

# Semantic-Web

## Vehicle Rent Ontology

Martin Marcolini

`martin.marcolini@studio.unibo.it`

Luglio 2024

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Analisi del dominio</b>	<b>4</b>
2.1	Goals . . . . .	4
2.2	Stakeholders . . . . .	5
2.3	Casi d'Uso . . . . .	5
2.4	Vantaggi . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Ontologie Integrate</b>	<b>7</b>
3.1	Good Relations . . . . .	7
3.2	FOAF . . . . .	8
3.3	Vehicle Sales Ontology . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Ontologia</b>	<b>10</b>
4.1	Classi e proprietà . . . . .	12
4.1.1	Business Entity . . . . .	12
4.1.2	Rental Listening . . . . .	13
4.1.3	Rental Interest . . . . .	15
4.1.4	Customer Review . . . . .	16
4.1.5	Compound Price . . . . .	17
4.1.6	Unit Price Specification . . . . .	18
4.1.7	Vehicle . . . . .	19
4.1.8	Motorized Road Vehicle . . . . .	20
4.1.9	Automobile . . . . .	21
4.1.10	Van . . . . .	22
4.2	Regole SWRL . . . . .	23
4.2.1	interestInVehicle . . . . .	23
4.2.2	offeredRentalOf . . . . .	23
4.2.3	hasExpense . . . . .	23
4.2.4	Two/Four/Five/Seven Seater Car . . . . .	24
4.2.5	Mini/Large Van . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Dati e Interrogazioni</b>	<b>25</b>
5.1	Query 1 - Veicoli disponibili in un determinato periodo . . . . .	25
5.2	Query 2 - Lista di annunci con dettagli completi . . . . .	26
5.3	Query 3 - Composizione del prezzo di noleggio di un veicolo . . . . .	27
5.4	Query 4 - Calcolo del Prezzo Totale di Noleggio . . . . .	28
5.5	Query 5 - Dettagli di un Veicolo Specifico . . . . .	29
5.6	Query 6 - Business Entity con Più Recensioni Positive . . . . .	30
5.7	Query 7 - Annuncio di Noleggio con Maggior Interesse . . . . .	30
<b>6</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>31</b>

# 1 Introduzione

In questa relazione viene illustrata la progettazione e lo sviluppo dell'ontologia *Vehicle Rent Ontology*, concepita per modellare il dominio degli annunci di noleggio di veicoli.

Il noleggio di veicoli rappresenta un settore in continua crescita e trasformazione, con una domanda sempre più forte di soluzioni innovative per la gestione e la pubblicizzazione degli annunci.

La necessità di una rappresentazione strutturata e semantica delle informazioni relative ai veicoli disponibili per il noleggio è diventata fondamentale per migliorare l'efficienza e l'efficacia della ricerca e della gestione degli annunci.

I veicoli rappresentano il fulcro di questo dominio, offrendo una vasta gamma di tipologie e caratteristiche che rispondono a diverse esigenze dei clienti.

L'ontologia esamina anche le interazioni e le relazioni tra i vari elementi, come le connessioni tra annunci e veicoli, l'influenza delle recensioni dei clienti sulle decisioni di noleggio e altre relazioni significative per comprendere a fondo il settore del noleggio di veicoli.

L'obiettivo principale dell'ontologia è fornire una struttura dettagliata per rappresentare la conoscenza nel campo degli annunci di noleggio di veicoli.

Questo consente una migliore organizzazione, accesso e condivisione delle informazioni tra operatori del settore, clienti, analisti di mercato e sviluppatori di piattaforme di noleggio.

## 2 Analisi del dominio

In questo capitolo viene fornita una panoramica dell'analisi del dominio eseguita per comprendere i requisiti dell'ontologia.

L'analisi è stata effettuata identificando i seguenti elementi chiave:

- **Goals:** nelle fasi iniziali del progetto, è importante capire gli obiettivi principali, che aiutano a definire meglio i requisiti e a rimanere nel giusto contesto. I goals rappresentano ciò che l'ontologia mira a raggiungere.
- **Stakeholders:** identificare gli stakeholder è essenziale per comprendere chi sarà coinvolto nell'ontologia, chi ne trarrà beneficio e quali saranno le aspettative delle diverse parti interessate.
- **Casi d'uso:** i casi d'uso sono scenari specifici in cui l'ontologia verrà utilizzata per risolvere problemi o supportare attività. L'identificazione dei casi d'uso aiuta a definire con precisione i requisiti dell'ontologia e a sviluppare un sistema adeguato alle esigenze reali degli utenti.
- **Vantaggi:** comprendere i vantaggi derivanti dall'uso dell'ontologia aiuta a giustificare il suo sviluppo e a ottenere il supporto e il coinvolgimento degli stakeholder.

