisu (direktno) provjerljive ili opovrgljive, kao i na nerijetko stjecanje dojma neodređenosti¹. Neke od primjera moguće je pronaći među teorijama koje se nadovezuju na drugu i treću temeljnu hipotezu. Konkretno, sintaksnoleksikonski kontinuum kao predloženi sveobuhvatni prostor gramatičkih konstrukcija nekoga jezika model je za koji se, usprkos jasno definiranoj i konzistentnoj formi, uočava stanovita nekonzistentnost njihova sadržaja s obzirom na specifičnost konstrukcije, a tu se nekonzistentnost u teoriji želi opravdati uvođenjem dimenzije shematičnosti kontinuuma. Također, teorija *uporabnoga modela* konstrukcije umnoga prostora gramatičkih jedinica u potpunome je skladu sa strogo funkcionalističkim karakterom kognitivne lingvistike, međutim, njezina narav opisivanja odgovarajućih pojava ne nadilazi narativni okvir. Lakoffovi *idealizirani kognitivni modeli* (v. sljedeće poglavlje) i umni prostori (engl. *mental spaces*) dodatni su primjeri takvoj procjeni. Štoviše, najoštrij kritičari spore uopće znanstvenost kognitivne lingvistike zbog odsutnosti jedne od temeljnih karakteristika znanstvenih metoda, opovrgljivosti.

U ovomu se radu neće ustrajati na tako rezolutnoj ocjeni, niti ulaziti u raspravu o idealima opovrgljivosti i objektivizma kao nužnima jednoj lingvističkoj teoriji. Međutim, ono što se želi naglasiti jest prednost mogućnosti računalnoga modeliranja i simulacije mehanizama lingvističke teorije, za što je potrebna implementacija formalnoga aparata u lingvističku teoriju ili neki njezin dio. Na taj se način pridonosi kvantitativnoj usporedivosti određenih teorijskih koncepata, a time i provjerljivosti i općenitoj uvjerljivosti, kognitivnolingvističkih istraživanja, kao što je slučaj i s ostalim lingvističkim teorijama u koje je uveden formalni računalni sustav, primjerice, formalnom semantikom.

Formalizacija kognitivne lingvistike doista nije lak zadatak. Konkretno, primjerice, kao što ističe Holmquist (1999: 153), računalna implementacija Langackerove kognitivne gramatike trebala bi radi vjerodostojnosti obuhvatiti sve sastavnice te složene teorije. Raznim prilagodbama i ustupcima u obliku aproksimacija modela pri oblikovanju računalne potpore vrlo je lako doći u opasnost preoblikovanja čitave teorije uzimajući kao prioritet omogućavanje strojne obradivosti ispred jezične vjerodostojnosti polazne teorije. Sličan se zaključak može primijeniti i na ostale komponente kognitivne lingvistike. Naime, često se ističe da je formalna logika prejednostavan i prezatvoren aparat za potpuno vjerodostojno modeliranje »psihološki realni(ji)h«, funkcionalističkih jezičnih teorija kao što su one u okviru kognitivne lingvistike, koje, sukladno načelima kognitivne znanosti, iz koje su i potekle, jezik smatraju neodjeljivim dijelom uma.

1 Usp. sa sličnom ocjenom uporabom epiteta "vague" (npr. Zlatev 1999: 173).

Postavlja se stoga pitanje ima li uopće smisla uz trenutna saznanja i tehnološke dosege pokušavati simulirati takav otvoreni dinamički sustav kao što je jezični, ostvaren u sprezi uma i tijela.

Ipak, mnogi znanstvenici i inženjeri nisu obeshrabreni. Štoviše, postoji dosta mnogo radova o formalizaciji kognitivne lingvistike, kojima se pokazuje da takva nastojanja doista imaju smisla. Osnovni je doprinos takvih istraživanja pružanje znanstvenoistraživačke platforme za interdisciplinarnu pristupe opisu jezičnih pojava, te snaženje temelja za dijeljenje i uzajamno iskorištavanje specifičnih domenskih znanja između lingvista i računalnih znanstvenika. Primjerice, računalni se znanstvenik može koristiti načelima kognitivne lingvistike u mnogim inženjerskim problemima, kao što su razrješavanje različitih tipova višeznačnosti (što je već desetljećima jedan od gorućih problema računalnolingvističke znanstvene zajednice), rasuđivanje o prostornim odnosima u okviru umjetne inteligencije (v. npr. Zlatev 1999), preslikavanje konceptualnih prostora radi ujednačene komunikacije (v. npr. Raubal 2004) itd. S druge strane, kao što ističe Holmquist (1999: 154), a autor se ovoga rada u potpunosti slaže, lingvist iz računalnoga sustava kojim se modelira makar i podskup lingvističke teorije može izvesti korisne zaključke i izvući ideje o karakteristikama procesa jezične obrade (npr. vremenskoj složenosti, stupnju paralelizma obrade, prilagodbi semantičkim i gramatičkim ograničenjima i sl.) te uslijed kvantifikacijskih analiza može bitno potvrditi, modificirati ili opovrgnuti neka postojeća načela lingvističke teorije.

Ovaj se rad bavi upravo time – uvođenjem formalne metode u kognitivnu lingvistiku, konkretno, njezinu prototipnu teoriju. U njemu se izlaže prijedlog novoga načina formalne mjere prototipnosti jednostavnih i složenih jedinica² u okviru prototipne semantike, korištenjem formalizmima preuzetim iz područja neizrazite logike. Izložena teorija predlaže uniforman prikaz koncepata u okviru formalno modeliranoga konceptualnoga prostora. Autor vjeruje da ovakav pristup, sukladno prednostima navedenima u prethodnomu odlomku, olakšava problem operacionalizacije promatrane jezične teorije, odnosno njezine strojne čitljivosti i obradivosti za možebitne buduće računalne sustave za obradu prirodnoga jezika temeljenih na načelima kognitivne semantike i posebice njezine prototipne teorije.

U prvomu se poglavlju izlaže temeljna teorijska podloga prototipne semantičke teorije. Ono služi kao podsjetnik na osnovna načela i pojmove te kao podloga za daljnju teoretsku razradu. Drugo poglavlje donosi izbor povezanih radova koji se bave formalizacijskim i kvantifikacijskim metodama u okviru kognitivne lingvistike. Treće poglavlje pruža uvod u temeljna načela i termine neizrazite logike (engl. *fuzzy logic*) te je namijenjeno čitateljima manje upućenima u ovu paradigmu. Četvrto je poglavlje ključno za rad i opisuje formalnu kvantifikacijsku metodu za određivanje prototipnosti u okviru prototipne semantičke teorije kognitivne lingvistike. U petomu se poglavlju diskutira o dvojbenostima i navodi se prostor za moguću nadogradnju predloženoga modela. Šesto poglavlje zaključuje rad.

2 Formalne metode prikazane u ovome radu primjenjuju se na vlastitim ilustracijskim primjerima.

1. Prototipna teorija

Budući da kognitivna znanost proučava ljudski um, načine na koji se osjetilima stječu informacije iz okoline te se percipiraju, uspoređuju s prethodno dobivenim informacijama, kategoriziraju i spremaju u pamćenje, rezultati semantičkoga istraživanja za nju su od iznimne važnosti, pogotovo njezina područja koja se bave konceptima i kategorijama kojima ljudski um raspolaže. Neki kognitivni znanstvenici kao što je Barsalou kategorizaciju smatraju međustanjem između percepcije i spoznaje (1992: 15). S druge strane, Gärdenfors i Williams kategorizaciju označavaju kao temeljnu kognitivnu djelatnost (2001: 1), ističući njezinu ključnu ulogu u klasifikaciji i identifikaciji objekata uz visok stupanj tolerancije na iznimke. Te su mogućnosti odlika inteligencije te preduvjet za učenje i komunikaciju. Naime, kada nađemo na neki predmet ili pojavu, opisujemo je koristeći se percepcijom njezinih karakteristika (npr. vizualnih, olfaktivnih, taktilnih) te je usporedbom s umnim konceptima koje posjedujemo smještamo u neku od prethodno izgrađenih kategorija.

Upravo se na kategorizacijskomu ustroju koncepata temelji kognitivno-lingvistička prototipna semantika. Prisjetimo se njezinih osnovnih načela. Prema takvomu shvaćanju, golub je za kategoriju PTICA za mnoge reprezentativniji primjerak od pingvina ili kokoši zbog toga što posjeduje više karakteristika koje se povezuju sa spomenutom kategorijom, kao što su *mogućnost letenja*, *dimenzije* i *oblik tijela* karakterističniji za pticu itd.³ Najreprezentativniji predstavnik kategorije naziva se prototipom. Prototipnost se definira načelom kognitivne organizacije kategorija, takve da dohvata informacija o članovima kategorije iziskuje najmanji kognitivni napor (Rosch 1977; istakao Geeraerts 1988: 208). Članstvo u kategoriji određeno je, dakle, stupnjem sličnosti prototipu, a koncepti jedne kategorije međusobno su vezani posjedovanjem zajedničkih svojstava, pri čemu ne moraju svi koncepti neke kategorije posjedovati sva svojstva koja posjeduje prototip. Iz toga proizlazi da ne postoji strogo određeni skup nužnih i dovoljnih uvjeta za članstvo u kategoriji, kako se pretpostavlja tradicionalnim, aristotelovskim pogledom na kategorizaciju, kao i da kategorije nisu strogo odijeljene, već postoje koncepti koji pripadaju više kategorija temeljem sličnosti prototipu neke kategorije s obzirom na neko svojstvo, a prototipu neke druge kategorije s obzirom na neko drugo svojstvo.

Temelje prototipnoj teoriji postavila je nizom eksperimenata kognitivna psihologinja Eleanor Rosch sa suradnicima. Iz tih su eksperimenata proizašla dva osnovna načela kognitivne kategorizacije:

1. načelo kognitivne ekonomičnosti (engl. *cognitive economy*) i
2. načelo percipirane strukture svijeta.

Sukladno tima dvama načelima Rosch (1978) uvodi dvije dimenzije sustava kategorija, redom, vertikalnu i horizontalnu. Vertikalna os odnosi se na razinu obuhvatnosti (engl. *level of inclusiveness*) kategorija – što je neka kategorija na »višoj« razini, to obuhvaća više koncepata, međutim, postoji manje svojstava

3 Kroz rad se koncepti označavaju posebnim formatom slova, imena kategorija označavaju se VELIKIM SLOVIMA, dok se svojstva koncepata označavaju *kosim slovima*.

zajedničkih svim njezinim konceptima. Horizontalna se os odnosi na razlikovnost kategorija iste razine obuhvatnosti, pri čemu su koncepti različitih razina reprezentativnosti (engl. *representativeness*), što navodi na zaključak o prototipnomu ustroju kategorija.

Rosch et al. (1976) proveli su eksperiment u kojemu su ispitanike zamolili da u 90 sekunda navedu što više zajedničkih atributa koncepata kategorija različitih razina obuhvatnosti. Ustanovili su da se prolaskom niz vertikalnu obuhvatnosti od najobuhvatnije do najspecifičnije kategorije najviše novih zajedničkih atributa javlja na razini između najobuhvatnije i najspecifičnije, koju su nazvali *osnovnom razinom* (engl. *basic level*). Primjerice, za vertikalnu NAMJEŠTAJ – STOLICA – KUHINJSKA STOLICA osnovna je razina STOLICA. Osnovna razina kognitivno je najistaknutija (engl. *salient*) zbog optimalnoga omjera obuhvatnosti i informativnosti. Naime, iako koncepti specifičnijih kategorija, dakako, sadrže više zajedničkih atributa, razlikovnost kategorija na toj razini manja je nego na osnovnoj razini. Primjerice, lakše je razlikovati dva koncepta različitih potkategorija namještaja (npr. *stolicu* i *svjetiljku*) nego dvije podvrste stolice (npr. *stolicu* za *ljuljanje* i *kuhinjsku stolicu*) (istakle Evans, Green 2006: 261). Osnovna je razina, dakle, optimalna po omjeru broja zajedničkih tributa koncepata kategorije i razlikovnosti kategorija iste razine, što je čini kognitivno najekonomičnijom razinom.

