

MASTER'S THESIS

AgentRole, TimeInstant en InverseOf Ontology Design Patterns voor efficiëntere afleidingen van beweerde data.

Italiaander, R.H.J. (Rudy)

Award date:
2019

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 02. Jul. 2022

Open Universiteit
www.ou.nl



AgentRole, TimeInstant en InverseOf Ontology Design Patterns voor efficiëntere afleidingen van beweerde data.

Opleiding: Open Universiteit, faculteit Management, Science & Technology
Masteropleiding Business Process Management & IT

Program: Open University of the Netherlands, faculty of Management, Science & Technology, Master Business Process Management & IT

Cursus: IM0602 Voorbereiden Afstuderen BPMIT
IM9806 Afstudeertraject Business Process Management and IT

Student: R.H.J. Italiaander

Identiteitsnummer:

Datum: 23 juni 2019

Afstudeerbegeleider dr. L.W. Rutledge

Meelezer prof. dr. ir. S.M.M. Joosten

Versie nummer:

Status: Definitief

Abstract

Dit werk stelt vast dat het gebruik van Agent Role, TimeInstant en InverseOf Ontology Design Patterns (ODP's) proportioneel meer data afleiden waardoor de gebruiker minder data hoeft in te voeren. Organisaties zoals bijvoorbeeld de Belastingdienst hoeven hierdoor minder velden op elektronische formulieren beschikbaar te stellen om hetzelfde of een hoger aantal afgeleide data te verkrijgen.

In een eerder onderzoek bij de Belastingdienst zijn patronen omschreven als mechanismen om bedrijfsregels consequent en consistent te kunnen specificeren. Dit is aangetoond met een patrooncatalogus geschreven in een nauwkeurige implementatie onafhankelijke taal en specifiek van toepassing op afleidingsregels.

Voor de uitvoering van dit onderzoek is op basis van een onderzoeksmodel, vanuit de voor academische onderzoeken veel gebruikte EU-rent case, met het toepassen van ontologieën en het aanpassen van een bestaand CarMovement-model, beweerde data afgeleid. Zowel de beweerde data als de afleidingen zijn gemeten. Op basis van deze meting is de efficiëntie van de patronen vastgesteld.

De resultaten van de, voor dit onderzoek uitgevoerde, experimenten wijzen erop dat de ODP's OwnerRole, TimeInstant en InverseOf in een Semantic Web omgeving het aantal afleidingen van beweerde data positief beïnvloeden. De InverseOf constructie is daarin meer efficiënt dan de OwnerRole of TimeInstant.

Sleutelbegrippen

Afleidingsregels, Semantic Web, Ontologie, Protégé, Inverse en AgentRole ODP.

Inhoudsopgave

Abstract	2
Sleutelbegrippen	2
Inhoudsopgave	3
1. Introductie	4
1.1. Achtergrond	4
1.2. Gebiedsverkenning	4
1.3. Probleemstelling	5
1.4. Opdrachtformulering	5
1.5. Relevantie	5
1.6. Aanpak in hoofdlijnen	6
2. Theoretisch kader	7
2.1. Semantic Web	7
2.2. Patronen en ontologieën	8
2.3. Afleidingsregels	9
2.4. Ontologieën meten	11
2.5. Meten van efficiëntie	12
3. Methodologie	13
3.1. Methode van onderzoek	13
3.2. Operationalisering en data-analyse	16
3.3. Methodologische issues	26
4. Resultaten	26
4.1. InverseOf	27
4.2. OwnerRole	28
4.3. TimeInstant	31
4.4. Evaluatie meetresultaten	34
5. Discussie, conclusie, aanbevelingen en reflectie	39
5.1. Discussie	39
5.2. Conclusie	39
5.3. Aanbevelingen voor de praktijk	40
5.4. Aanbevelingen voor verder onderzoek	40
5.5. Reflectie	41
Referenties	42

1. Introductie

1.1. Achtergrond

In de afgelopen decennia is het openbaar bestuur onder invloed van digitalisering veranderd. Dit is van invloed is op de processen van openbare diensten. Van Engers and Nijssen (2014) geven aan dat de centrale overheid, provinciale overheden en gemeenten er daarom naar streven de aangeboden diensten elektronisch te verwerken. Daarbij is een visie ontwikkeld voor het aanbieden van klantgerichte diensten met een focus op verzoeken van burgers en bedrijven.

Van Engers and Nijssen (2014) stellen dat van de uitvoerende instanties wordt verwacht dat zij hun processen en diensten een op zodanige manier ontwerpen dat ze kunnen voldoen aan de behoeften en perspectieven van hun klanten. Zij beweren dat efficiëntie hierbij de hoofdzaak is en dat de grootste uitdaging daarbij is de gewenste effectieve verwerking van klantverzoeken op een betaalbare en efficiënte manier aan te bieden.

Om de online vragen en verzoeken van burgers en bedrijven te kunnen beantwoorden worden door de Nederlandse overheden tal van regelhulpen via het internet aangeboden. Voor de specifieke materiewetten worden afwegingen gemaakt over de wijze waarop de interactie tussen burgers, bedrijven en de overheid verder ingevuld wordt. Deze afwegingen gebeuren op basis van de op concernniveau vastgelegde afspraken over proces- en/of interactiepatronen, begrijpelijkheid, administratieve lasten en benodigde capaciteit (Dulfer, Lokin, & Straatsma, 2014). In bovenstaande wordt niet gekeken naar de hoeveelheid data die daarbij door de burger moet worden ingevoerd hetgeen voor dit werk een essentieel aandachtspunt is.

1.2. Gebiedsverkenning

Het onderzoek zal plaatsvinden binnen het gebied van Business Rules in relatie tot de Semantic Web technologieën welke met inzet van efficiënte patronen de benodigde data kunnen afleiden. Deze paragraaf beschrijft de voor dit onderzoek relevante begrippen: patronen, beweerde data en afleidingsregels.

Patronen worden door De Haan (2015) beschouwt als mechanisme om bedrijfsregels consequent en consistent te kunnen specificeren en stelt daarbij dat in de context van haar onderzoek patronen vaste combinaties zijn van fundamentele constructies. Deze constructies voldoen aan de grammaticaregels van de formele grammatica. Patronen kunnen een regeltaal restrictiever en nauwkeuriger maken, het ontwerpproces verkorten en de consistentie verbeteren.

Beweerde data is de data die (bijvoorbeeld bij regelhulpen) door de gebruiker van de regelhulp aan de service verlenende instantie online wordt aangeboden.

'Declared data is a type of first-party data that has been willingly and explicitly shared by an individual consumer, often about their motivations, intentions, interests, and preferences. The key difference is that it comes directly from your customers. They actively give you the data. You're not just inferring it from their cart size and credit card type' (Kirkaldy, 2018).

Afleidingsregels zijn in het laatste decennium een steeds waardevoller bezit geworden voor organisaties. Afleidingsregels zijn uitdrukkingen die feiten door middel van een berekening of classificatie evalueren en leiden tot een nieuw feit (De Haan, 2015).

1.3. Probleemstelling

De Haan (2015) heeft onderzoek gedaan naar het identificeren van fundamentele constructen die nodig zijn om een afleidingsregel op een nauwkeurige en onafhankelijke manier te specificeren. Volgens De Haan (2015) moeten daarbij de relaties tussen deze fundamentele constructies (het metamodel) en de voorkomende patronen voor afleidingsregels worden bepaald. Hiertoe is een patrooncatalogus gemaakt die is geschreven in een nauwkeurige implementatie onafhankelijke taal en specifiek van toepassing op afleidingsregels.

De resultaten van dit onderzoek gaan mogelijk aantonen dat met het inzetten van patronen voor afleidingsregels van de beweerde data proportioneel meer afgeleide data wordt gegenereerd. Daarmee vormt dit onderzoek een aanvulling op het wetenschappelijke fundament.

1.4. Opdrachtformulering

Ten behoeve van dit onderzoek wordt de volgende opdracht geformuleerd:
Vaststellen dat keuzes in het gebruik van Ontology Design Patterns (ODP's) AgentRole, TimeInstant en InverseOf de efficiëntie van de afleidingen verbeteren waarbij, van de beweerde data van de eindgebruikers, proportioneel meer data kan worden afgeleid.

Voor de uitvoering van dit werk de geldt de volgende hoofdvraag:

In welke mate verbeteren AgentRole, TimeInstant en InverseOf ODP's de efficiëntie van afleidingen van beweerde data?

1.5. Relevantie

Ten aanzien van de wetenschappelijke relevantie willen wij opmerken dat in 2013 Caron, Vanthienen, & Baesens onderzoek hebben gedaan naar patronen van bedrijfsregels die bedrijfsprocessen begeleiden of beperken en hebben daartoe een patrooncatalogus ontwikkeld (De Haan, 2015). De Haan (2015) heeft, met medewerking van de Nederlandse Belastingdienst, onderzoek gedaan naar het maken van patronen voor bedrijfsregels ten behoeve van afleidingen. De uit haar onderzoek resulterende patrooncatalogus wordt gezien als aanvulling op de patrooncatalogus van Caron et al. (De Haan, 2015). Onderzoek naar de efficiëntie van patronen voor afleidingsregels is nog weinig uitgevoerd.

Met betrekking tot de maatschappelijke relevantie van dit werk kan worden vermeld dat, door het toepassen van efficiënte patronen, burgers en bedrijven betere regelhulp krijgen aangeboden. Het efficiënt toepassen van patronen maakt dat proportioneel meer data wordt afgeleid en door de eindgebruiker minder beweerde data hoeft te worden ingevoerd. Dit betekent bijvoorbeeld dat de Belastingdienst minder velden op formulieren beschikbaar hoeft te stellen en belastingplichtigen minder velden hoeven in te voeren. Hierdoor kan de Belastingdienst hetzelfde aantal of zelfs meer afleidingen doen van minder beweerde data.

1.6. Aanpak in hoofdlijnen

Dit onderzoek borduurt voort op eerder uitgevoerde onderzoeken die zich voornamelijk richten op Business Rules in relatie tot de Semantic Web technologieën. Omdat Semantic Web technologie voor afleidingen vooral is gericht op het ontdekken van nieuwe relaties¹ gaat in dit onderzoek de voorkeur hier naar uit.

Dit onderzoek richt zich voornamelijk op de efficiëntie van de geïmplementeerde Business Rules, van het fictieve bedrijf EU-Rent, door een aantal ontologieën in Protégé (paragraaf 2.5) in te voeren en met inzet van redenering-programmatuur afgeleide data te genereren. De business rules van EU-Rent zijn vastgelegd in Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR), v1.0 (OMG, 2014). Omdat Reynares, Caliusco, and Galli (2014) een ontologie-model hebben ontwikkeld, dat de wereld van de case EU-Rent en de rules van SBVR bij elkaar bracht, is ervoor gekozen het CarMovement-model van Reynares et al. (2014) voor de experimenten dit werk uit te breiden.

Met een meetprogramma wordt geteld hoeveel afleidingen bepaalde patronen proportioneel meer opleveren ten opzichte van andere patronen. Een betere efficiëntie maakt dat hetzelfde aantal beweerde data leidt tot meer afgeleide data. Dit betekent dat zonder extra inspanningen van 'de door de mens² ingevoerde data' proportioneel meer afleidingen worden gedaan. De aanname hierbij is dat beweerde data door mensen worden aangereikt en dus mensenhandelingen vereisen en de afleiding van data daarentegen geen inspanningen vergen.

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak en resultaten van het uitgevoerde literatuuronderzoek. Daarbij is gekeken naar het Semantic Web Framework, patronen & ontologieën, ODP, afleidingsregels, het meten van ontologieën en de efficiëntie van afleidingsregels. Hoofdstuk 3 gaat in op de gevolgde methode en beargumenteert deze. Hoofdstuk 4 biedt zicht op de uitvoering van het onderzoek en de bijbehorende resultaten. Hoofdstuk 5 rondt af met de discussie, conclusie en aanbevelingen met betrekking tot het uitgevoerde onderzoek.

¹ Bron: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/inference>

² Naast invoer van mensen kan beweerde data kan ook door machines worden ingevoerd. Denk hierbij aan bijvoorbeeld het automatisch meten van temperatuur. Beweerde data afkomstig van machinehandelingen behoort niet tot de scope van dit onderzoek.

2. Theoretisch kader

Aan de Open Universiteit is door diverse afstudeerkringen onderzoek gedaan naar Business Rules en de implementatie daarvan op het Semantic Web. Zo hebben Slootweg en Voorwinden wettelijke regels geïmplementeerd met Semantic Web technologieën op basis van Hohfeld³ concepten en met ondersteuning van Ampersand⁴. Op het gebied van Ontology Design Patterns (ODP) hebben (Bos, 2018; de Klerk, 2018; Zomerdijk, 2018) en ook (Mellema, 2018; Pietersma, 2018) het ontwerp en de methode ontleent aan de manier waarop Slootweg ODP in zijn werk (Slootweg, 2016) heeft verwoord. Onderstaande Tabel 1 biedt een overzicht van de bovengenoemde onderzoeken en hun verschillende aanpakken. De rechter kolom beschrijft de voor de onderzoeken gebruikte casus. Zo valt op te maken dat (Bouwer, 2018; Mellema, 2018) beiden de EU-Rent casus voor hun onderzoek hebben gebruikt.

Tabel 1: Overzicht ontologie aanpakken in recente onderzoeken.

Auteur	Jaar	ODP	Ampersand	SW/Protegé	Hohfeld	Fresnel	Casus
Slootweg	2016	X	X	X	X		Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) (Slootweg, 2016)
Voorwinden	2018	X	X		X	X	Wet flexibel werken (Voorwinden, 2018)
Jeroen Bos	2018	X		X	X	X	Verklaring Omtrent Gedrag (VOG) (Bos, 2018)
De Klerk	2018	X		X	X		Nuisance-Pollution (de Klerk, 2018)
Zomerdijk	2018			X			Car sale scenario (Zomerdijk, 2018)
Pietersma	2018	X		X			Gedragscode Hypothecaire financieringen (Pietersma, 2018)
Mellema	2018			X		X	EU-Rent (Mellema, 2018)
Bouwer	2018		X	X		X	EU-Rent (Bouwer, 2018)

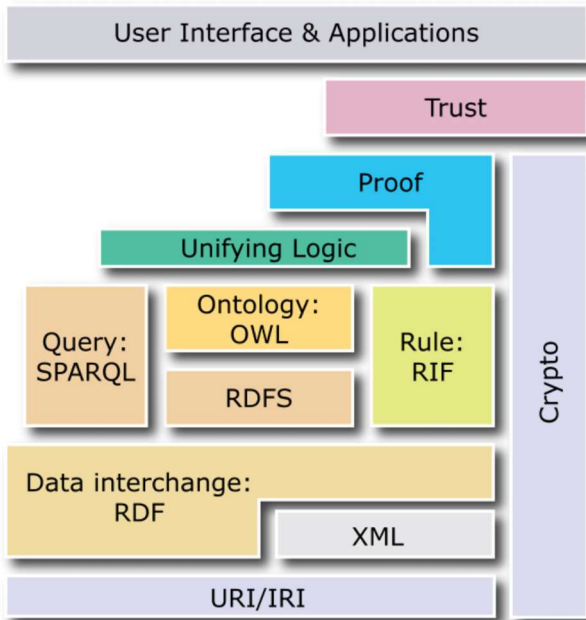
Het zoeken naar de voor het onderzoek meest relevante literatuur is onder anderen ondersteund met significante begrippen uit het onderzoeken van De Haan (2015) en Rutledge et al. (2016). De voor dit onderzoek relevante artikelen zijn in de meeste gevallen gevonden met behulp van Google Scholar en in via OU-bibliotheek. De zoekopdrachten (query's) zijn ondersteund met begrippen uit de in aanhef van deze paragraaf genoemde onderzoeken. De volgende begrippen hebben bij deze literatuurstudie onder andere een rol gespeeld: patronen en Semantic web, patronen voor afleidingsregels, beweerde data, afgeleide data en het meten van efficiëntie. Tijdens de literatuurstudie zijn vanuit de "Business Rules-wereld" en door mijn studiebegeleider tal van artikelen aangereikt en van daaruit zijn weer nieuwe bronnen ontdekt (het z.g. sneeuwbal-effect).

2.1. Semantic Web

Het Semantic Web (SW) vormt de basis voor dit onderzoek omdat het een standaard framework (zie Figuur 1) biedt om data te delen en te hergebruiken (Slootweg, 2016). Berners-Lee, Hendler, and Lassila (2001) beschrijven het Semantic Web als een uitbereiding van het World Wide Web waarbij kennis, behalve voor mensen, ook voor "software agents" zichtbaar wordt en als zodanig valt te interpreteren.

³ Hohfeld heeft in 1913 kwadranten opgesteld die de betekenis van de rechtsvormen aangeven. Met behulp van deze kwadranten konden de begrippen recht en plicht precies beschreven worden (Voorwinden, 2018).

⁴ Ampersand is een simpele specificatie taal gebaseerd op relatiealgebra waarmee bedrijfsprocessen kunnen worden ontworpen (Voorwinden, 2018).