### 2.1 Goals

Sono stati individuati i seguenti goals:

- **Modellazione degli annunci di noleggio dei veicoli:** creare una rappresentazione strutturata e semantica degli annunci di noleggio, migliorando l'efficienza nella gestione e nella pubblicizzazione.
- **Modellazione delle caratteristiche dei veicoli:** includere dettagli sulle caratteristiche dei veicoli, riducendo la necessità di descrizioni manuali e migliorando la qualità dei dati disponibili.
- **Classificazione automatica dei veicoli:** abilitare la classificazione automatica dei veicoli, facilitando la ricerca e il filtraggio degli annunci in base a criteri specifici.
- **Supporto all'inferenza e all'analisi avanzata:** fornire una base per l'inferenza automatica e l'analisi dei dati.
- **Estendibilità e riusabilità:** progettare un'ontologia che sia facilmente estendibile con nuovi concetti e integrabile in altri Knowledge Graph, rispettando i principi dei Linked Data.

## 2.2 Stakeholders

Sono stati individuati i seguenti stakeholders:

- **Agenzie di noleggio veicoli e privati:** principali fornitori di dati sugli annunci di noleggio, che possono includere sia agenzie di noleggio professionali sia privati cittadini che mettono a disposizione i loro veicoli. Entrambi beneficiano di una gestione più efficiente e di una pubblicizzazione migliorata.
- **Clienti:** utenti finali che cercano veicoli a noleggio, traggono vantaggio da ricerche più precise e risultati più rilevanti.
- **Siti specializzati nel noleggio di veicoli:** piattaforme online che utilizzano l'ontologia per rappresentare e gestire gli annunci, migliorando l'esperienza utente e l'efficienza operativa. Esempi di questi siti includono **Rentalcars.com** e **Hertz**.
- **Siti aggregatori:** piattaforme che raccolgono e integrano annunci da vari siti specializzati, beneficiano della standardizzazione dei dati e dell'interoperabilità. Esempi di questi siti includono **Kayak** e **AutoSlash**.
- **Analisti di mercato:** utilizzano i dati strutturati per condurre analisi di mercato, studi sui trend e altre ricerche.

## 2.3 Casi d'Uso

I casi d'uso principali dell'ontologia sono:

- **Ricerca di veicoli:** permettere agli utenti di cercare veicoli a noleggio utilizzando criteri dettagliati come tipo di veicolo, prezzo, disponibilità e recensioni.
- **Gestione degli annunci:** aiutare le agenzie di noleggio a creare e gestire gli annunci in modo strutturato e coerente.
- **Analisi delle recensioni:** facilitare l'analisi delle recensioni dei clienti per migliorare i servizi di noleggio e comprendere meglio le esigenze dei clienti.
- **Integrazione di dati da diverse piattaforme:** supportare l'integrazione di dati da vari siti specializzati e aggregatori, creando un Knowledge Graph unificato per analisi avanzate.
- **Supporto alla raccomandazione:** abilitare la creazione di sistemi di raccomandazione che suggeriscano veicoli in base alle preferenze e alle necessità degli utenti.

## 2.4 Vantaggi

I vantaggi derivanti dall'utilizzo dell'ontologia sono i seguenti:

- **Miglioramento dell'efficienza operativa:** standardizzare i dati e le operazioni migliora l'efficienza nella gestione degli annunci di noleggio.
- **Ricerche più precise:** gli utenti possono effettuare ricerche più precise e ottenere risultati rilevanti grazie alla struttura semantica dei dati.
- **Integrazione fluida:** facilitare l'integrazione dei dati tra diverse piattaforme, migliorando la coerenza e l'accessibilità delle informazioni.
- **Decisioni informate:** fornendo una base di dati strutturata e dettagliata, l'ontologia aiuta gli operatori del settore a prendere decisioni più informate e strategiche.
- **Interoperabilità e standardizzazione:** la standardizzazione dei dati consente un'interoperabilità migliorata tra diversi sistemi e piattaforme, facilitando lo scambio di informazioni.