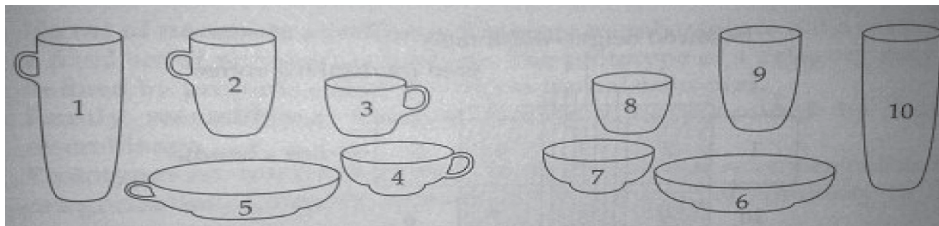
Rosch et al. (1976) također su proveli eksperiment u kojemu su ispitanicima predočene slike predmeta te ponuden termin koji označava kategoriju određene razine obuhvatnosti. Pokazalo se da su ispitanici brže odredili odgovara li slika terminu ako se on odnosio na kategoriju osnovne razine nego ako se on odnosio na kategoriju više ili niže razine obuhvatnosti od osnovne kategorije. Također, osnovna je razina najapstraktnija razina koja omogućava mentalnu sliku. Primjerice, nemoguće je zamisliti koncept kategorije NAMJEŠTAJ a da se pritom ne zamisli koncept kategorije osnovne razine, kao što je npr. STOLICA ili ORMAR. Zbog toga se tvrdi da je osnovna razina perceptualno najistaknutija (engl. *perceptually salient*).

Horizontalna os kategorizacijskoga sustava odnosi se na percipiranu strukturu svijeta. Osnovno je polazište tomu razmatranju činjenica da nemaju svaka dva svojstva jednaku učestalost supojavljivanja. Primjerice, kao što je navela Rosch (1978: 253), *krila* se češće supojavljuju s *perjem* nego s *krznom*. Zbog takvoga svojstva kategorizacijskoga ustroja svijeta kategorije sadrže tipičnije i manje tipične koncepte. Najtipičniji koncept nazvala je prototipom kategorije. Rosch (1975) provodila je istraživanja u kojima su ispitanici ocjenjivali egzemplarnost koncepata u okviru kategorije ocjenom od 1 do 7. Pokazuje se da prototipni koncept kategorije sadrži najviše svojstava zajedničkih članovima te kategorije; analogno, najmanje egzemplarni koncepti sadrže najmanje takvih svojstava. Takav je zaključak potvrdio eksperiment Rosch i Mervis (1975) pokazavši snažnu korelaciju između ocjena egzemplarnosti koncepata i broja njima pripadajućih svojstava koja se pojavljuju najčešće u kategoriji, iz čega je proizašlo stajalište o neizrazitim granicama kategorija koncepata, koji su ustrojeni temeljem svojih međusobnih sličnosti s obzirom na svojstva (v. Evans, Green 2006: 267). Rosch (1978: 260) stoga tvrdi da su prototipovi oni koncepti

koji najbolje odražavaju zalihosnu strukturu kategorija, pri čemu se pod zalihosću misli na ponavljanje svojstva kroz različite članove kategorije.

Lakoff (1987) razvio je teoriju idealiziranih kognitivnih modela (engl. *idealised cognitive models, ICMs*) kojom je želio objasniti perceptivne kategorizacijske pojave koje je uočila Rosch uslijed niza svojih eksperimenata. Ta se teorija temelji na Fillmoreovoj (1982) teoriji okvira (engl. *frame semantics*), Lakoffovoj i Johnsonovoj (1980) teoriji metafore i metonimije, Langackerovoj (1987) kognitivnoj gramatici i Fauconnierovoj (1985) teoriji mentalnih prostora (engl. *mental spaces*). Prema toj teoriji, idealizirani kognitivni modeli strukture su kojima je organizirano čovjekovo znanje te su kategorizacija i prototipna organizacija posljedice takvoga ustrojstva (Lakoff 1987: 68). Neki su od uzroka prototipnoga ustroja neslaganje različitih kognitivnih modela u okviru kojih se shvaća određeni koncept (npr. papa kao primjer NEŽENJE; v. Lakoff 1987: 70), profiliranje jednoga u okviru skupine konvergentnih modela (engl. *cluster models*) (npr. različiti modeli kategorije MAJKA; v. Lakoff 1987: 74) i metonimija. Lakoff pritom ističe snažnu kulturološku uvjetovanost kategorizacijskih procesa i mehanizama oblikovanja njihovoga prototipnoga ustrojstva.

Jedan od često navodenih eksperimenata koji potvrđuju prototipnu teoriju onaj je Williama Labova, koji je ispitanicima predočio slike više objekata i od njih tražio da svaki od njih svrstaju u neku od ponuđenih kategorija ŠALICA, VAZA i ZDJELA (slika 1.1; v. Löbner 2002: 176–177). Pritom su »tipični« objekti (kao npr. objekti 3, 6 i 10 na slici 1.1) bili svrstani u odgovarajuće kategorije bez iznimke, dok su se rezultati klasifikacije za one »hibridne« u izvjesnoj mjeri razlikovali.



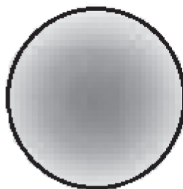
Slika 1.1. Objekti koje je u Labovljevom eksperimentu trebalo svrstati u VAZE, ŠALICE ili ZDJELE

Iz svega navedenoga jasno je da:

- struktura kategorija konceptata nije homogena već udaljenost koncepta od prototipa kategorije ovisi o njihovoj međusobnoj sličnosti prema vrijednostima njihovih svojstava, te
- da su granice kategorija neizrazite, prihvaćanjem čega je načinjen značajan odmak od tradicionalne aristotelovske kategorizacije, koja postulira da je pripadnost koncepta kategoriji binarnoga karaktera te ovisi o zadovoljavanju točno određenih nužnih i dovoljnih svojstava.

Nadalje, za neke kategorije, posebice apstraktne prirode, ne vrijede neka od osnovnih svojstava prototipne teorije, kao što je stupanj članstva s obzirom na sličnost prototipu i neizrazitost granica kategorija. Primjerice, s obzirom

na parnost cijelih brojeva, nemoguće je tvrditi kako neki brojevi mogu istovremeno pripadati i kategoriji NEPARNI_BROJ i kategoriji PARNI_BROJ, već je granica tih kategorija vrlo jasna. Nadalje, iako broj 1359 nije ništa »manje neparan« od broja 1, za potonji je eksperimentima dokazano da predstavlja reprezentativniji primjerak kategorije NEPARNI_BROJ. Može se ustvrditi kako su reprezentativnost primjerka kategorije s obzirom na sličnost prototipu s jedne strane i neizrazitost granica kategorije s druge zapravo dva neovisna svojstva, što znači da postoje kategorije strogo određenih granica, ali stupnjevite strukture. Slika 1.2 ilustrira takvu kategoriju – prototip se nalazi u sredini kruga označen tamnijom bojom, dok su netipični članovi udaljeni od središta označeni bljedom bojom; kategorija je omeđena kružnicom, što simbolizira jasno određenu granicu koja odjeljuje prostor unutar i izvan kategorije.



Slika 1.2. Shema kategorije sa stupnjevitom strukturom i fiksnim granicama

Moguće je uočiti kako binarnu granicu imaju one kategorije za čije su članove *naučeni* nužni uvjeti pripadnosti. Primjerice, kada bismo znali da je ŠALICA *po definiciji* svaka posuda koja ima držak, tada bismo neke "hibridne" objekte prikazane u spomenutom eksperimentu s posudama odmah smjestili u tu kategoriju. Nadalje, pretpostavimo da grupa ispitanika ne poznaje uvjete klasifikacije koncepta kao SISAVCA. Ako bismo takvim ispitanicima neko vrijeme dali da promatraju dupina u njegovom prirodnom okruženju, oni bi ga gotovo sigurno okarakterizirali kao RIBU, primjerice zbog njegova *staništa, veličine i oblika* tipičnih za RIBU. Međutim, dupin je *toplokrvna* životinja koja *leže žive mlade, nema ljuskastu površinu, udiše zrak plućima*, što ga čini SISAVCEM.

Dakle, nužno je razlikovati deduktivno⁴ od induktivnoga kategoriziranja. Deduktivno je uvjetovano fiksnim pravilima koja su, dakako, nužna za osiguravanje nedvosmislenosti kategorija te time i učinkovit prijenos informacija⁵. S druge strane, induktivno kategoriziranje podrazumijeva kategoriziranje u odnosu na pravila dobivena poopćenjem s obzirom na vlastito znanje svakoga pojedinca. Eksperiment s različitim posudama i zamišljeni eksperiment s dupinom primjeri su induktivne kategorizacije.

Promotrivši spomenuta načela, da se naslutiti kako je ovakav, prototipnim ustrojstvom predočen, prostor kategorija i njima pripadajućih konceptata pri-

4 U određenim se izvorima deduktivna kategorizacija spominje pod imenom ekspertnoga ili enciklopedijskoga znanja (npr. Croft, Cruse 2004).

5 Usp. s Lakoffovim (1987) propozicijskim idealiziranim kognitivnim modelima (engl. *propositional ICMs*).

kladan za formalno modeliranje. Pritom odmah valja napomenuti odvojenost sljedećih aspekata određivanja prototipnosti:

1. traženje prototipnoga značenja polisemne leksičke kategorije i
2. traženje prototipnoga koncepta kategorije u kontekstu jezično neovisne stvarnosti.

Labovljev je eksperiment pokazao da ispitanici vrlo dosljedno odabiru prototipne koncepte kategorija. Fulgosi i Tudman Vuković (2001: 75) nadovezuju se ističući da jednaka dosljednost odabira odlikuje i eksperimente u kojima se procjenjuje prototipno značenje u okviru polisemne leksičke kategorije.

Ovaj se rad orijentira na mjerenje prototipnosti koncepta unutar kategorija u kontekstu jezično neovisne stvarnosti.

2. Povezani radovi

U oblikovanju računalnih sustava za obradu prirodnoga jezika (engl. *Natural Language Processing*) ključnu je ulogu odigrao formalnosemantički pristup. Prisjetimo se, formalna semantika tretira jezične jedinice kao simboličke (logičke) objekte te pretpostavlja istinitost jezičnih izraza kao temelj njegova značenja. S druge strane, kognitivna znanost pa time i kognitivna lingvistika značenje smještaju u kognitivnu domenu pojedinca na koju uvelike utječu društveni i kulturološki čimbenici.

U uvodu je pružen kraći osvrt na problem formalizacije teorija kognitivne lingvistike te naznačeno da postoji mnogo različitih težnji da se uhvati u koštac s tim problemom. Jedno od njih predstavljeno je ovim radom. No, prije njegova opisa razmotrimo neke od istaknutijih radova koji se bave uvođenjem formalizacijskih i kvantifikacijskih metoda u kognitivnu lingvistiku.

