

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

**ONTOLOĢIJAS SHĒMA TOPOLOĢISKAS UN
ĢEOMETRISKAS INFORMĀCIJAS APSTRĀDEI**

BAKALaura DARBS

Autors: Ģirts Ratnieks

Studenta apliecības nr.: gr18016

Darba vadītājs: MSc.Math., Dr.Geol. Līga Zariņa

RĪGA 2022

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbā “Ontoloģijas shēma topoloģiskas un ģeometriskas informācijas apstrādei” ir aprakstīti galvenie jēdzieni, kas saistās ar izvēlēto pētījuma tēmu, veikta izveide topoloģiskas un ģeometriskas informācijas ontoloģijai, kā arī veikta izveidotās ontoloģijas validācija.

Ontoloģijas ir viens no mūsdienīgākajiem datu glabāšanas veidiem. Ontoloģijas tiek izmantotas daudz dažādās nozarēs, piemēram, medicīnā un datorikā. tomēr, lai ontoloģijas būtu noderīgas arī, piemēram, ģeogrāfisko informāciju sistēmās, ir nepieciešams definēt ģeogrāfiskas, ģeometriskas un topoloģiskas attiecības.

Šī darba mērķis ir aprakstīt un atrast veidus, kā izveidot ontoloģiju, kurā būtu iekļautas topoloģiskas un ģeometriskas attiecības. Izveidoto ontoloģiju pēc tam ar dažādiem rīkiem būtu nepieciešams notestēt.

Atslēgvārdi: Ontoloģijas, RCC8, SPARQL, OWL, SWRL, Dabiskā valoda, Telpiskās attiecības

ABSTRACT

**ONTOLOGY SCHEME FOR PROCESSING TOPOLOGICAL AND
GEOMETRIC INFORMATION**

The bachelor's thesis “Ontology scheme for processing topological and geometric information” describes the main concepts related to the chosen research topic, the creation of the ontology of topological and geometric information, as well as the validation of the created ontology.

Ontologies are one of the most modern ways of storing data. Ontologies are used in many different industries, such as medicine and computing. However, for ontologies to be useful in, for example, geographic information systems, it is necessary to define geographical, geometrical and topological relationships.

The aim of this work is to describe and find ways to create an ontology that includes topological and geometric relationships. The created ontology would then need to be tested with various tools.

Keywords: Ontologies, RCC8, SPARQL, OWL, SWRL, Natural language, Spatial relations.

SATURS

APZĪMĒJUMI	5
IEVADS	6
TOPOLOĢISKAS UN ĢEOMETRISKAS INFORMĀCIJAS ONTOLOĢIJA	7
1.1 Ontoloģijas	7
1.1.1 Ģeotelpisku datu ontoloģijas	8
1.2. OWL	9
1.3. SWRL	10
1.4. Kvalitatīvā spriešana	10
RCC-8 VALODA	12
2.1. GeoSPARQL	16
2.2. SOWL	17
ONTOLOĢIJAS SHĒMAS IZVEIDES PIEMĒRS	19
3.1. Protégé rīks	28
ONTOLOĢIJAS VALIDĀCIJA	29
4.1. Validācija izmantojot OOps!	29
4.2. Validācija, izmantojot Protégé rīku	30
REZULTĀTI	34
SECINĀJUMI	35
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	37

APZĪMĒJUMI

Apzīmējums	Skaidrojums
OWL	Ontoloģiju tīmekļa valoda
ĢIS	Ģeogrāfisko informāciju sistēma
RDF	Resursu aprakstīšanas ietvars
SWRL	Semantiskā tīkla likumu valoda
SOWL	Telpas - laika ontoloģijas tīmekļa valoda
RCC	Reģiona savienojuma aprēķins

IEVADS

Ar ontoloģijām datorzinātnes jomā saprot skaitļošanas modeli, kas ir spējīgs veikt dažāda veida spriedumus. Ontoloģijas sastāv no klasēm, objektu īpašumiem, instancēm un datu īpašumiem. Lai vieglāk uztvertu informāciju, kas ontoloģijā ir aprakstīta tiek pievienotas arī anotācijas.

Topoloģiskas un ģeometriskas informācijas ontoloģijas izveidei nepietiek ar pamatzināšanām ontoloģiju veidošanā, šāda tipa ontoloģijās ļoti liela nozīme ir dažādām attiecībām starp objektiem, tāpēc darba viena no sastāvdaļām ir teorētiskā daļa, kurā ir aprakstīti dažādi ar topoloģisku ontoloģiju saistīti termini.

Darbā ir aprakstītas RCC8 valodas relācijas, kuras tiek izmantotas arī par pamatu dažādās ģeogrāfiskajās informācijas sistēmās, papildus ir paskaidrotas tādas lietas kā ontoloģijas, OWL, SWRL, ģeotelpisku datu ontoloģijas, SOWL un kvalitatīvā spriešana. Visi šie termini ir tieši vai netieši saistīti ar topoloģiskām un ģeometriskām ontoloģijām

Darba praktiskajā daļā ir izveidota ontoloģija, kura apraksta Jurgā Šķiltera, Līgas Zariņas, Eglē Žiliniskaitē, Noras Bērziņas un Lindas Apses pētījumu - "Topologic and Geometric Structure of Spatial Relations in Latvian: an Experimental Analysis of RCC" [13]. Izveidotās ontoloģijas mērķis ir iegūt visbiežāk izmantoto cilvēku valodu, kura apraksta kādu no RCC8 valodas relācijām.

Papildus ontoloģijas izveidei tā tiek validēta ar tiešsaistē pieejamiem un atvērtā pirmkoda rīkiem, validēšana notiek vai nu rakstot individuālus SPARQL vaicājumus, vai augšupielādējot ontoloģiju rīkam uz automātisko pārbaudi. SPARQL vaicājumiem ir liela nozīme saistībā ar izveidoto ontoloģiju, jo ar tiem ir iespējams ne tikai ontoloģiju validēt, bet arī iegūt nepieciešamos datus par pamatu esošā pētījuma autoriem.

Darba sastāv no 4 nodaļām. Darba pirmajā nodaļā aprakstītas tēmas, kuras ir svarīgas telpisku attiecību ontoloģiju izstrādē - ontoloģijas, ģeotelpisku datu ontoloģijas, OWL, SWRL un kvalitatīvā spriešana. Darba otrajā nodaļā aprakstīta RCC-8 valoda un apakštēmas, ko tā iekļauj - GeoSPARQL, SOWL. Darba trešajā nodaļā aprakstīta praktiskā daļa - ontoloģijas shēmas izveides piemērs. Darba ceturtajā nodaļā aprakstīta izveidotās ontoloģijas validēšana.

1. TOPOLOĢISKAS UN ĢEOMETRISKAS INFORMĀCIJAS ONTOLOĢIJA

1.1 Ontoloģijas

Ontoloģiju datorzinātnes nozarē saprot ar tās aprakstošajiem elementiem: indivīdiem, klasēm, objektu īpašumiem, datu tipu īpašumiem, anotācijām un instancēm.

Mākslīgā intelekta literatūra sastāv no daudz dažādām ontoloģiju definīcijām, dažas no tām viena otru pat apstrīd. Ontoloģija kopā ar individuāliem klašu instanču kopumiem sastāda zināšanu bāzi [2].

Lielākajā daļā ontoloģiju viss uzsvars tiek likts tieši uz klasēm. Klases apraksta domēna jēdzienu [2]. Piemēram, klase “viedtālruni” reprezentē visa veida viedtālrunus, bet viedtālrunu modeļi būtu šīs klases instance. Klasei var būt apakšklases, kuras reprezentē konceptus, kuri ir specifiskāki un precīzāk aprakstoši nekā pamata klase. Piemēram, ja tiek aprakstīti iepriekš minētie viedtālruni, tad tos var iedalīt android, iOS u.c apakšklasēs vai arī sadalīt tos kā citādi [2].

Praktiski izstrādāt ontoloģiju nozīmē:

- definēt klases, kuras būs ontoloģijā;
- sakārtot klases taksinomiski (apakšklases - pamata klases) hierarhijā;
- definēt slotus un aprakstīt slotus atļautās vērtības;
- aizpildīt vērtības slotus, kuras ir nepieciešamas instancēm [2].

Ar klasēm vien nepietiek, lai izveidotu ontoloģiju. Ir nepieciešama papildus informācija, lai ontoloģija atbilstu tās vajadzībām. Kad klases izveidotas, ir nepieciešams aprakstīt iekšējo konceptu struktūru, tie, visticamāk, ir klašu īpašumi - objekta tipu vai datu [7]. Klašu īpašumi iekļauj vēl specifiskāku informāciju nekā klases, piemēram, viedtālruna ražotāju, krāsu, ekrāna izmēru utt. Katram īpašumam ir jānosaka, kuru klasi tas apraksta. Šie īpašumi pārtop par slotiem, kas ir pievienoti klasēm. Piemēram, ja ražotnei vēl izveido klasi, tad tai būs nepieciešams lokācijas slots - tās atrašanās vieta [2].

Tāpat kā relāciju datubāzē, arī ontoloģijas slotiem ir nepieciešams definēt, kādas un cik daudz vērtību tajos var ierakstīt, kā arī ir nepieciešams definēt slotu kardinalitāti.

Visbiežāk izmantotie slotu vērtību tipi:

- String - vienkāršākais vērtību tips, kurš tiek lietots tādiem slotiem kā vārds: vērtība ir simbolu virkne [2].