Figuur 1: Semantic Web stack (Berners-Lee)

Het SW- framework ondersteunt de uitvoering van dit onderzoek met een SW-architectuur om op gestructureerde wijze de beoogde efficiëntie vast te stellen. In dat kader zijn de onderstaande onderwerpen relevant te noemen:

- RDF (Resource Description Framework)
Dit framework wordt bij de uitvoering van het onderzoek gebruikt om triples te maken om met een op RDF-zoektaal beweerde en afgeleide gegevens te kunnen benaderen.
- SPARQL.
De gegevens die op basis van triples-stores zijn vastgelegde worden in dit onderzoek met deze query-taal benaderd. Op basis van de ontwikkelde querye(s) zijn de aantallen van triples gegenereerd.
- RDFS (RDF Schema)
Wordt in het onderzoek gebruikt, als uitbereiding op RDF, voor het beschrijven van classes en kenmerken van de RDF bronnen.
- OWL (Web Ontology Language)
Hiermee wordt voor dit onderzoek een SW-ontologietaal geboden die een conceptueel schema van een gedefinieerd domein met SW-technologie vastlegt en conclusies trekt om af te leiden. OWL biedt volgens Slootweg (2016) geen beslismogelijkheden.
- SWRL (Semantic Web Rules Language)
Biedt geïntegreerd met OWL in de regellaag van het SW-framework een voorziening om beperkingen tussen bepaalde ontologietalen te overwinnen. Voor dit onderzoek is het gebruik van SWRL relevant omdat de gebruikte ontologie-tool enkel de relatief eenvoudige business rules kan uitvoeren. De meer complexe rules worden met behulp van SWRL uitgevoerd.

2.2. Patronen en ontologieën

Gangemi (2005) beschrijft (op basis van het Webster woordenboek) een patroon als een verzameling van voorkomens die een redelijke mate van overeenstemming vertonen. In de jaren zeventig introduceert de architect en wiskundige Christopher Alexander de term "ontwerppatroon" voor richtlijnen die ontwerpproblemen helpen oplossen en betoogt dat een goed ontwerp kan worden bereikt door middel van een reeks regels die zijn "verpakt" in de vorm van patronen en kunnen worden gezien als archetypische (karakteristieke) oplossingen die ontwerpproblemen in een bepaalde context plaatsen (Gangemi, 2005).

Ontologieën vormen de hoeksteen van het Semantic Web en zijn functioneel bij het delen en begrijpen van domeinconcepten en maken herbruikbaarheid van domeinkennis mogelijk (Alzyoud, 2015). Volgens Alzyoud (2015) bieden ontologieën de mogelijkheid om met gebruikmaking van bestaande logica redeneermechanismen betere logische afleidingen te genereren. Deze afleidingen kunnen volgens Alzyoud (2015) weer worden gebruikt om nieuwe kennis te ontdekken en een check te doen op consistentie van de inhoud en het verwijderen van de inconsistente delen.

Noy and McGuinness (2001) beschrijven ontologie als een vocabulaire voor het delen van informatie in een domein voorzien van machinetaal interpreteerbare definities van basisconcepten in een domein en de relaties daartussen. Verder geven Noy and McGuinness (2001) de volgende redenen om ontologieën te willen ontwikkelen:

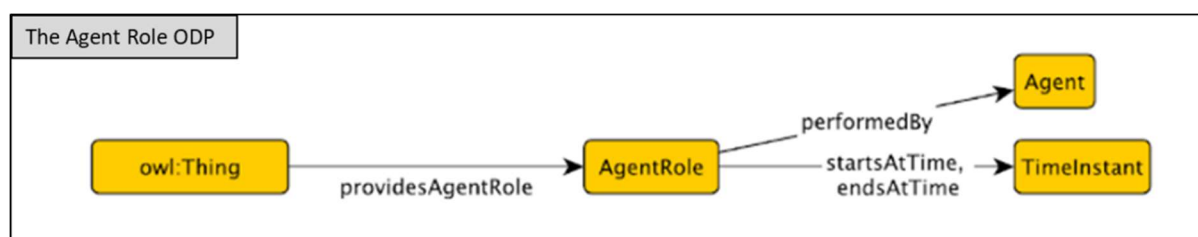
- Delen van het zicht op de structuur van informatie tussen mensen of software agenten
- Mogelijkheid voor hergebruik van domeinkennis
- Expliciet maken van het domein assumpties
- Scheiden van domeinkennis en operationele kennis
- Analyseren van domeinkennis

Volgens Gangemi (2005) omvat elke Semantische Web techniek de specificatie van grondbeginselen van een ontologie, de annotatie, manipulatie of beheer ervan. Bijvoorbeeld een ontologie van “genexpressies voor bio-informatica” kan handmatig worden gebouwd door conceptuele patronen van deskundigen of kan automatisch worden geleerd. Dit door bijvoorbeeld uit een stuk tekst natuurlijke taalpatronen te halen, daarna te verfijnen volgens conceptuele patronen van experts en tot slot annoteren met meta-level concepten voor bijvoorbeeld het meten van betrouwbaarheid.

Ontology Design Patterns

Ontologieontwerp vormt volgens Alzyoud (2015) een fundamenteel onderdeel van onderzoeken met semantische technologieën. Alzyoud (2015) stelt dat Ontology Design Patterns (ODP's) zijn bedoeld om het proces van ontologie-engineering te ondersteunen en ook gebruikt kunnen worden om de bestaande ontologieën te verbeteren. Hitzler, Gangemi, and Janowicz (2016) geven aan dat het collectief gebruik van ODP's het mogelijk maakt bewezen best practices te gebruiken en bestaande bouwstenen te combineren.

Hitzler et al. (2016) hebben een ODP-driven werkwijze ontwikkeld om ontology engineering te ondersteunen. Daarbij is onder anderen de Agent Role ODP (Figuur 2) als werkend voorbeeld uitgewerkt in relatie tot een schaakspel-toernooi. De Agent Role ODP is herbruikbaar en gemakkelijk met een object-property te modelleren en het is niet nodig deze te modificeren voor de betreffende case.



Figuur 2 : Agent Role ODP (Hitzler et al., 2016)

2.3. Afleidingsregels

De Haan (2015) beschrijft afleidingsregels als uitdrukkingen die met behulp van een berekening of classificatie, ook wel conclusie genoemd, feiten evalueren. De Haan (2015) typeert op basis van de genoemde definitie twee soorten feiten namelijk: basisfeiten en afgeleide feiten. Basisfeiten zijn gegeven feiten in de wereld welke in een informatiesysteem is opgeslagen. Afgeleide feiten zijn feiten die die vanuit een wiskundige berekening of een afleiding van andere feiten zijn gecreëerd.

Een afleiding komt overeen met een classificatie die een afgeleid feit produceert door middel van redenering over premissen (argumenten) om tot een conclusie te komen (De Haan, 2015).

Het overzicht in Tabel 2 van De Haan (2015) beschouwt categorieën bedrijfsregels afkomstig van diverse bronnen. Uit het overzicht valt op te maken dat voor de term “afleidingen” tal van synoniemen worden gebruikt en daarbinnen weer tal van interpretaties worden gedaan zoals bijvoorbeeld bij “Inference”. De linker kolom laat verschillende categorieën business rules zien en de rechter kolom geeft een voorbeeld van de genoemde categorie. De Haan (2015) geeft hiermee aan dat veel overeenkomst bestaat tussen de gegeven voorbeelden van Business Rules en de categorieën afleidingsregels en illustreert dat in Tabel 2 met een verklaring van de in de tabel gebruikte kleuren: **calculation**, **classification**, **new fact**.

Tabel 2: Voorbeeld business rules per categorie (De Haan, 2015)

	Business Rule Category	Example Business Rule
1	Inference	If the age of the driving license is below 3, then add a risk factor of 50 to the total risk score.
2	Computation	A risk factor variable can be computed as the possession time of driving license minus the number of years without claims.
3	Computation	The total-amount-due for an order is computed as the sum of the line-item amount(s) for the order plus tax.
4	Inference	If a customer has no outstanding invoices, then the customer is of preferred status.
5	Derivation	The insure amount in Rental is calculated from the rental insurance rate multiplied by its numbers of days.
6	Computation	The amount of bill item is computed as the unit amount multiplied by the quantity.
7	Inference	If a patient condition is critical then the patient is an emergency patient.

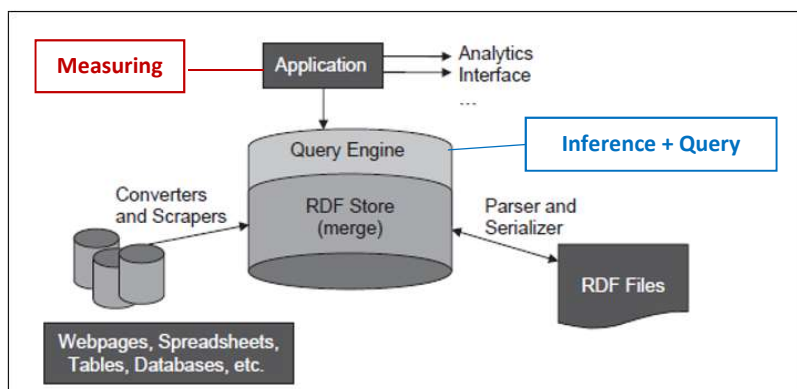
Voor dit onderzoek gebruiken wij afleidingsregels die op basis van de voor de cases gebruikte beweerde data afleidingen kunnen maken. Een voorbeeld van een afleidingsregel is de InverseOf-constructie die een omgekeerde relatie tussen twee objecten weergeeft. Denk hier bijvoorbeeld aan de relatie tussen een docent en een cursus, waarbij de docent een cursus geeft <Teaches> en een cursus gegeven wordt door een docent <isTaughtBy> (Hitzler & Parsia, 2009). Dit voorbeeld is, in OWL-taal, uitgewerkt in Figuur 3. Voor dit onderzoek wordt de InverseOf-constructie gebruikt om in de gegeven ontologie afleidingen te kunnen doen.

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="teaches">
  <rdfs:range rdf:resource="#course"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#academicStaffMember"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="#isTaughtBy"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Figuur 3: Voorbeeld inverseOf constructie (Hitzler & Parsia, 2009)

Om van beweerde data naar afgeleide data te komen worden uiteenlopende toepassingen gebruikt. Gutiérrez Alba (2012) introduceert, additioneel aan de Semantic Web architectuur, een nieuw component die niet alleen op query's van beweerde data (triples) respondeert, maar ook op query's die triples afleiden op basis van afleidingspatronen. Dit nieuwe component met de naam Inference Query Engine maakt deel uit van de RDF Query Engine hetgeen in Figuur 4 is geïllustreerd. De mate van de afleiding wordt vastgesteld met ondersteuning van een set afleidingen. Zo ondersteund bijvoorbeeld een OWL Inference Query Engine een grotere set van afleidingen dan een RDFS-variant. Kijkend naar het ontwerp bestaat de Query Engine architectuur uit twee afzonderlijke processen (zie blauw kader in Figuur 4). Een queryproces die alle beweerde triples doorzoekt nadat een aantal

gegevensbronnen zijn samengevoegd en een afleidingsproces die alle mogelijke afgeleide triples genereert op basis van een reeks afleidingspatronen (Gutiérrez Alba, 2012).



Figuur 4 : Semantic Web Architecture (Gutiérrez Alba, 2012)

Afgeleide gegevens en views worden op conceptuele wijze in enkele data definitie talen declaratief uitgedrukt. Kappel and Schrefl (1996) beschrijven dat met deze vrij gebruikelijke benadering wordt bepaald welke views moeten worden berekend en welke moeten worden opgeslagen. Dit wordt beslist met behulp van een fysiek dataontwerp. Daarbij kan de beslissing persistent worden gemaakt door weergaven te markeren als berekening of fysieke verschijning (Kappel & Schrefl, 1996). Deze aanpak kan (met uitbereiding van een meet functie) dit onderzoek ondersteunen bij het meten van afleidingen door bijvoorbeeld de applicatie “Measuring” toe voegen (zie rood kader in Figuur 4).

2.4. Ontologieën meten

Om de efficiëntie in dit onderzoek te kunnen meten is onderzoek gedaan naar meetmethoden die metingen van beweerde triples kunnen vergelijken met metingen van afgeleide triples. Metingen van patronen op basis van Semantic Web (SW) technologieën richtten zich, zoals de literatuurstudie uitwijst, veelal op het meten van ontologieën. Door auteurs van SW-literatuur zijn verschillende meetaanpakken beschreven gerelateerd aan ontologie of overgenomen vanuit object georiënteerde software specificaties (Rodrigueza, Siciliaa, & Garciaa, 2011). Daar waar het gaat om representeren en redeneren met omvangrijke hoeveelheden informatie van verschillende domeinen hebben ontologieën de voorkeur. Rodrigueza et al. (2011) hebben met een zelf ontwikkelde opensource tool, Ontometrics genaamd, een grote set van OWL-ontologieën uit het biomedische domein onderzocht en aangetoond dat, ondanks de moeilijkheid hierover concrete grenswaarden vast te stellen, het gebruik van statistieken het identificeren van ontologieën mogelijk maakt voor speciale doeleinden waaronder de thesaurus.

Monperrus, Jézéquel, Champeau, and Hoeltzener (2009) hebben naar een meer generieke aanpak voor meten van ontologieën beschouwd. Daarbij hebben ze voornamelijk metingen verricht op gebied van functionaliteit, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid.

Ma, Zhang, Jin, and Lu (2014) hebben met een meetmodel naar de expressiviteit van ontologieën gekeken. Verder hebben Ma et al. (2014) de twee modellen Semantic Enriched Representation Model (SERM) en het Original Representation Model (ORM) met elkaar vergeleken en geconcludeerd dat de SERM-modellen meer krediet verdienen bij het voorspellen van semantische kwaliteit dan de ORM-modellen.

Het onderzoek van Zhang, Li, and Tan (2010) betreft een onderzoek op basis van het framework OntoMetric en beschouwd twee soorten metrieken namelijk: het ontologie-level en het class-level. Verder voorziet Zhang et al. (2010) in een aantal gecodeerde meetattributen gebaseerd op de twee genoemde soorten metrieken.

De aanpak van Vrandečić and Sure (2007) is gericht op het verbeteren van metrieken en gebaseerd op twee aandachtspunten namelijk: normalisatie en stabiele metrieken.

Normaliseren is uiterst zinvol om op een semantisch-bewuste wijze een soort pre-proces op bekende structurele metrieken toe te passen. Hierdoor wordt een meer betrouwbare redenering uitgevoerd waarbij de waarde van de meting voor de maximale diepte van de ene ontologie vergelijkbaar is met de maximale diepte van een andere ontologie.

Stabiele metrieken bieden de mogelijkheid om uitspraken te doen over het gedrag van een ontologie in de context van een veranderende web-omgeving (Vrandečić & Sure, 2007).

Onderstaande tabel biedt een overzicht van de boven beschreven SW-meetmethoden en geeft zicht op de bruikbaarheid ervan. Voor het uitvoeren van dit onderzoek zijn de meetmethoden van Rodriguez et al. (2011) en Zhang et al. (2010) relevant te noemen omdat ze kwantitatieve metingen kunnen verrichten op ontologieën. De overige in Tabel 3 beschreven methoden zijn kwalitatief van aard en daardoor minder geschikt voor dit onderzoek.

Tabel 3 : Overzicht SW-meetmethoden

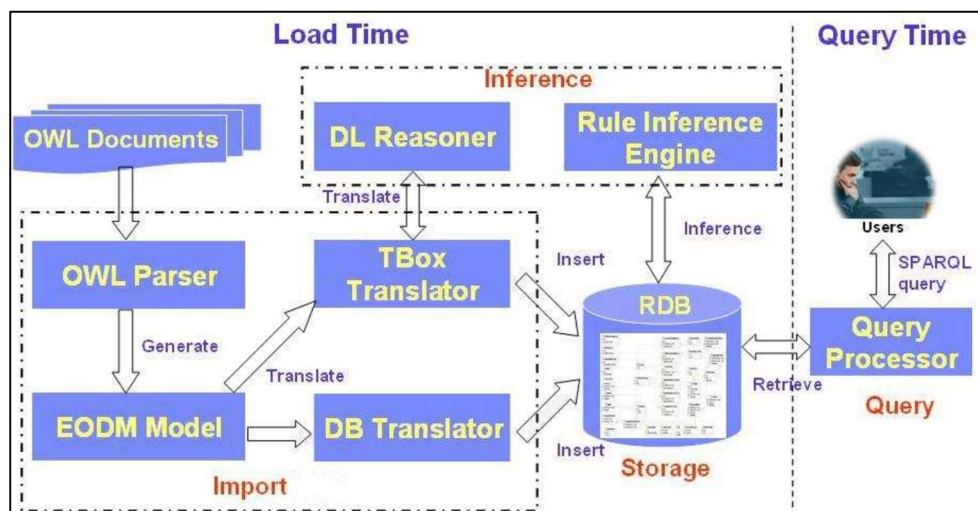
Auteur	Methode / model	Tooling	Domein	Scope van de meting	Meetattributen
Rodrigueza et al. (2011)	Identificeren van soorten ontologieën	Ontometrics	Bio-industrie	Klassen	No. of Classes <i>noc</i> No. of Instances <i>noi</i> No. of Properties <i>nop</i> No. of Root Classes <i>norc</i> Number of Leaf Classes <i>nolc</i> Average Population <i>ap</i> Class Richness <i>cr</i> Explicit Depth of Sub Sumption Hierarchy <i>dosh</i> Inheritance Richness <i>ir</i> Relationship Richness Metric <i>rr</i> Ontorank <i>or</i>
Monperrus et al. (2009)	The generic σ metric			Functionaliteit betrouwbaarheid onderhoudbaarheid	
Ma et al. (2014)	Semantic Enriched Representation Model (SERM)			Voorspellen van kwaliteit	
Zhang et al. (2010)	QOOD / framework OntoMetric	OntoQA OntoClean		Twee soorten metrieken - Ontologie-level - Class-level	Ontology-level metrics Size of vocabulary (SOV) Edge node ratio (ENR) Tree impurity (TIP) Entropy of graph (EOG) Class-level metrics Number of children (NOC) Depth of inheritance (DIT) Class in-degree (CID) Class out-degree (COD)
Vrandečić and Sure (2007)				Gericht op het verbeteren van metrieken	Normaliseren Stabiele metrieken

2.5. Meten van efficiëntie

Aan het meten van efficiëntie op basis van afgeleide data wordt in de literatuur weinig aandacht aan geschonken. Bovenstaande Tabel 3 laat zien dat met betrekking tot SW-technologieën, behalve voor het meten van efficiency van afgeleide data, voor vele doeleinden wordt gemeten.