2.1. Formalizacija konceptualnih prostora

Peter Gärdenfors (2000) iscrpno se bavio formaliziranim geometrijskim prikazom kontekstno uvjetovanih konceptualnih prostora. Koncepti su opisani skupom vrijednosti atributa $\{q_1, \dots, q_n\}$, gdje je q_i element domene Q_i . Domene su integralne dimenzije⁶ te razapinju konceptualni prostor $C = Q_1 \times \dots \times Q_n$. Nad takvim je okvirom moguće konstruirati različite konceptualne prostore određene svojstvima kao što su povezanost, zvjezdolikost, konveksnost itd., o čemu se govori u radu Gärdenforsa i Williams (2001). U tome je radu opisan formalizam za definiranje međusobnih odnosa regijâ tako konstruiranih konceptualnih prostora *RCC* (engl. *Region Connection Calculus*). Također, izloženi su prijedlozi mehanizama kojima se pokriva kategorizacijske procese nad takvim konceptualnim prostorom, kao što su izgradnja kategorija i razdioba samoga prostora na smislene disjunktne podregije Voronoijevim algoritmom (engl. *Voronoi tessellations*). U radu se ističe da je računalna implementaci-

6 Integralne su dimenzije svojstva koncepta koja nije moguće razložiti percepcijom, primjerice, TON karakteriziraju integralne dimenzije *visina* i *glasnoća* (Gärdenfors, Williams 2001).

ja spomenutih algoritama izvediva i relativno niske vremenske složenosti. Zaključuje se da takav predloženi okvir pruža pregršt mogućnosti za oblikovanje i implementaciju različitih mehanizama i algoritama za modeliranje različitih načela umnih kategorizacijskih procesa.

Martin Raubal (2004) nadovezao se na Gärdenforsov rad formalizacije konceptualnih prostora te je predložio metodu preslikavanja konceptualnih prostora različitih sudionika komunikacije (primjerice, između čovjeka i računalnoga sustava) radi učinkovitije razmjene znanja i time podrške kognitivnomu semantičkomu međudjelovanju (engl. *cognitive semantic interoperability*). U okviru te metode koncepti se prikazuju kao vektori vektorskoga prostora razapetoga različitim »dimenzijama«, koje odgovaraju svojstvima koncepata. Koeficijenti vektora sastoje se od vrijednosti svojstava koncepta i težina koje ovise o kontekstu u kojima se koncept promatra. Očito je moguće rabiti samo kvantitativne varijable svojstava te, kako bi se tako oblikovane koncepte moglo uspoređivati, potrebno je provesti standardizaciju koeficijenata odgovarajućih vektora. Semantička udaljenost koncepata izražena je kao euklidska udaljenost odgovarajućih standardiziranih vektora. Raubal opisuje analizu slučaja traženja puta pomoću sustava za navigaciju navođenjem znamenitosti, pri čemu rabi opisanu metodu za preslikavanje konceptualnoga prostora za FASADU između sustava i korisnika.

2.2. Kognitivna semantika i ontološki inženjering

Računalne ontologije veoma su koristan resurs u mnogobrojnim primjenama, a napose u računalnoj obradi prirodnoga jezika (v. npr. Nirenburg, Raskin 2004). Tek su nedavno u interdisciplinarnim znanstvenim krugovima nastupila nastojanja da se neka temeljna načela kognitivne semantike primijene u ontološkomu inženjeringu, čime bi ontologije oblikovane na takav novi način, osim strukture svijeta ili određene domene, uključivale i vjerodostojniji model značenja njihovih gradbenih koncepata. Naime, Kuhn et al. (2006: 6) drže da semantika svake izmijenjene informacije mora odgovarati ljudima inherentnomu poimanju značenja, budući da je svaka informacija u konačnici namijenjena čovjeku.

Radionica "*Potential of Cognitive Semantics for Ontologies*" (Kuhn et al. 2006) u okviru međunarodne konferencije *FOIS 2004*⁷ jedan je od najboljih primjera organizirane aktivnosti interdisciplinarne znanstvene zajednice usmjerene prema kombiniranju formalnih i kognitivnofunkcionalističkih pristupa u oblikovanju računalnih ontologija kojima se uzimaju u obzir temeljna načela kognitivne semantike. Dakako da pritom velik problem predstavlja činjenica da računalu nisu direktno dostupne umne reprezentacije i društvene i kulturološke konvencije (ibid.), koje su za poimanje značenja u kognitivnoj semantici vrlo bitne.

U sklopu dotične radionice predstavljeno je nekoliko inovativnih radova. Jednim od njih (Carstensen 2006) predlaže se uporaba uzoraka pažnje (engl.

7 v. <http://www.formalontology.org>

attention patterns) kao vršnih ontoloških kategorija. Time se podrazumijeva da se prostorni odnosi razmatraju iz aspekta pomaka pažnje umjesto statičkih geometrijskih funkcija. Wiegand (2006) predlaže formalizaciju Gestalta kao strukturirane cjeline koja uključuje opis međuovisnosti pojedinih dijelova te konteksta. Nadalje, Brodaric i Gahegan (2006) nude empirijski potkrijepljenu teoriju o tzv. situiranim konceptima (engl. *situated concepts*), kojima se opisuju koncepti koji su određeniji od domenskih koncepata, a općenitiji od ontoloških instanca. Neki su se autori (Bateman et al. 2006) bavili izradom ishodišne ontologije prostornih koncepata iz koje se izvode različiti prostorni aspekti te formalizacijom preslikavanja između različitih prostornih ontologija.

2.3. Konekcionistički pristupi i »situirana utjelovljena semantika«

U kognitivnoj se lingvistici pretpostavlja *utjelovljenost značenja* (engl. *embodiment of meaning*), koje podrazumijeva da strukture konceptualnih prostora proizlaze iz tjelesnoga iskustva. Konceptualni su sustavi realizirani (engl. *grounded*) u našoj percepciji, tjelesnim pokretima te iskustvima fizičke i socijalne naravi (Lakoff 1987: xiv). Pritom je jedno od najintrigantnijih pitanja ono o procesu takve realizacije.

Jedno od predloženih rješenja tomu pitanju dolazi iz područja umjetne inteligencije, umjetnih neuronskih mreža (engl. *artificial neural networks*) (v. Haykin 1999), konekcionističke metode u okviru paradigme strojnoga učenja. Jedan je od najeklatantnijih primjera konekcionistički model Regiera (1992), koji uči prostorne odnose⁸ (npr. »objekt A je iznad objekta B«) i događaje koji uključuju takve odnose (npr. »objekt A prelijeće objekt B«). Primjeri za učenje Regierova sustava jednostavni su videoisječci dvodimenzionalnih objekata, temeljem kojih sustav mora naučiti odabrati odgovarajuću riječ ili morfem kojim se opisuju buduće takve situacije koje uključuju prostorne odnose. Regier takvim sustavom pruža model usvajanja (engleskih) leksema prostorne semantičke domene.

Zlatev (1999) ispitao je primjenjivost Regierova modela za teoriju *situirane utjelovljene semantike* (engl. *situated embodied semantics*) (v. Zlatev 1997). Tom se teorijom pretpostavlja isprepletenost jezika i iskustava u kojima se primjenjuje. Stoga se jezik promatra kao dio svijeta, a ne oruđe za opis vanjske stvarnosti. Zlatev (1999: 175) tvrdi da dijete uslijed obavljanja različitih aktivnosti, primjerice igre s roditeljem, spontano generalizirajući i kategorizirajući izvodi jezična pravila. Upravo se takvim implicitnim učenjem izgrađuje jezično znanje, a djetetu je omogućeno da na odgovarajuć način postupi u odnosu na buduće situacije ili jezične iskaze slične doživljenima.

Zlatev neuronske mreže smatra prihvatljivim modelom opisa situirane utjelovljene semantike zbog nekih od njihovih svojstava koja mogu poslužiti kao prikladan način opisa nekih svojstava jezične komunikacije sagledanih s funkcionalističkoga stajališta kognitivne lingvistike (1999: 176):

8 Postoji mnogo radova vezanih za formalizaciju konceptualnih odnosa u domeni prostornih odnosa (npr. Kuhn 2002; Schwering, Raubal 2005; Olivier, Tsuji 1994).

- neuronska mreža može biti oblikovana tako da su njezini »neuroni« analognoga karaktera, što je svakako više u skladu s okolinom čovjeka, koja utječe na njegovo jezično znanje i uporabu, nego što bi to bio digitalni sustav;
- budući da neuronska mreža uči temeljem konkretnih primjera i kasnije je u stanju okarakterizirati nove primjerke, može se uspostaviti analogija s čovjekovom (implicitnom) kategorizacijom;
- neuronska mreža sustav je koji sadrži svojstvo prilagodljivosti (engl. *adaptability*), kojim se može povući paralela s čovjekovom sposobnošću učenja;
- neuronske mreže odlikuje sposobnost nadziranoga učenja (engl. *supervised learning*), koje može poslužiti za modeliranje utjecaja povratne sprege između čovjekovoga umnoga konceptualnoga sustava i njegove okoline u najširem smislu riječi;
- konačno, znanje koje istrenirana neuronska mreža posjeduje u pravilu je nemoguće eksplicitno prikazati skupom pravila, već ono proizlazi iz praktičnoga iskustva, a upravo je takvo i stajalište kognitivne gramatike o jezičnomu znanju, nasuprot stajalištu generativne lingvističke teorije.

Nakon detaljne analize primjenjivosti Regierova sustava za modeliranje načela situirane utjelovljene semantike, Zlatev je uočio da sustav uspješno opisuje lingvističke kategorizacije situacija bez eksplicitne simboličke semantičke reprezentacije, međutim, nije sposoban modelirati »jezičnu kreativnost« (engl. *“the creativity of language”*), tj. nije u mogućnosti nakon treniranja za neke prostorne kombinacije (npr. *nadlijetati, biti na, ći ispod*) ispravno klasificirati nove odnose (npr. *preletjeti ispod*) (1999: 188). Temeljni je zaključak Zlatevljeva istraživanja da ključni ispit vjerodostojnosti situirane utjelovljene semantike predstavlja opis značenja značenjske kombinacije semantičkih simbola (riječi) (1999: 191).

2.4. Kvantitativni pristupi

Mnogima je lingvistima intrigantno pitanje je li učestalost pojavljivanja koncepta u korpusu tekstova dovoljan uvjet za utvrđivanje njegove prototipnosti. Statistička jezična analiza temeljem korpusa tekstova općenito je od velike koristi u kognitivnolingvističkim istraživanjima, budući da se u kognitivnoj lingvistici koristi *uporabni model*, kojim se postulira da konceptualna gramatička struktura jezika proizlazi upravo iz njegova korištenja.

Jedan od najznačajnijih primjera korištenja korpusa tekstova za statističku lingvističku analizu rad je Stefana Griesa (2006), o čemu opširnije na hrvatskome piše Tudman Vuković (2009). Griesu je primarni cilj bio opisati leksički koncept pomoću semantičkih i morfosintaktičkih odrednica leksema. To je činio pridjeljivanjem *ID oznaka* (engl. *ID tags*) svakoj pojavnici nekoga leksema u korpusu, čime se dobiva njegov profil ponašanja (engl. *behavioral profile*). Gries je tim istraživanjem dokazao da značenje proizlazi iz specifičnoga leksičkoga i gramatičkoga konteksta, na temelju čega se različita značenja mogu uspoređivati. Nadalje, moguće je donijeti zaključke o razgraničenju

između polisemnih koncepata, grupiranju sličnih značenja te odabiru prototipnoga značenja. Bitno je istaknuti da se ovakvom analizom rasprostire podloga za razvoj sustava koji bi omogućio automatizirano prepoznavanje značenja (Gries 2006: 83–87).

Korpusnolingvistička analiza pruža mogućnost vrednovanja kognitivno-lingvističke teorije *uporabnoga modela*, kao što donekle može doprinijeti suzbijanju percepcije kognitivne lingvistike kao lingvističke teorije isključivo narativne prirode. Međutim, Hanks (2000) ističe da je pogrešno o značenjima jezičnih jedinica zaključivati izravno temeljem korpusa, već da njega valja tretirati tek kao vrlo vrijedan izvor podataka iz kojega se može dobiti uvid u razne jezične obrasce.