## 3 Ontologie Integrate

In questo capitolo si vogliono analizzare brevemente tre ontologie che hanno accompagnato, in diverso modo, lo sviluppo della *Vehicle Rent Ontology*: GoodRelations, FOAF e Vehicle Sales Ontology.

### 3.1 Good Relations

GoodRelations[1] è un vocabolario standard ampiamente utilizzato per lo scambio di informazioni su prodotti e servizi, prezzi, opzioni di pagamento, termini e condizioni, e molti altri aspetti dell'e-commerce.

Il modello di GoodRelations si basa su quattro entità principali: agente, oggetto, offerta e posizione.

Un agente, che può essere una persona o un'organizzazione, propone un'offerta per un oggetto, che può essere un bene fisico o un servizio.

L'offerta è associata a una posizione specifica e comporta il trasferimento di alcuni diritti al cliente in cambio di un pagamento.

Questo modello permette di rappresentare qualsiasi tipo di transazione commerciale.

L'integrazione di GoodRelations nella **Vehicle Rent Ontology** ha permesso di standardizzare le informazioni relative alle offerte di noleggio veicoli, migliorando la loro interoperabilità tra diverse piattaforme.

Un esempio significativo dell'uso di GoodRelations è l'integrazione della classe **BusinessEntity**.

Questa classe rappresenta l'entità legale che effettua un'offerta, che può essere una persona o un'organizzazione.

Inoltre, la proprietà **offers** è stata utilizzata per collegare un'entità commerciale alle offerte che essa propone.

Tutte le altre classi e proprietà integrate da GoodRelations saranno descritte dettagliatamente nella sezione successiva.

In conclusione, l'uso della struttura dati di GoodRelations ha fornito una base solida e standardizzata, migliorando sia la rappresentazione delle offerte di noleggio veicoli che la loro visibilità nel contesto del Web Semantico.

### 3.2 FOAF

FOAF (Friend of a Friend)[2] è un'ontologia ampiamente utilizzata per rappresentare informazioni personali in modo strutturato e standardizzato.

Il modello di FOAF si basa su entità come Persona, Organizzazione, Documento e Gruppo.

Queste entità permettono di descrivere dettagli personali, appartenenze e connessioni sociali.

Ad esempio, una persona può essere descritta con attributi come nome, email, immagine e conoscenti.

Nella mia ontologia, FOAF è stato integrato per rappresentare in modo dettagliato gli utenti del servizio di noleggio:

- **Person:** La classe `foaf:Person` è utilizzata per rappresentare utenti che possono essere sia privati che offrono i loro veicoli in noleggio, sia persone che cercano di noleggiare un veicolo. Le proprietà `foaf:name` e `foaf:surname` permettono di descrivere il nome e il cognome degli utenti.
- **Organization:** La classe `foaf:Organization` è utilizzata per rappresentare le aziende che offrono servizi di noleggio. Queste organizzazioni possono includere agenzie di noleggio veicoli, società di car sharing, e altre entità commerciali. L'uso di `foaf:Organization` consente di descrivere dettagli come il nome legale dell'azienda e altre informazioni rilevanti.

In sintesi, l'integrazione di FOAF nella *Vehicle Rent Ontology* ha permesso di arricchire la rappresentazione degli utenti e delle loro relazioni, migliorando la capacità di gestire e interconnettere informazioni personali nel contesto del noleggio veicoli.



### 3.3 Vehicle Sales Ontology

La Vehicle Sales Ontology (VSO)[3] è un'ontologia progettata per descrivere in dettaglio le informazioni sui veicoli, comprese le loro specifiche tecniche e caratteristiche distintive.

L'integrazione di VSO nella **Vehicle Rent Ontology** ha svolto un ruolo cruciale nel migliorare la rappresentazione dei veicoli offerti per il noleggio, fornendo un framework robusto e standardizzato per descrivere le varie caratteristiche dei veicoli.

Questa integrazione consente di arricchire le informazioni disponibili sui veicoli, migliorando la qualità e la precisione dei dati forniti ai clienti e alle agenzie di noleggio.

Un esempio significativo dell'uso di VSO è l'integrazione della classe **vso:Vehicle**. Questa classe è stata utilizzata per rappresentare in modo dettagliato i veicoli disponibili per il noleggio.

In sintesi, l'adozione della Vehicle Sales Ontology ha permesso di creare una base solida e standardizzata per descrivere i veicoli offerti per il noleggio, migliorando la qualità, la precisione e l'interoperabilità delle informazioni nel contesto del noleggio veicoli.