Zhou et al. (2006) beschouwen in Figuur 5 een framework (The component diagram of Minerva) waarmee afleidingen in een database kunnen worden opgeslagen. Minerva combineert een DL-reasoner met een regelmachine voor ontologie-afleidingen en verzameld alle afgeleide resultaten in een database. Het databaseschema is ontworpen om afleidingen effectief te ondersteunen en de

SPARQL-zoekopdrachten worden beantwoord door ze direct op te halen uit de database (Zhou et al., 2006).



Figuur 5 : componentendiagram Minerva (Zhou et al., 2006)

3. Methodologie

3.1. Methode van onderzoek

Voor dit onderzoek zijn de voor de onderzoekfilosofie benodigde overtuigingen en veronderstellingen gewogen met de onderwerpen: Ontologie, Epistemologie, Axiologie en type methode (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2016). Op basis van die weging is gekozen voor de onderzoekfilosofie Pragmatisme. Het doel van dit onderzoek is vaststellen dat keuzes in het gebruik van ontologiepatronen van invloed zijn op de efficiëntie van de afleidingsregels. De uitvoering van dit onderzoek moet aantonen dat het gebruiken van efficiënte patronen leidt tot het afleiden van proportioneel meer data van de beweerde data.

Omdat het onderzoek de mogelijke efficiëntie van de werking van patronen gaat aantonen en de manier waarop de onderzoeksvraag is gesteld kan dit werk als een evaluatief onderzoek worden beschouwd (Saunders et al., 2016). Verder geven Saunders et al. (2016) aan dat het doel van het onderzoek in de tijd nog kan veranderen. Voor de keuze van een onderzoek methode leent dit experiment zich het best voor het uitvoeren van kwantitatief onderzoek omdat in dit onderzoek data wordt geteld (Saunders et al., 2016).

In paragraaf 2.4 worden meetattributen beschreven die voor een deel in dit werk worden gebruikt om ontologieën te kenmerken. In dit onderzoek wordt onderzocht of er een relatie ligt tussen de gebruikte meetattributen en de efficiëntie van ODP's. Op basis van de onderzoeksvraag is gekozen voor onderstaande onafhankelijke en afhankelijke variabele en bijbehorende hypothesen.

De onafhankelijke variabele wordt veranderd om de impact op de afhankelijke variabele te kunnen meten (Saunders et al., 2016). In dit werk geldt de Ontologie Design Pattern als onafhankelijke variabele.

De afhankelijke variabele vormt het resultaat van de manipulatie van de onafhankelijke variabele (Saunders et al., 2016). In dit werk geldt de proportionaliteit van de afleidingen (efficiëntie) als afhankelijke variabele.

Voor het vaststellen van de hypothesen is gekeken naar de in paragraaf 2.4 relevant genoemde meetattributen in relatie tot de verscheidenheid waarin ODP's voorkomen. Deze verscheidenheid varieert van ODP's die klassen, subklassen of eigenschappen toevoegen tot en met ODP's die de relatierijkheid of ontologie zuiverheid vergroten.

Nulhypothese:

H0. Het toepassen van ODP's heeft geen invloed op de afleiding van beweerde data.

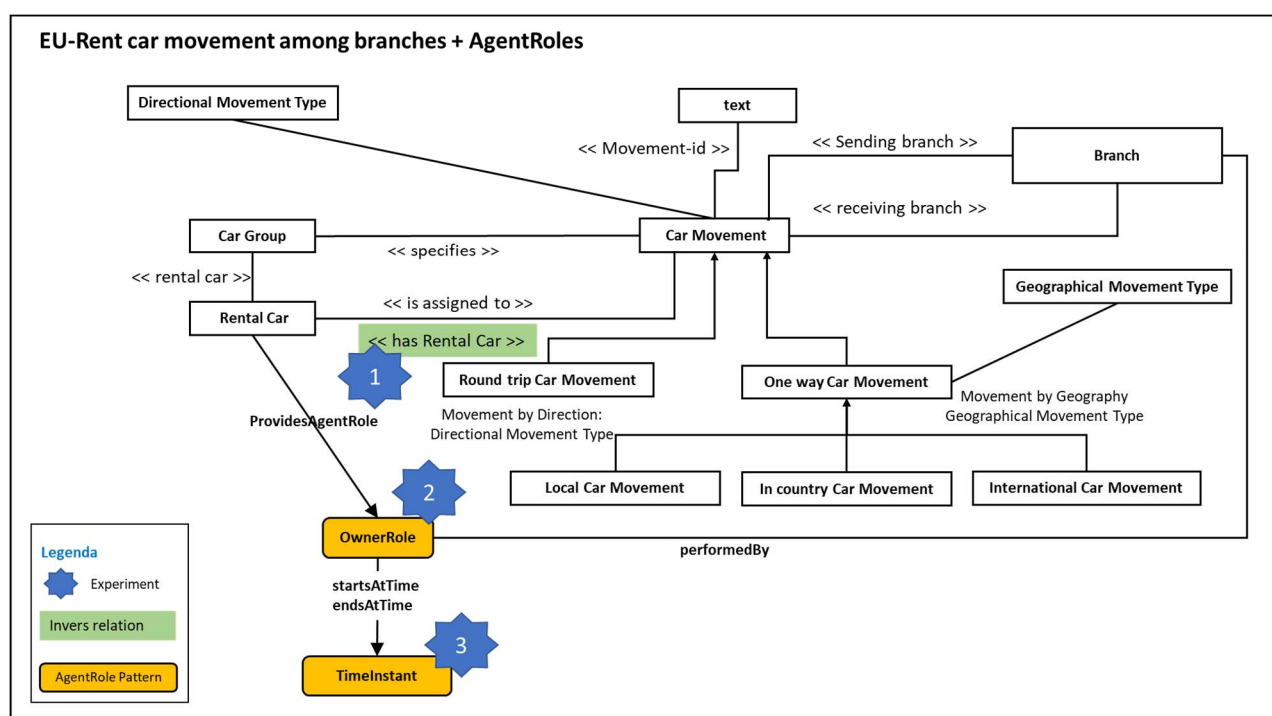
Hypothese:

- H1. Het toepassen van de inverse-regel geeft proportioneel meer afleidingen, omdat de kennis over de relatie in beide klassen wordt bijgehouden en als triple wordt opgeslagen.
- H2. Het toepassen van Agent Role ODP geeft proportioneel meer afleidingen omdat deze ODP een extra klasse toevoegd.
- H3. Het toepassen van Agent Role ODP met TimelInstant geeft proportioneel meer afleidingen omdat deze ODP naast extra klassen ook meer relaties toevoegt.

Scenario's

Voor dit werk worden met betrekking tot het toepassen van een Inverse-relatie en Agent Role ODP op basis van de EU-Rent business rules (OMG, 2014) een aantal scenario's voorgesteld waarin deze de benchmark en meting mogelijk kunnen beïnvloeden. Voor dit onderzoek is EU-Rent CarMovement ontologie-model van Reynares et al. (2014) aangevuld met de hierboven genoemde ODP's

De Figuur 6 hieronder laat het geheel van het Reynares-model zien waarin het referentie-model en de drie experimenten in één figuur zijn samengevoegd.



Figuur 6: EU-Rent owl-model met 3 aanvullingen

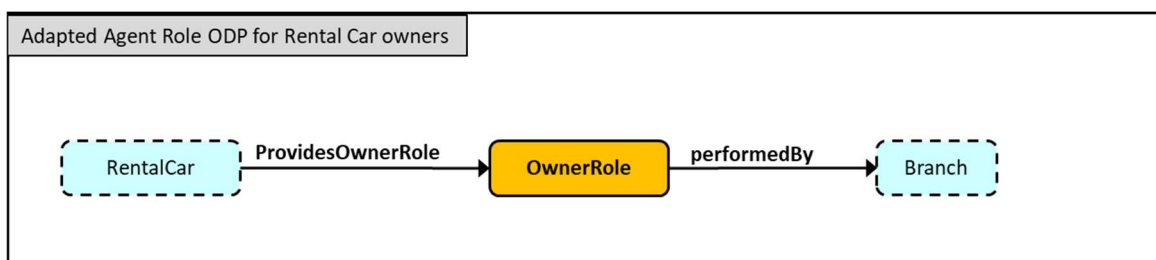
De relevante ODP-aanpassingen zijn verwoord in de volgende onderzoekscenario's:

1. InverseOf

In het huidige model wordt voor elke RentalCar bijgehouden aan welke CarMovement deze is toegewezen. De toewijzing verandert telkens wanneer een RentalCar opnieuw verhuurd of verplaatst wordt. De InverseOf relatie maakt het mogelijk dat in elke CarMovement wordt bijgehouden welke RentalCar daarbij hoort. De inverse maakt het mogelijk de historie van de verplaatsingen van de RentalCar bij te houden en hoeft daarom niet afzonderlijk door de gebruiker te worden ingevoerd. Om dit te realiseren is de relatie tussen CarMovement en RentalCar `hasRentalCar` in Figuur 6 bij nummer 1 (groen omkaderd) als inverse van de relatie `isAssignedTo` toegevoegd.

2. OwnerRole

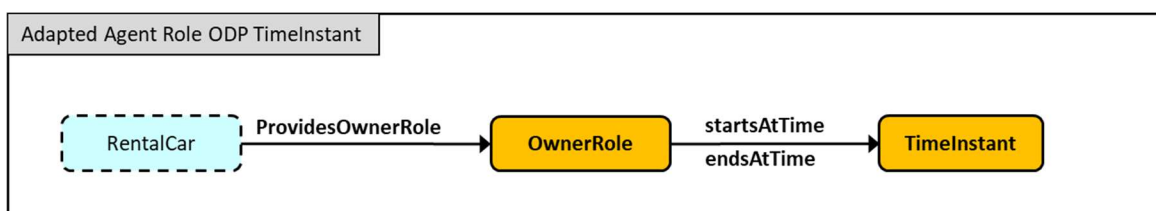
Hitzler et al. (2016) beschrijven dat voor de AgentRole gegeven axioms (Figuur 2) elke Agent Role wordt uitgevoerd `performedBy` door precies één Agent. Voor dit scenario is, zoals in Figuur 7 hieronder geïllustreerd, de AgentRole omgezet naar OwnerRole en is de klasse RentalCar aangevuld met objectproperty `ProvidesOwnerRole`. Om te kunnen bepalen welke Branch na een CarMovement eigenaar is van een bepaalde RentalCar is de objectproperty `PerformedBy` opgenomen in de klasse OwnerRole. Deze ODP zorgt ervoor dat elke OwnerRole wordt uitgevoerd door precies één Branch waardoor deze informatie niet telkens door de gebruiker hoeft te worden ingevoerd (Figuur 6 nummer 2).



Figuur 7: EU-Rent ODP for RentalCar Owner

3. Time Instant

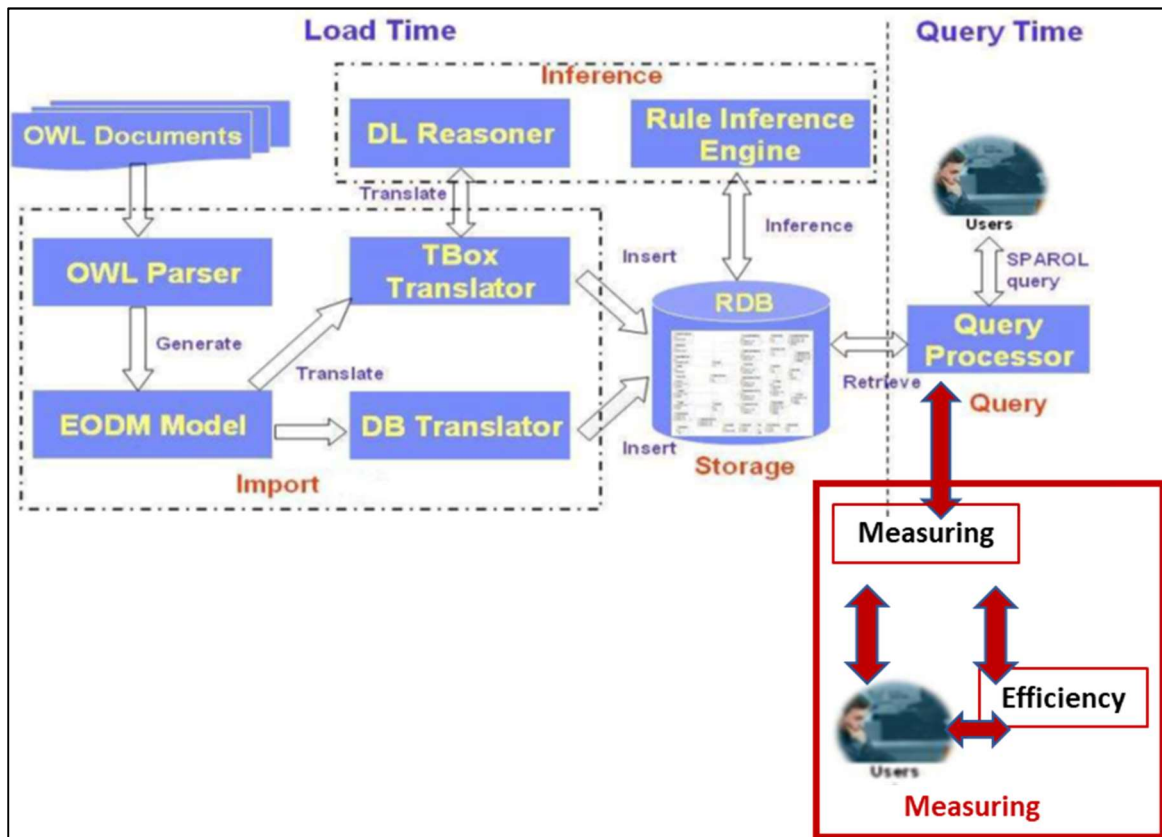
Voor het 3^e experiment is de AgentRole (OwnerRole) uitgebreid met de TimeInstant (Figuur 6 bij nummer 3). Zoals in Figuur 8, waar object-property OwnerRole als AgentRole is weergegeven, start Agent Role op precies één tijdsinstantie met `startsAtTime` en eindigt de Agent Role op precies één tijdsinstantie met `endsAtTime`. Hiermee wordt vastgelegd welke Branch op welk TimeInstant de Owner was van een RentalCar en vormt extra informatie die niet door de gebruiker hoeft te worden ingevoerd.



Figuur 8: EU-Rent ODP for RentalCar Owner with TimeInstant

3.2. Operationalisering en data-analyse

Ten behoeve van dit onderzoek is het framework van Minerva (Zhou et al., 2006), zoals beschreven in paragraaf 2.5, uitgebreid om de efficiency van afleidingen te kunnen vaststellen. Figuur 9 hieronder beschouwd, in het rode kader, een mogelijke aanvulling op dit model. Met behulp van een meetfunctie kunnen via SPARQL-query's afgeleide triples worden opgevraagd en kan op basis daarvan de efficiënte coëfficiënt worden vastgesteld.

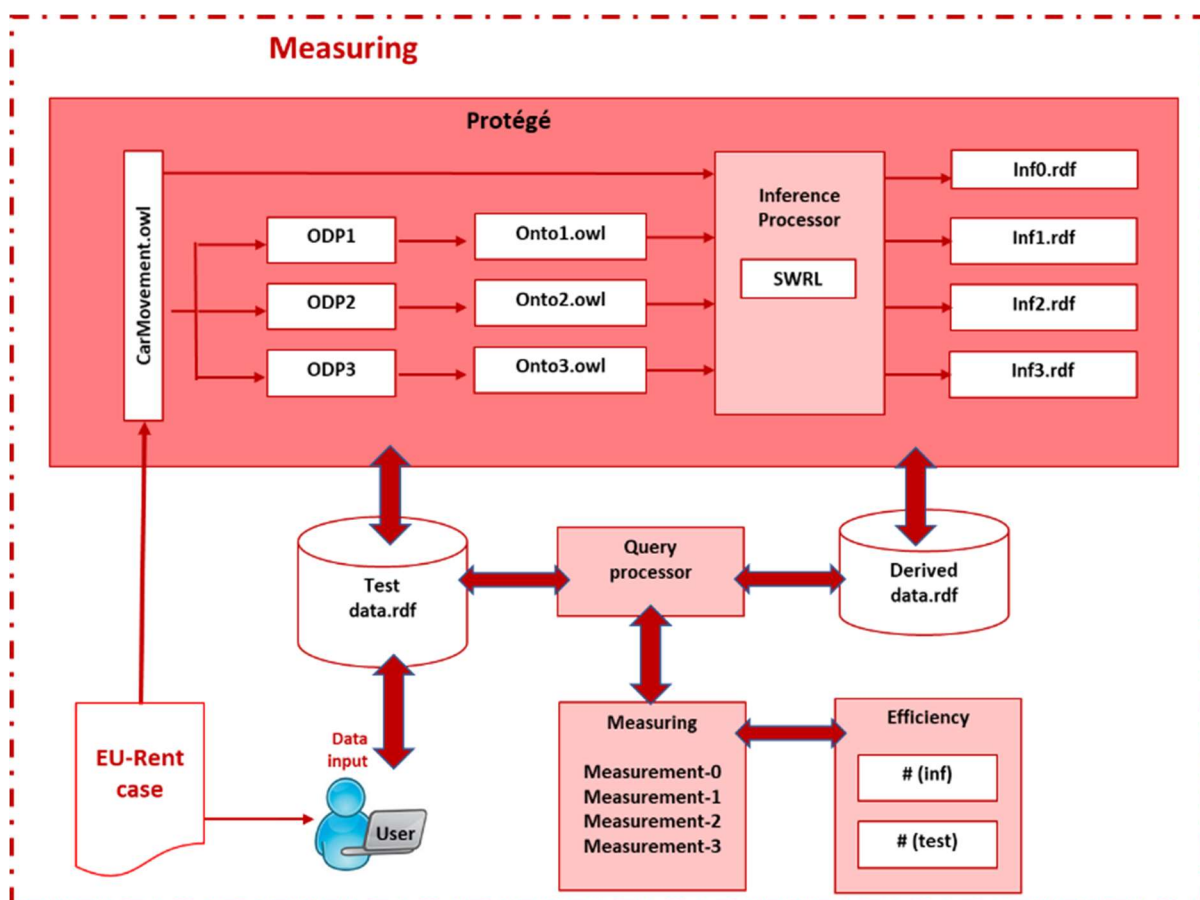


Figuur 9 : componentendiagram Minerva (Zhou et al., 2006) met eigen uitbreiding van meet- en efficiëntietoepassingen.