Kao potvrda Hanksova stajališta može poslužiti rad Fulgosi i Tudman Vuković (2001) o relevantnosti frekvencije jezične uporabe pri opisu strukture leksema. U tome se radu prije svega bavi pitanjem određivanja prototipa polisemnih leksičkih kategorija korpusnom analizom. Temeljni je zaključak da učestalost pojavljivanja određenoga značenja polisemne leksičke kategorije u korpusu ne jamči njegovu prototipnost. Kao ilustrativni primjeri temeljem kojih proizlazi ovakav zaključak navode se leksemi PLOD, KORIJEN i GRANA. Uočilo se da u korpusnome uzorku prevladavaju neprototipna, metaforička značenja tih leksema u odnosu na prototipna značenja, koja su, u skladu sa svojstvom objasnidbene ishodišnosti (Fulgosi, Tudman Vuković 2001: 76), značenja koja se odnose na dijelove biljke. Taj rezultat jasno upućuje na neopravdanost uzimanja uporabne frekvencije kao dovoljnoga dokaza prototipnosti. Također, u tome se radu daje i kratak osvrt na kategorije izvanjezične stvarnosti. Frekvencija pojavljivanja koncepta neke kategorije u korpusu smatra se dobrim pokazateljem prototipnosti zbog kulturološke uvjetovanosti; primjerice, u kulturi govornika hrvatskoga jezika jabuka se smatra prototipnim VOĆEM zbog toga što upravo taj koncept najčešće percipiramo kao pripadnika te kategorije.

* * *

Ovaj se rad ne bavi izravno opisivanjem porijekla i procesa nastanka prototipno ustrojenoga umnoga konceptualnoga prostora, već pokušava formalno kvantitativno opisati pripadnost koncepata u okviru postojećega, pretpostavljeno prototipno organiziranoga, prostora. Pritom se za prikaz konceptualnoga prostora koristi načelima linearne algebre i neizrazite logike, u koju se uvod daje u nastavku.

3. Osnovna načela neizrazite logike

Ovo poglavlje daje uvid u osnovna načela neizrazite logike, koja pruža metodološku i terminološku osnovu kvantifikacijskim metodama, čije je izlaganje središnji dio ovoga rada.

Neizrazita logika (engl. *fuzzy logic*) nastala je 1960-ih godina kao izvod iz teorije neizrazitih skupova američkoga matematičara i računalnoga znanstvenika Lotfija Zadeha (1965). Ona široku primjenu pronalazi u problemima gdje je potrebno formalno modelirati neizvjesnost. Vrijedno je napomenuti kako je i

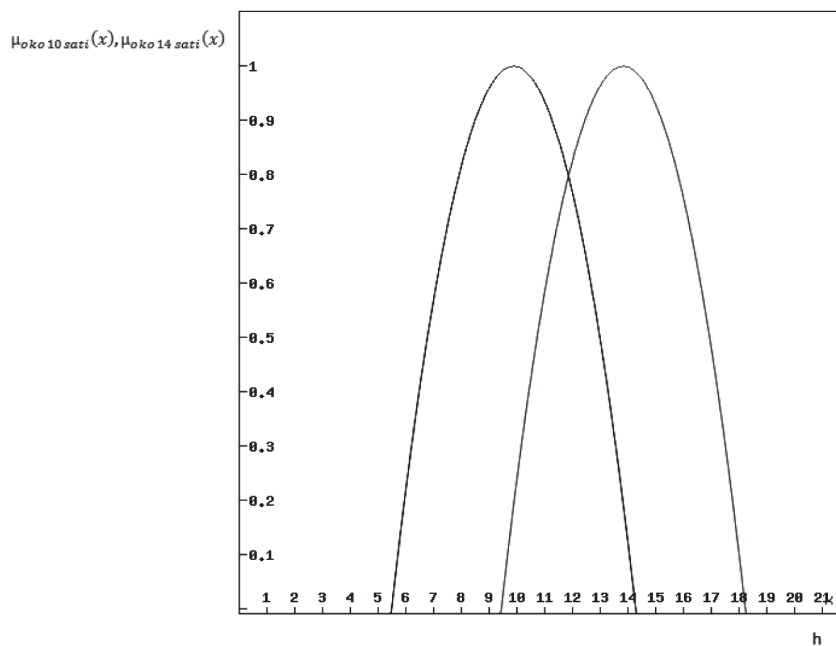
sam Zadeh primjenjivao svoju teoriju neizrazitih skupova na prototipnu teoriju Roscheve (v. npr. Zadeh 1982).

U neizrazitoj logici pripadnost elementa nekomu skupu moguće je izraziti ne samo binarnim istinosnim vrijednostima ('1' ili '0', odnosno 'true' ili 'false'), već se ona može iskazati bilo kojim realnim brojem u intervalu $[0, 1]$, u ovisnosti o reprezentativnosti toga elementa u neizrazitom skupu, koja se mora eksplicitno definirati. Neizraziti skup A definiran je funkcijom pripadnosti

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1] \subset \mathfrak{R},$$

gdje je domena X univerzalni skup svih mogućih vrijednosti, a vrijednost funkcije $\mu_A(x)$ realan broj između 0 i 1 koji određuje u kojoj mjeri element x univerzalnoga skupa pripada neizrazitom skupu A . Istinitost proposicije "x pripada skupu A " ekvivalentna je stupnju pripadnosti elementa x neizrazitom skupu A , tj. vrijednosti funkcije $\mu_A(x)$. Tako su povezane teorija neizrazitih skupova i funkcija istinitosti u neizrazitoj logici.

Slika 3.1 prikazuje dvije ilustrativne proizvoljne funkcije pripadnosti. Plavi graf odnosi se na neizraziti skup »OKO_10_SATI«, a crveni na neizraziti skup »OKO_14_SATI«. Uočimo da točka »13_sati« pripada obama skupovima, ali u različitoj mjeri. Konkretno, izračunom se dobiva da je stupanj pripadnosti te točke neizrazitom skupu »OKO_10_SATI« jednak 0,55, dok je njezin stupanj pripadnosti neizrazitom skupu »OKO_14_SATI« jednak 0,95. Dakako, točka »14_sati« pripada skupu »OKO_14_SATI« u maksimalnoj mjeri, mjeri 1, kao i točka »10_sati« skupu »OKO_10_SATI«.



Slika 3.1. Ilustracija neizrazitih skupova »OKO_10_SATI« i »OKO_14_SATI«

4. Formalna metoda određivanja prototipnosti

Ovaj se rad bavi uvođenjem formalnih metoda kvantitativnoga određivanja prototipnosti uz ideju konzistentnosti kroz čitav konceptualni prostor. Neizrazita logika predstavlja formalizam za modeliranje neizvjesnosti na temelju neizrazitih skupova te je u tome smislu prikladno primijeniti je na prototipnu teoriju kognitivne semantike. U nastavku rada uočit će se stanovita sličnost s Gärdenforsovom geometrijskom strukturom konceptualnih prostora, a time i Raubalovim formalizacijskim metodama, opisanim u drugomu poglavlju. Međutim, odmah valja naglasiti da postoje stanovite različitosti, koje će biti istaknute u diskusiji odmah nakon predstojećega opisa, a odnose se na:

- prikaz koncepta u geometrijski oblikovanomu konceptualnomu prostoru,
- granice između regija konceptualnoga prostora,
- kriterij za pripadnost koncepta određenoj kategoriji,
- konzistentnost geometrijske strukture diljem konceptualnoga prostora.

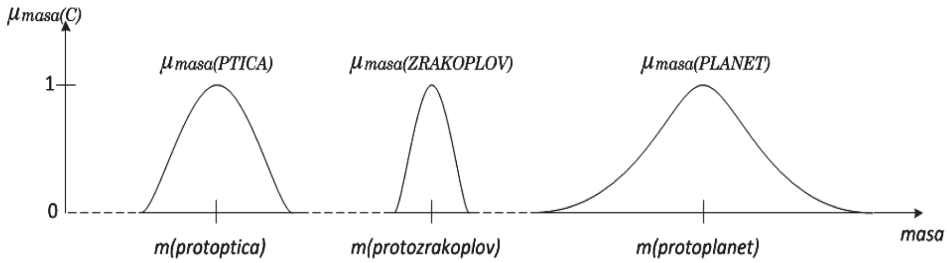
4.1. Formalna kvantifikacija razine reprezentativnosti koncepta

Ovim se radom predlaže formalna kvantifikacija reprezentativnosti koncepta u okviru kategorija kojima pripadaju s obzirom na njihova svojstva. Slijedeći načela neizrazite logike i teoriju neizrazitih skupova, polazimo od premise da koncept može u različitoj mjeri pripadati više kategorija. Takav zaključak proizlazi iz zaključaka eksperimenata Rosch i Mervis (1975), temeljem kojih se pretpostavlja međusobna sličnost koncepta s obzirom na njihova svojstva (engl. *family resemblance*) na ustrojstvo umnoga konceptualnoga prostora. Nadalje, pretpostavljamo da se kategorizacija koncepta odvija primarno temeljem njihovih percipiranih svojstava⁹.

Univerzalni skup X_i skup je svih mogućih vrijednosti svojstva i . Nad svakim takvim univerzalnim skupom uspostavljamo neizraziti skup A_i koji putem funkcije pripadnosti μ_{A_i} (v. sliku 3.1) određuje doprinos svojstva¹⁰ i za razinu reprezentativnosti koncepta u promatranoj kategoriji. Primjer na slici 4.1 ilustrativno pokazuje domenu svojstva *masa* te funkcije pripadnosti koncepta s obzirom na tri kategorije, PTICA, ZRAKOPLOV, PLANET. Prototipni članovi kategorija imaju maksimalnu razinu reprezentativnosti, jednaku 1. Dakako da općenito domena svojstva ne mora biti kontinuirana, štoviše, čak ni uređena (npr. svojstvo *način razmnožavanja* poprima vrijednosti *jaja*, *živi mladi*, *dioba* itd., pri čemu ta varijabla nije ni kontinuirana ni uređena, već nominalna).

9 Odmah napomenimo da je problem takvoga pristupa, dakako, deduktivno, eksplicitno učenje, na koje se daje osvrt kasnije.

10 Ovdje valja upozoriti na razliku u terminologiji u odnosu na teoriju Eleanor Rosch – u ovomu radu prototipnost koncepta određuju *vrijednosti* svojstava, a ne *svojstva* kao takva. Ovdje su svojstva prikazana matematički kao područja definicije različitih funkcija pripadnosti u odnosu na različite kategorije.



Slika 4.1. Funkcije pripadnosti konceptata različitim kategorijama s obzirom na svojstvo *mase*

Svakomu od svojstava koja pridonose razini reprezentativnosti koncepta pridijeljeni su različiti težinski faktori w , koji ovise o promatranoj kategoriji (jer, primjerice, težina klasifikacijskoga svojstva mase za kategoriju MUHA nije jednaka kao za kategoriju BILJKA budući da postoje vrlo velike i vrlo male biljke te je promatrano svojstvo za tu kategoriju manje diskriminatorno):

$$w_i(C) \in [0, 1] \subset \mathfrak{R}.$$

Težinskim faktorima regulira se značajnost svojstva za reprezentativnost koncepta.