- Number (citreiz izmanto specifiski Float vai Integer) - apraksta skaitliskās vērtības [2].
- Boolean - tie ir vienkārši patiens vai nepatiens karodziņi. Izmanto, lai definētu, piemēram, vai kāda vērtība izpildās: ja izpildās, tad patiens (jā) , ja neizpildās, tad nepatiens (nē) [2].
- Enumerated - uzskaitījuma datu tips, kur vērtības var tikt izvēlētas tikai un vienīgi no kādām piedāvātajām vērtībām [2].
- Instance-type - instanča tipu vērtības atļauj izmantot attiecības starp indivīdiem. Piemēram, kādu slotu no citas ontoloģijā esošās klases var izmantot citai klasei [2].

Kad ontoloģija ir izveidota, tad to ir iespējams pārbaudīt un notestēt daudz dažādos tiešsaistē pieejamos rīkos, kuri arī šī darba nolūkos izveidotajai ontoloģijai tiks izmantoti.

1.1.1 Ģeotelpisku datu ontoloģijas

Ontoloģijas, kas ir saistītas ar ģeogrāfiskiem datiem, ir veidotās tā, lai tās inscinētu labāku izpratni par ģeogrāfiskās pasaules struktūru un lai atbalstītu ģeogrāfisko informāciju sistēmu izstrādi [3].

Ģeotelpiskām ontoloģijām ir daudz kā kopīga neatkarīgi no valodas, kādā tās ir veidotas. Lielākā daļa ontoloģiju apraksta indivīdus, kategorijas, atribūtus, relācijas, darbības, notikumus un noteikumus [4].

Lai atrisinātu ģeogrāfiskas reprezentācijas problēmas, ir jāņem vērā šie konkrētie 3 teorētiskie instrumenti:

- Mereoloģija - ļoti nozīmīga daļa no spriešanas (*reasoning*) par telpu iesaista mereoloģisko domāšanu. Mereoloģija reprezentē specifīgu alternatīvu automātu teorijai, kura tiek pielietota telpiskai un ģeogrāfiskai reprezentācijai. Formāli mēs varam pieņemt, ka mereoloģija ir pirmās kārtas loģika, kas konstruēta ap primitīvu daļu no kaut kā (interpretēts tā, lai iekļautu identitāti kā robežgadījumu) un kas tiek simbolizēts kā binārs predikāts “£” [5].
- Lokācija - visparēja teorija par telpisku lokāciju ir nepieciešama virs un zem mereoloģijas, lai būtu iespējama ģeogrāfisku entītijū un telpas reģiona, kurā tā atrodas, izmeklēšana. Lokācijas un mereoloģijas attiecības nav identitātes attiecības: tauta vai novads nav identisks telpiskajam reģionam, kuru tas aizņem. Itālija var sarukt vai mainīt savu formu, bet telpiskajam reģionam noteikta ir tāda

forma un izmērs, kāds tam ir. Turklāt divas vai vairākas atšķirīgas ģeogrāfiskās vienības var vienlaikus atrasties vienā un tajā pašā vietā, piemēram, Hamburgas pilsēta un federālā zeme. Formāli lokācijas teorija ir ērti izteikta aksiomās ar primitīvu 'L', kas apzīmē precīzu lokāciju. Kopā ar mereoloģiju ir iespējams izteikt arī daļēju lokāciju [5].

- Topoloģija - nedrīkstētu pieņemt, ka visas ģeogrāfiskās entītijas ir savienotas vai ir kādas daļa. Piemēram, Turcijai un ASV nav kopīgu daļu. Tas nozīmē, ka ar mereoloģiju vien nepietiek, lai izteiktu dažādas pamata telpiskās relācijas, piemēram, nepārtrauktības attiecības starp diviem blakus esošiem objektiem (valstīm, zemes gabaliem, pasta indeksiem) vai attiecības, kad viena lieta pilnībā atrodas kādas citas lietas iekšpusē vai ap to. Lai nodrošinātu sistemātisku pārskatu par šādām attiecībām, kas pārsniedz vienkāršās daļējas un veselas attiecības, ir nepieciešama viena vai cita veida topoloģiskā tehnika. Robežas jēdziens starp divām blakus esošām zemēm vai valstīm ir ļoti svarīgs ģeogrāfiskajai ontoloģijai, un tas tiešā mērā ir saistīts ar topoloģiju [5].

1.2. OWL

Ontoloģiju kontekstā ļoti liela nozīme ir tieši OWL (Ontology Web Language) jeb Ontoloģiju Tīmekļa Valodai. Tā kā ontoloģiju pamatā ir tieši zināšanu krājumi, struktūras un relācijas, kas ir cilvēkiem saprotamas, tad OWL tiek izmantots, lai ontoloģijas būtu iespējams pārveidot ne tikai cilvēkiem saprotamā veidā, bet arī datoram.

OWL ontoloģija ir aksiomu kopa, kura nodrošina loģiskus apgalvojumus par trīs veidu lietām - klasēm, indivīdiem un īpašumiem. Izmantojot programmatūru, ar kuras palīdzību ir iespējams veikt spriešanu, var izsecināt daudz dažādus cita veida faktus, kas ir iekļauti ontoloģijā, piemēram, ja Martins ir students un studenti ir personas, tad izmantojot spriešanas programmatūru, ir iespējams izsecināt, ka Martins ir arī persona [11].

OWL ontoloģijās ir diva veida īpašumi. Datu īpašumi - bināras relācijas, kas sasaista indivīdu ar jau ierakstītiem datiem, piemēram, `xsd:dateTime`. Objekta īpašumi - bināras relācijas, kas sasaista indivīdu ar indivīdu [11].

OWL valodas tiek aprakstītas ar formālajām semantikām. Tās ir uzbūvētas uz W3C (World Wide Web Consortium's) standarta objektiem, kurus sauc par RDF (Resursu

aprakstīšanas ietvariem). Gan OWL, gan RDF ir pievērsis nozīmīgu akadēmisku, medicīnisku un komerciālu interesi [12].

1.3. SWRL

Ar OWL valodu nav iespējams izteikt visas relācijas. Viens zināms piemērs ir tāds, ka ar OWL nevar izteikt relāciju - bērns precētiem vecākiem - jo OWL nevar izteikt attiecības starp indivīdiem, ar kuriem indivīdam ir relācijas [11].

OWL valodas ekspresivitāti ir iespējams papildināt, izmantojot SWRL (Semantiskā tīkla kārtulu valoda) kārtulas ontoloģijai. SWRL likumi ir līdzīgi Prolog vai DATALOG likumiem. Faktiski SWRL kārtulas ir DATALOG kārtulas ar unāriem predikātiem klašu un datu tipu aprakstīšanai, binārajiem predikātiem īpašumiem un dažiem īpašiem iebūvētiem n-āriem predikātiem [11].

SWRL likumiem ir ļoti liela nozīme tieši topoloģisku un telpisku ontoloģiju veidošanā, jo ar SWRL likumiem ir iespējams izteikt dažādas savstarpējās RCC8 valodas īpašības, kuras parastajā OWL valodā nav iekļautas [11].

1.4. Kvalitatīvā spriešana

Kvalitatīvā spriešana ir zināšanu apstrādes metode, kurai nav nepieciešami kvalitatīvi skaitliski aprēķini. Salīdzinājumā ar kvantitatīvajiem aprakstiem, kvalitatīvie apraksti ir vairāk konsekventi ar vispārīgo kognīciju un zināšanām. Precīzi skaitļi ir nepieciešami, kad telpiskās attiecības tiek izteiktas kvantitatīvi, piemēram, 30 °R, 30°Z. Tomēr no ierastās izteiksmes perspektīvas bieži vien nav vajadzības aprakstīt telpiskos atribūtus tik precīzi, tā vietā nepieciešamo informāciju var labi izklāstīt kvalitatīvajā formā. Virzienu attiecības var izklāstīt izmantojot tādus apzīmējumus kā dienvidaustrumu, ziemeļu, rietumu utt, bet distances ar tādiem kā tāls un tuvs [17].

Izplatītākie telpiskās informācijas apraksti visbiežāk ir kvalitatīvi. Slēpto telpisko zināšanu iegūšana no kvalitatīvi aprakstītas informācijas izmantojot kvalitatīvo spriešanu, ir ļoti nozīmīga lēmumu pieņemšanai un vaicājumu optimizācijai telpiskajā analīzē. Dažkārt, lai

iegūtu nepieciešamo lokāciju kādam konkrētam objektam, nepietiek ar tradicionālo pieeju, kāda tiek izmantota dažādās ģeogrāfiskajās informācijas sistēmās, jo tiek iegūtas dažādas lokācijas, kuras ir pret iepriekš ieviestiem ierobežojumiem, kas savukārt neder lēmumu pieņemšanai. Nereti rezultāts, ko piedāvā uz lauka balstītas telpiskās, kvalitatīvās spriešanas ir daudz labāks par tradicionālo ĢIS pieeju, jo tas nav pretrunā ar noteiktajiem ierobežojumiem un ir vairāk uzticams lēmumu pieņemšanā [17].

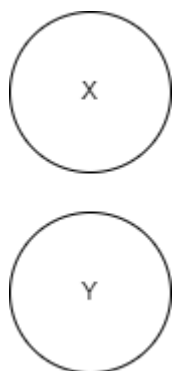
2. RCC-8 VALODA

Lai būtu iespējams izveidot attiecības starp telpiskiem objektiem, ontoloģijā tiek izmantota RCC-8 valoda.