Voor het uitvoeren van dit onderzoek beperk het meten zich tot telling van afgeleide data ten opzichte van de beweerde data. Voor de ondersteuning van het onderzoek wordt de Semantic Web Ontology editor Protégé ingezet. Dit omdat deze tool OWL als standaardsyntax gebruikt en gemakkelijk toegankelijk is voor mensen die niet bekend zijn met het vakgebied van Logica (Pietersma, 2018).

Onderzoeksmodel

Ten behoeve van het onderzoek is, op basis van het hierboven beschreven Minerva framework, een onderzoeksmodel ontwikkeld zoals hieronder in Figuur 10 is weergegeven. Het onderzoek is uitgevoerd volgens dit model. De werking van het model is als volgt: Van de bestaande EU-Rent case wordt de "CarMovement.owl" als referentie ontologie gebruikt en zonder toepassen van ODP's wordt daarmee een nulmeting gehouden. Door het toepassen van drie ontologie ontwerp patronen (ODP1, ODP2 en ODP3), worden vervolgens op basis van de referentie ontologie, drie kandidaat ontologieën gemaakt (ONTO1, ONTO2 en ONTO3). In Protégé wordt daarna per ontologie de beweerde (testdata) data geïmporteerd. Door het toepassen van afleidingsregels ontstaan nieuwe afgeleide data. Zowel de testdata als de afgeleide data en de ontologie metrics uit Tabel 3, worden gemeten. De meetresultaten worden gebruikt om de efficiëntie coëfficiënt te berekenen.



Figuur 10: Onderzoeksmodel voor het meten van beweerde en afgeleide data.

Data-analyse

Ten behoeve van de data-analyse worden per ontologie de meetwaarden van het betreffende meetattribuut geregistreerd volgens het in Figuur 11 getoonde registratiemodel. De gehanteerde meetattributen zijn overgenomen van de metrics uit Protégé en komen gedeeltelijk overeen met de in paragraaf 2.4 beschreven meetmethoden. De metingen die na alle experimenten de waarde "0" opleveren, worden ten behoeve van de leesbaarheid, niet getoond. Figuur 10 Op basis van de referentie ontologie en de resultaten van de drie kandidaat ontologieën (ONTO1, ONTO2 en ONTO3) wordt de efficiënte coëfficiënt van de afleidingen in een Benchmark ten opzichte van de referentie bepaald. Om het onderzoek cijfermatig te kunnen onderbouwen worden de resultaten ervan in de statistische tool SPSS verwerkt. Verder wordt in SPSS met een lineaire regressieanalyse mogelijke relaties onderzocht tussen de meetwaarden en de efficiënte coëfficiënt.

CarMovement.owl Results from Protégé in Excel	ONTO-0 Reference	ONTO-1 InverseOf	ONTO-2 OwnerRole	ONTO-3 TimeInstant
Metrix				
axiom				
Logical axiom count				
Declaration axiom count				
Class count				
Object property count				
Data property count				
Individual count				
Annotation Property count				
Class axioms				
subclass				
disjoined				
Object property axioms				
InverseObjectProperty				
AsymetricObjectProperty				
ObjectPropertyDomain				
ObjectPropertyRange				
Data property axioms				
DataPropertyDomain				
DataPropertyRange				
Individul axioms				
ClassAssertion				
ObjectPropertyAssertion				
DataPropertyAssertion				
Tripples from SPARQL Query tab				
Triples voor afleiding				
Triples na afleiding				
Efficiëntie coëfficiënt				

Figuur 11: Registratiemodel

Testdata

Voor het maken van de testdata (beweerde data) wordt de publiekelijke beschikbare case van het fictieve bedrijf EU-rent gebruikt. Zoals Bouwer (2018) beschrijft biedt het gebruik van de EU-Rent case het voordeel dat het is ontwikkeld als een de facto standaard voor vergelijkingen in onderzoeken en wordt het in tal van wetenschappelijke studies gebruikt. Mellema (2018) beschrijft onder andere als voordeel dat de EU-Rent case is geïmplementeerd in SW-technologie en in onderzoeken wordt gebruikt als voorbeeld om met bedrijfsregels data af te leiden. Voor het uitvoeren van dit onderzoek worden bestaande ODP's toegepast en geëvalueerd.

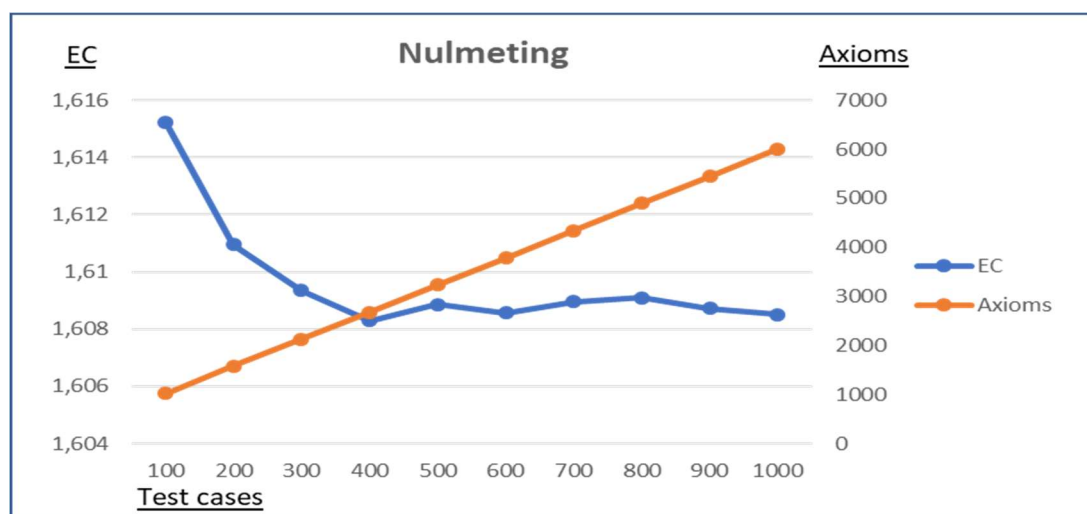
Testdata in relatie tot de EU-Rent case is niet gevonden en wordt daarom ten behoeve van dit werk handmatig aangemaakt op basis van de case-beschrijving in het document EU-Rent Car Rentals Specification (Frias, Queralt Calafat, & Olivé Ramon, 2003) en de business rules in SBVR (OMG, 2014). Voor het vastleggen van de synthetische data is voor Excel (in plaats van RDF-bestand) gekozen omdat een Excel-bestand voor mensen beter leesbaar is.

Gekozen is voor data waarmee afleidingen kunnen worden gedaan volgens de in SBVR opgestelde business rules en de waarmee ingevoerde rules getoetst kunnen worden. Tabel 4 illustreert een beperkt deel van de voor dit onderzoek gemaakte dataset. Zo worden bijvoorbeeld de grijs gearceerde CarMovements afgeleid als RoundTrip CarMovement omdat de SendingBranch gelijk is aan de ReceivingBranch.

Tabel 4: Voorbeeld testdata

CarMovement	carMovementID	Specifies	hasSendingBranch	hasReceivingBranch
CM0001	CM0001	SUV	Brussels_City	Zaventem_Airport
CM0002	CM0002	Compact	Brussels_City	Brussels_City
CM0003	CM0003	Intermediate	Brussels_City	Zaventem_Airport
CM0004	CM0004	SUV	Brussels_City	Zaventem_Airport
CM0005	CM0005	Full_Size	Brussels_City	Schiphol_Airport
CM0006	CM0006	Full_Size	Berlin_City	Berlin_City
CM0007	CM0007	Full_Size	Berlin_City	Berlin_City
CM0008	CM0008	Economy	Tempelhof_Airport	Berlin_City
CM0009	CM0009	Full_Size	Tempelhof_Airport	Tempelhof_Airport
CM0010	CM0010	Intermediate	Rotterdam_City	Rotterdam_City
CM0011	CM0011	SUV	London_City	Manchester_City
CM0012	CM0012	Full_Size	Schiphol_Airport	Schiphol_Airport
CM0013	CM0013	Full_Size	London_City	London_City
CM0014	CM0014	SUV	Rotterdam_City	Zestienhoven_Airport
CM0015	CM0015	Intermediate	Zestienhoven_Airport	Rotterdam_City

Bij het maken van de testdata is uitgegaan van 100 RentalCars verdeelt over elf Branches. Iedere RentalCar maakt 10 CarMovements. De 1.000 gegenereerde testcases konden niet in de volle omvang worden gebruikt. De SWRLtab in Protégé had voor experiment 3 te veel geheugen nodig. Om die reden was het nodig de testset terug te brengen van 1.000 CarMovements naar 400 CarMovements. Het doelmatig gebruik van de 400 test cases is gevalideerd door de omvang van de nulmeting telkens met 100 test cases te vermeerderen. Onderstaande grafiek (Figuur 12) laat zien dat bij een hoger aantal dan 400 test cases geen extreme uitschieters in de EC-waarden zijn waar te nemen en laat de grafiek een vrij stabiele lijn zien.



Figuur 12: Vergelijking aantal test cases met afgeleide axioms en efficiëntie coëfficiënt (EC).

Importvoorziening

Om de testdata vanuit Excel te importeren is de, in Protégé, ingebouwde functionaliteit <Create axioms from Excel workbook> gebruikt en voor ieder experiment een afzonderlijk importsript met Transformation Rules gemaakt.

Metrics

Om de resultaten van de metingen te kunnen tonen is de in Protégé aanwezige meetvoorziening gebruikt. De Protégé meetvoorziening biedt resultaten van een gedeelte van de in paragraaf 0 beschreven metrieken. Van de uitgevoerde experimenten worden het aantal triples van zowel de beweerde data als de afgeleide data (nadat de rules door de rule-engine zijn geëxecuteerd) door de query-functie SPARQL in Protégé gegenereerd. De in Figuur 13 beschreven SPARQL-query⁵ wordt met behulp van de SPARQL Query tab in Protégé in de bedoelde query-functie ingevoerd.

```
// Get the number of triples //

SELECT (COUNT(*) as ?Triples) WHERE { ?s ?p ?o}
-----
OUTPUT:

( ?Triples = 1625382483 )
```

Figuur 13: Query voor het tellen van Triples

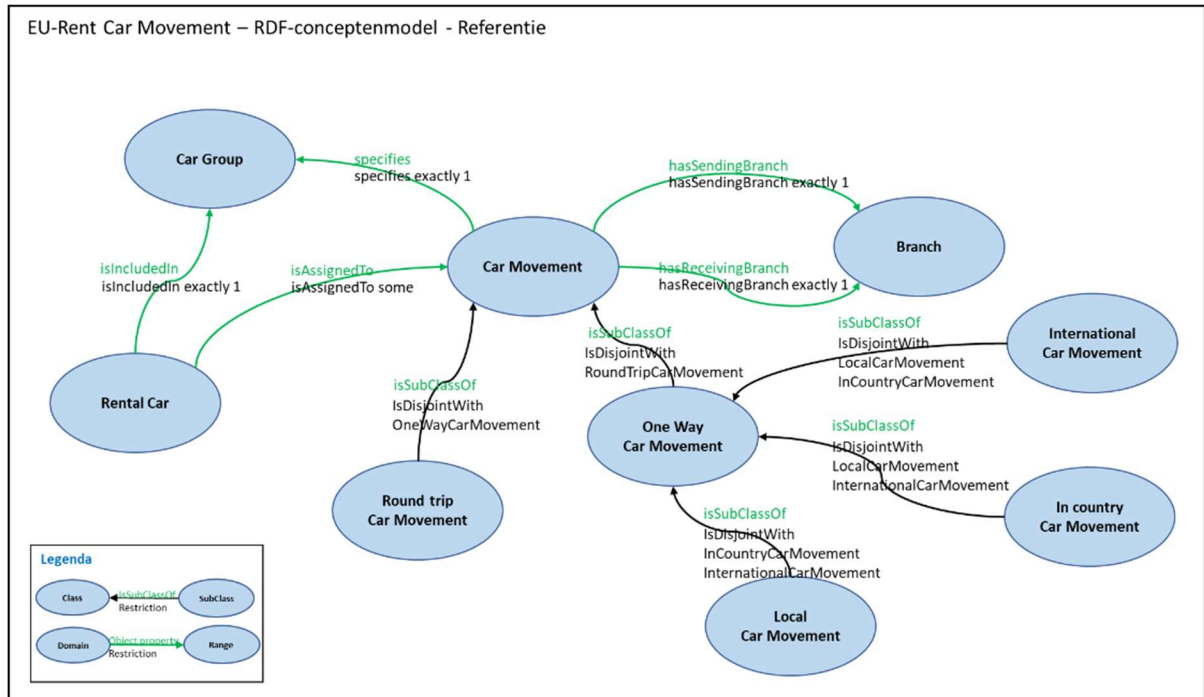
CarMovement.owl

Het owl-bestand CarMovement.owl, welke als link in het werk van (Reynares et al., 2014) is gevonden, blijkt minder geschikt voor dit onderzoek omdat met name de relaties tussen de concepten en de rules in SBVR verschillen ten opzichte van elkaar. Verder ontbreekt een onderbouwing waar de in de OWL aanwezige rules op zijn gebaseerd en zijn afwijkingen geconstateerd van de CarMovement.owl ten opzichte van het SBVR model uit OMG (2014). Zo is bijvoorbeeld de object property `hasOriginBranch` niet terug te vinden in het model van Reynares et al. (2014). Op basis van boven geschetste bevindingen is besloten om de CarMovement.owl opnieuw op te zetten waarmee wordt gestreefd naar een hogere betrouwbaarheid van de resultaten van de uitgevoerde experimenten.

⁵ <https://stackoverflow.com/questions/51288107/sparql-how-to-get-number-of-triples>

RDF-Referentiemodel

In de voorbereiding op het ontwikkelen van de CarMovement-ontologie is handmatig een RDF-referentiemodel (Figuur 14) gemaakt waarbij de voor dit werk relevante concepten en hun onderlinge relaties in beeld zijn gebracht. De concepten en de onderlinge relaties zijn op basis van Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR), v1.0 (OMG, 2014) en de ontologie van Reynares et al. (2014) gemoduleerd. In hoofdstuk 4 is het RDF-model ten behoeve van de experimenten verder uitgewerkt.



Figuur 14: RDF-referentiemodel

Constructiedocument

Het hierboven weergegeven RDF-referentiemodel (Figuur 14) is handmatig uitgewerkt in een gestructureerde voor de mens leesbare taal en vastgelegd in het constructiedocument. De beschrijving in Figuur 15 geeft de in het RDF-model voorkomende klassen en subklassen weer. Figuur 16 laat de relaties zien tussen de klassen in termen van Object Properties en Figuur 17 geeft een overzicht van de voorkomende instanties in termen van Data Properties. Voor elk van de uitgevoerde experimenten zijn deze constructies in hoofdstuk 4 aangevuld c.q. aangepast met de voor het betreffende experiment benodigde concepten.

```
Classes  
Branch rdf:type rdfs:Class  
CarGroup rdf:type rdfs:Class  
CarMovement rdf:type rdfs:Class  
OneWayCarMovement rdf:type rdfs:Class  
OneWayCarMovement rdfs:subClassOf CarMovement  
InCountryCarMovement rdf:type rdfs:Class  
InCountryCarMovement rdfs:subClassOf OneWayCarMovement  
InternationalCarMovement rdf:type rdfs:Class  
InternationalCarMovement rdfs:subClassOf OneWayCarMovement  
LocalCarMovement rdf:type rdfs:Class  
LocalCarMovement rdfs:subClassOf OneWayCarMovement  
RoundTripCarMovement rdf:type rdfs:Class  
RoundTripCarMovement rdfs:subClassOf CarMovement  
RentalCar rdf:type rdfs:Class
```

Figuur 15: Classes

```
Object Properties  
hasSendingBranch rdf:type rdfs:Property  
hasSendingBranch rdfs:domain CarMovement  
hasSendingBranch rdfs:range Branch  
hasReceivingBranch rdf:type rdfs:Property  
hasReceivingBranch rdfs:domain CarMovement  
hasReceivingBranch rdfs:range Branch  
specifies rdf:type rdfs:Property  
specifies rdfs:domain CarMovement  
specifies rdfs:range CarGroup  
isAssignedTo rdf:type rdfs:Property  
isAssignedTo rdfs:domain RentalCar  
isAssignedTo rdfs:range CarMovement  
isIncludedIn rdf:type rdfs:Property  
isIncludedIn rdfs:domain RentalCar  
isIncludedIn rdfs:range CarGroup
```

Figuur 16: Object-properties

```
Data properties  
branchID rdf:type rdfs:Property  
branchID rdfs:domain Branch  
branchID rdfs:range string  
country rdf:type rdfs:Property  
country rdfs:domain Branch  
country rdfs:range string  
localArea rdf:type rdfs:Property  
localArea rdfs:domain Branch  
localArea rdfs:range string  
carGroupID rdf:type rdfs:Property  
carGroupID rdfs:domain CarGroup  
carGroupID rdfs:range string  
carModel rdf:type rdfs:Property  
carModel rdfs:domain CarGroup  
carModel rdfs:range string  
passengerCapacity rdf:type rdfs:Property  
passengerCapacity rdfs:domain CarGroup  
passengerCapacity rdfs:range integer  
rentalCarID rdf:type rdfs:Property  
rentalCarID rdfs:domain RentalCar  
rentalCarID rdfs:range string  
registeredIn rdf:type rdfs:Property  
registeredIn rdfs:domain RentalCar  
registeredIn rdfs:range string  
carMovementID rdf:type rdfs:Property  
carMovementID rdfs:domain CarMovement  
carMovementID rdfs:range string  
plannedPickupDate rdf:type rdfs:Property  
plannedPickupDate rdfs:domain CarMovement  
plannedPickupDate rdfs:range datetime  
actualPickupDate rdf:type rdfs:Property  
actualPickupDate rdfs:domain CarMovement  
actualPickupDate rdfs:range datetime  
plannedReturnDate rdf:type rdfs:Property  
plannedReturnDate rdfs:domain CarMovement  
plannedReturnDate rdfs:range datetime  
actualReturnDate rdf:type rdfs:Property  
actualReturnDate rdfs:domain CarMovement  
actualReturnDate rdfs:range datetime  
lateReturnCharge rdf:type rdfs:Property  
lateReturnCharge rdfs:domain CarMovement  
lateReturnCharge rdfs:range integer
```

Figuur 17: Data-Properties

Uitwerking in Protégé

Op basis van de hierboven beschreven constructies in het constructiedocument is de referentie-ontologie in Protégé handmatig opgezet. Het resultaat van de in Protégé gemaakte ontologie wordt hieronder in **Error! Not a valid bookmark self-reference.** weergegeven en toont de ingevoerde subclasses, object properties en data properties van de class CarMovement. Verder worden de restricties van de object properties weergegeven en toont Protégé het domein (domain) van elke property zoals in Figuur 16 en Figuur 17 hierboven is beschreven.