Uzevši u obzir ta dva parametra, reprezentativnost koncepta c opisanoga pomoću n svojstava predstavljamo vektorom opisanim na sljedeći način:

$$\begin{aligned} \vec{r}_c(c) = & \sqrt{\frac{w_1(C)}{\sum_{j=1}^n w_j(C)}} \cdot \mu_{A_1(c)}(x_1) \cdot \vec{e}_1 + \dots + \sqrt{\frac{w_i(C)}{\sum_{j=1}^n w_j(C)}} \cdot \mu_{A_i(c)}(x_i) \cdot \vec{e}_i + \dots \\ & + \sqrt{\frac{w_n(C)}{\sum_{j=1}^n w_j(C)}} \cdot \mu_{A_n(c)}(x_n) \cdot \vec{e}_n \end{aligned} \quad (\text{R1})$$

Na ovaj je način svaki koncept jednoznačno određen u n -dimenzionalnomu Kartezijevu prostoru razapetomu baznim vektorima $\vec{e}_1 \dots \vec{e}_n$. Pritom, dakako, jednoznačnost podrazumijeva uzimanje u obzir pretpostavke da ne postoje dva potpuno identična koncepta, tj. da se nijedna dva koncepta ne podudaraju u vrijednostima svih svojih svojstava, pa tako i odgovarajućih vrijednosti funkcija pripadnosti u okviru prototipno ustrojene kategorije.

Razinu reprezentativnosti moguće je kvantificirati euklidskom normom toga vektora:

$$R_c(c) = \|\vec{r}_c(c)\| = \sqrt{\frac{w_1(C)}{\sum_{j=1}^n w_j(C)} \cdot \mu_{A_1(c)}^2(x_1) + \dots + \frac{w_n(C)}{\sum_{j=1}^n w_j(C)} \cdot \mu_{A_n(c)}^2(x_n)} \quad (\text{R2})$$

Uočimo da prema relaciji (R2) prototipni koncepti kategorije imaju razinu reprezentativnosti jednaku 1.

Primijetimo da ovako oblikovan konceptualni prostor čini n -dimenzionalnu hiperkocku, čiji je jedan vrh u ishodištu koordinatnoga sustava, dok se prototipni koncept nalazi na suprotnome vrhu, tj. na drugomu kraju najdulje dijagonale takve hiperkocke povučene iz ishodišta. Budući da je njezina duljina jednaka 1, zaključujemo da su porastom broja svojstava (pa time i dimenzija vektorskoga prostora) njezini bridovi sve kraći. To je u skladu sa shvaćanjem da je porastom broja relevantnih svojstava utjecaj svakoga pojedinoga manji. Naime, jasno je da će za neki koncept koji opisujemo samo dvama svojstvima utjecaj svakoga od njih na procjenu prototipnosti biti mnogo veći nego da je svojstava stotinu. Matematička je manifestacija te opaske porast nazivnika u razlomku u koeficijentu uz bazne vektore u relacijama (R1) i (R2) s porastom broja svojstava.

Primjer 4.1 sastavljen je sa svrhom rasvjetljavanja predloženoga modela kvantifikacije za konkretan koncept i kategoriju te se postepeno dolazi do izračuna razine reprezentativnosti određenoga koncepta u njegovoj kategoriji.

Primjer 4.1

Promotrimo kao primjer koncept iz kategorije MUHA:

$$C = \text{MUHA.}$$

Pretpostavimo da je razina reprezentativnosti određena svojstvima masom, bojom i načinom kretanja, koja joj doprinose svojim težinama u iznosu, redom, 0.9, 0.5 i 0.8:

$$\begin{aligned} X_{\text{masa}} &= [0, \infty[\subset \mathfrak{R}, w_{\text{masa}}(\text{MUHA}) = 0.9, \\ X_{\text{boja}} &= \{\text{crna, bijela, smeđa, siva, crvena, plava, ...}\}, w_{\text{boja}}(\text{MUHA}) = 0.5, \\ X_{\text{kretanje}} &= \{\text{letenje, plivanje, trčanje, hodanje, ...}\}, w_{\text{kretanje}}(\text{MUHA}) = 0.6, \end{aligned}$$

Primijetimo da funkcija pripadnosti neizrazitomu skupu može biti definirana nad diskretnim, pa čak i neuređenim univerzalnim skupom. Također valja naglasiti da definicija neizrazitoga skupa ovisi o kategoriji koju promatramo – primjerice, nad univerzalnim skupom X_{masa} u točki $X_{\text{masa}} = 3g$ funkcija pripadnosti neće poprimiti jednaku vrijednost za koncept muha i koncept neboder.

Ako pripadnost promatranoga koncepta kategoriji MUHA određujemo trima gore navedenim svojstvima¹¹, a reprezentativnost svakoga koncepta te kategorije bit će predočena vektorom u trodimenzionalnom prostoru:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{r_{\text{MUHA}}(c)} = & \\ & \sqrt{\frac{0.9}{0.9+0.5+0.6}} \cdot \mu_{A_{\text{masa}}}(\text{MUHA})(x_{\text{masa}}) \cdot \overrightarrow{e_{\text{masa}}} + \sqrt{\frac{0.5}{0.9+0.5+0.6}} \cdot \mu_{A_{\text{boja}}}(\text{MUHA})(x_{\text{boja}}) \cdot \overrightarrow{e_{\text{boja}}} + \\ & \sqrt{\frac{0.6}{0.9+0.5+0.6}} \cdot \mu_{A_{\text{kretanje}}}(\text{MUHA})(x_{\text{kretanje}}) \cdot \overrightarrow{e_{\text{kretanje}}} \end{aligned}$$

11 Ova su tri svojstva uzeta u ilustrativne svrhe. Strukturalistički pristup u određivanju relevantnih svojstava u ovome radu neće biti razmatran.

U ovome stadiju valja primijetiti da, unatoč tomu što moguće vrijednosti svojstava boje i načina kretanja ne čine uređeni univerzalni skup, smislenost odgovarajućih baznih vektora \vec{e}_{boja} i $\vec{e}_{kretanje}$ neupitna je. Naime, dotični vektorski prostor apstrahirani je prikaz utjecaja različitih svojstava koncepta na njegovu reprezentativnost u kategoriji te su koeficijenti uz bazne vektore realni brojevi iz intervala $[0, 1]$.

Uzmimo sada konkretan koncept:

$$c = \text{“siva muha teška 20 mg koja hoda”} \in C.$$

Pretpostavimo li da je prototip kategorije MUHA sive boje, to znači da je vrijednost funkcije pripadnosti neizrazitomu skupu $A_{boja}(C)$ nad univerzalnim skupom X_{boja} maksimalna, odnosno:

$$\mu_{A_{boja}(MUHA)}(\text{“siva boja”}) = 1.$$

Nadalje, prototipna muha teži 10 miligrama, što znači da je promatrana muha dosta udaljena od prototipa s obzirom na to svojstvo. Pretpostavimo da je neizraziti skup $A_{masa}(MUHA)$ nad skupom svih mogućih vrijednosti X_{masa} definiran tako da funkcija pripadnosti u točki $X_{masa} = 20mg$ poprima vrijednost 0.3, odnosno:

$$\mu_{A_{masa}(MUHA)}(20mg) = 0.3.$$

Prototipnu muhu zamišljamo kao letećeg kukca i pretpostavimo da je taj način kretanja prvi na koji pomislimo kad pomislimo na toga kukca. Međutim, nije nemoguće zamisliti i muhu kako hoda. Stoga pretpostavimo da će za hodanje kao svojstvo konkretnoga koncepta odgovarajuća funkcija pripadnosti poprimiti vrijednost 0.5:

$$\mu_{A_{kretanje}(MUHA)}(\text{“hodanje”}) = 0.5.$$

Razina reprezentativnosti dotičnoga koncepta unutar kategorije MUHA jednaka je:

$$R_{MUHA}(c) = \sqrt{\frac{0.9}{0.9+0.5+0.6} \cdot 0.3^2 + \frac{0.5}{0.9+0.5+0.6} \cdot 1^2 + \frac{0.6}{0.9+0.5+0.6} \cdot 0.5^2} = 0.37.$$

* * *

Budući da su granice kategorija pretpostavljeno neizrazite te se pripadnost koncepta kategoriji kvantificira realnim brojem između 0 i 1, lako bi se moglo zaključiti kako bi uvjet za klasifikaciju nekoga koncepta s obzirom na neku kategoriju mogla biti vrijednost razine njegove reprezentativnosti veća od 0.5 ili jednaka 0.5. Prema tomu, promatrani koncept iz primjera 4.1 ne bi uopće bio kvalificiran za članstvo u kategoriji MUHA. Međutim, u ovomu se radu smatra da je takvo postavljanje granice neopravdano. Naime, zamišljeno stvorenje koje ima karakteristike i MUHE i ZMAJA spadat će u obje kognitivne kategorije, međutim, u komunikaciji ćemo se referirati na njega s obzirom na onu kategoriju u kojoj je njegova razina reprezentativnosti u okviru našega

konceptualnoga prostora veća. Pritom će obje vrijednosti biti malene budući da se očito radi o vrlo neobičnomu stvorenju. Iz toga proizlazi da neki koncept u kategoriju nikako ne bismo mogli smjestiti tek ako mu je razina reprezentativnosti u toj kategoriji jednaka nuli. Iako se takav uvjet pozitivne klasifikacije na prvi pogled čini preslabim, valja uočiti kako ogroman dio konceptualnoga prostora otpada na ona područja gdje se nalaze koncepti čija je vrijednost reprezentativnosti s obzirom na promatranu kategoriju jednaka nuli (primjerice, za kategoriju MUHA primjeri su takvih koncepata čarapa, priopćenje, joga i još bezbroj drugih).

Na taj se način ujedno rješava i problem pogrešne isključivosti koncepata iz kategorije zbog neposjedovanja niti jednoga atributa prototipnoga koncepta, što je jedna od kritika prototipnoj teoriji Laurencea i Margolisa (istakle Evans, Green 2006: 268). Naime, budući da se u ovoj metodi razlikuju pojmovi *svojstvo* i *vrijednost svojstva* i uvodi se gradacija reprezentativnosti s obzirom na vrijednosti svojstava, time je dozvoljeno da neka mačka bude MAČKA iako nema niti *veličinu* prototipne MAČKE, niti *oblik brkova* prototipne MAČKE, niti *duljinu krzna* prototipne MAČKE itd.

4.2. Formalna kvantifikacija razine reprezentativnosti situacije

Kognitivna semantika proučava kategorizaciju putem predikacija sastavnica iskaza, koji doprinose kategorizaciji konkretne situacije na koju se odnose. Analogno reprezentativnosti koncepata u okviru njihovih kategorija, i situacija kao složeni semantički konstrukt sastavljen od međusobno povezanih koncepata može pripadati nekoj kategoriji situacija u većoj ili manjoj mjeri. Intuitivno je jasno da doprinos svakoga uključenoga koncepta utječe na razinu reprezentativnosti situacije u kategoriji kojoj pripadaju sve situacije koje se mogu referirati konkretnim iskazom. U ovom poglavlju opisuje se primjena izložene metode na složenije semantičke konstrukte, što znači da se i na situacije primjenjuju pojmovi prototipa, reprezentativnosti člana kategorije, stupnjevitosti strukture i binarnih granica kategorije.

(1) *Muha je uletjela u šalicu kave.*

Čuvši ili pročitavši rečenicu (1), nećemo si predočiti mutiranu muhu od četiri kilograma koja je aluminijskom letjelicom sletjela u veliku četvrtastu šalicu od hrastovine punu hladne bijele kave s okusom limete, već ćemo najvjerojatnije zamisliti prototipnu muhu kako je na muhama svojstven način uletjela u prototipnu šalicu punu prototipne kave. Iako bi i ono prvo, krajnje neobično, shvaćanje te rečenice definiralo situaciju iste kategorije, ona bi bila vrlo udaljena od prototipne.