RCC-8 valoda sastāv no 8 dažādām relācijām, kas ir iespējamās starp diviem telpiskiem reģioniem. Šīs relācijas ir bināras, un tās attiecas uz pāra reģioniem x un y n -dimensiju telpā. RCC8 relācijas ir savstarpēji izslēdzošas, kas nozīmē, ka jebkuru divu telpisku reģionu konfigurāciju var aprakstīt ar šīm attiecībām, un, ja kāda no attiecībām ir patiesa, tad pārējās ir nepatiesas [1]. Piemēram, ja telpisks objekts x un telpisks objekts y ir savstarpēji atvienoti, tie nevar būt daļēji pārklājoši. Attēlos nr 2.1.1. - 2.1.8. ir iespējams aplūkot kā RCC-8 valodas relācijas izskatās vizuāli.

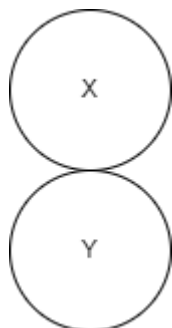
RCC-8 valodas 8 dažādās relācijas:

- Atvienoti (DC) - divi reģioni ir pilnībā atvienoti, tiem nav kopīgu daļu.



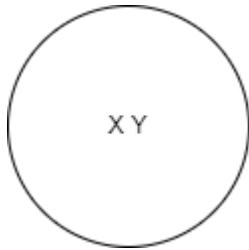
attēls nr.2.1.1. autors: Ģirts Ratnieks

- Āreji savienoti (EC) - diviem reģioniem saskaras tikai malas.



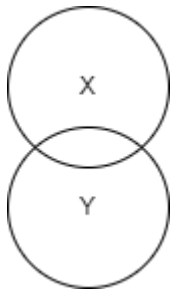
attēls nr. 2.1.2. autors: Ģirts Ratnieks

- Vienādi (EQ) - diviem reģioniem ir viens telpiskais apjoms.



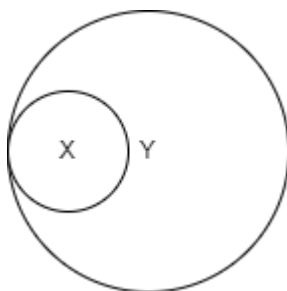
attēls nr. 2.1.3. autors: Ģirts Ratnieks

- Daļēji pārklājoši (PO) - divi reģioni daļēji pārklājas (tiem ir kopīga daļa, kur kāda daļa ir iekš otra reģiona daļas, bet tiem ir arī daļas, kas nepārklājas)



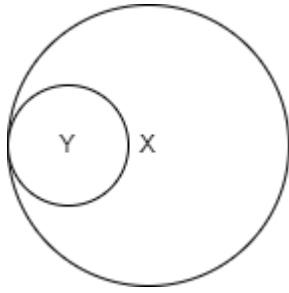
attēls nr. 2.1.4. autors: Ģirts Ratnieks

- Tangenciāla īstā daļa (TPP) - pirmais reģions ir pilnībā iekšā otrā reģionā un to malas saskaras no iekšpuses.



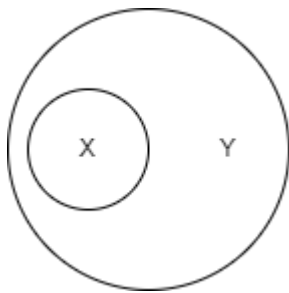
attēls nr. 2.1.5. autors: Ģirts Ratnieks

- Apgriezta tangenciāla īstā daļa (TPPi) - pirmais reģions ir pilnībā iekšā otrā reģionā un to malas saskaras no iekšpuses.



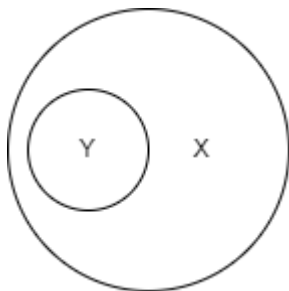
attēls nr 2.1.6. autors: Ģirts Ratnieks

- Netangenciāla īstā daļa (NTPP) - pirmais reģions ir pilnībā iekšā otrā reģionā un to malas nesaskaras.



attēls nr. 2.1.7. autors: Ģirts Ratnieks

- Apgriezta netangenciāla īstā daļa (NTTPi) - pirmais reģions ir pilnībā iekšā otrā reģionā un to malas nesaskaras.



attēls nr. 2.1.8. autors: Ģirts Ratnieks

No šīm attiecībām ir iespējams veidot arī dažādas kombinācijas, piemēram, īstās daļas (PP), kas ir apvienojums no TPP un NTPP. No šīm attiecībām ir iespējams izveidot arī noderīgas matemātiskas operācijas, lai veiktu dažādus secinājumus par topoloģiskajām relācijām:

- inversā relācija no relācijas r ir relācija r^{-1} tāda, ka $\forall x; \forall y; r(x; y) \Leftrightarrow r^{-1}(y; x)$
- relācija starp r_1 un r_2 ir atdalītas (disjoint), ja $\forall x; \forall y; r_1(x; y) \Rightarrow \neg r_2(x; y)$

- relācijas r papildinājums ir relācija rc tāda, ka r un rc ir atdalītas un $\forall x; \forall y; r(x; y) \vee rc(x; y)$ ir patiess.
- Trīs telpisku reģionu x, y, z un r_1, r_2 relāciju pāra; $r_1(x;y)$ kompozīcija un $r_2(y;z)$ kompozīcija ir visu iespējamo relāciju starp x un z disjunktija [1].

Pilns RCC-8 valodas kompozīciju saraksts ir redzams tabulā 2.1. RCC-8 valodas kompozīcijas rodas apvienojot dažādas telpiskas attiecības, kuras atbilst noteiktām telpiskām attiecībām.

tabula 2.1.

RCC-8 valodas kompozīcijas [14]

	DC	EC	PO	TPP	NTPP	TPP ⁻¹	NTPP ⁻¹
DC	*	DC, EC, PO, TPP, NTPP	DC, EC, PO, NTPP, TPP	DC, EC, PO, TPP, NTPP	DC, EC, PO, TPP, NTPP	DC	DC
EC	DC, EC, PO, NTPP ⁻¹ , TPP ⁻¹	DC, EC, PO, TPP, EQ, TPP ⁻¹	DC, EC, PO, TPP, NTPP	EC, PO, TPP, NTPP	PO, TPP, NTPP	DC, EC	DC
PO	DC, EC, PO, NTPP ⁻¹ , TPP ⁻¹	DC, EC, PO, NTPP ⁻¹ , TPP ⁻¹	*	PO, TPP, NTPP	PO, TPP, NTPP	DC, EC, PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	DC, EC, PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹
TPP	DC	DC, EC	DC, EC, PO, TPP, NTPP	TPP, NTPP	NTPP	DC, EC, PO, EQ, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	DC, EC, PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹
NTPP	DC	DC	DC, EC, PO, TPP, NTPP	NTPP	NTPP	DC, EC, PO, TPP, NTPP	*
TPP ⁻¹	DC, EC, PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	EC, PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	PO, EQ, TPP, TPP ⁻¹	PO, TPP, NTPP	TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	NTPP ⁻¹
NTPP ⁻¹	DC, EC, PO, NTPP ⁻¹ , TPP ⁻¹	PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	PO, TPP ⁻¹ , NTPP ⁻¹	PO, EQ, TPP ⁻¹ , TPP, NTPP, NTPP ⁻¹	NTPP ⁻¹	NTPP ⁻¹

2.1. GeoSPARQL

GeoSPARQL ir paredzēts, lai būtu iespējams reprezentēt un rakstīt vaicājumus ģeotelpiskiem datiem semantiskajā tīklā. GeoSPARQL definē vārdnīcu ģeotelpisku datu reprezentācijai RDF (Resursu aprakstīšanas ietvarā), un tas definē papildinājumu jau esošai SPARQL vaicājumu rakstīšanas valodai, lai būtu iespējams apstrādāt ģeotelpiskus datus [5]. SPARQL vaicājumu rakstīšanas valoda ir paredzēta ontoloģijām, kurās nav telpisku datu, tā sintakse mazliet sakrīt ar relāciju datubāžu vaicājumu valodu SQL. Turklāt GeoSPARQL ir paredzēts, lai pielāgotos sistēmām, kuru pamatā ir kvalitatīva telpiskā spriešana, un sistēmas, kuru pamatā ir kvantitatīvi telpiskie aprēķini [5].

GeoSPARQL arī satur RCC-8 un vienkāršās topoloģiskās relācijas, kuras ir iespējams aplūkot tabulā 2.1.1.

tabula 2.1.1.

GeoSPARQL topoloģiskās relācijas pēc GeoSPARQL standarta [6].