The screenshot displays the Protégé ontology editor interface. The top menu bar includes 'Active ontology', 'Entities', 'Individuals by class', 'DL Query', 'SWRLTab', 'OntoGraf', and 'SPARQL Query'. The main window is titled 'CarMovement — http://www.semanticweb.org/CarMovementReferentie#CarMovement'. The left sidebar shows the 'Class hierarchy' with 'CarMovement' selected, listing subclasses: 'OneWayCarMovement', 'InCountryCarMovement', 'InternationalCarMovement', 'LocalCarMovement', 'RoundTripCarMovement', and 'RentalCar'. The main area shows 'Usage: CarMovement' with 34 uses listed. The 'Description: CarMovement' section at the bottom lists subclasses and their restrictions: 'hasReceivingBranch exactly 1 Branch', 'hasSendingBranch exactly 1 Branch', and 'specifies exactly 1 CarGroup'.

Figuur 18: CarMovement Reference in Protégé

Business Rules

Voor dit werk zijn de business rules gebruikt van de Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR) (OMG, 2014). Om te komen tot afleidingen is, uit de SBVR van OMG, een selectie gemaakt van de relevante SBVR-rules. Om de werking van de owl te testen zijn op basis van de business rules in SBVR, onderstaande SWRL-rules (R01 tot en met R05) aangemaakt en ten behoeve van de experimenten aangevuld in hoofdstuk 4 (R06, R07, R06b, R07b en R08). Voor de leesbaarheid en onderscheiding van de overige teksten zijn de SBVR-rules omkaderd.

De in de SBVR aangebrachte kleuren onderscheiden de [concepten](#) met gebruik van [koppel- en lidwoorden](#) van de [werkwoorden](#). De SWRL-rules worden onderscheiden van de overige teksten van dit werk met: *Calibri (Hoofdstekst), 10, cursief, blauw*.

R-01 RoundTripCarMovement

Maakt het mogelijk dat CarMovement wordt afgeleid als een RoundTripCarMovement volgens de SBVR-business rule:

SBVR: E.2.2.1.1 Car Movement car movement being round-trip Concept Type: characteristic Definition: car movement having sending branch that is the receiving branch of the car movement
--

Op basis van bovenstaande SBVR regel de volgende SWRL-rule gemaakt:

CarMovement(?m) ^ hasSendingBranch(?m, ?b) ^ hasReceivingBranch(?m, ?b) -> RoundTripCarMovement(?m)

R-02 InCountryCarMovement

Zorgt ervoor dat de CarMovement die tussen Branches in verschillende LocalAreas binnen een land plaatsvindt als InCountryCarMovement wordt afgeleid volgens de SBVR rule hieronder:

SBVR: E.2.2.1.6 Rental Categorization in-country one-way rental Concept Type: rental movement type Definition: one-way rental that includes an in-country car movement Note: This type of rental is between branches in different local areas in the same country .

Op basis van bovenstaande SBVR regel de volgende SWRL-rule gemaakt:

CarMovement(?m) ^ hasSendingBranch(?m, ?s) ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ Branch(?s) ^ branchID(?s, ?ns) ^ branchID(?r, ?nr) ^ swrlb:notEqual(?ns, ?nr) ^ localArea(?s, ?l) ^ Branch(?r) ^ localArea(?r, ?l) -> LocalCarMovement(?m)

R-03 InternationalCarMovement

Zorgt dat CarMovement die tussen twee landen plaatsvindt, waarvan het land van de SendingBranch niet het land van de ReceivingBranch is, wordt afgeleid als International CarMovement volgens onderstaande SBVR rule:

SBVR: E.2.2.1.1 Car Movement car movement being international Concept Type: characteristic Definition: car movement having country of sending branch that is not the country of receiving branch of the car movement

Op basis van bovenstaande SBVR regel de volgende SWRL-rule gemaakt:

CarMovement(?m) ^ hasSendingBranch(?m, ?s) ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ Branch(?s) ^ country(?s, ?cs) ^ Branch(?r) ^ country(?r, ?cr) ^ swrlb:notEqual(?cs, ?cr) -> InternationalCarMovement(?m)

R-04 LocalAreaCarMovement

Zorgt ervoor dat CarMovement die binnen de local area plaatsvinden ook als zodanig wordt afgeleid volgens de SBVR rule hieronder:

car movement being in-area Concept Type: characteristic Definition: car movement having receiving branch that is included in the local area of the sending branch of the car movement

Op basis van bovenstaande SBVR regel de volgende SWRL-rule gemaakt:

```
CarMovement(?m) ^ hasSendingBranch(?m, ?s) ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ Branch(?s) ^ branchID(?s, ?ns)
^ branchID(?r, ?nr) ^ swrlb:notEqual(?ns, ?nr) ^ localArea(?s, ?l) ^ Branch(?r) ^ localArea(?r, ?l) ->
LocalCarMovement(?m)
```

R-05 LateReturnCharge

Zorgt dat CarMovement waarbij de actualReturnDate ligt na de plannedReturnDate + 1 dag deze wordt afgeleid als lateReturnCharge volgens onderstaande SBVR rule:

If the actual return date/time of a rental is after the end date/time of the grace period of the rental then it is obligatory that the rental incurs a late return charge.

Op basis van bovenstaande SBVR regel de volgende SWRL-rule gemaakt:

```
CarMovement(?m) ^ plannedReturnDate(?m, ?p) ^ actualReturnDate(?m, ?a) ^ temporal:add(?g, ?p, 1, "Days")
^ temporal:after(?a, ?g) -> lateReturnCharge(?m, 100)
```

Resultaat nulmeting

Ten behoeve van de uitvoering van het experiment is een op basis van het hierboven besproken RDF-model, de OWL-constructie en de dataset een initiële opzet van de ontologie gemaakt en een nulmeting uitgevoerd. Deze nulmeting dient als referentie waaraan de resultaten en conclusies van de uitgevoerde experimenten kunnen worden gerelateerd. Het aantal triples wordt gemeten door de SPARQL Query functie in Protégé en laat zien dat het aantal triples na de afleiding bijna is verdubbeld. Hieruit valt op te maken dat enkel door het toepassen van business rules het aantal triples is gegroeid. Figuur 19 laat een overzicht van de resultaten van de nulmeting zien zoals ze door Protégé automatisch zijn gepresenteerd.

CarMovement.owl Results from Protégé in Excel	ONTO-0 Reference
Metrix	
axiom	7116
Logical axiom count	6571
Declaration axiom count	545
Class count	9
Object property count	5
Data property count	14
Individual count	516
Annotation Property count	3
Class axioms	
subclass	28
disjoined	4
Object property axioms	
InverseObjectProperty	0
AsymmetricObjectProperty	0
ObjectPropertyDomain	18
ObjectPropertyRange	8
Data property axioms	
DataPropertyDomain	36
DataPropertyRange	14
Individual axioms	
ClassAssertion	2493
ObjectPropertyAssertion	1700
DataPropertyAssertion	2265
Triples from SPARQL Query tab	
Triples voor afleiding	28642
Triples na afleiding	46065
Efficiëntie coëfficiënt	1,608302493

Figuur 19: Resultaten – Nulmeting

3.3. Methodologische issues

Validiteit wordt door (Saunders et al., 2016) onderverdeeld in interne en externe validiteit. De interne validiteit krijgt in dit experiment gestalte doordat onderzoek demonstreert hoe de interventies van data leiden naar het resultaat (Saunders et al., 2016). Hierbij worden metrics gebruikt die deels in soortgelijke onderzoeken zijn gebruikt. Daarnaast wordt de EU-Rent case in andere wetenschappelijke onderzoeken gebruikt.

Bij het niet beschikbaar zijn van de beweerde data wordt de data eigenhandig aangemaakt. Daardoor ontstaat een gebrek aan referentie data en kan mogelijk bias ontstaan. Het risico van het gebruik van het zelfgemaakte registratiemodel (Figuur 11) is dat handmatige invoer mogelijke fouten kan introduceren. Het gebruik van meet- en registratie tooling zou dit risico kunnen beperken. De externe validiteit krijgt gestalte doordat dit onderzoek vanuit een bestaande opengestelde EU-Rent case wordt opgezet en uitgevoerd. De resultaten zijn mogelijk minder overdraagbaar omdat het een fictieve casus betreft met synthetische data. Een onderzoek in de werkelijke wereld zou dit risico kunnen verkleinen.

Betrouwbaarheid

Door het gebruik van de fictieve EU-Rent case en de beperkte range aan ODP's is de betrouwbaarheid mogelijk laag te noemen. Mogelijk zal in een real live situatie of het gebruik van andere ODP's het onderzoek tot andere resultaten doen leiden.

De onderzoeksresultaten zijn generiek, transparant, repliceerbaar en openlijk gepubliceerd waardoor ze toepasbaar zijn voor andere onderzoeken. Mogelijke bedreigingen ten aanzien van betrouwbaarheid zoals beschreven door Saunders et al. (2016, p. 203) zijn in dit onderzoek minder relevant omdat het een experiment betreft.

Ethische aspecten

Op het gebied van gebruik van data kan worden vermeld dat op basis van de Eu-rent case handmatig de data wordt afgeleid. Het gaat hierbij om het gebruik van uitsluitend fictieve onderzoeksbronnen (EU-rent case) en open source SW tooling (Protégé) welke openlijk voor onderzoeksdoeleinden beschikbaar zijn. Ethische principes zoals beschreven door Saunders et al. (2016) worden daarmee niet geschonden.

4. Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het empirische deel van dit onderzoek. Hiertoe zijn een nulmeting en drie scenario's (experimenten) ontwikkeld, geïmplementeerd in en uitgevoerd met behulp van Semantic Web technologieën. Het betreffen experimenten met de volgende patronen:

- InverseOf
- OwnerRole
- Time Instant

De uitgevoerde experimenten, behalve de TimeInstant, zijn als los van elkaar staande experimenten uitgevoerd. Bij TimeInstant kon dit niet afzonderlijk omdat deze gekoppeld is aan de OwnerRole waarbij elke TimeInstant (`startsAtTime` en `endsAtTime`) aan een OwnerRole wordt toegewezen.

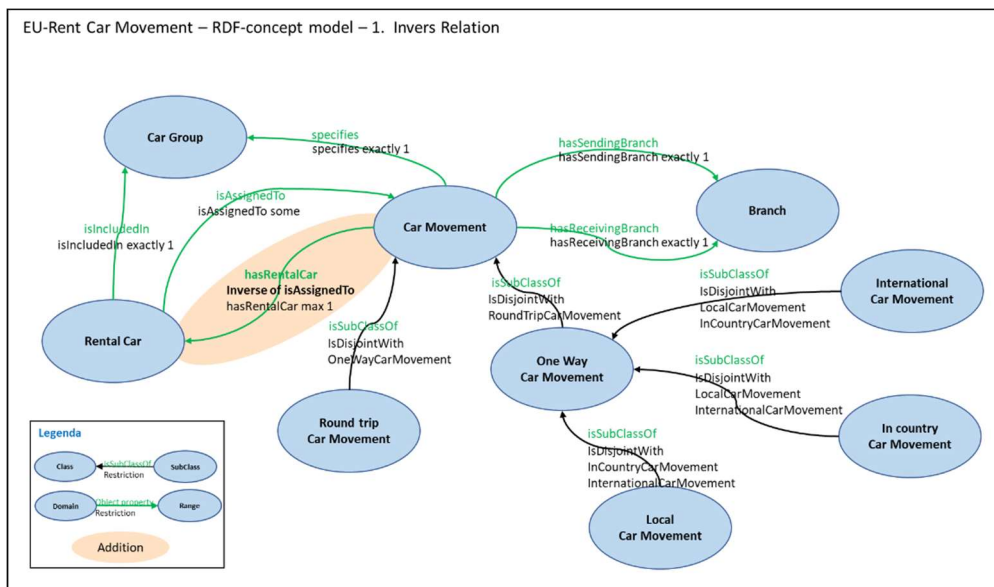
Voor de uitvoering van de hieronder beschreven experimenten is voor ieder experiment, even als in de nulmeting, de dataset <400 CarMovements> onveranderd geïmporteerd. Voor experiment 2 (OwnerRole) en 3 (TimeInstant) zijn aanvullende importregels gemaakt om de initiële OwnerRole van de RentalCars te kunnen importeren en voor experiment 3 is daar de startdatum `startsAtTime` van de initiële OwnerRole bijgekomen.

4.1. InverseOf

In het referentie RDF-model wordt in RentalCar bijgehouden aan welke CarMovement deze toegewezen is. De inverse maakt het mogelijk de historie van de verplaatste RentalCar bij te houden. Om dit te realiseren is een `InverseOf` relatie tussen `CarMovement` en `RentalCar` toegevoegd waarbij nu ook in `CarMovement` wordt bijgehouden welke `RentalCar` is toegewezen. De meerwaarde hiervan zou kunnen zijn dat bij browse-handelingen nu direct kan worden getoond welke `RentalCar` betrokken was bij een `CarMovement`. Hierdoor is het niet meer nodig alle `RentalCars` af te lopen om een toegewezen `CarMovement` te kunnen vinden.

RDF-model

Op basis het RDF-referentiemodel in Figuur 14 toont Figuur 20 hieronder het ontwerp van het RDF-conceptenmodel voor de `InverseOf` relatie. In onderstaand model is in de roze eclips de `InverseOf` relatie `hasRentalCar` als `Inverse of isAssignedTo` additioneel opgenomen met daarbij de restrictie `hasRentalCar max 1`.



Figuur 20: RDF-conceptmodel - Inverse Relation

Constructie-document

Voor het Inverse experiment is aan de owl-constructie van de nulmeting de object property `hasRentalCar` toegevoegd waarbij `CarMovement` het domein vormt en `RentalCar` de range. Deze object property wordt getypeerd als een `inverseOf isAssignedTo` relatie. Onderstaande constructie is handmatig aan het constructiedocument toegevoegd:

Object Properties

```
hasRentalCar rdf:type rdfs:Property
hasRentalCar rdfs:domain CarMovement
hasRentalCar rdfs:range RentalCar
owl:inverseOf isAssignedTo
```

OWL

Voor dit InverseOf experiment is op basis van bovenstaande toevoegingen in het constructie-document handmatig in Protégé `<CarMovementInverseOf.owl>` aangemaakt. Op basis van de EU-Rent beschrijving is in Protégé de restrictie `hasRentalCar max 1` toegevoegd.

Business rules

Voor het uitvoeren van dit InverseOf experiment zijn dezelfde rules als voor de nulmeting gebruikt en via SWRL-tab onveranderd in Protégé ingebracht en uitgevoerd.

Resultaten InverseOf

De meetresultaten van de triples voor het inverseOf experiment zijn met dezelfde query genereerd als in de nulmeting. Het aantal afgeleide triples wordt gemeten door de Control-functie in de Protégé SWRL-tab en laat (onderaan Figuur 21) zien dat de InverseOf relatie in verhouding met de nulmeting meer triples afleidt dan de nulmeting. Voor de afleiding 36 meer triples en na de afleiding 6.644 triples meer ten opzichte van de nulmeting. De EC is hierdoor, ten opzichte van de EC van de nulmeting, met ruim 0,2297 gestegen. De overige door Protégé geleverde resultaten laten in Figuur 21 zien dat met dit experiment één `InverseObjectProperty` is toegevoegd.