Tutte le altre classi e proprietà integrate dalla Vehicle Sales Ontology saranno descritte dettagliatamente nella sezione successiva.

## 4 Ontologia

Per la creazione della **Vehicle Rent Ontology**, sono state impiegate tecnologie standard del Web Semantico.

In primo luogo, è stato utilizzato il **Resource Description Framework**(RDF) [4], dove le informazioni vengono rappresentate tramite triple (soggetto, predicato, oggetto).

Il soggetto identifica una risorsa, il predicato descrive una relazione, e l'oggetto rappresenta il valore associato.

Questo formato consente l'elaborazione dei dati attraverso motori di ricerca semantici, strumenti di manipolazione dei dati e ragionatori per l'inferenza.

Successivamente, è stato adottato il **Resource Description Framework Schema** (RDFS)[7], un'estensione di RDF che permette di strutturare e definire le informazioni in modo più significativo.

Infine, è stato introdotto il **Web Ontology Language** (OWL)[6], un linguaggio avanzato per la modellazione semantica.

Nella Tabella seguente sono presenti le metriche principali dell'ontologia **Vehicle Rent**.

<b>Axioms</b>	1032
<b>Logical axiom count</b>	711
<b>Declaration axioms count</b>	200
<b>Class count</b>	30
<b>Object property count</b>	22
<b>Data property count</b>	16
<b>Individual count</b>	131
<b>Annotation property count</b>	5
<b>Class assertion</b>	74
<b>Object property assertion</b>	128
<b>Data property assertion</b>	301
<b>Annotation assertion</b>	370

Table 1: Metriche dell'ontologia

Lo schema completo è disponibile al seguente link.



Figure 1: Ontology Schema

## 4.1 Classi e proprietà

Di seguito sono elencate le classi più significative implementate nell'ontologia. Per ciascuna classe, saranno descritte le eventuali object e data properties, le caratteristiche distintive e le relazioni con altre classi.

### 4.1.1 Business Entity

Il termine *BusinessEntity* (gr:BusinessEntity) rappresenta un'entità commerciale che può offrire servizi di noleggio di veicoli.

Questo concetto, importato direttamente da *GoodRelations*, è centrale nell'ontologia per il noleggio di veicoli ed è stato implementato con diverse estensioni per includere proprietà specifiche e relazioni con altre classi.

*BusinessEntity* è la classe padre di *foaf:Person* e *foaf:Organization*, entrambe importate da FOAF.

La classe *Person* rappresenta un individuo che può essere inteso come un cliente che richiede il noleggio di un determinato veicolo oppure come un'entità commerciale che offre il noleggio di un veicolo.

Le data properties *foaf:name* e *foaf:surname* consentono l'assegnazione di un nome e un cognome a una persona per scopi di identificazione.

La classe *Organization* rappresenta un'organizzazione, con la data property *gr:legalName* che indica il nome legale dell'organizzazione.

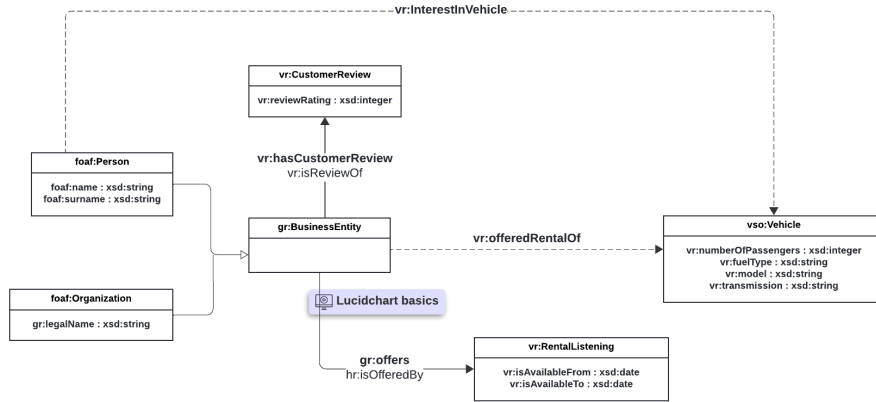


Figure 2: Business Entity Schema

object property	domain	range	inverse of
interestInVehicle	Person	Vehicle	
offeredRentalOf	BusinessEntity	Vehicle	
hasCustomerReview	BusinessEntity	CustomerReview	isReviewOf
offers	BusinessEntity	RentalListening	isOfferedBy

Table 2: Object Properties di Business Entity

La classe *BusinessEntity* ha diverse object properties, alcune predefinite, mentre altre vengono inferite tramite regole SWRL.