Vienkāršās topoloģiskās relācijas	RCC8 valodas topoloģiskās relācijas
geo:sfEquals	geo:rcc8eq
geo:sfDisjoint	geo:rcc8dc
geo:sfIntersects	geo:rcc8ec
geo:sfTouches	geo:rcc8po
geo:sfCrosses	geo:rcc8tppi
geo:sfWithin	geo:rcc8tpp
geo:sfContains	geo:rcc8ntpp
geo:sfOverlaps	geo:rcc8ntppi

GeoSPARQL sintakses piemērs, lai noteiktu, kas atrodas iekš robežtainstūra ar koordinātām 38.913574°N 77.089005°W un 38.886321°N 77.029953°W:

```
“PREFIX geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
```

```
PREFIX geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
```

```
SELECT ?what
```

```

WHERE {
  ?what geo:hasGeometry ?geometry .
  FILTER(geof:sfWithin(?geometry,
    "POLYGON((-77.089005 38.913574,-77.029953
38.913574,-77.029953 38.886321,-77.089005 38.886321,-77.089005
38.913574))"^^geo:wktLiteral))
  }” [8].

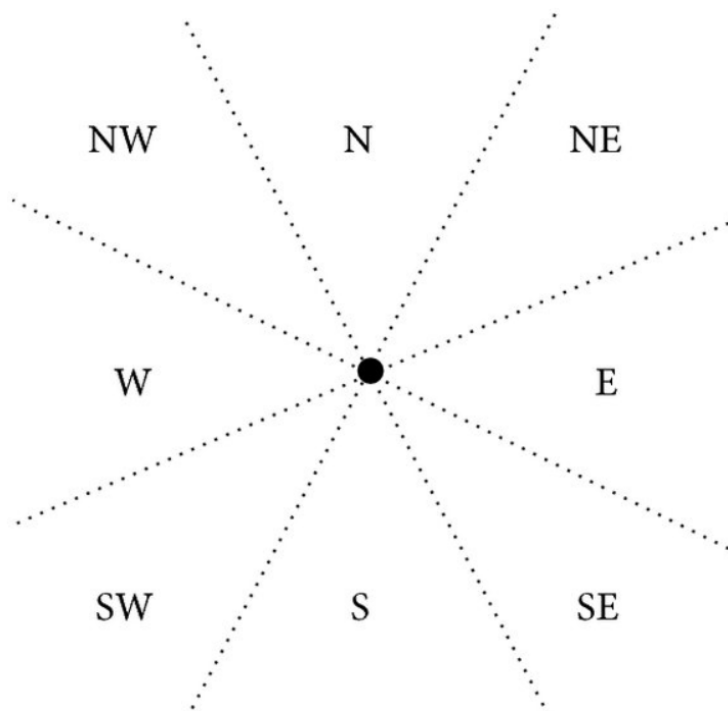
```

2.2. SOWL

SOWL ir ontoloģija telpas un laika informācijas apstrādei OWL. SOWL ir iespējams reprezentēt gan statisku, gan dinamisku informāciju, kas balstīta uz 4D-fluent vai N-ary pieejām, kuras pēc tam tiek papildinātas ar telpiskām, topoloģiskām vai virziena informācijām. Šīs divas pieejas ir praktiski vienādas, 4D-fluenti ir vairāk paredzēti simetriskām, inversām un transitīvām attiecībām, bet N-ary pieejai ir nepieciešami mazliet vairāk papildus objekti [9].

SOWL papildus kvantitatīvajām attiecībām apstrādā arī kvalitatīvās attiecības (kas izteiktas, izmantojot dabisko valodu, piemēram, “pirms”, “pēc” vai “zem”, “virs”). SOWL spriešana ir implementēta SWRL valodā, un tā spēj ieviest jaunas telpiskas un laika relācijas, kā arī tā spēj atklāt dažādas neatbilstības [9].

SOWL ir integrētas gan RCC-8, gan CSD9 virziena relācijas. CSD9 ir virziena relācijas, kuras ir definētas, izmantojot konusa formas lauku. CSD9 satur virzienus - Ziemeļi (N), Ziemeļaustrumi (NE), Austrumi (E), Dienvidaustrumi (SE), Dienvidi(S), Dienvidrietumi (SW), Rietumi (W) un Ziemeļrietumi (NW), kurus ir iespējams aplūkot attēlā nr. 2.2.1. SOWL atšķirīgā iezīme ir tāda, ka tā reprezentē gan kvalitatīvo laika, gan telpas informāciju [10].



attēls nr. 2.2.1. CSD9 virziena relācijas [10].

3. ONTOLOĢIJAS SHĒMAS IZVEIDES PIEMĒRS

Izveidotās ontoloģijas shēma tiek balstīta uz L.Zariņas, J.Šķiltera, E.Žilinskaitēs, N.Bērziņas un L.Apses veikto eksperimentu "Topologic and Geometric Structure of Spatial Relations in Latvian: an Experimental Analysis of RCC". Minētajā darbā tiek veikts eksperiments par telpas uztveri.

Eksperimentā tiek uzdots jautājums noteikt, kur atrodas tumšais aplis, kuram attiecīgi, piemēram, blakus, virsū vai zem, atrodas gaišais aplis. Tumšais aplis no gaišā apļa tiek atdalīts, izmantojot visas iespējamās RCC-8 relācijas, kā arī papildus vēl izmantotas dažādas ģeogrāfiskas īpašības, piemēram, virziens (uz rietumiem, uz austrumiem).

Darbā izveidotās ontoloģijas shēmā tiek izmantotas eksperimentā radītās RCC-8 valodas telpiskās attiecības, kā arī vēl papildus tiek izmantotas dažādas ģeogrāfiskas īpašības. Ontoloģijā izmantotās ģeogrāfiskās īpašības ir:

- UNDER (x,y) - zem vai uz dienvidiem
- OVER(x,y) - virs vai uz ziemeļiem
- TO_THE_RIGHT_OF (x,y) - pa labi no vai uz austrumiem
- TO_THE_LEFT_OF (x,y) - pa kresi no vai uz rietumiem
- Distanču ģeogrāfiskās īpašības:
- NEAR (x,y) - netālu
- FAR (x,y) - tālu

Ģeogrāfiskās īpašības ontoloģijā nodrošina iespēju vieglāk un ērtāk atlasīt eksperimentā visbiežāk izmantotās attiecības, lai raksturotu konkrētās telpiskās attiecības.

Tā kā eksperiments sastāv no savstarpēji nesaistītiem objektiem - katrs gadījums ir individuāls, tad ontoloģijā netika definētas SWRL kārtulas, kas definē RCC-8 savstarpējās attiecības.

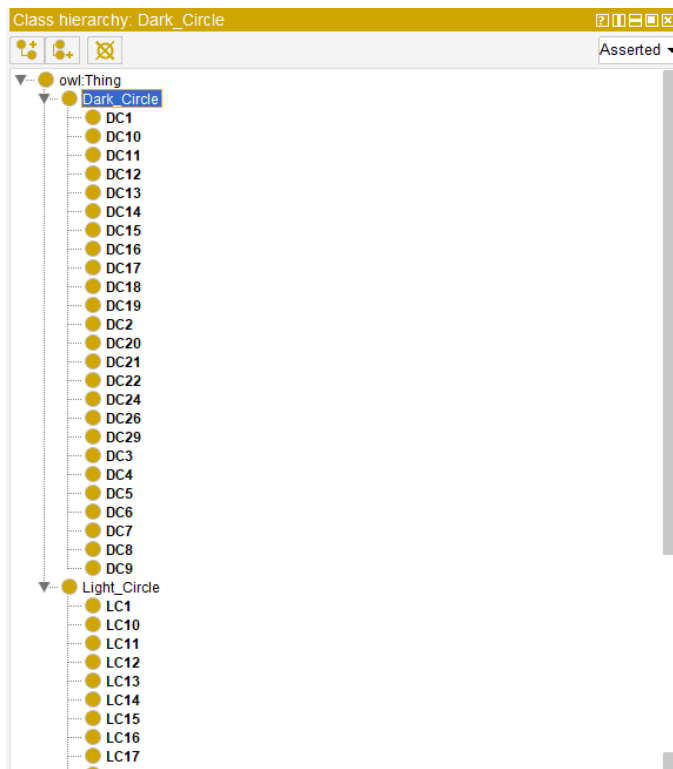
Ontoloģijas izveide ir vairāk kā tāds piemērs un cilvēka acīm vizuāli labāk uztverama zināšanu bāze, kur atspoguļotas topoloģiskās un telpiskās attiecības. Katrs individuālais gadījums tiek papildināts arī ar visbiežāk tam izmantotu dabiskās valodas frāzi, kuras tika iegūtas aptaujājot 45 indivīdus, uzdodot pavisam vienkāršu jautājumu - kur ir tumšais aplis?

Darba autoriem, uz kuru darba bāzes ir veidota šī ontoloģija, ir nepieciešams, lai, atlasot kādu no RCC-8 relācijām, būtu iespējams iegūt visbiežāk izmantoto frāzi vai vārdus, kuri tiek izmantoti aprakstot katru individuālo situāciju. Frāzes un vārdi tiek apzīmēti ar

īpašiem, autoriem saprotamiem apzīmējumiem, kuri tiek izmantoti, lai vieglāk būtu savākt un atšifrēt iegūtos datus. Piemēram, F_LOC_RIGHT - atrodas pa labi, pa labi, pa labi no utt..

Ontoloģijā tiek atspoguļotas 25 individuālas, savstarpēji nesaistītas situācijas. Katrai no tām piemīt kāda no RCC-8 valodas telpiskajām īpašībām, kā arī virziens no ģeogrāfiskajām īpašībām, kā arī pāris gadījumi satur distanci.