CarMovement.owl Results from Protégé in Excel	ONTO-0 Reference	ONTO-1 InverseOf
Metrix		
axiom	7116	7944
Logical axiom count	6571	7398
Declaration axiom count	545	546
Class count	9	9
Object property count	5	6
Data property count	14	14
Individual count	516	516
Annotation Property count	3	3
Class axioms		
subclass	28	34
disjoined	4	4
Object property axioms		
InverseObjectProperty	0	1
AsymmetricObjectProperty	0	2
ObjectPropertyDomain	18	26
ObjectPropertyRange	8	12
Data property axioms		
DataPropertyDomain	36	42
DataPropertyRange	14	14
Individual axioms		
ClassAssertion	2493	2893
ObjectPropertyAssertion	1700	2100
DataPropertyAssertion	2265	2265
Tripples from SPARQL Query tab		
Tripples voor afleiding	28642	28678
Tripples na afleiding	46065	52709
Efficiëntie coëfficiënt	1,608302493	1,837959411

Figuur 21: Meetresultaten InverseOf

4.2. OwnerRole

In het initiële model van Reynares wordt niet bijgehouden welke Branch na een CarMovement Owner is van de betreffende RentalCar. Om die reden is op basis van de AgentRole ODP voor dit experiment de OwnerRole toegevoegd. Hitzler et al. (2016) beschrijven dat voor de AgentRole gegeven axioms Figuur 2) dat elke Agent Role wordt uitgevoerd (`performedBy`) door precies één Agent.

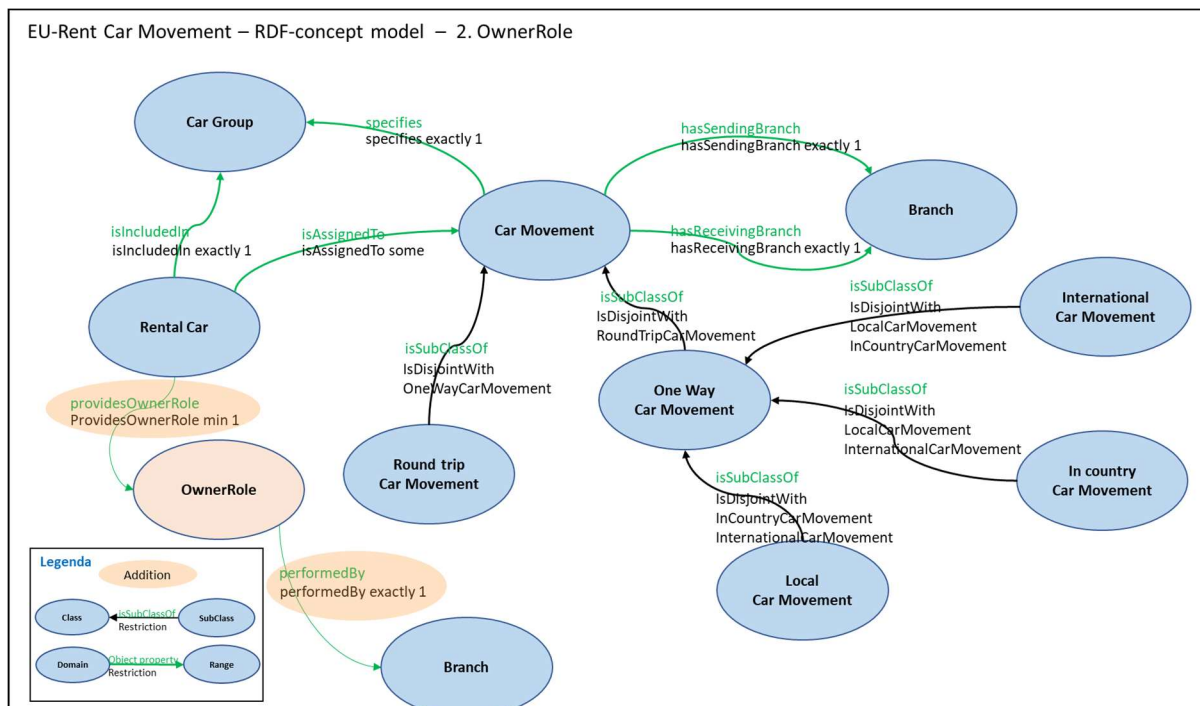
Niet elke CarMovement verandert van OwnerRole. Uit een analyse op de bewegingen zoals beschreven in de SBVR blijkt dat dit enkel het geval is wanneer een RentalCar beweegt tussen filialen in verschillende LocalAreas in hetzelfde land. Tabel 5 laat zien dat van een CarMovement welke wordt getypeerd als InternationalInward of InCountry op de ActualReturnDate de ReceivingBranch de OwnerRole overneemt.

Tabel 5: CarMovement-concepten en OwnerRole

CarMovement	OwnerRole	Wanneer
RoundTrip	Blijft SendingBranch	
International (Outward)	Blijft SendingBranch	
International (Inward)	Wordt ReceivingBranch	ActualReturnDate
LocalArea	Blijft SendingBranch	
InCountry	Wordt ReceivingBranch	ActualReturnDate

RDF-model

Figuur 22 hieronder geeft (in de roze eclipsen) de samenhang weer tussen de nieuw ontwikkelde OwnerRole met de voor dit werk ontworpen concepten van het RDF-referentiemodel en uitgewerkt in de bijbehorende CarMovement-ontologie. In het onderstaande RDF-model is aan het concept OwnerRole een performedBy relatie de toegevoegd met de restrictie performedBy exactly 1 Branch. Verder heeft de bestaande RentalCar een providesOwnerRole relatie met de OwnerRole met de restrictie min 1.



Figuur 22: RDF-concept model - OwnerRole

Constructie-document

Om het Inverse experiment uit te kunnen voeren is aan de owl-constructie van de nulmeting de klasse OwnerRole toegevoegd. Op de relatie tussen OwnerRole en Branch is de object property performedBy toegevoegd met de restrictie exactly 1 waarbij OwnerRole het domein is en Branch de range. Op de relatie tussen OwnerRole en RentalCar is de object property providesOwnerRole toegevoegd waarbij OwnerRole het domein is en RentalCar de range. Onderstaande constructie is handmatig aan het constructiedocument toegevoegd:

Classes

```
OwnerRole rdf:type rdfs:Class
```

Object Properties

```
providesOwnerRole rdf:type rdfs:Property
providesOwnerRole rdfs:domain RentalCar
providesOwnerRole rdfs:range OwnerRole
performedBy rdf:type rdfs:Property
performedBy rdfs:domain OwnerRole
performedBy rdfs:range Branch
```

Data properties

```
ownerRoleID rdf:type rdfs:Property
ownerRoleID rdfs:domain OwnerRole
ownerRoleID rdfs:range string
```

Owl

Voor dit OwnerRole experiment is op basis van bovenstaande toevoegingen in de OWL-constructie in Protégé <CarMovementOwnerRole.owl> aangemaakt.

Business rules

Op basis van eerder genoemde ODP Agent Role ODP (Hitzler et al., 2016) zoals beschreven in paragraaf 2.2. is de OwnerRole tot stand gekomen. In SBVR wordt de rule behorende bij de OwnerRole als volgt weergegeven:

SBVR: I.3 EU-Rent Examples in ORM nr.7

It is obligatory that the local area that includes the return branch of an in-country rental or international inward rental owns the rented car of the rental at the actual return date/time of the rental.

Omdat in dit onderzoek gewerkt is volgens het model van Reynares, waarbij het om het concept CarMovement gaat, is van de SBVR-rule die relevant is voor het OwnerRole-experiment het concept Rental omgezet naar het in de nulmeting gebruikte concept CarMovement.

De OwnerRole verandert ten aanzien van deze regel enkel in de varianten InCountry en InternationalInward. Dit wordt in de SBVR-rule met or aangegeven. SWRL kan niet overweg met een or constructie. Daarom is deze situatie omgezet in twee SWRL-rules te weten R06 OwnerRole_ International en R07 OwnerRole_ InCountry welke hieronder verder zijn uitgewerkt.

R06 OwnerRole_ International

Deze rule zorgt dat de eigenaar wordt afgeleid als Owner van de ReceivingBranch, bij een RentalCar vanuit het buitenland terugkomt.

Voor CarMovement aangemaakte business rule:

At the actual return date/time of an inward international CarMovement the receiving branch must own the RentalCar.

SWRL-rule:

```
RentalCar(?rc) ^ isAssignedTo(?rc, ?m) ^ InternationalCarMovement(?m) ^ carMovementID(?m, ?mi) ^ actualReturnDate(?m, ?a) ^ temporal:before(?a, "2019-07-01T12:00:00") ^ registeredIn(?rc, ?c) ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ country(?r, ?c) ^ swrlx:makeOWLThing(?x, ?m) ^ swrlb:substringAfter(?nr, ?mi, "CM0") ^ swrlb:stringConcat(?id, "OR1", ?nr) -> OwnerRole(?x) ^ performedBy(?x, ?r) ^ providesOwnerRole(?rc, ?x) ^ ownerRoleID(?x, ?id)
```

R07 OwnerRole_ InCountry

Zorgt dat de eigenaar wordt afgeleid als de ReceivingBranch, wanneer een RentalCar beweegt tussen filialen in verschillende LocalAreas in hetzelfde land.

Voor CarMovement aangemaakte business rule:

At the actual return date/time of an in-country CarMovement the ReceivingBranch must own the RentalCar.

SWRL-rule:

```
RentalCar(?rc) ^ isAssignedTo(?rc, ?m) ^ InCountryCarMovement(?m) ^ carMovementID(?m, ?mi) ^ actualReturnDate(?m, ?a) ^ temporal:before(?a, "2019-07-01T12:00:00") ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ swrlx:makeOWLThing(?x, ?m) ^ swrlb:substringAfter(?nr, ?mi, "CM0") ^ swrlb:stringConcat(?id, "OR1", ?nr) -> OwnerRole(?x) ^ performedBy(?x, ?r) ^ providesOwnerRole(?rc, ?x) ^ ownerRoleID(?x, ?id)
```

In bovenstaande SWRL rules (R06 en R07) zou de actualReturnDate vergeleken moeten worden met de huidige tijd ("now") om te bepalen of de CarMovement is afgerond. Echter iedere keer als een experiment wordt uitgevoerd is de huidige tijd anders. De resultaten zijn daardoor niet herhaalbaar. Daarnaast liggen alle datums van de testdata in het verleden. De correcte werking van sommige bedrijfsregels is daardoor niet te testen. Bijvoorbeeld als het gaat over een 'open' CarMovement. Daarom is gekozen voor de vaste datum, 2019-07-01T12:00:00, die na de laatste datum van de testperiode ligt.

Resultaten

De meetresultaten van de triples zijn met dezelfde query genereerd als in de nulmeting. Op basis van dit uitgevoerde experiment zijn de door Protégé gegenereerde meetresultaten vastgelegd in de resultaten spreadsheet Figuur 23 en worden in paragraaf **Error! Reference source not found.** geëvalueerd in samenhang met de resultaten van de overige experimenten.

De resultaten van het OwnerRole experiment laten zien dat 2.996 meer afleidingen zijn geteld dan in de nulmeting voordat de afleiding heeft plaatsgevonden en 7.106 meer nadat de afleidingen zijn gedaan. De efficiëntie coëfficiënt is hierbij, ten opzichte van de EC van de nulmeting, met 0,0723 gestegen. Verder valt op te maken dat de EC van dit OwnerRole experiment minder hard gestegen is dan de EC van het InverseOf experiment.

CarMovement.owl Results from Protégé in Excel	ONTO-0 Reference	ONTO-1 InverseOf	ONTO-2 OwnerRole
Metrix			
axiom	7116	7944	8146
Logical axiom count	6571	7398	7497
Declaration axiom count	545	546	649
Class count	9	9	10
Object property count	5	6	7
Data property count	14	14	15
Individual count	516	516	677
Annotation Property count	3	3	3
Class axioms			
subclass	28	34	30
disjoined	4	4	5
Object property axioms			
InverseObjectProperty	0	1	0
AsymmetricObjectProperty	0	2	0
ObjectPropertyDomain	18	26	26
ObjectPropertyRange	8	12	11
Data property axioms			
DataPropertyDomain	36	42	40
DataPropertyRange	14	14	15
Individual axioms			
ClassAssertion	2493	2893	2915
ObjectPropertyAssertion	1700	2100	2022
DataPropertyAssertion	2265	2265	2426
Triples from SPARQL Query tab			
Triples voor afleiding	28642	28678	31638
Triples na afleiding	46065	52709	53171
Efficiëntie coëfficiënt	1,608302493	1,837959411	1,680605601

Figuur 23: Meetresultaten OwnerRole

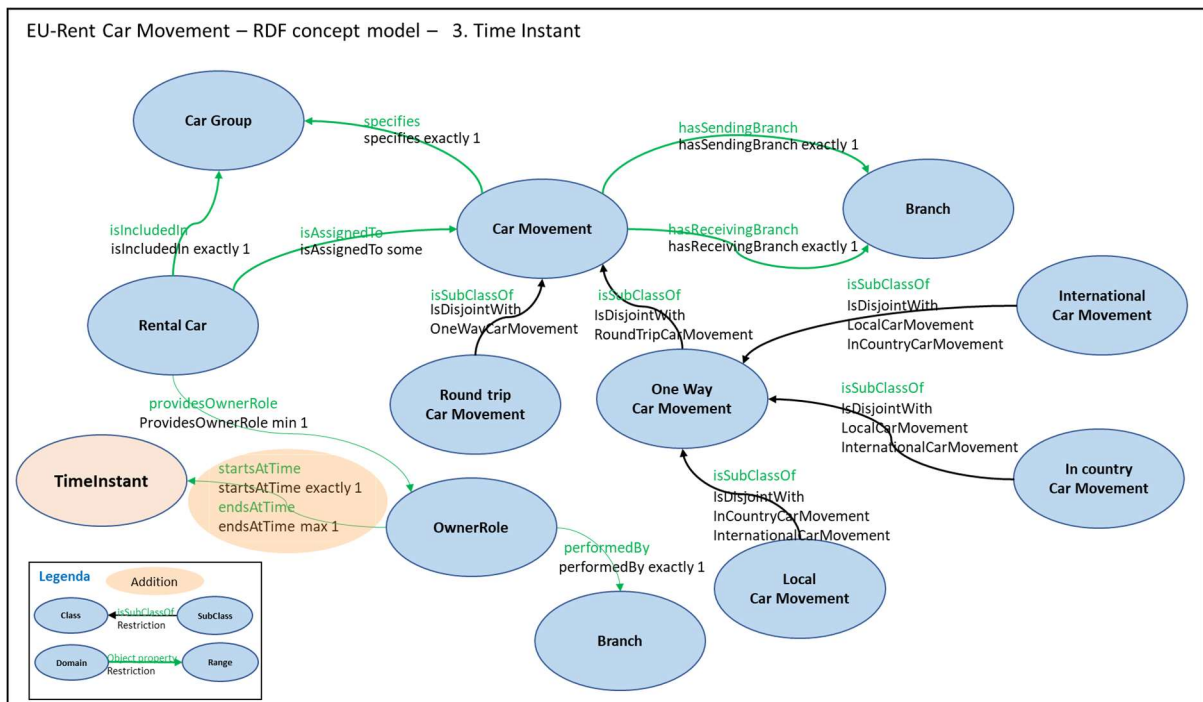
4.3. TimeInstant

Hitzler et al. (2016) schrijven voor dat AgentRole start op precies één tijdsinstantie `startsAtTime` en eindigt op precies één tijdsinstantie `endsAtTime` en dat voor de ondersteuning ervan het concept `TimeInstant` kan worden gemodelleerd.

Voor het 3e experiment is aan het concept de OwnerRole het concept TimeInstant toegevoegd. Dit concept zorgt dat de start- en eindtijden van OwnerRole worden vastgelegd. Om de starttijd van initiële OwnerRole's te kunnen vullen zijn voor dit experiment nieuwe import rules gemaakt en is één TimeInstant individu (2011-11-11T11:11:11) met de hand hebt aangemaakt.

RDF-model

Figuur 24 hieronder geeft de samenhang weer tussen het nieuw ontwikkelde concept TimeInstant en de eerder voor dit werk gemaakte concepten van het RDF-model. Het geheel is verder uitgewerkt op basis van de voor dit werk ontwikkelde CarMovement referentie-ontologie.



Figuur 24: RDF-concept model - Time Instant

Constructie-document

Om het TimeInstant experiment in overeenstemming met de aangepaste SBVR-rule uit te kunnen voeren is aan de owl-constructie de klasse TimeInstant toegevoegd. Na het beëindigen van de CarMovement wisselt de RentalCar in bepaalde gevallen en op bepaalde tijden van eigenaar (Owner). Het is daarbij belangrijk informatie te verkrijgen over object properties startsAtTime en endsAtTime van OwnerRole.

Onderstaande constructie is handmatig aan het constructiedocument toegevoegd:

Classes

```
TimeInstant rdf:type rdfs:Class
```

Object Properties

```
startsAtTime rdf:type rdfs:Property
```

```
startsAtTime rdfs:domain OwnerRole
```

```
startsAtTime rdfs:range TimeInstant
```

```
endsAtTime rdf:type rdfs:Property
```

```
endsAtTime rdfs:domain OwnerRole
```

```
endsAtTime rdfs:range TimeInstant
```

Data properties

```
timeInstantID rdf:type rdfs:Property
```

```
timeInstantID rdfs:domain TimeInstant
```

```
timeInstantID rdfs:range datetime
```

Business rules

Voor dit experiment moet worden bereikt dat wanneer een RentalCar van een Incountry- of International Inward CarMovement wordt teruggebracht wordt vastgelegd dat de LocalArea van de ReturnBranch de Owner wordt van de RentalCar. In SBVR geldt daarvoor de volgende rule:

SBVR: E.2.2.2.5 Rule Set -- Pick-up / Return Rules

It is obligatory that at the actual return date/time of each in-country rental and each international inward rental the local area of the return branch of the rental owns the rented car of the rental.