La proprietà *interestInVehicle* è utilizzata per associare direttamente un utente al veicolo, presente nell'annuncio, per il quale ha mostrato interesse.

Questa proprietà viene inferita automaticamente tramite SWRL.

La seconda proprietà inferita è *offeredRentalOf* che collega una *BusinessEntity*, che in questo caso può essere un'agenzia di noleggio oppure un privato, al veicolo offerto nell'annuncio di loro proprietà.

Le ultime due proprietà definite sono *hasCustomerReview* e *offers*.

La proprietà *hasCustomerReview* associa un'entità commerciale (*BusinessEntity*) alle recensioni (*CustomerReview*) scritte dai clienti.

Si tratta di una proprietà non funzionale, asimmetrica e irriflessiva, in quanto un'entità commerciale può ricevere più recensioni.

L'ultima proprietà descritta è *offers* ed è stata importata dall'ontologia *GoodRelations*.

Questa proprietà esprime il collegamento tra un'entità commerciale e un annuncio di noleggio.

È una proprietà non funzionale, asimmetrica e irriflessiva, in quanto un'entità commerciale può avere più di un'offerta di noleggio.

#### 4.1.2 Rental Listening

Il termine *Rental Listening* (vr:RentalListening) rappresenta un annuncio di noleggio di veicoli.

Questo concetto è fondamentale nell'ontologia per il noleggio di veicoli, poiché descrive le offerte di noleggio disponibili, specificando le condizioni di noleggio. Rental Listening è una sottoclasse di **Offering** di **GoodRelations** (gr:Offering), che rappresenta qualsiasi offerta di beni o servizi.

In questo contesto, *RentalListing* specifica ulteriormente l'offerta, concentrandosi esclusivamente sugli annunci di noleggio di veicoli.

L'entità in questione è caratterizzata da due data properties che sono: *vr:isAvailableFrom* e *vr:isAvailableTo*.

Queste data properties forniscono informazioni cruciali per gli utenti interessati a noleggiare veicoli, indicando chiaramente il periodo in cui il veicolo è disponibile per il noleggio.

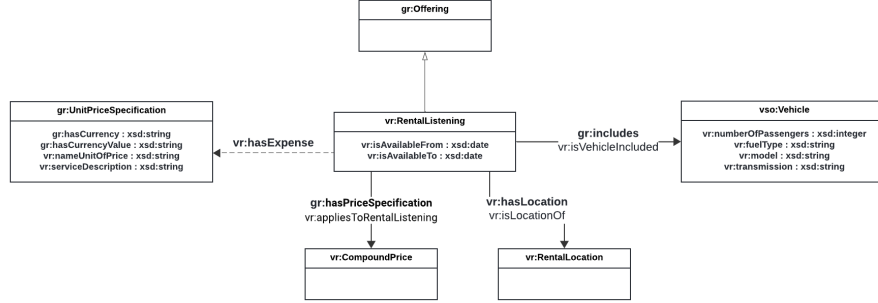


Figure 3: Rental Listening Schema

object property	domain	range	inverse of
hasExpense	RentalListening	UnitPriceSpecification	
includes	RentalListening	Vehicle	isVehicleIncluded
hasLocation	RentalListening	RentalLocation	isLocationOf
hasPriceSpecification	RentalListening	CompoundPrice	appliesToRentalListening

Table 3: Object Properties di Rental Listening

La classe *RentalListening* presenta diverse object properties, alcune predefinite, mentre altre inferite direttamente tramite regole SWRL. La proprietà *hasExpense*, inferita automaticamente tramite SWRL, associa l'annuncio di noleggio di veicoli a una determinata unità di prezzo che compone il costo totale del noleggio.

L'inferenza automatica di questa proprietà semplifica la gestione delle informazioni relative ai costi, garantendo che ogni annuncio includa sempre una specifica dettagliata dei vari componenti del prezzo totale.

La proprietà *gr:includes* dell'ontologia *GoodRelations* specifica il bene incluso nell'offerta, in questo caso il veicolo incluso nell'annuncio di noleggio.