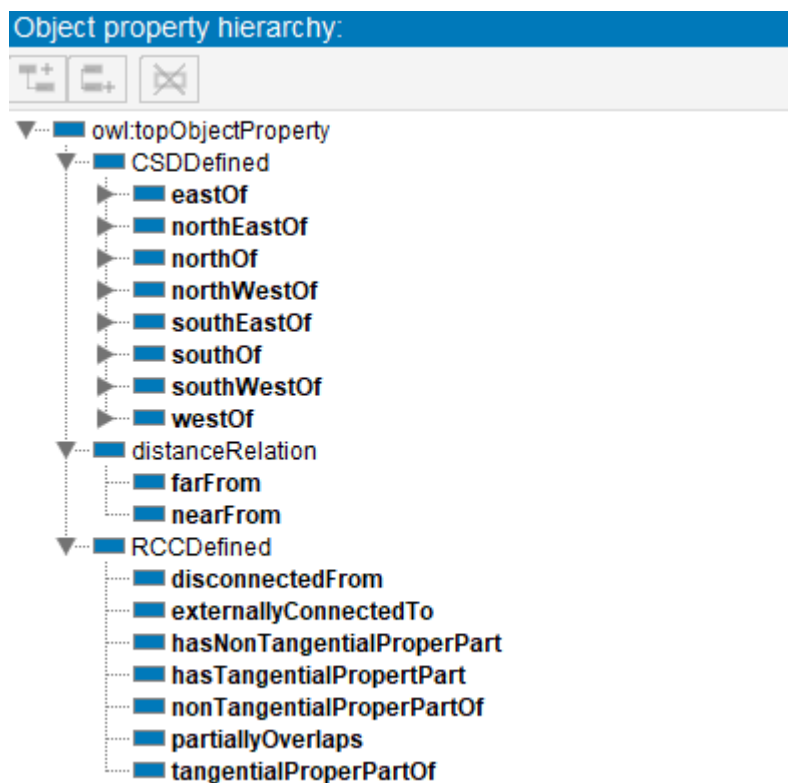
Ontoloģija satur divas galvenās klases - dark_circle (tumšais aplis) un light_circle (gaišais aplis). Katra no klasēm satur 25 apakšklases katram individuālajam gadījumam. Katram individuālajam gadījumam ir definētas instances un instancēm objekta īpašumi.



attēls nr. 3.1. Klašu struktūra ontoloģijas piemērā

Ontoloģijas viena no nozīmīgākajām daļām - objektu īpašumi. Objektu īpašumi ir visas iepriekš minētās attiecības (RCC-8 un ģeogrāfiskās). Objektu īpašumi ir sadalīti īpašumos un apakšīpašumos. Īpašumi ir - CSDDefined (virziena īpašumi), RCCDefined (telpiskās RCC-8 attiecības) un distanceRelation - (distances īpašumi). Objekta īpašumi tiek izmantoti, lai definētu savstarpējas attiecības starp klašu instancēm, kuras šīs ontoloģijas gadījumā ir katras individuālās situācijas tumšais vai gaišais aplis. Šajā ontoloģijā ar objekta īpašumiem tiek aprakstītas attiecības starp tumšo un gaišo apli.

Attēlā nr 3.2. un tabulā 3.1. redzami visi ontoloģijā izveidotie objekta īpašumi: Virziena definītie (CSD), RCC definītie (topoloģiskie) un distances.



attēls nr. 3.2. Objekta īpašumi ontoloģijas piemēram Protégé rīkā

tabula 3.1.

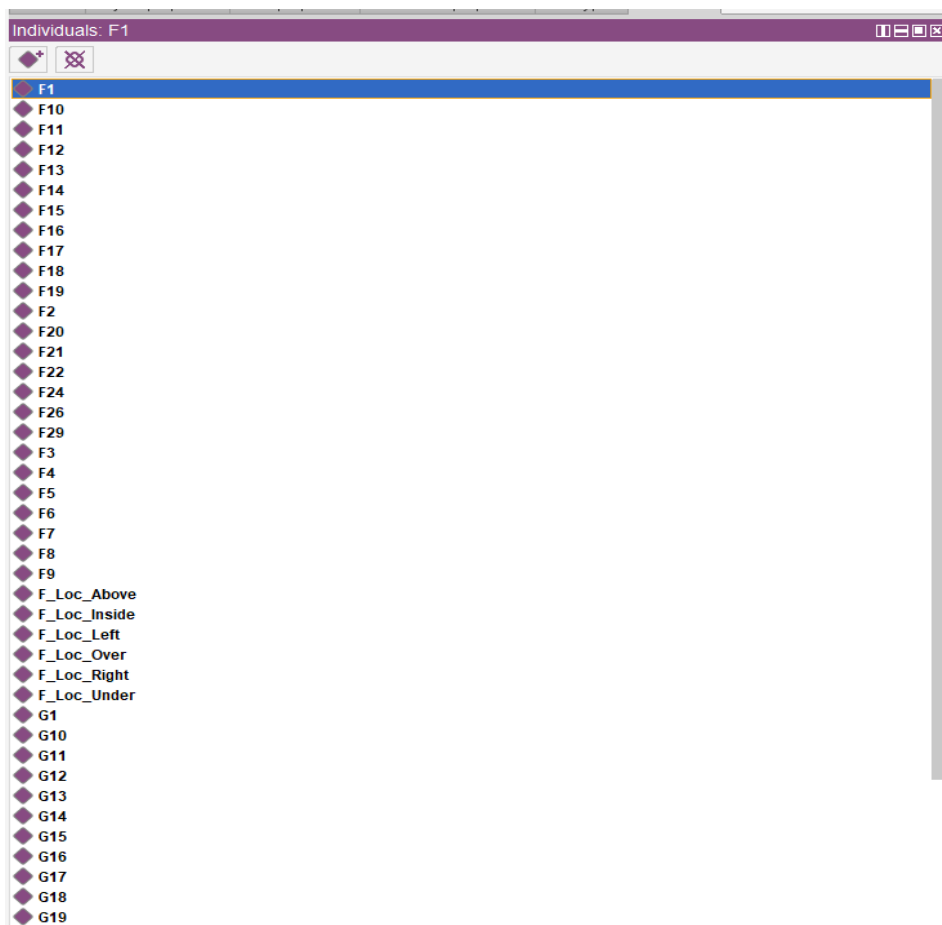
Objekta īpašumi ontoloģijas piemērā

Īpašums	Apakšīpašums	Tulkojums
CSDDefined	eastOf	Uz austrumiem no
	northEastOf	Uz ziemeļaustrumiem no
	northOf	Uz ziemeļiem no
	northWestOf	Uz ziemeļrietumiem no
	southEastOf	Uz dienvidaustrumiem no
	southOf	Uz dienvidiem no
	southWestOf	Uz dienvidrietumiem no
	WestOf	Uz rietumiem no
distanceRelation	farFrom	Tālu no
	nearFrom	Netālu no

RCCDefined	disconnectedFrom	Atvienots no
	externallyConnectedTo	Ārēji pievienots
	hasNonTangentialProperPart	Netangenciāli īstā daļa
	hasTangentialProperPart	Tangenciāli īstā daļa
	nonTangentialProperPartOf	Inversā netangenciāli īstā daļa
	tangentialProperPartOf	Inversā tangenciāli īstā daļa
	partiallyOverlaps	Daļēji pārklājošs

Šajā ontoloģijas shēmā ļoti liela nozīme ir tieši instancēm, kas ir piesaistītas klasēm. Katra instance apzīmē tumšo vai gaišo apli, kā arī frāžu un vārdu apzīmējumus, kas tiek piesaistīti klasēm. Katrai klasei tiek definēts viens aplis un viens frāžu un vārdu apzīmējums.

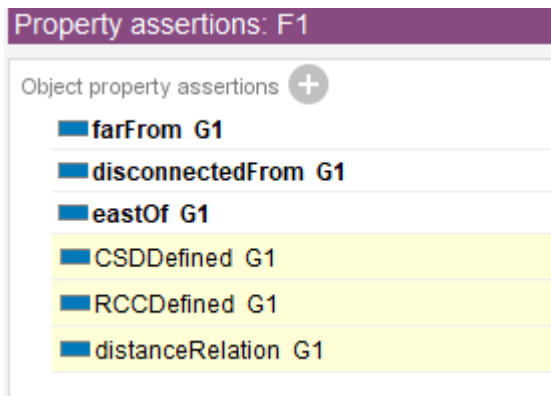
Attēlā nr. 3.3 un tabulā nr. 3.2. ir iespējams aplūkot sarakstu ar instancēm, kas ir izveidotas ontoloģijā.