Ook was het voor dit experiment nodig, net als in het OwnerRole-experiment, de SBVR-rules om te zetten naar de bij de CarMovement-case behorende conceptnamen. Zo is bijvoorbeeld het concept International Inward omgezet naar ReceivingBranch.

Voor CarMovement aangemaakte business rule:

It is obligatory that at the actual return date/time of each in-country CarMovement and each International inward CarMovement the local area of the receiving branch of the CarMovement owns the RentalCar of the CarMovement.

Om technische redenen bleek het niet mogelijk SWRL-rules te maken die een correcte eindtijd konden zetten. Hiervoor is een workaround toegepast die bij het creëren van OwnerRole gelijk de eindtijd zet die overeenkomt met de actualReturnDate van de CarMovement. Verder moest de hierboven aangemaakte CarMovement-rule om dezelfde reden als bij het experiment OwnerRole, worden uitgesplitst in twee rules te weten R-06b OwnerRole_International TimeInstant en R-07b OwnerRole_InCountry TimeInstant welke hieronder verder zijn uitgewerkt.

R-06b OwnerRole_International TimeInstant

Deze rule zorgt dat op basis van de actualReturnDate van een InternationalCarMovement het ontvangende filiaal als Owner van de RentalCar wordt afgeleid.

Voor CarMovement aangemaakte business rule:

At the actual return date/time of an inward international CarMovement the receiving branch must own the RentalCar.

SWRL-rule:

```
RentalCar(?rc) ^ isAssignedTo(?rc, ?m) ^ InternationalCarMovement(?m) ^ carMovementID(?m, ?mi) ^ actualReturnDate(?m, ?a) ^ temporal:before(?a, "now") ^ registeredIn(?rc, ?c) ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ country(?r, ?c) ^ swrlx:makeOWLThing(?x, ?m) ^ swrlb:stringConcat(?sa, ?a, "") ^ swrlx:makeOWLThing(?t, ?sa) ^ swrlb:substringAfter(?nr, ?mi, "CMO") ^ swrlb:stringConcat(?id, "OR1", ?nr) -> TimeInstant(?t) ^ timeInstantID(?t, ?a) ^ OwnerRole(?x) ^ performedBy(?x, ?r) ^ providesOwnerRole(?rc, ?x) ^ startsAtTime(?x, ?t) ^ endsAtTime(?x, ?t) ^ ownerRoleID(?x, ?id)
```

R-07b OwnerRole_InCountry TimeInstant

Deze rule zorgt dat op basis van de actualReturnDate van een InCountryCarMovement het ontvangende filiaal als Owner van de RentalCar wordt afgeleid.

Voor CarMovement aangemaakte business rule:

At the actual return date/time of an in-country CarMovement the receiving branch must own the RentalCar.

SWRL-rule:

```
RentalCar(?rc) ^ isAssignedTo(?rc, ?m) ^ InCountryCarMovement(?m) ^ carMovementID(?m, ?mi) ^ actualReturnDate(?m, ?a) ^ temporal:before(?a, "now") ^ hasReceivingBranch(?m, ?r) ^ providesOwnerRole(?rc, ?o) ^ swrlx:makeOWLThing(?x, ?m) ^ swrlb:stringConcat(?sa, ?a, "") ^ swrlx:makeOWLThing(?t, ?sa) ^ swrlb:substringAfter(?nr, ?mi, "CMO") ^ swrlb:stringConcat(?id, "OR1", ?nr) -> TimeInstant(?t) ^ timeInstantID(?t, ?a) ^ OwnerRole(?x) ^ performedBy(?x, ?r) ^ providesOwnerRole(?rc, ?x) ^ startsAtTime(?x, ?t) ^ endsAtTime(?x, ?t) ^ ownerRoleID(?x, ?id)
```

R-08 endsAtTime

Door de hierboven beschreven workaround worden de nieuw aangemaakte OwnerRole's voorzien van een eindtijd. Dit gebeurt niet bij de initiële OwnerRole. Daarom is onderstaande regel (R-08) toegevoegd om ook deze OwnerRole's van een eindtijd te kunnen voorzien.

SWRL-rule:

```
OwnerRole(?o) ^ startsAtTime(?o, ?s) ^ timeInstantID(?s, ?ti) ^ swrlb:stringConcat(?ts, ?ti, "") ^ swrlb:equal(?ts, "2011-11-11T11:11:11") -> endsAtTime(?o, ?s)
```

Resultaten

Op basis van dit uitgevoerde experiment zijn de door Protégé gegenereerde meetresultaten vastgelegd in de onderstaande resultatspreadsheet (Figuur 25 *Figuur 22*) en worden in paragraaf **Error! Reference source not found.** geëvalueerd in samenhang met de resultaten van de overige experimenten.

De resultaten van het OwnerRole experiment laten zien dat voordat de afleiding heeft plaatsgevonden 4.005 meer afleidingen zijn geteld dan in de nulmeting en 13.431 meer nadat de afleidingen zijn gedaan. De efficiëntie coëfficiënt is hierbij, ten opzichte van de EC van de nulmeting, met ruim 0,2141 gestegen. Verder valt uit het overzicht op te maken dat de EC van dit TimelInstant experiment minder is gestegen dan de EC van het OwnerRole experiment ten opzichte van de nulmeting en meer dan de EC van het InverseOf experiment ten opzichte van de nulmeting.

CarMovement.owl Results from Protégé in Excel	ONTO-0 Reference	ONTO-1 InverseOf	ONTO-2 OwnerRole	ONTO-3 TimelInstant
Metrix				
axiom	7116	7944	8146	8951
Logical axiom count	6571	7398	7497	8295
Declaration axiom count	545	546	649	656
Class count	9	9	10	11
Object property count	5	6	7	9
Data property count	14	14	15	16
Individual count	516	516	677	727
Annotation Property count	3	3	3	3
Class axioms				
subclass	28	34	30	32
disjoined	4	4	5	5
Object property axioms				
InverseObjectProperty	0	1	0	0
AsymmetricObjectProperty	0	2	0	1
ObjectPropertyDomain	18	26	26	36
ObjectPropertyRange	8	12	11	15
Data property axioms				
DataPropertyDomain	36	42	40	43
DataPropertyRange	14	14	15	16
Individual axioms				
ClassAssertion	2493	2893	2915	3299
ObjectPropertyAssertion	1700	2100	2022	2356
DataPropertyAssertion	2265	2265	2426	2484
Triples from SPARQL Query tab				
Triples voor afleiding	28642	28678	31638	32647
Triples na afleiding	46065	52709	53171	59496
Efficiëntie coëfficiënt	1,608302493	1,837959411	1,680605601	1,822403284

Figuur 25: Meetresultaten – TimelInstant

4.4. Evaluatie meetresultaten

In de Figuur 26 hieronder worden de resultaten van het gehele onderzoek samengevat. Om inzicht te geven in de opbouw van de EC's zijn de kolommen op volgorde van EC gezet. Daarbij is af te leiden dat het toevoegen van de InverseOf relatie (ONTO1) de hoogste EC scoort: 1,8380. Het toevoegen van de OwnerRole levert op die van de nulmeting na de laagste EC: 1,6806. Het toevoegen van de TimelInstant (ONTO 3) levert de middelste EC-waarde van de drie uitgevoerde experimenten: 1,8224.

Verder worden in deze paragraaf de meetresultaten besproken in relatie tot de bij dit werk behorende hypothesen en toont een regressie-analyse de samenhang aan tussen de gemeten triples en de enkele van de overige metrics die Protégé heeft gegenereerd.

CarMovement.owl	ONTO-0	ONTO-2	ONTO-3	ONTO-1
Results from Protégé in Excel	Reference	OwnerRole	TimeInstant	InverseOf
Metrix				
axiom	7116	8146	8951	7944
Logical axiom count	6571	7497	8295	7398
Declaration axiom count	545	649	656	546
Class count	9	10	11	9
Object property count	5	7	9	6
Data property count	14	15	16	14
Individual count	516	677	727	516
Annotation Property count	3	3	3	3
Class axioms				
subclass	28	30	32	34
disjoined	4	5	5	4
Object property axioms				
InverseObjectProperty	0	0	0	1
AsymmetricObjectProperty	0	0	1	2
ObjectPropertyDomain	18	26	36	26
ObjectPropertyRange	8	11	15	12
Data property axioms				
DataPropertyDomain	36	40	43	42
DataPropertyRange	14	15	16	14
Individual axioms				
ClassAssertion	2493	2915	3299	2893
ObjectPropertyAssertion	1700	2022	2356	2100
DataPropertyAssertion	2265	2426	2484	2265
Triples from SPARQL Query tab				
Triples voor afleiding	28642	31638	32647	28678
Triples na afleiding	46065	53171	59496	52709
Efficiëntie coëfficiënt (EC)	1,608302493	1,680605601	1,822403284	1,837959411

Figuur 26: Meetresultaten – Totaaloverzicht op volgorde van EC

Meetresultaten en hypothesen

Figuur 27 hieronder beschouwt in het hierboven getoonde meetoverzicht de verschillen tussen de resultaten van de experimenten ten opzichte van de nulmeting (in roze) en de verschillen per experiment tussen het aantal triples voor en na de afleiding (in grijs). De groene rij laat per experiment de EC zien. De gele rij beschouwt het percentage waarmee de EC verbeterd ten opzichte van de Nulmeting. Deze cijfers dienen ter ondersteuning van de bespreking van de resultaten in relatie tot de bij dit onderzoek behorende hypothesen.

CarMovement.owl	Reference	Reference min Reference	OwnerRole	OwnerRole min Reference	TimeInstant	TimeInstant min Reference	InverseOf	InverseOf min Reference
	Ref ONTO		ONTO 2		ONTO 3		ONTO 1	
Triples voor afleiding	28.642	-	31.638	2.996	32.647	4.005	28.678	36
Triples na afleiding	46.065	-	53.171	7.106	59.496	13.431	52.709	6.644
Vershil voor en na afleiding	17.423		21.533		26.849		24.031	
Efficiëntie Coëfficiënt (EC)	1,6083		1,6806		1,8224		1,8380	
% verbetering EC t.o.v. Nulmeting			4,50		13,31		14,28	

Figuur 27: Meetresultaten in relatie tot Reference

Nulhypothese H0

H0 stelt dat het toepassen van ODP's heeft geen invloed op de afleiding van beweerde data.

Bij deze hypothese valt op te merken dat de onafhankelijke variabele, het toepassen van ODP's, wel degelijk invloed heeft op de afhankelijke variabele, de EC. Dit maakt dat de nulhypothese niet juist is.

Hypothese H1

H1 stelt dat het toepassen van de inverse-regel proportioneel meer afleidingen geeft.

Deze hypothese is waar omdat de het toepassen van een InverseOf constructie een extra property toevoegt aan de CarMovement klasse. Hierdoor worden voor de afleiding 36 triples en na de afleiding 6.644 triples toegevoegd. De EC stijgt hierdoor van 1,6083 naar 1,8380.

Hypothese H2

H2 stelt dat het toepassen van Agent Role ODP proportioneel meer afleidingen geeft.

Deze hypothese is juiste omdat door het toepassen van deze ODP een extra klasse, extra properties en extra individuen aan de referentie ontologie worden toegevoegd. Hierdoor worden voor de afleiding 2.996 triples en na de afleiding 7.106 triples toegevoegd. De EC stijgt hierdoor van 1,6083 naar 1,6806.

Hypothese H3

H3 stelt dat het toepassen van Agent Role ODP gecombineerd met TimeInstant proportioneel meer afleidingen geeft.

Deze hypothese is juiste omdat door het toepassen van deze ODP twee extra klassen, extra properties en extra individuen aan de referentie ontologie worden toegevoegd. Hierdoor worden voor de afleiding 4.005 triples en na de afleiding maar liefst 13.431 triples toegevoegd. De EC stijgt hierdoor van 1,6083 naar 2,8224.

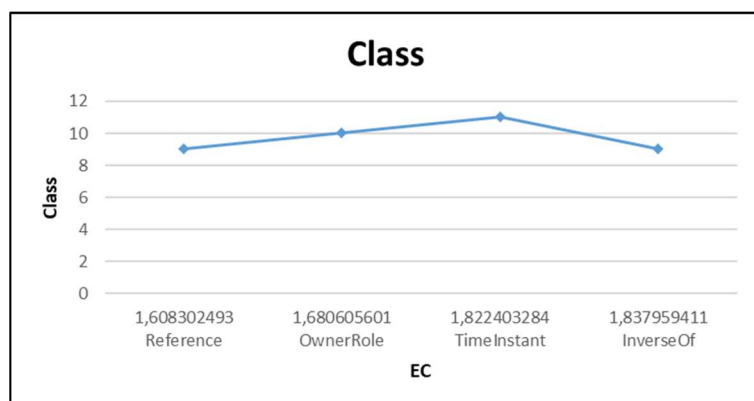
Regressie-analyse

Om het onderzoek cijfermatig te kunnen onderbouwen worden de resultaten ervan in de statistische tool IBM SPSS Statistics 22 verwerkt. Verder wordt in SPSS met een lineaire regressieanalyse mogelijke relaties onderzocht tussen de meetwaarden en de efficiëntie coëfficiënt.

Het toepassen van ODP's verandert een aantal aspecten van een ontologie. Hierbij valt te denken aan het toevoegen van klassen, relaties tussen klassen (object properties) data kenmerken (data properties). In de paragrafen hieronder wordt de invloed van het toevoegen van deze ontologie-concepten en de relatie ervan met de waarden van de EC besproken.

Classes

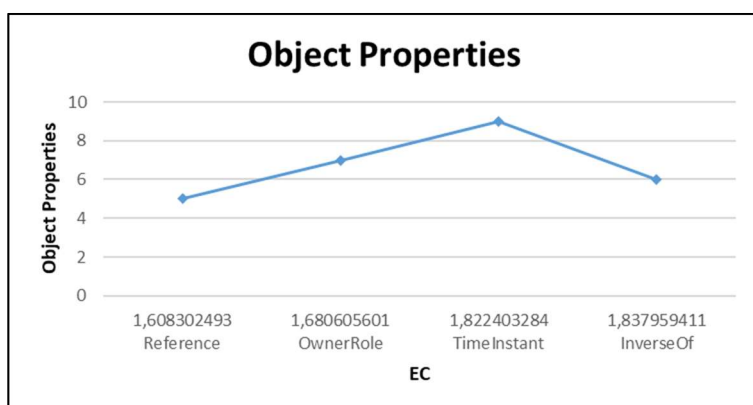
Figuur 26 hierboven laat zien dat de ClassCount hoger wordt naarmate de EC stijgt. In Figuur 28 Figuur 31 hieronder lijkt deze relatie lineair maar daalt het aantal classes bij de laatste EC. Daarom zal de regressie-analyse van dit concept achterwege blijven.



Figuur 28: Regressie - Class

Object properties

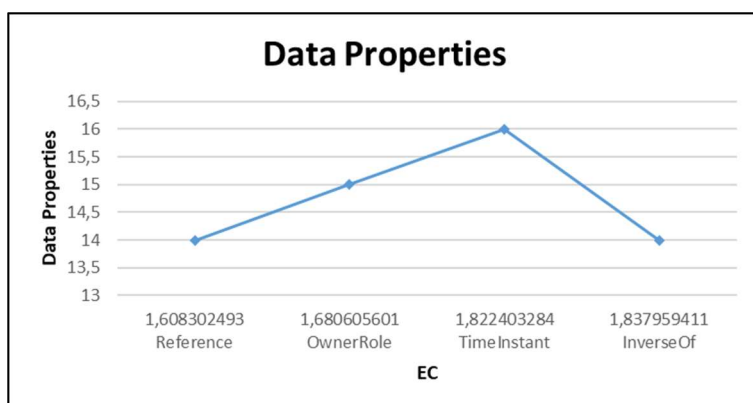
Figuur 26 hierboven laat zien dat de Object Properties hoger wordt naarmate de EC stijgt. In Figuur 29 Figuur 31 hieronder lijkt deze relatie lineair maar daalt het aantal object properties bij de laatste EC. Daarom zal de regressie-analyse van dit concept eveneens achterwege blijven.



Figuur 29: Regressie – Object Properties

Data properties

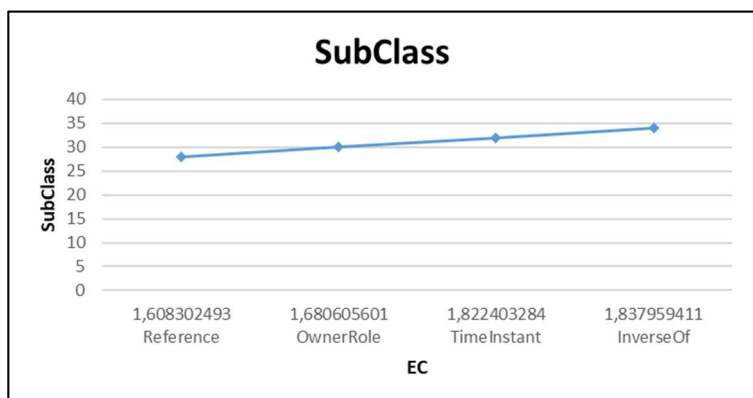
Figuur 26 hierboven laat zien dat de Data Properties hoger wordt naarmate de EC stijgt. In Figuur 30 Figuur 31 hieronder lijkt deze relatie lineair maar daalt het aantal data properties bij de laatste EC. Daarom zal ook de regressie-analyse van dit concept achterwege blijven.



Figuur 30: Regressie -Data Properties

SubClass

In Figuur 26 hierboven valt op dat de SubClassCount hoger wordt naarmate de EC stijgt. In Figuur 31 hieronder lijkt deze relatie over alle metingen lineair te zijn. Voor dit concept is dan een regressie-analyse uitgevoerd en zijn de resultaten daarvan hieronder weergegeven.