Slično kao za koncepte, i za kvantifikaciju pripadnosti situacija njihovim kategorijama možemo se poslužiti linearnom algebrom, ovaj put s obzirom na n njihovih sastavnih koncepata. Dakle, ovdje je vektorski prostor razapet baznim vektorima $\vec{e}_1 \dots \vec{e}_n$ koji odgovaraju semantičkim sastavnicama situacije. Reprezentativnost situacije s unutar kategorije situacija S možemo prikazati preinakom vektora iz relacije (R1) koja rezultira relacijom (R3).

$$\vec{r}_S(s) = \sqrt{\frac{w_1(S)}{\sum_{j=1}^n w_j(S)}} \cdot R'_{c_1}(R_{c_1}(c_1), t_{c_1}(c_{j_1}, \dots, c_{k_1})) \cdot \vec{e}_1 + \dots + \sqrt{\frac{w_i(S)}{\sum_{j=1}^n w_j(S)}} \cdot R'_{c_i}(R_{c_i}(c_i), t_{c_i}(c_{j_i}, \dots, c_{k_i})) \cdot \vec{e}_i + \dots + \sqrt{\frac{w_n(S)}{\sum_{j=1}^n w_j(S)}} \cdot R'_{c_n}(R_{c_n}(c_n), t_{c_n}(c_{j_n}, \dots, c_{k_n})) \cdot \vec{e}_n$$

$w_i \in [0,1] \subset \mathfrak{R}$ težinski su faktori pojedinih koncepata kojima se gradi složena semantička struktura. Naime, bilo bi smisljeno glavnim nosiocima rečeničnoga smisla, kao što su nositelji semantičkih uloga¹² predikata i subjekta, pridijeliti najveće težinske faktore.

(2) *Čim sam ušao u dvorište, ptica je dotrčala do mene i napala me.*

Nadalje, bilo bi pogrešno ustvrditi da prototipnost izolirano promatranih koncepata jamči i prototipnost semantičke strukture koju tvore. Primjerice, u rečenici (2) jasno je da koncept prototipne ptice, crvendać¹³, neće doprinijeti prototipnosti situacije, već koncepti dvorište, trčanje i napadanje upućuju da se najvjerojatnije radi o nekom konceptu iz porodice peradi, npr. puranu ili guski.

Zbog toga je uveden faktor uvjetne reprezentativnosti

$$R'_{ei} \in [0,1] \subset \mathfrak{R}.$$

Faktor uvjetne reprezentativnosti s jedne strane ovisi o faktoru semantičkih selekcijskih ograničenja $t_{c_i}(c_{j_i}, \dots, c_{k_i}) \in \mathfrak{R}$ koja postavljaju neki drugi koncepti $(c_{j_i}, \dots, c_{k_i})$ promatrane složene semantičke strukture. U dotičnomu primjeru, koncepti koji (u različitoj mjeri) postavljaju selekcijska ograničenja za odabir idealnoga koncepta kategorije PTICA spomenuti su koncepti dvorište, trčanje i napadanje. S druge strane, ako selekcijska ograničenja ne uzrokuju nepodudaranje prototipnoga koncepta promatranoga izolirano i koncepta idealnoga s obzirom na iskazanu situaciju, onda reprezentativnost situacije u kategoriji situacijâ funkcijski ovisi o reprezentativnosti pojedinih koncepata u njihovim kategorijama. Zbog toga je jedan od argumenata funkcije uvjetne reprezentativnosti i reprezentativnost pojedinih koncepata unutar njihovih kategorija $R_{c_i}(c_i)$ izračunatih relacijom (R2). U slučaju poklapanja selekcijskim ograničenjima određenoga idealnoga koncepta i onoga prisutnoga u konkretnomu iskazu faktor uvjetne reprezentativnosti koncepta jednak je 1, kao i u slučaju prototipnosti koncepta ako nad njime nisu nametnuta selekcijska ograničenja od drugih koncepata.

Moguće je povući paralelu između ovdje opisanih selekcijskih ograničenja i Holmquistove metode modeliranja procesa izgradnje složene semantičke

12 Rabi se notacija Crofta i Crusea (2004: 257–262), gdje se prikazuju opisi uloga (engl. *role*) sintaktičkih elemenata konstrukcije.

13 Ili, primjerice, vrabac, ovisno o podneblju. Na subjektivnost prototipnoga ustrojstva daje se osvrt u diskusiji.

strukture (1999: 157–165). Naime, svaka se leksička jedinica prikazuje matricom domena¹⁴, a svaka složenija semantička struktura gradi se pronalaskom zajedničkih domena gradbenih koncepata te se tako dobiva složena matrica domenâ kojom se uspostavlja značenje semantičke strukture koju svojim značenjima grade pojedinačni koncepti. Matematička metoda određivanja kompozitne matrice opisana je u (Holmquist 1993).

Razina reprezentativnosti situacije u njezinoj kategoriji određena je relacijom (R4), sličnom relaciji (R2).

$$R_s(s) = \|\vec{r}_s(s)\|$$

$$= \sqrt{\frac{w_1(s)}{\sum_{j=1}^n w_j(s)} \cdot R_{c_1}^2(c_1, t_{c_1}(c_{j_1}, \dots, c_{k_1})) + \dots + \frac{w_n(s)}{\sum_{j=1}^n w_j(s)} \cdot R_{c_n}^2(c_n, t_{c_n}(c_{j_n}, \dots, c_{k_n}))}$$

(R4)

U slučaju maksimalnih vrijednosti faktorâ uvjetnih reprezentativnosti svih koncepata koji je tvore situacija je prototipna te joj je razina reprezentativnosti jednaka 1.

Na kraju, valja primijetiti da je račun reprezentativnosti situacije svojevrsno poopćenje računa reprezentativnosti pojedinačnoga koncepta, budući da se prvi od potonjega bitno razlikuje jedino po postojanju selekcijskih ograničenja.

5. Diskusija

U prethodnomu je poglavlju predložen model formalne kvantifikacije prototipnosti koncepata u umnim kategorijama. Koncepti su prikazani na uniforman način, kao vektori definirani dvjema veličinama: reprezentativnostima vrijednosti svojih svojstava unutar kategorije ili kategorija kojima pripadaju, odnosno težinama pojedinih svojstava. Kategorije su predstavljene kao neizraziti skupovi, što znači da koncept može pripadati više kategorija u različitoj mjeri. Valja istaknuti da izvori i procesi nastajanja prototipno ustrojenoga konceptualnoga prostora ovdje nisu predmet razmatranja (što se opisuje, primjerice, Lakoffovim idealiziranim kognitivnim modelima (1987), prema čijemu je shvaćanju prototipno ustrojstvo u biti površinski fenomen tih modela), već njegovi kvantitativni opisi.

Kao što je istaknuto na početku rada, ovakvi interdisciplinarni pristupi omogućavaju izvođenje zaključaka i novoga znanja formalnim modeliranjem i operacionalizacijom postojećega. Konkretno, oblikovanjem eksperimenata kojima bi se ovdje izloženi model testirao u praksi moglo bi se doći do zanimljivih zaključaka, bilo o prototipnoj teoriji, bilo o perspektivnosti nastojanja uvođenja formalizama u kognitivnu lingvistiku i ujedno kvalitete predloženoga rješenja.

Ovim se poglavljem iznosi nekoliko opaski vezanih za predloženi model te se predlažu područja za nadogradnju, odnosno nastavak istraživanja. Pritom

14 Usp. Holmquistove *domene sa svojstvima* koncepata u ovomu radu.

su neke od opaski o određenim komponentama modela već iznijete na mjestu uvođenja tih komponenata.

5.1. Odnos spram Gärdenforsove teorije konceptualnih prostora

Jasno je da između predložene i Gärdenforsove teorije postoje sličnosti, ponajprije u pogledu izbora oblikovanja konceptualnoga prostora geometrijskom strukturom. Međutim, valja se osvrnuti na stanovite razlike između tih dviju teorija.

Ponajprije valja uočiti bitnu razliku u formalnome predočavanju koncepta unutar konceptualnoga prostora – dok je u Gärdenforsovoj teoriji on predöčen točkom u n -dimenzionalnomu prostoru čije su koordinate vrijednosti njegovih atributa (v. drugo poglavlje), u ovome se radu on prikazuje vektorom definiranim relacijom (R1), kojom je on jednoznačno određen pomoću mjera prototipnosti unutar kategorije (ili više njih) kojoj pripada s obzirom na vrijednosti pojedinih svojstava te težinama tih svojstava.

Nadalje, u radu Gärdenforsa i Williams (2001) Voronoijevim se algoritmom konceptualni prostor putem određivanja sličnosti prototipovima razdjeljuje na međusobno disjunktne smislene kategorije, što podrazumijeva jasne granice između kategorija, pa tako i pripadnost koncepta točno određenoj kategoriji (uz, dakako, one koje su promatranj kategoriji nadskup). Pritom valja istaknuti kako se u dotičnome radu doduše primjenjuje tzv. *teorija jajeta i žumanjka* (engl. *Egg–Yolk Theory*) (Cohn, Gotts 1996), kojom se modelira strukturno neodređen predio unutar kategorije omeđen granicama strukturno jasno određenoga dijela (*»žumanjka«*) i vanjske granice kategorije (*»ljuske jajeta«*), koja je, međutim, i dalje strogo određena. Ovaj rad, s druge strane, pretpostavlja neodređenost samih granica kategorija, pa time i neizrazitost (engl. *“fuzziness”*) pripadnosti koncepta kategoriji. Po tome dosta nalikuje tzv. *teoriji razmućenoga jajeta* (engl. *Scrambled–Egg Theory*) Hansa Guesgena (2002). U skladu s time, ovaj rad negira i postojanje praga (engl. *threshold*) koji određuje razinu sličnosti prototipu koju koncept mora imati kako bi pripadao kategoriji, što pretpostavlja teorija Gärdenforsa i Williams.

Pripomenimo kako Gärdenfors (2000) dozvoljava različito geometrijski strukturirane domene konceptualnoga prostora, ističući, primjerice, kako je BOJU najprikkladnije modelirati polarnim koordinatama. U ovome se radu, međutim, odlučuje za konzistentnost geometrijske strukture, modelirajući konceptualni prostor Kartezijevim koordinatnim sustavom i implementirajući euclidsku metriku.

Konačno, prisjetimo se Raubalova modela koji se gradi na Gärdenforsovomu (v. drugo poglavlje). Koncepti su definirani vrijednostima svojih svojstava te je nužna etapa razvoja toga konceptualnoga modela standardizacija varijabla koje se odnose na različita svojstva. U ovomu su modelu koncepti apstrahirani te su svi određeni istim veličinama, modeliranima tako da svaki koeficijent uz bazni vektor mora biti između 0 i 1 te stoga nema potrebe za dodatnom standardizacijom, kao niti ograničavanjem odabira svojstava samo na ona koja se mogu izraziti kvantitativnom varijablom.

5.2. Odabir svojstava koncepta

Kriteriji izbora svojstava s obzirom na koja će se vrednovati reprezentativnost koncepta u kategoriji u ovomu su radu samo naznačeni, što dakako ne znači da u praksi nisu vrlo bitni – parametre u formuli (R1) valja pomno odabrati, kako bi rezultat bio što vjerodostojniji. Time bi bila otvorena i mogućnost za kvalitetnu usporedbu razina prototipnosti različitih koncepata, kao i finije manipuliranje dobivenim vrijednostima u okviru određivanja reprezentativnosti situacija, relacijama (R3) i (R4). Svojstvima relevantnima za razlikovnost koncepata bavi se strukturalistički pristup u semantici.

Eksperimenti u kojima bi sudionici klasificirali koncepte, slični onima koje je provodila Rosch, jedan su način dodjeljivanja vrijednosti težinskim faktorima pridijeljenima pojedinim svojstvima kojima se opisuje koncept. U takvomu bi eksperimentu ispitivač mogao mijenjati svojstva koncepta i bilježiti utjecaj tih promjena na postotak klasifikacije koncepta u kategoriju. Naravno, najutjecajnijim bi svojstvom bilo proglašeno ono čija bi promjena najviše utjecala na klasifikaciju. Provedbom ovakve metode posredno bi uslijedilo i određivanje prototipnoga koncepta, što zasigurno nije trivijalan problem. Ako bi se osmislio način automatizacije računalom takvoga procesa, to bi pružilo nemjerljiv doprinos razradi izložene teorije.