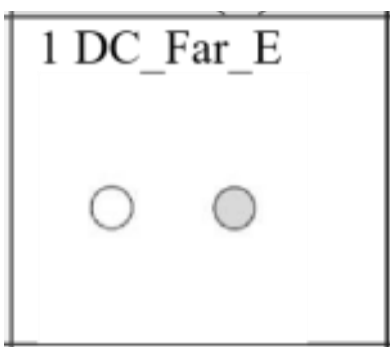
Instanču saraksts ontoloģijas un to apzīmējumi

Instance	Nozīme
F1-F22, F24, F26,F29	Tumšais aplis katrai situācijai
G1-G22, G24, G26, G29	Gaišais aplis katrai situācijai
F_Loc_Right	Vārdu un frāžu apzīmējums (piem., atrodas pa labi no gaišā apļa)
F_Loc_Above	Vārdu un frāžu apzīmējums (piem., atrodas virs gaišā apļa)
F_Loc_Left	Vārdu un frāžu apzīmējums (piem., atrodas pa kreisi no gaišā apļa)
F_Loc_Under	Vārdu un frāžu apzīmējums (piem., atrodas zem gaišā apļa)
F_Loc_Inside	Vārdu un frāžu apzīmējums (piem., atrodas iekšā gaišajā aplī)
F_Loc_Over	Vārdu un frāžu apzīmējums (piem., atrodas ārpus un virs gaišā apļa)

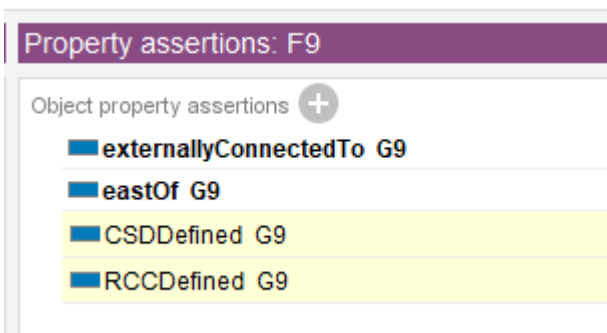
Tā kā šis ontoloģijas piemērs ir balstīts uz to, lai būtu saprotama divu objektu saistībai, izmantojot telpiskas attiecības, tad attēlos nr. 3.4. - 3.17. ir redzama saistība no katras RCC-8 telpiskās attiecības - ar to, kā protégé rīkā ir aprakstītas gaišā un tumšā apļa attiecības un kā izskatījās attēls, kurš tika rādīts indivīdiem, un uzdots jautājums par to, kur atrodas tumšais aplis.



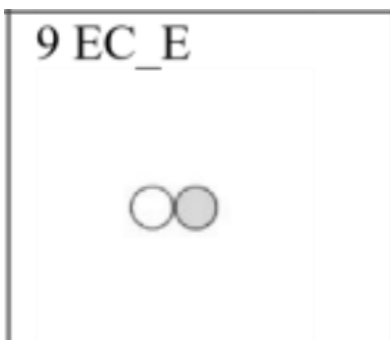
attēls nr. 3.4. RCC-8 DC attiecība starp F1 un G1 ontoloģijā, attēlota protégé rīkā



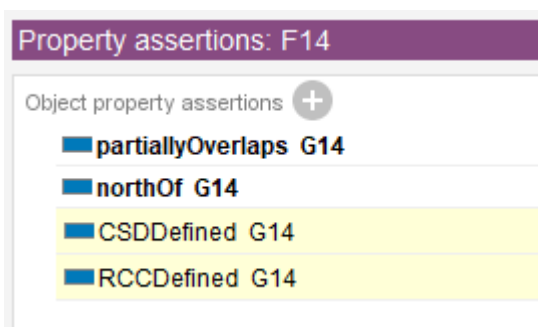
attēls nr. 3.5. pētījumā izmantotais stimul 1. situācijai DC relācijai [13].



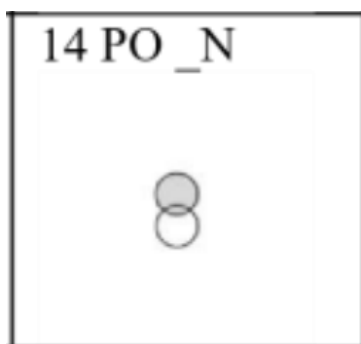
attēls nr 3.6. RCC-8 EC attiecība starp F9 un G9 ontoloģijā, attēlota protégé rīkā



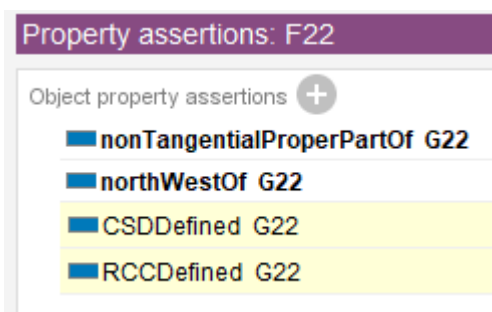
attēls nr. 3.7. pētījumā izmantotais stimul 9. situācijai RCC-8 EC relācijai [13].



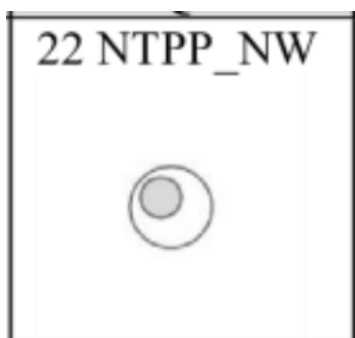
attēls nr 3.8. RCC-8 PO attiecība starp F14 un G14 ontoloģijā, attēlota protégē rīkā



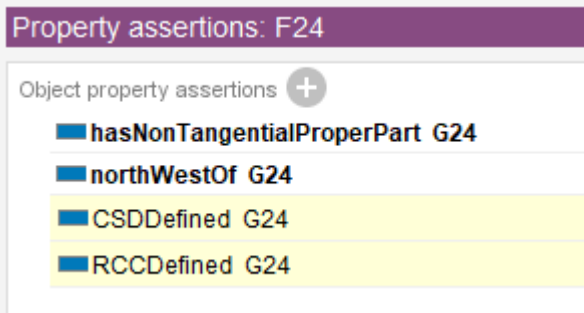
attēls nr. 3.9. pētījumā izmantotais stimul 14. situācijai RCC-8 EC relācijai [13].



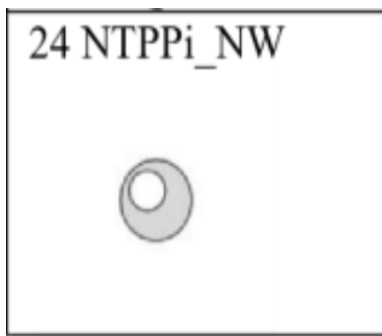
attēls nr. 3.10. RCC-8 NTPP attiecība starp F22 un G22 ontoloģijā, attēlota protégē rīkā



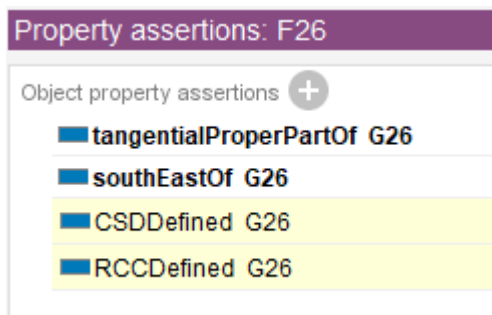
attēls nr 3.11. pētījumā izmantotais stimul 22. situācijai RCC-8 NTPP relācijai [13].



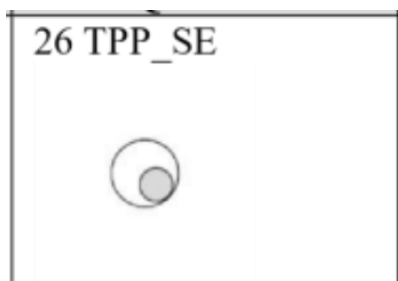
attēls nr. 3.12. RCC-8 NTPPi attiecība starp F24 un G24 ontoloģijā, attēlota protégé rīkā



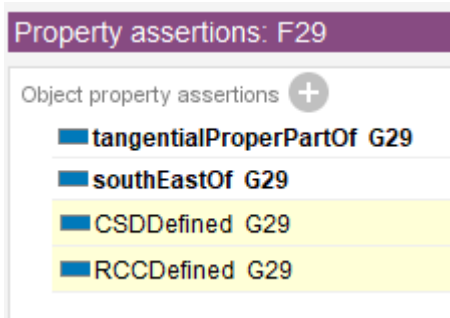
attēls nr. 3.13. pētījumā izmantotais stimul 24. situācijai RCC-8 NTPPi relācijai [13].



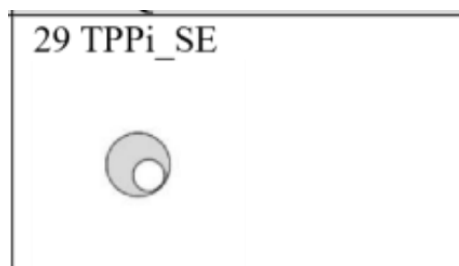
attēls nr. 3.14. RCC8 TPP attiecība starp F26 un G26 ontoloģijā, attēlota protégé rīkā



attēls nr. 3.15. pētījumā izmantotais stimul 26. situācijai RCC8 TPP relācijai [13].



attēls nr. 3.16. RCC8 TPP attiecība starp F29 un G29 ontoloģijā, attēlota protégé rīkā



attēls nr. 3.17. pētījumā izmantotais stimuls 29. situācijai RCC8 TPPi relācijai [13].

Tabulā nr 3.3. ir attēlota izveidotās ontoloģijas kopējā struktūra ar visiem tās elementiem.

tabula 3.3.