Figuur 31: Regressie - SubClass

Regressieanalyse - SubClass

De mogelijke relatie tussen SubClassCount en EC is door middel van een Lineaire Regressieanalyse in SPSS onderzocht. Figuur 32 laat zien dat er een mate van correlatie bestaat tussen SubClassCount en EC bestaat ($R = 0,963$) en dat 92,7% van de EC is te verklaren uit de SubClassCount ($R^2 = 0,927$).

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,963 ^a	,927	,890	.0368828321

a. Predictors: (Constant), Sub Class Count

Figuur 32: Model Summary - SubClassCount

Bij een p-waarde kleiner dan 0.05 ($p < .05$) of een 95% betrouwbaarheidsinterval dat niet de waarde nul bevat, wordt van de uitkomst gezegd dat deze statistisch significant is⁶. Zoals Figuur 33 hieronder laat zien is de gevonden correlatie wel statistisch significant omdat deze waarde (Sig. = 0,037) lager is dan 0,05.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,035	1	,035	25,368	,037 ^b
	Residual	,003	2	,001		
	Total	,037	3			

a. Dependent Variable: Efficiency Coefficient
b. Predictors: (Constant), Sub Class Count

Figuur 33: Anova

In Figuur 34 hieronder is de relatie tussen SubClassCount en EC af te leiden volgens de formule: $EC = 0,450 + 0,042 * \text{SubClassCount}$. Hierdoor is de EC met 92,7% nauwkeurigheid te berekenen wanneer de SubClassCount bekend is.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,450	,256		1,754	,222
	Sub Class Count	,042	,008	,963	5,037	,037

a. Dependent Variable: Efficiency Coefficient

Figuur 34: Coëfficiënts

⁶https://www.researchgate.net/profile/Bas_Hooren/publication/281269038_Statistisch_significant_of_praktisch_relevant_Een_andere_kijk_op_statistiek_in_de_sportwetenschap/links/55dd87ab08ae3ab722b1cad5/Statistisch-significant-of-praktisch-relevant-Een-andere-kijk-op-statistiek-in-de-sportwetenschap.pdf

5. Discussie, conclusie, aanbevelingen en reflectie

5.1. Discussie

ODP's worden in tal van wetenschappelijke onderzoeken in combinatie met Semantic Web-technologieën gebruikt waarbij metingen worden verricht op omvangrijke hoeveelheden informatie van verschillende domeinen. Deze metingen zijn veelal gericht op het meten van ontologieën in termen van functionaliteit, betrouwbaarheid en onderhoud.

Daar waar het gaat om efficiëntie zijn in de gevonden literatuur de onderzoeken veelal gericht op het verbeteren van performance. Met efficiëntie wordt in dit onderzoek bedoeld het proportioneel meer data kunnen afleiden van beweerde data waarbij de keuzes in het gebruik van ODP's van invloed zijn op de efficiëntie van de afleidingsregels.

In dit werk is het onderzoek meer gericht op het verkrijgen van zicht op efficiëntie in het gebruik van ODP's in relatie tot de menselijke kant van het gebruik van afgeleide data. Zonder het toepassen van de InverseOf ODP zou bij browse-handelingen in het zoeken naar welke RentalCar bij welke CarMovement hoort elke RentalCar afzonderlijk moeten worden afgelopen. Bij het toepassen van de InverseOf wordt bij elke CarMovement ook de RentalCar vastgelegd en kan hier direct naar worden gebrowseet.

Om het proces van ontologie-engineering van dit onderzoek te ondersteunen zijn met de ODP's van Hitzler het model van Reynares veranderd. Bij de ontwikkeling van de ontologieën van dit onderzoek is de AgentRole ODP van Hitzler omgezet naar OwnerRole en een TimeInstant en toegevoegd aan de veel gebruikte carmovement.owl. De resultaten van dit onderzoek ondersteunen de stelling van Alzyoud dat met het gebruik van ODP's bestaande ontologieën kunnen worden verbeterd.

5.2. Conclusie

De in dit rapport gepresenteerde onderzoeksresultaten zijn vormen de basis voor het beantwoorden van de bij dit onderzoek behorende hoofdvraag:

In welke mate verbeteren AgentRole, TimeInstant en InverseOf ODP's de efficiëntie van afleidingen van beweerde data?

Het gebruik van ODP's in een Semantic Web omgeving beïnvloeden het aantal afleidingen van beweerde data in positieve zin en verbeteren de efficiëntie. De analyse van de resultaten van dit onderzoek wijzen erop dat het afleiden met gebruik van een InverseOf relatie het meest efficiënt is. De resultaten na het gebruik van de OwnerRole ODP en de TimeInstant ODP geven eveneens een mate van efficiëntie aan, echter minder efficiënt dan de InverseOf constructie.

Voor de business betekent het resultaat van dit onderzoek dat een organisatie, zoals bijvoorbeeld de Belastingdienst, mogelijk voordeel kunnen behalen bij het inzetten van de in dit onderzoek gebruikte ontologie-constructies. Dit onderzoek geeft aanwijzingen dat, met het gebruik van OwnerRole en TimeInstant ODP, de gebruiker van de informatievoorzieningen minder of gelijke data hoeft in te voeren en meer afgeleide data kan worden gegenereerd. De OwnerRole verbetert de EC met 4,50% en de TimeInstant met 13,31%. Door het toepassen van de InverseOf constructie wordt omgekeerde kennis en informatie vastgelegd en hoeft daarom niet afzonderlijk te worden ingevoerd. Het gebruik van de InverseOf verbeterd de EC met 14,28%.

5.3. Aanbevelingen voor de praktijk

Aanbevolen wordt om de InverseOf relatie te gebruiken bij ontwerpen van ontologie-modellen die afleidingen moeten genereren. Wat betreft de OwnerRole is het aan te bevelen deze ODP compleet inclusief de TimeInstant toe te passen.

Het is raadzaam tooling in te zetten die ondersteuning biedt bij het geautomatiseerd omzetten van voor de mens leesbare specificaties (SBVR-rules) naar voor een machine leesbare specificaties (SWRL-rules). Deze automatisch gegenereerde specificaties zouden dan met een hoge consistentie en een eenduidige structuur geautomatiseerd uitgevoerd kunnen worden.

Ten aanzien van het door de overheid beschikbaar gestelde regelhulpen wordt aanbevolen onderzoek te doen naar het effect van het toepassen van de in dit werk gebruikte ODP's. Op basis van de resultaten van dit werk zou de overheid daarmee wellicht de bijbehorende efficiëntie voordelen kunnen behalen.

Verder vormt het inzetten van deze ODP's wellicht een handreiking voor van Engers en Nijssen om een effectieve verwerking van klantverzoeken op een betaalbare en efficiënte manier aan te bieden. Ook zou met de resultaten van dit werk ondersteuning kunnen worden geboden in de afwegingen die de Nederlandse overheden volgens Dulfer, Lokin en Straatsma maken bij bijvoorbeeld interactiepatronen van regelhulpen.

5.4. Aanbevelingen voor verder onderzoek

In de resultaten-analyse is opgevallen dat het aantal Subklassen niet in overeenstemming is met het aantal verwachte subklassen. De oorzaak van de afwijking is niet gevonden. In een volgend onderzoek kan de oorzaak wellicht achterhaald worden. Het resultaat van dat onderzoek kan mogelijk bijdragen aan een verklaring waarom de EC van InverseOf het hoogst is.

Het verdient ook de aanbeveling dit onderzoek te herhalen met een grotere dataset of op een andere manier ingeperkte dataset. De resultaten zouden de conclusies van dit onderzoek kunnen bevestigen of weerleggen.

Als vervolg op dit onderzoek wordt verder aanbevolen onderzoek te doen naar de mogelijkheid van andere metrics uit de literatuur dan die in dit onderzoek zijn gebruikt. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan Inheritance Richness (IR) en Depth of inheritance (DIT). Het is raadzaam deze onderzoeken te laten ondersteunen met tooling die daarbij een brede omvang van de beschikbare metrics beschouwen.

Ook wordt aanbevolen onderzoek te doen naar het toepassen van meer en andere patronen dan voor dit onderzoek zijn gebruikt. Andere soorten patronen kunnen andere beelden geven over de efficiëntie ervan. Het verdient daarbij de aanbeveling de werking van ontologie-constructies te onderzoeken die een vorm van hiërarchie aanbrengen in de objectrelaties. Zo zou bijvoorbeeld onderzocht kunnen worden wat de effecten zijn van de overerving in de Parent – Child constructie op de toe te passen ontologie in relatie tot het aantal afleidingen van beweerde data.

Tot slot wordt aanbevolen de onderzoeksmethode van dit onderzoek in te zetten bij het meten van efficiëntie met het gebruik van ODP's en ontologie in de echte wereld met een beschrijving en bedrijfsregels van een bestaand bedrijf en inzet van echte data.

5.5. Reflectie

Onderzoek

Dit onderzoek volgt de methodische aanpak van een wetenschappelijk experiment. De EU-Rent is hierbij als casus gekozen omdat het een fictief bedrijf betreft, waarvoor afdoende SBVR-rules zijn beschreven en door Reynares hiervoor een ontology-model is ontworpen die qua inhoud en omvang een prima uitgangssituatie biedt voor dit onderzoek. Het model van Reynares, de beschikbare <carmovement.owl> en de Eu Rent SBVR-rules van OMG konden voor dit onderzoek niet zondermeer worden gebruikt. Met behulp een RDF-model werd het mogelijk concepten toe te voegen waarna met de beschreven owl-constructen aangepaste OWL's zijn gemaakt. Doordat het ontologiemodel is aangepast is het niet eerder in andere onderzoeken gebruikt. Het aangepaste model is onvoldoende getest op juistheid. Dit kan mogelijk de validiteit van dit onderzoek ondermijnen.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de AgentRole ODP welke is omgezet naar OwnerRole ODP en gecombineerd met de TimeInstant. Omdat andere ODP's in dit onderzoek niet zijn betrokken kan enkel over de efficiëntie van deze ODP's een uitspraak worden gedaan.

Alle OwnerRole's zijn in dit onderzoek met behulp van een workaround alle OwnerRole's voorzien van een einddatum. Ook de OwnerRole's die nog niet zijn afgesloten. In het experiment TimeInstant levert deze workaround meer afgeleide triples op dan met dit experiment was beoogd. Dit komt niet overeen met de echte wereld waarin 'actuele' OwnerRole's geen einddatum hebben. Een soortgelijk onderzoek in de echte wereld zou daarom andere resultaten kunnen opleveren.

Meetattributen

De gehanteerde meetattributen zijn overgenomen van de metrics uit Protégé en komen gedeeltelijk overeen met de in paragraaf 2.4 beschreven meetmethoden. Andere in de literatuur gevonden meetmethoden zijn niet gebruikt omdat deze niet de efficiëntie van de ODP's konden meten. De in 2.4 beschreven tooling niet is gevonden waardoor niet alle meetattributen van 2.4 gebruikt konden worden. Hierdoor ontbreekt het zicht op andere mogelijke correlaties.

Technische beperking

Vanwege een technische beperking (geheugen) moest het aantal CarMovements in de testdata worden verminderd van 1.000 naar 400. Gekozen is om het aantal ritten terug te brengen van tien naar vier ritten per auto. De reductie in de hoeveelheid testdata had ook bereikt kunnen worden door het aantal auto's terug te brengen van 100 naar 40. Als alternatief zou de technische beperking opgelost kunnen worden. Mogelijk was bij het gebruik van een op een andere manier gereduceerde testset ook een ander beeld in de vergelijking van het aantal testdata met de EC in Figuur 12 naar voren gekomen. En wellicht ook andere EC's in een andere volgorde.

Validatie

In dit onderzoek zijn de betrouwbaarheid en de validiteit geborgd omdat het een kwantitatief onderzoek betreft waarbij de resultaten zijn berekend met behulp van de door Protégé geleverde meetresultaten. Door het handmatig overnemen van de Protégé meetwaarden in een zelfgemaakt registratiemodel is het risico van mogelijke fouten aanwezig.

De bronnen, de gebruikte SBVR-rules, de aangemaakte SWRL-rules en de aangemaakte testdata zijn gedocumenteerd om een dergelijk onderzoek te kunnen reproduceren en worden voor het uitvoeren van vervolgonderzoeken op het Semantic Web beschikbaar gesteld.

Een onderzoek in dezelfde fictieve omgeving, met gebruikmaking van dezelfde workaround en met dezelfde synthetische dat zal naar verwachting niet leiden tot andere conclusies of een ter discussiestelling van de bovenbeschreven conclusie. In onderzoek in de echte wereld kunnen de resultaten, conclusie en de discussie uiteraard wel tot andere uitkomsten leiden.

Referenties

- Alzyoud, M. S. (2015). *Ontology Design Patterns with Applications to Software Measurement*. Kent State University,
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific american*, 284(5), 34-43.
- Bos, J. (2018). *Specification of a User Interface Template for Semantic Web-implemented Hohfeldian Right and Duty Legal Rules using the Fresnel Data Interface Language*. (Master, Business Process Management & IT Version 1.0), Open University of the Netherlands, Faculty of Management, Science & Technology,
- Bouwer, E. (2018). *Extending semantic browser style specification for business rule violations*. (Master Business Process Management & IT Afstudeertraject Master Business Process Management & IT), Open University of the Netherlands, Faculty of Management, Science & Technology, (Concept versie 0.42 (onderhanden werk))
- De Haan, E. (2015). *Patterns for Derivation Business Rules*.
- de Klerk, S. (2018). *Semantic Web Content Ontology Design Patterns for A-Hohfeld Legal Relations*. (Final 1.0),
- Dulfer, D., Lokin, M., & Straatsma, P. (2014). *Wendbare wetsuitvoering bij de Belastingdienst*. Tendernet.
- Frias, L., Queralt Calafat, A., & Olivé Ramon, A. (2003). EU-Rent car rentals specification.
- Gangemi, A. (2005). Ontology Design Patterns for Semantic Web Content. 15.
- Gutiérrez Alba, D. (2012). Enterprise semantic Web.
- Hitzler, P., Gangemi, A., & Janowicz, K. (2016). *Ontology engineering with ontology design patterns: Foundations and applications* (Vol. 25): IOS Press.
- Hitzler, P., & Parsia, B. (2009). Ontologies and rules. In *Handbook on Ontologies* (pp. 111-132): Springer.
- Kappel, G., & Schrefl, M. (1996). *Modeling object behavior: To use methods or rules or both?* Paper presented at the International Conference on Database and Expert Systems Applications.
- Kirkaldy, K. (2018, 2018-01-23). Declared Data, Defined. Retrieved from <https://www.jebbit.com/blog/declared-data-defined>
- Ma, Y., Zhang, X., Jin, B., & Lu, K. (2014). A Generic Implementation Framework for Measuring Ontology-Based Information. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 7(1), 136-146.
- Mellema, P. (2018). *Extending semantic browser style specifications for Semantic Web inferencing*. (Master, Business Process Management & IT Business Process Management and IT Graduation Assignment), Open University of the Netherlands, Faculty of Management, Science & Technology, (Concept, versie 0.14, onderhanden werk)
- Monperrus, M., Jézéquel, J.-M., Champeau, J., & Hoeltzener, B. (2009). Measuring models. In *Model-Driven Software Development: Integrating Quality Assurance* (pp. 147-169): IGI Global.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. In: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA.
- OMG, O. M. G. (2014). Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR), v1.0. In
- Pietersma, T. (2018). *Ontologie-ontwerppatronen voor het Semantisch Web, voor begrijpelijke gevolgtrekkingen met automatische uitleg*. (Master Business Process Management & IT Afstudeertraject Business Process Management and IT), Open University of the Netherlands, faculty of Management, Science & Technology, (Concept versie 0.9 (onderhanden werk))
- Reynares, E., Caliusco, M., & Galli, M. (2014). SBVR to OWL 2 mappings: an automatable and structural-rooted approach. *CLEI Electronic Journal*, 17(3), 3-3.
- Rodrigueza, D., Siciliaa, M., & Garciaa, E. (2011). Empirical Findings on Ontology Metrics.
- Rutledge, L., Brenninkmeijer, T., Zwanenberg, T., van de Heijning, J., Mekkering, A., Theunissen, J., & Bos, R. (2016). From ontology to semantic wiki—designing annotation and browse interfaces for given ontologies. In *Semantic Web Collaborative Spaces* (pp. 53-72): Springer.

- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students*. Essex, England: Pearson.
- Slootweg, P. (2016). *De implementatie van Hohfeldian legal concepts, ambiguïteit en traceerbaarheid met Semantic Web technologieën*. Open Universiteit Nederland,
- Van Engers, T., & Nijssen, S. (2014). *Connecting people: semantic-conceptual modeling for laws and regulations*. Paper presented at the International Conference on Electronic Government.
- Voorwinden, J. (2018). *Rechtsnorm van gestructureerd Nederlands naar relatiealgebra. De brug tussen wet en bedrijfsregels*. Open Universiteit Nederland,
- Vrandečić, D., & Sure, Y. (2007). *How to design better ontology metrics*. Paper presented at the European Semantic Web Conference.
- Zhang, H., Li, Y.-F., & Tan, H. B. K. (2010). Measuring design complexity of semantic web ontologies. *Journal of Systems and Software*, 83(5), 803-814.
- Zhou, J., Ma, L., Liu, Q., Zhang, L., Yu, Y., & Pan, Y. (2006). *Minerva: A scalable OWL ontology storage and inference system*. Paper presented at the Asian Semantic Web Conference.
- Zomerdijk, A. (2018). *Semantic Web Ontology Design Patterns for the Hohfeld Semantic-Conceptual Model*. (Master, Business Process Management & IT Final version 1.0), Open University of the Netherlands, Faculty of Management, Science & Technology,