5.3. Problem subjektivnosti konceptualnih prostora

Nameće se jedno vrlo bitno pitanje – ono o subjektivnosti prototipnoga ustrojstva. Naime, treba biti svjestan da dva jednaka konceptualna prostora ne postoje, budući da su dinamičke prirode i nastaju pojedinačnim upoznavanjem svijeta. Takva konstatacija čini se najvećim teretom izložene teorije, kao i formalnih pristupa u kognitivnoj lingvistici uopće.

Prema kognitivnoj lingvistici svaka je jezična jedinica kontekstno ovisna. Stoga je donekle razumljiv poriv da se izloženu teoriju pokuša osporiti zbog njezine pretpostavke da se kategorizacija koncepata i njihov status u kategorijama oslanja na vrijednosti njihovih perceptualnih svojstava. Valja, međutim, pritom napomenuti kako smisao ovoga pristupa, dakako, nije pokušati tek pomoću nekoliko matematičkih relacija obuhvatiti i sažeti složene procese umne kategorizacije, o kojima i današnja interdisciplinarna znanost postavlja mnogo pitanja, već predložiti model formalne kvantifikacije općenito prihvaćene prototipne teorije kognitivne lingvistike.

S tim na umu, valja pripomenuti kako je duž čitavoga opisa metode vrijedila implicitna pretpostavka da se prilikom kvantitativnoga uspoređivanja prototipnosti različitih koncepata uzimaju umni konceptualni prostori žitelja nekoga određenoga geografskoga okružja. (Primjerice, dakako da nema smisla o prototipnosti koncepata kategorije STONOGA donositi zaključke temeljem empirijskog ispitivanja u kojemu bi sudjelovali ispitanici i europskoga i amazonškoga područja, u kojemu velike i otrovne stonoge nisu rijetkost.)

Nadalje, treba postaviti ogradu da model apstrahira strogo individualne razlike unutar jednoga okruženja. Ta se aproksimacija sastoji u primjeni hipotetskoga »prosječnoga« kognitivnoga prostora, koji bi se mogao oblikovati, primje-

rice, empirijskim istraživanjima sličnima onima Roscheve te uprosječivanjem rezultata. Kao dodatno sredstvo pri takvom aproksimacijskom zahvatu može poslužiti i spomenuta Raubalova metoda preslikavanja konceptualnih prostora (2004).

5.4. Binarost članstva pri deduktivnoj kategorizaciji

Nadalje, nameće se pitanje kako riješiti problem binarnosti članstva u kategoriji, izložen još u prvomu poglavlju. Binarost članstva proistječe iz postojanja nužnih uvjeta koje koncept mora zadovoljiti kako bi mogao biti kvalificiran kao član neke kategorije. Problematika neznanja ili zanemarivanja takvih uvjeta i njegova utjecaja na prototipno ustrojstvo jedna su od podloga kritičarima prototipne teorije¹⁵. Postojanje takvih nužnih uvjeta, iako se može činiti »neprirodnim« momentom u okviru umne kategorizacije, neophodno je za mogućnost deduktivne kategorizacije, osiguravajući time nedvosmislen prijenos informacija. Naime, jezik kao sredstvo komunikacije ili, kakvim ga neki semantičari smatraju, sustav za proizvodnju inferencijalnih učinaka, o kojima piše Jennings (2004), ne bi bio učinkovit, a kamoli praktičan, kada ne bi bilo definiranih i općeprihvaćenih kategorija i uvjeta njihovoj pripadnosti te kad bi svaki pojedinac imao drugačiji umni prostor induktivno naučenih kategorija nastao pojedinačnim spontanom upoznavanjem svijeta.

Kao što je istaknuto u uvodu, formalni sustavi kao što su propozicijska, predikatna i neizrazita logika ne mogu potpuno vjerno opisati civilizacijsku činjenicu kao što je jezik i njegove evolucijski i socijalno uvjetovane funkcionalnosti. Stoga ne valja očekivati kako se u okviru njihovih formalizama na elegantan način može uključiti binarnost granica kategorija u predloženi model umne kategorizacije koncepta, budući da ta binarnost proizlazi iz dogovornih, eksplicitnih uvjeta. Jedan način na koji se može uključiti nužnost uvjeta za mogućnost kategorizacije koncepta preinaka je relacije (R2) u relaciju (R5).

$$R_C(c) = \begin{cases} 0, & (\mu_{A_k(c)}(x_k) = 0) \parallel \dots \parallel (\mu_{A_l(c)}(x_l) = 0) \\ \sqrt{\frac{w_1(c)}{\sum_{j=1}^n w_j(c)} \cdot \mu_{A_1(c)}^2(x_1) + \dots + \frac{w_n(c)}{\sum_{j=1}^n w_j(c)} \cdot \mu_{A_n(c)}^2(x_n)}, & \text{inače} \end{cases} \quad (\text{R5})$$

Indeksi $k \dots l$ označavaju nužna svojstva.

Primjerice, za razlučivanje PTICA i SISAVACA jedno je od ključnih definiranih svojstava način razmnožavanja. Dakle, budući da vrijedi

$$\mu_{\text{Arazmnožavanje}}(\text{PTICA}) (\text{»leže žive mlade«}) = 0,$$

šišmiš nije PTICA, odnosno,

$$R_{\text{PTICA}}(\text{šišmiš}) = 0.$$

15 Npr. Laurence i Margolis (1999) iznose primjer gdje bi se starija žena sijede kose s naočalama (možda pogrešno) klasificirala kao BAKA, uz pretpostavku da prototip te kategorije ima upravo te vrijednosti odgovarajućih perceptivnih svojstava (*starost, boja kose, nošenje naočala*).

5.5. Seleksijska ograničenja

Kvantifikacija semantičkih seleksijskih ograničenja koja utječu na uvjetnu reprezentativnost koncepata koji tvore složenu semantičku strukturu, pa time i na reprezentativnost situacije iskazane tom strukturom, nedvojbeno pruža mnogo mogućnosti za daljnju razradu opisanoga formalnoga kvantifikacijskoga modela. Oblikovanje takve funkcije svakako je zahtjevan zadatak. Pritom je jedno od osnovnih pitanja je li uopće moguće definirati općenitu takvu funkciju ili je tek moguće definirati posebnu za svaki koncept ili grupu koncepata ontologije. Kao jedan primjer realizacije seleksijskih ograničenja ističemo Holmqvistovo načelo dobivanja kompozitne matrice domenâ, spomenuto u poglavlju 4.2. Nadalje, u kontekstu ontologije koncepata, jasno je da oni ovise o izboru grana i udaljenosti čvorova od čvora očekivanoga koncepta. Mehanizam semantičkoga ograničavanja intenzivno se primjenjuje u domeni ontološke semantike (v. Nirenburg, Raskin 2004), a u okviru ovoga rada dovoljno je istaknuti njihovu ulogu i važnost.

Problem se dodatno produbljuje ako se uz deskriptivno razmatraju i socijalno i izražajno značenje iskaza (prvo se odnosi na opis društvenih odnosa i ustaljenih društvenih činova, dok se potonjim izražavaju trenutani govornikov stav i osjećaji (Löbner 2002)). Te dvije vrste značenja također mogu pridonijeti seleksijskome ograničenju izbora idealnoga koncepta u okviru određene situacije.

5.6. Problem razdvajanja slučajeva poništavanja vektorskih komponenata

Pedantan će inženjer uočiti jedan karakterističan nedostatak u relacijama (R1) i (R2) te onima od njih izvedenima – naime, dovoljno je da je jedan od koeficijenata uz bazni vektor jednak nuli da se cijela vektorska komponenta poništava. Drugim riječima, iz rezultata primjene predložene relacije na neki (veoma atipičan) koncept ne bismo mogli razlučiti je li do poništenja vektorske komponente došlo zbog neprimjenjivoga svojstva (primjerice, za koncept Chomskyjeve »zelene bezbojne ideje«, gdje bi težina svojstva w_{boja} bila nula) ili pak zbog potpuno atipične vrijednosti nekoga svojstva (primjerice, za muhu tešku deset kilograma, pri čemu bi μ_{Amasa} (MUHA) bilo jednako nuli).

Jedno je moguće rješenje toga problema blaga modifikacija definicije tih veličina u pogledu mogućega raspona vrijednosti. Primjerice, možemo redefinirati težinu svojstava tako da ni za jedan koncept ne poprima vrijednost nula:

$$w_i(C) \in]0,1] \subset \mathfrak{R}$$

Pritom podrazumijevamo da nijedno svojstvo koje je za neki koncept zapažljivo ne može imati težinu nula (primjerice, »ideja u boji« nema smisla te se ne može percipirati, zbog čega je nema smisla razmatrati). Umjesto toga, težina nekoga marginalnoga svojstva može eventualno težiti nuli.

Nadalje, razinu reprezentativnosti prema vrijednosti svojstva i možemo također redefinirati na način da ne poprima nulu, već se njoj za atipične vrijednosti svojstva približava asimptotski. To bi značilo da se grafovi funkcija na slici 4.1 za vrijednosti udaljene od prototipnih približavaju nuli, međutim,

nikad ne poprime tu vrijednost. S druge strane, ako bi se radilo o vrijednosti svojstva koje bi taj koncept automatski diskvalificiralo od pripadnosti kategoriji (npr. *način razmnožavanja* šišmiša prema kojemu on ne može biti PTICA), tada bi reprezentativnost morala biti jednaka nuli, kako prema tomu svojstvu tako i generalno za taj koncept u okviru te kategorije.

Na ovaj je predloženi način, dakle, nula rezervirana samo za diskvalifikacijski utjecaj deklarativnoga učenja (v. prvo poglavlje). Time obuhvaćamo i onaj prigovor da je i netipična mačka i dalje MAČKA, nadovezujući se na primjedbu s kraja potpoglavlja 4.1.

5.7. Vrste konceptualnih prostora

Jedno je od vrlo intrigantnih pitanja u semantici, psihologiji, pa i filozofiji, ono koje se odnosi na vezu konceptualnoga prostora jezikom izrazivih koncepata i konceptualnoga prostora stvarnosti neovisne o jeziku. Iako je to pitanje od rubne relevantnosti za ovaj rad, valja ipak istaknuti kako se u njemu možebitne razlike između tih dvaju konceptualnih prostora zanemaruju.

5.8. Povezivanje s ontološkom semantikom

Naposljetku, rezultati prototipne semantičke teorije i njome motiviranih eksperimenata mogu uvelike doprinijeti kvaliteti sustava temeljenoga na ontološkoj semantici, kao što su neki postojeći računalni sustavi za strojno prevođenje. Ontološka je semantika teorija značenja prirodnoga jezika, odnosno pristup strojnoj obradi prirodnoga jezika, u kojemu se rabi sastavljena slika promatranoga svijeta, ontologija, kao centralni resurs za izlučivanje, prikaz i manipulaciju značenja tekstova u prirodnomu jeziku, rasuđivanje nad znanjem prikupljenim iz tekstova, odnosno generiranje tekstova korištenjem formaliziranim prikazima njihova značenja (Nirenburg, Raskin 2004). Budući da je centralna sastavnica takvoga sustava ontologija koja se sastoji od koncepata i od presudne je važnosti njezin dizajn i zrnatost, empirijski zaključci o umnoj kategorizaciji koncepata jedan su od bitnih čimbenika kojim se može doprinijeti vjerodostojnosti i kvaliteti oblikovanja takvoga sustava. Pritom valja imati na umu razlike u terminologiji (primjerice, u prototipnoj semantici *kategorije* obuhvaćaju *koncepte*, dok se u ontološkoj semantici iz *koncepata* instanciraju *instance*), odnosno »posmake« kroz ontološku hijerarhijsku vertikalu (npr. crvendać je prototip PTICE, a taj crvendać je prototip CRVENDAĆA; v. Löbner 2002: 181).