È una proprietà funzionale, asimmetrica e irriflessiva, poiché ogni annuncio può includere al massimo un veicolo.

La proprietà *vr:hasLocation* specifica il luogo dove avverrà il ritiro del veicolo noleggiato.

È una proprietà funzionale e asimmetrica, poiché il ritiro non può avvenire in luoghi diversi.

Infine, la proprietà *gr:hasPriceSpecification* indica che ogni annuncio ha un prezzo di noleggio associato.

Essendo funzionale e asimmetrica, garantisce che ogni annuncio abbia un unico prezzo specificato.

### 4.1.3 Rental Interest

Il termine *Rental Interest* (`vr:RentalInterest`) modella l'interesse di un utente per un annuncio di noleggio di veicoli.

Questo concetto è fondamentale nell'ontologia per il noleggio di veicoli, poiché descrive gli interessi degli utenti, permettendo di tracciare le preferenze e i comportamenti degli utenti stessi.

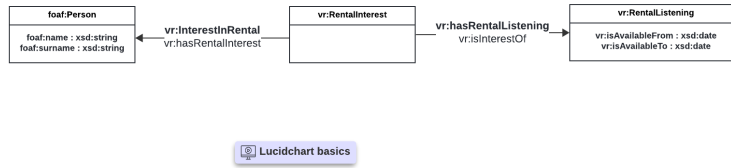


Figure 4: Rental Interest Schema

object property	domain	range	inverse of
interestInRental	RentalInterest	Person	hasRentalInterest
hasRentalListening	RentalInterest	RentalListening	isInterestOf

Table 4: Object Properties di Rental Interest

L'entità *RentalInterest* presenta due object properties: *vr:interestInRental* e *vr:hasRentalListening*.

La prima collega un interesse di noleggio (*RentalInterest*) a un utente (*Person*). Questa proprietà è non funzionale, asimmetrica e irriflessiva, in quanto l'interesse per un annuncio può essere mostrato da più utenti.

La seconda collega un interesse di noleggio (*RentalInterest*) a un annuncio di noleggio (*RentalListening*).

Questa proprietà è funzionale, asimmetrica e irriflessiva, in quanto ogni interesse di noleggio rappresenta l'interesse di un utente per un singolo annuncio.

#### 4.1.4 Customer Review

Il termine *Customer Review* (`vr:CustomerReview`) rappresenta una recensione scritta da un cliente, su una determinata entità di business, riguardo un servizio di noleggio di veicoli.

Questo concetto è fondamentale nell'ontologia per il noleggio di veicoli, poiché permette di raccogliere feedback e valutazioni dagli utenti, migliorando così la trasparenza e la qualità del servizio offerto.

L'entità è caratterizzata dalla data property `vr:reviewRating`, la quale rappresenta il punteggio assegnato dal cliente alla recensione.

Questa data property fornisce un'indicazione quantitativa della valutazione del cliente, permettendo di confrontare facilmente diverse recensioni. L'entità *Cus-*



Figure 5: Customer Review Schema

object property	domain	range	inverse of
writenBy	CustomerReview	Person	reviewsWritten

Table 5: Object Properties di Customer Review

*tomterReview* presenta un'object property: *vr:writenBy*.

Questa proprietà permette di tracciare l'autore delle recensioni, assicurando che ogni feedback possa essere ricondotto a un cliente specifico.

Si tratta di una proprietà funzionale, asimmetrica e irreflessiva, in quanto ogni recensione può essere scritta da un solo cliente.



#### 4.1.5 Compound Price

Il termine *Compound Price* (vr:CompoundPrice) rappresenta il prezzo totale di un determinato annuncio di noleggio.

Questo concetto è fondamentale nell'ontologia per il noleggio di veicoli, poichè aggrega varie specifiche di prezzo (gr:UnitPriceSpecification) consentendo di dettagliare le componenti che costituiscono il prezzo totale di un servizio di noleggio.

*CompoundPrice* è una sottoclasse di *PriceSpecification* di *GoodRelations* (gr:PriceSpecification), che rappresenta qualsiasi specifica di prezzo dettagliata associata a un'offerta di beni o servizi.

In questo contesto, *CompoundPrice* specifica ulteriormente l'aspetto del prezzo, concentrandosi sulla combinazione di varie unità di prezzo in un prezzo totale.