Ontoloģijas struktūra

Apraksts	Saturs
Klases	Dark_Circle, DC1, DC10, DC11, DC12, DC13, DC14, DC15, DC16, DC17, DC18, DC19, DC2, DC20, DC21, DC22, DC24, DC26, DC29, DC3, DC4, DC5, DC6, DC7, DC8, DC9, Light_Circle, LC1, LC10, LC11, LC12, LC13, LC14, LC15, LC16, LC17, LC18, LC19, LC2, LC20, LC21, LC22, LC24, LC26, LC29, LC3, LC4, LC5, LC6, LC7, LC8, LC9
Objekta īpašumi	CSDDefined, eastOf, northEastOf, northOf, northWestOf, southEastOf, southOf, southWestOf, westOf, distanceRelation, farFrom, nearFrom, RCCDefined, disconnectedFrom, externallyConnectedTo, hasNonTangentialProperPart, hasTangentialProperPart, nonTangentialProperPartOf, partiallyOverlaps, tangentialProperPartOf

Indivīdi	F1, F10, F11, F12, F13, F14, F15, F16, F17, F18, F19, F2, F20, F21, F22, F24, F26, F29, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F_Loc_Above, F_Loc_Inside, F_Loc_Left, F_Loc_Over, F_Loc_Right, F_Loc_Under, G1, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G18, G19, G2, G20, G21, G22, G24, G26, G29, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9

3.1. Protégé rīks

Darbā izveidotā ontoloģija tika izveidota, izmantojot Protégé rīku.

Protégé rīks ir atvērta pirmkoda, bezmaksas platforma, kas nodrošina pieeju rīkiem, kas nepieciešami ontoloģiju izveidei. Protégé rīks atbalsta ontoloģiju izveidi, vizualizāciju un manipulācijas ar tām dažādos reprezentācijas formātos. Protégé ir iespējams arī papildināt ar visādiem spraudņiem un uz Java bāzes veidotiem API [14].

Protégé platforma atbalsta divus galvenos ontoloģiju izveides veidus: Protege-Frames rīks un Protege-OWL rīks. Protege- OWL rīks atļauj lietotājiem veidot ontoloģijas, kas ir paredzētas semantiskajam tīmeklim OWL valodā [14].

Protégé arī atbalsta SWRL likumu rediģēšanu un izpildīšanu. Tas nodrošina vairākas bibliotēkas, kuras ir iespējams izmantot likumos, iekļaujot arī bibliotēkas, kuras ir iespējams izmantot darbā ar XML dokumentiem un izklājlappām, bibliotēkas ar matemātiskiem, virknes, RDFS un daudziem citiem operatoriem.

4. ONTOLOĢIJAS VALIDĀCIJA

Lai pārbaudītu, vai izstrādātā ontoloģija veic dažāda veida funkcijas un atbild uz vaicājumiem, tai tiks veikta verifikācija un validācija. Tiks veidoti individuāli testi un vaicājumi, lai pārbaudītu ontoloģijas struktūru, loģiku un darbību.

Lai veiktu verifikāciju, ontoloģija tiks augšupielādēta tiešsaistes verifikācijas rīkā "Themis" [15]. Lai Themis rīks veiktu verifikāciju, tam ir nepieciešami dažāda veida individuāli testi saistībā ar ontoloģijas loģiku. Kad testi tiek ievadīti un palaisti, rīks izvada, vai ir bijuši starpgadījumi un vai eksistē testos iekodētā loģika.

Ontoloģijas validācija notiek, pārtulkojot interesējošos jautājumus SPARQL vaicājumos un tādējādi pārbaudot, vai ontoloģijā ir iekļauta nepieciešamā loģika. Ja vaicājumi atgriež sagaidāmo rezultātu, tiek uzskatīts, ka ontoloģijas validācija ir sekmīga. SPARQL vaicājumi tiks rakstīti ontoloģijas izstrādes protégē rīkā.

Papildus pārbaudei ontoloģija tiks pārbaudīta arī OOps! tiešsaistes rīkā, kurš pārbauda ontoloģijas nepilnības automātiski, pats izveidojot dažādus testus. OOps! rīks norāda uz ontoloģijas problēmām, sadalot tās pa klasēm - nozīmīgas, kritiskas, nenozīmīgas [16].

4.1. Validācija izmantojot OOps!

Šim tiešsaistē pieejamajam rīkam nav nepieciešams domāt individuālus un manuāli ievadītus testus. Šis rīks automātiski analizē ontoloģijas saturu, pārbaudot to uz daudz dažādām nepilnībām.

OOps! rīks kļūdas sadala trīs dažādos veidos - maznozīmīgas, svarīgas un kritiskas. Kritiskās kļūdas ir steidzami jāsalabo, jo tās nozīmē, ka ontoloģijai ir būtiska kļūda, kas ietekmē tās darbību. Svarīgas - šīs kļūdas nav tik nozīmīgi izlabot kā kritiskās, bet tām tāpat ir nepieciešams pievērst uzmanību. Nenožīmīgas - tie vairāk ir kā ieteikumi, kas varētu palīdzēt ontoloģijas izstrādē [16].

Analizējot izveidoto ontoloģijas piemēru OOps! rīkā, ir redzams, ka ir divas it kā nozīmīgas kļūdas un 4 nenozīmīgas. Nozīmīgās kļūdas - tas, ka ontoloģija nav licencēta un objektu īpašumiem nav domēnu. Pārējās nenozīmīgās kļūdas - nav anotāciju, eksistē klases,

kas nav savstarpēji savienotas, nav izveidotas inversijas, kā arī nosaukumu veidošanā nav izmantots vienāds stils.

Evaluation results

It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical** 🚫 : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important** ⚠️ : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟡 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

Results for P04: Creating unconnected ontology elements.	2 cases Minor 🟡
Results for P08: Missing annotations.	80 cases Minor 🟡
Results for P11: Missing domain or range in properties.	28 cases Important ⚠️
Results for P13: Inverse relationships not explicitly declared.	22 cases Minor 🟡
Results for P22: Using different naming conventions in the ontology.	ontology* Minor 🟡
Results for P41: No license declared.	ontology* Important ⚠️

attēls nr. 4.1.1. OOps! rīka atrastās problēmas ontoloģijā.

4.2. Validācija, izmantojot Protégé rīku

Validācija ar Protégé rīku notiek, rakstot SPARQL vaicājumus, kuriem ir jāatbild uz konkrētiem jautājumiem. Katram SPARQL vaicājumam tabulā 4.2.1. ir definēts sagaidāmais rezultāts, kā arī tas, vai rezultāts atbilst sagaidāmajam.

tabula 4.2.1

Validācijas vaicājumi Protégé rīkam

Vaicājums	SPARQL sintakse	Atgrieztais rezultāts
V1: Izdrukāt visus gadījumus aplim tumšajam	<pre>SELECT ?Tumsie WHERE { ?Tumsie rdfs:subClassOf onto:Dark_Circle . }</pre>	<pre>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC22 http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC8</pre>

		<p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC19</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC11</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC29</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC21</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC1</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC9</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC18</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC12</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC26</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#DC4</p> <p>.....</p>
<p>V2: Kādas telpiskās relācijas ontoloģijā eksistē?</p>	<pre>SELECT ?subprop WHERE { rdfs:subPropertyOf onto:RCCDefined . }</pre>	<p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#hasTangentialPropertPart</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#hasTangentialPropertPart</p>

		<p>eb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#tangentiaProperPartOf</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#hasNonTangentiaProperPart</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#disconnectedFrom</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#externallyConnectedTo</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#nonTangentiaProperPartOf</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#partiallyOverlaps</p>
<p>V3: Kāda frāze visbiežāk izmantota pētījuma 1. gadījumam jeb - ārēji savienoti un tālu?</p>	<pre>SELECT ?X WHERE { ?X rdf:type onto:DC1 }</pre>	<p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#F_Loc_Right</p>
<p>V4: Izdrukāt visas saistības, kādas tumšajam aplim ir attiecībā pret gaišo - 1.gadījumā jeb - ārēji savienoti un tālu?</p>	<pre>SELECT * WHERE { ?Taplis BIND (onto:F1 AS ?Gaplis ?Taplis ?property ?Gaplis }</pre>	<p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#F1</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#farFrom</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#G1</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#F1</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#disconnec</p>

		<p>tedFrom http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#G1</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#F1</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#eastOf</p> <p>http://www.semanticweb.org/kshaa/ontologies/2022/4/untitled-ontology-10#G1</p>
--	--	--

Pirms validēšanas, izmantojot Protégé rīku, ir nepieciešams iepazīties un saprast SPARQL sintaksi, lai varētu objektīvi spriest par to, vai ontoloģija atgriež nepieciešamos rezultātus, citādi var rasties pārpratumi saistībā ar to, ka izveidotais vaicājums ir nepareizi sastādīts.

Uz iepriekš sastādītajiem jautājumiem ontoloģija spēj atbildēt un atgriež korektus rezultātus, kas nozīmē, ka validācija ir notikusi veiksmīgi un ontoloģijai saistībā ar iespēju iegūt vēlamus rezultātus no vaicājumiem nav problēmu.

REZULTĀTI

Topoloģijas un ģeometriskas informācijas ontoloģija sadaļā ir aprakstīti termini un jēdzieni, kuri ir nozīmīgi vispārējā topoloģisko un ģeometrisko ontoloģiju izpētē. Sadaļa iekļauj informāciju par ontoloģijām, ģeotelpisku datu ontoloģijām, OWL un SWRL, kā arī par kvalitatīvo spriešanu.

Tā kā ļoti liela nozīme šajā darbā ir RCC-8 valodai, tad ir veikts ieskats tajā, kas ir RCC-8, GeoSPARQL un SOWL.

Ontoloģijas shēmas izveide noritēja veiksmīgi, vienīgi tā tiek būvēta par pamatu, izmantojot datus, kuriem telpiskā informācija nav primārais un noteicošais elements, un gandrīz visi objekti savā starpā ir nesaistīti, tāpēc nebija vajadzības definēt SWRL likumus, lai RCC-8 relācijas padarītu topoloģiskas, bet ontoloģija strādā labi un uzdevumam nepieciešamos datus ir iespējams iegūt.