6. Zaključak

Formalna i kognitivna semantika zauzimaju različite položaje naspram opisa različitih jezičnih pojava. Te se razlike ponajviše očituju u tretiranju značenja kao takvoga – u formalnomu se pristupu tradicionalno zagovara objektivnost značenja neovisnoga o promatraču, koji sastavnicama svijeta pridjeljuje simbole. U tomu se pristupu rezoniranje svodi na logičku manipulaciju

simbolima, što je vrlo prikladno za operacionalizaciju u obliku računalne obrade. S druge strane, prema kognitivnomu strogo funkcionalističkomu pristupu značenje se ostvaruje kognitivnim procesima te se ne može promatrati neovisnim o promatraču.

Formalizacijom teorija kognitivne lingvistike na neki se način pridonosi ublažavanju stroge oprečnosti formalnoga i kognitivnofunkcionalističkoga pristupa jeziku te se omogućava oblikovanje računalnoga sustava koji bi u konačnici simulirao proces kognitivne klasifikacije koncepata. Uz takav bi sustav bilo moguće izvoditi novo znanje na području kognitivne semantike, kao i iskoristiti načela predložene teorije za doprinose u području dijela umjetne inteligencije vezanoga za strojnu obradu prirodnoga jezika.

Srž je ovoga rada uvođenje formalnoga kvantifikacijskoga modela u domenu prototipne semantičke teorije u okviru kognitivne lingvistike, implementacijom određenih načela neizrazite logike i primjenom linearne algebre. Neizrazita logika temelji se na teoriji neizrazitih skupova, kojima modeliramo umne kategorije neizrazitih granica u koje raspoređujemo i smještamo koncepte temeljem sličnosti vrijednosti njihovih pojedinih svojstava onima prototipnima. U okviru izložene teorije koncepti su jednoznačno prikazani kao vektori u vektorskomu prostoru razapetomu baznim vektorima koji odgovaraju svojstvima koncepata. Koeficijente uz vektor, međutim, ne čine vrijednosti njihovih svojstava (čime bi postojalo vrlo snažno ograničenje na kvantitativne varijable i uređenu skalu), već su definirani: 1) funkcijama reprezentativnosti koncepta u nekoj kategoriji s obzirom na vrijednosti pojedinih svojstava toga koncepta, odnosno 2) težinama tih svojstava. Nadalje, predlaže se i primjena prototipnoga modela na situacije kao složene semantičke konstrukte, također uz primjenu prilagodene formalne kvantifikacijske potpore.

Literatura

- Barsalou, L. W. (1992). *Cognitive psychology. An overview for cognitive sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bateman, J., Borgo, S., Lüttlich, K., Masolo, C., Mossakowski, T. (2006). *Ontological Modularity and Spatial Diversity*. U *Spatial Cognition and Computation*, Volume 7, Issue 1. 97–128. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Brodaric, B., Gahegan, M. (2006). *Experiments To Examine The Situated Nature of Geoscientific Concepts*. U *Spatial Cognition and Computation*, Volume 7, Issue 1. 61–95. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Castensen, K.-U. (2006). *Spatio-temporal Ontologies and Attention*. U *Spatial Cognition and Computation*, Volume 7, Issue 1. 13–32. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cohn, A.G., Gotts, N. M. (1996). *Representing Spatial Vagueness: A Mereological Approach*. U *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the 5th International Conference*. 230–241. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Croft, W., Cruse, D. A. (2004). *Cognitive Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Croft, W., Wood, E. J. (2000). *Construal operations in linguistics and artificial intelligence*. U Albertazzi, L. (ur.). *Meaning and Cognition: A Multidisciplinary Approach*. 51–78. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Evans, V., Green, M. (2006). *Cognitive linguistics, an introduction*. Edinburgh University Press.
- Fauconnier, G. (1985). *Mental Spaces*. Cambridge, Mass: MIT Press.

- Fillmore, C. (1982). *Frame Semantics*. U *Linguistic Society of Korea*, ur., *Linguistics in the Morning Calm*. 111–138. Seoul: Hanshin.
- Fulgosi, S., Tudman Vuković, N. (2001). *Relevantnost frekvencije jezične uporabe pri opisu strukture leksema*. U *Suvremena lingvistika*, Vol. 51–52, No. 1–2. 73–85.
- Gärdenfors, P. (2000). *Conceptual Spaces: The Geometry of Thought*. Cambridge Massachusetts: A Bradford Book, MIT Press.
- Gärdenfors, P., Williams, M.-A. (2001). *Reasoning about Categories in Conceptual Spaces*. U *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference of Artificial Intelligence*. 285–392. Morgan Kaufmann.
- Geeraerts, D. (1988). *Where does prototypicality come from?* U Rudzka-Osryn, B. (ur.). *Topics in Cognitive Linguistics*. 207–229. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.
- Gries, S. Th. (2006). *Corpus-based methods and cognitive semantics: the many meanings of to run*. U Gries, S. Th. i Stefanowitsch, A. (ur.). *Corpora in cognitive linguistics: corpus-based approaches to syntax and lexis*. 57–99. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Guesgen, H. W. (2002). *From the Egg–Yolk to the Scrambled–Egg Theory*. U *FLAIRS–02 Proceedings*. 476–480.
- Hanks, P. (2000). *Do word meanings exist?* U *Computers and the Humanities*, Vol. 34, No. 1–2. 205–215. The Netherlands: Springer.
- Haykin, S. (1999). *Neural Networks, A Comprehensive Foundation (second edition)*. New Jersey: Prentice Hall.
- Holmquist, K. (1999). *Conceptual Engineering, Implementing Cognitive Semantics*. U Allwood, J., Gärdenfors, P. (ur.). *Cognitive Semantics, Meaning and Cognition*. 153–171. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Holmquist, K. (1993). *Implementing Cognitive Semantics*. Lund: Department of Cognitive Science.
- Jennings, R. E. (2004). *The Meaning of Connectives*. U Davis, S., Gillon, B. S. (ur.). *Semantics*. 662–685. New York: Oxford University Press.
- Kuhn, W. (2002). *Modeling the Semantics of Geographic Categories through Conceptual Integration*. U Egenhofer, M. J., Mark, D. M. (ur.). *GIScience 2002*, LNCS 2478. 108–118. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kuhn, W., Raubal, M., Gärdenfors, P. (2006). *Cognitive Semantics and Spatio–Temporal Ontologies*, editorial. U *Spatial Cognition and Computation*, Volume 7, Issue 1. 3–12. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire and Dangerous Things*. University of Chicago Press.
- Lakoff, G., Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.
- Langacker, R. (1987). *Foundations of Cognitive Grammar I*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Laurence, S., Margolis, E. (1999). *Concepts and cognitive science*. U Margolis, E., Laurence, S. (ur.). *Concepts: Core Readings*. 3–81. Cambridge, MA: MIT Press.
- Löbner, S. (2002). *Understanding Semantics*, London: Arnold.
- Nirenburg, S., Raskin, V. (2004). *Ontological semantics*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- Olivier, P., Tsuji, J. (1994). *A computational view of the cognitive semantics of spatial prepositions*. U *Proceedings of the 32nd annual meeting on Association for Computational Linguistics*, SAD. 303–309.
- Raubal, M. (2004). *Formalizing Conceptual Spaces*. U Varzi, A. C., Vieu, L. (ur.) *Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the Third International Conference (FOIS 2004) – Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 153–164. Amsterdam: IOS Press.
- Rosch, E. (1975). *Cognitive representations of semantic categories*. U *Journal of Experimental Psychology: General*, 104. 192–233.
- Rosch, E. (1977). *Human Categorization*. U Warren, M. (ur.) *Studies in Cross–Cultural Psychology*, vol. 1. 1–49. New York: Academic Press.

- Rosch, E. (1978). *Principles of categorization*. U Lloyd, B., Rosch, E. (ur.) *Cognition and Categorization*. 27–48. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rosch, E., Mervis, C. (1975). *Family resemblances: studies in the internal structure of categories*. U *Cognitive Psychology*, 7. 573–605.
- Rosch, E., Mervis, C., Gray, W., Johnson, D., Boyes–Braem, P. (1976). *Basic objects in natural categories*. U *Cognitive Psychology*, 8. 382–439.
- Schwering, A., Raubal, M. (2005). *Spatial Relations for Semantic Similarity Measurement*. U Akoka, J. et al. (ur.). *ER Workshops 2005*, LNCS 3770. 259–269. Crown.
- Talmy, L. (2000). *Toward a Cognitive Semantics, Vol I: Concept Structuring Systems*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Tudman Vuković, N. (2009). *Značenje u kognitivnoj lingvistici*. U *Suvremena lingvistika*, Vol. 67, No. 1. 125–150.
- Wiegand, O. K. (2006). *A Formalism Supplementing Cognitive Semantics Based on Mereology*. U *Spatial Cognition and Computation*, Volume 7, Issue 1. 33–59. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Zadeh, L. (1965). *Fuzzy sets*. U *Information and Control*, Vol. 8, Issue 3. 338–353. Elsevier Inc.
- Zadeh, L. (1982). *A note on prototype theory and fuzzy sets*. U *Cognition*, 12(3). 291–297.
- Zlatev, J. (1997). *Situated Embodiment: Studies in the emergence of spatial meaning*, PhD thesis. Stockholm University, Dept. of Linguistics.
- Zlatev, J. (1999). *Situated Embodied Semantics and Connectionist Modeling*. U Allwood, J., Gärdenfors, P. (ur.) *Cognitive Semantics, Meaning and Cognition*. 173–194. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.

An Aggressive Robin in the Backyard: Formal Quantification of Prototypicality Level within the Frame of the Prototype Semantic Theory of Cognitive Linguistics

It is argued that an interdisciplinary approach to description of linguistic phenomena combining formal and cognitive linguistic theories provides a foundation for a research and scientific platform greatly facilitating exchange of valuable specific knowledge, benefitting different involved scientific domains, in this case computer science and cognitive linguistics.

This paper proposes a means of introducing formal methods for assessing the level of representativeness within the frame of the prototype theory of cognitive semantics. The methodology and terminology are taken from fuzzy logic theory and linear algebra.

A model is proposed wherein categories are represented as fuzzy sets containing concepts. Their membership is not of binary character as proposed by radical structural semantics; instead, it is quantified by concepts' properties which contribute in various amounts to their representativeness within the pertaining categories. For each property of a concept a function needs to be defined by which the contribution of the property to the membership to the fuzzy set is quantified. The proposed model posits concept representativeness as a vector within a vector space such that each space dimension corresponds to one property. Coefficients along basis vectors that span this vector space comprise the weight factor of the pertaining property and the value of the function quantifying the membership of the concept to the category with respect to that property.

Furthermore, the paper proposes the application of the described model to complex semantic structures. The representativeness of a situation within the pertaining situation category is a vector in of a vector space space spanned by basis vectors which in this case correspond to concepts constituting the complex semantic structure. Situation representativeness is a function of selection restrictions posited to each constituting concept by other concepts within the same complex semantic structure and representativeness of each concept within its category if observed isolatedly.

After offering the description of the quantification model, it is argued that such a model may provide a basis for the improvement of existing or devising of new computer systems for natural language processing by implementing the principles of categorisation undisputedly present within the cognitive processes. Finally, areas for further research and improvements are suggested.

Ključne riječi: kognitivna lingvistika, prototipna semantička teorija, neizrazita logika, teorija neizrazitih skupova

Key words: cognitive linguistics, prototype semantic theory, fuzzy logic, fuzzy set theory