Veicot ontoloģijas validāciju, nekādas kritiskas kļūdas netika atrastas, un uz iepriekš sagatavotajiem jautājumiem ar SPARQL vaicājumu palīdzību ir iespējams no ontoloģijas iegūt nepieciešamo informāciju.

SECINĀJUMI

Darba gaitā tika izpētīta literatūra un vizuālās uzskates materiāli ar darbu saistītajiem pamatjēdzieniem: Ģeotelpisku datu ontoloģijas, RCC-8, OWL, SWRL, Protege, telpiskas relācijas un kvalitatīvā spriešana. Lai veiktu topoloģisku ar telpiskām attiecībām ontoloģijas izstrādi, tika veikta dažādu jau eksistējošu telpisko attiecību ontoloģiju izpēte. Lai pārliecinātos par izstrādātās ontoloģijas sekmīgu darbību, darbā tika veikta ontoloģijas validācija, izmantojot validācijas rīkus. Pēc literatūras izpētes autors ieguva nepieciešamās zināšanas ontoloģijas izstrādē un validēšanā.

Apkopojot informāciju, iegūtu no literatūras avotiem un veicot ontoloģijas izstrādi un validēšanu, tika veikti sekojošie secinājumi:

- 1) Ontoloģijas veidošana ir jāsāk ar kārtīgi izstrādātu plānu un struktūru, kāda būs ontoloģijas loģika, kā arī kāds būs tās mērķis, jo, pamainot mērķi, var nākties visu ontoloģiju izstrādāt no jauna.
- 2) Topoloģisku un telpisku datu ontoloģijas ļoti atšķiras no standarta zināšanu bāzes ontoloģijām, tās izstrādāt ir daudz sarežģītāk, un ir nepieciešami papildus rīki dažādu pirmās pakāpes predikātu loģiku definēšanai.
- 3) Ontoloģijas izveides priekšrocība ir tā, ka eksistē atvērta pirmkoda rīki, ar kuriem ir iespējams veikt kvalitatīvu ontoloģijas verifikāciju un validēšanu.
- 4) Kvalitatīvā spriešana ir moderna un strauji augoša nozare.
- 5) Lai veiktu ontoloģijas validēšanu, ir nepieciešams pirms tam iepazīties ar SPARQL vaicājumu sintaksi un loģiku, lai varētu rakstīt pilnvērtīgas pārbaudes, citādi var gadīties, ka ontoloģijas nepilnība ir nepareizi sastādīts SPARQL vaicājums, kas sekmējas nekorektā un neuzticamā validēšanā.
- 6) Nav nepieciešama pārāk sarežģīta ontoloģijas loģika, lai tā veiktu nozīmīgas lietas un būtu noderīga kādā nozarē.
- 7) RCC8 valodas relācijām ir ļoti liela loma darbam ar ģeogrāfiskiem datiem, piemēram, ģeogrāfiskas informācijas sistēmām, arī relāciju datubāžu loģika ir balstīta uz RCC8 valodas relācijām.
- 8) Daudzi no ģeogrāfisku ontoloģiju spriešanas rīkiem un spraudņiem ir novecojuši un nav pieejami, jo to autori vairs neatbalsta spraudņu ieguvī.

Visi darbā sākumā izvirzītie uzdevumi tika izpildīti un mērķi tika sasniegti. Izstrādātā darba tēmu ir potenciāls turpināt ar telpisko objektu definēšanu telpā, kur jau būtu nepieciešamība pēc predikātu loģikas definēšanas starp RCC8 valodas relācijām un savstarpēji telpā nesaistītiem objektiem. Ontoloģijā reprezentētajiem datiem ir iespējas pievienot vēl daudz dažādas ģeogrāfiskas īpašības, piemēram, nozīmīga būtu iespēja, kas darbotos otrā virzienā, ka pēc biežāk izmantotā vārda varētu atrast atbilstošas telpiskās attiecības.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

[1] - Stella Marc-Zwecker¹ , Francis de Bertrand de Beuvron² , Cecilia Zanni-Merk² and Florence Le Ber³ Qualitative Spatial Reasoning in RCC8 with OWL and SWRL. [atsauce 10.03.2022.].

Pieejams internetā: <https://hal.inria.fr/hal-00914509/document>

[2] - Barry Smith, Ph.D., Waclaw Kusnierczyk, M.D., Daniel Schober, Ph.D. Werner Ceusters, M.D Towards a Reference Terminology for Ontology Research and Development in the Biomedical Domain. [atsauce 1.04.2022.].

Pieejams internetā: http://ontology.buffalo.edu/bfo/Terminology_for_Ontologies.pdf

[3] - Smith, B., & Mark, D. M. (1998 in press) Ontology and geographic kinds. Proceedings, International Symposium on Spatial Data Handling, Vancouver, Canada. [atsauce 01.04.2022]

pieejams internetā: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/references/SmithMark_SDH1998.pdf

[4] - Christophe Claramunt. Ontologies for Geospatial information: progress and challenges ahead. Journal of spatial information science - JOSIS, 2020, pp.35-41. [atsauce 01.04.2022]

pieejams internetā: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03200202/document>

[5] - GeoSPARQL - A Geographic Query Language for RDF Data. [atsauce 01.04.2022]

Pieejams internetā: <https://www.ogc.org/standards/geosparql>

[6] - Car, Nicholas J., and Timo Homburg. 2022. "GeoSPARQL 1.1: Motivations, Details and Applications of the Decadal Update to the Most Important Geospatial LOD Standard" [atsauce 20.04.2022]

Pieejams internetā: <https://www.mdpi.com/2220-9964/11/2/117>

[7] - Boris Motik, Oxford University Computing Laboratory, Peter F. Patel-Schneider, Bell Labs Research, Alcatel-Lucent, Bijan Parsia, University of Manchester. OWL 2 Web Ontology Language Structural Specification and Functional-Style Syntax [atsauce 01.05.2022.].

Pieejams

internetā:

<https://www.w3.org/2007/OWL/draft/ED-owl2-syntax-20090917/all.pdf>

[8] - OGC GeoSPARQL [atsauce 05.04.2022]

Pieejams

internetā:

https://en.wikipedia.org/wiki/OGC_GeoSPARQL#CITEREFBattleKolas2012

[9] - Stravoskoufos, Konstantinos & Petrakis, Euripides & Mainas, Nikolaos & Batsakis, Sotirios & Samoladas, Vasilis. (2016). SOWL QL: Querying Spatio-Temporal Ontologies in OWL. Journal on Data Semantics. 5. 10.1007/s13740-016-0064-5. [atsauce 05.05.2022]

Pieejams

internetā:

https://www.researchgate.net/publication/303325428_SOWL_QL_Querying_Spatio-Temporal_Ontologies_in_OWL

[10] - Batsakis, S., Petrakis, E.G.M.: SOWL: Spatio-temporal Representation, Reasoning and Querying over the Semantic Web. In: 6th International Conference on Semantic Systems, Graz, Austria, September 1-3, pp. 1–9 (2010) [atsauce 05.05.2022]

pieejams internetā: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-22546-8_19

[11] - Martin Kuba, Institute of Computer Science, OWL 2 and SWRL Tutorial [atsauce 30.04.2022]

pieejams internetā: <https://dior.ics.muni.cz/~makub/owl/>

[12] - Boris Motik, The University of Manchester, Peter F. Patel-Schneider, Bell Labs Research, Lucent Technologies, Ian Horrocks, The University of Manchester “Web Ontology Language Structural Specification and Functional-Style Syntax” [atsauce 10.05.2022].
pieejams internetā: <https://www.w3.org/TR/owl-guide/>

[13] - Jurgis ŠKILTERS, Līga ZARIŅA, Eglē ŽILINSKAITĒ, Nora BĒRZIŅA, Linda APSE, Topologic and Geometric Structure of Spatial Relations in Latvian: an Experimental Analysis of RCC. [atsauce 01.05.2022]

pieejams

internetā:

https://www.bjmc.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/bjmc/Contents/8_1_05_Skilters1.pdf

[14] - Georgios Christodoulou, Department of Electronic and Computer Engineering Technical University of Crete, CHOROS: A Reasoning and Query Engine for Qualitative Spatial Information [atsauce 07.05.2022]

pieejams internetā: <http://artemis.library.tuc.gr/DT2013-0012/DT2013-0012.pdf>

[15] - Fernandez-Izquierdo, A. and Garcia-Castro, R. (2019), “Themis: a tool for validating ontologies through requirements”, Proceedings of the International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering, SEKE. KSI Research Inc. and

Knowledge Systems I, pp. 573-578. [atsauce 15.05.2022] pieejams internetā:
<https://themis.linkeddata.es/index.html>

[16] - Ģ.Ratnieks, Latvijas Universitāte, SEMANTISKIE MODEĻI UN ONTOLOĢIJAS. [atsauce 15.05.2022]

[17] - Yandong Wang, Mengling Qiao, Hui Liu & Xinyue Ye (2018) Qualitative spatial reasoning on topological relations by combining the semantic web and constraint satisfaction, Geo-spatial Information Science, 21:2, 80-92 [atsauce 16.05.2022]

pieejams internetā:
https://www.researchgate.net/publication/323224150_Qualitative_spatial_reasoning_on_topological_relations_by_combining_the_semantic_web_and_constraint_satisfaction