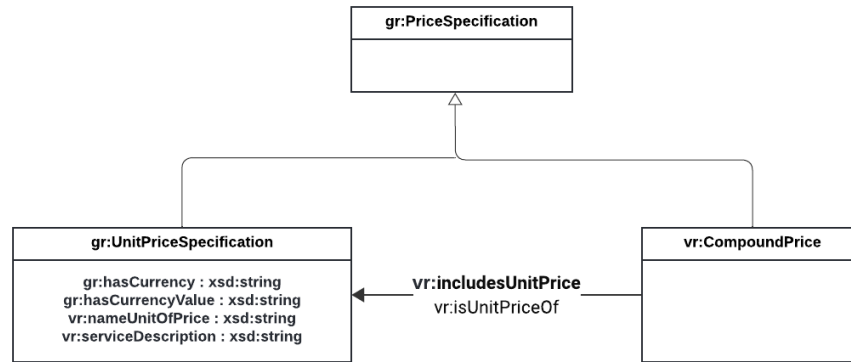


Figure 6: Compound Price Schema

object property	domain	range	inverse of
includesUnitPrice	CompoundPrice	UnitPriceSpecification	isUnitPriceOf

Table 6: Object Properties di Compound Price

La proprietà *includesUnitPrice* permette di aggregare vari componenti di prezzo, fornendo una rappresentazione dettagliata e precisa dei costi associati al servizio di noleggio di veicoli.

Si tratta di una proprietà non funzionale, in quanto il prezzo di noleggio può includere diverse componenti di prezzo unitario.

#### 4.1.6 Unit Price Specification

Il termine *Unit Price Specification* (`gr:UnitPriceSpecification`) è una classe importata dall'ontologia **GoodRelations**.

Rappresenta una specifica dettagliata di prezzo associata a un'unità di prodotto o servizio.

Questa classe è fondamentale nell'ontologia per il noleggio di veicoli, poiché consente di definire e descrivere in modo dettagliato i vari componenti che costituiscono il prezzo totale di un servizio di noleggio.

La classe è caratterizzata da due data properties importate dall'ontologia **GoodRelations** che sono: *gr:hasCurrency* e *gr:hasCurrencyValue*.

La prima specifica la valuta utilizzata per il prezzo, come USD, EUR, etc.

La seconda specifica il valore numerico del prezzo nella valuta specificata, permettendo agli utenti di conoscere il costo specifico del servizio o del prodotto.

Oltre a queste sono presente altre due proprietà che sono *vr:nameOfUnitPrice* e *vr:serviceDescription*, le quali si occupano di specificare il nome e la descrizione della corrispondente unità di prezzo.

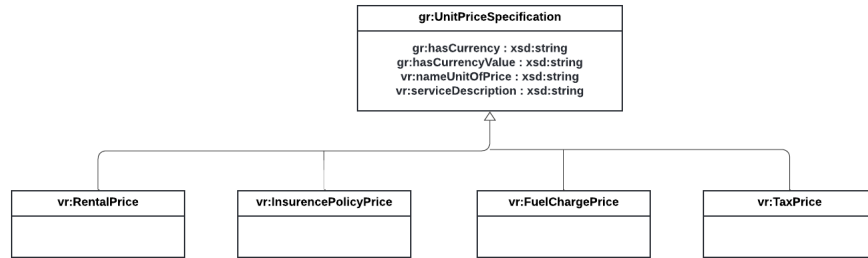


Figure 7: Unit Price Specification Schema

Le sottoclassi di *UnitPriceSpecification* permettono di specificare ulteriormente le diverse componenti del prezzo. Queste sottoclassi includono:

- *vr:RentalPrice*: rappresenta il costo associato all'affitto del veicolo stesso.
- *vr:InsurancePolicyPrice*: definisce il costo dell'assicurazione associata al noleggio del veicolo.  
Questa specifica è importante per coprire i rischi e garantire la protezione durante il periodo di noleggio.
- *vr:FuelChargePrice*: permette di rappresentare eventuali spese per il carburante che possono essere addebitate al cliente.
- *vr:TaxPrice*: rappresenta le tasse applicabili al noleggio del veicolo.

#### 4.1.7 Vehicle

Il termine *Vehicle* (`vso:Vehicle`) rappresenta un veicolo disponibile per il noleggio.

Questa classe è importata dall'ontologia **Vehicle Sales Ontology**, che definisce vari aspetti e caratteristiche dei veicoli disponibili per la vendita o il noleggio.

In particolare, *Vehicle* è una sottoclasse di **ProductOrService** di **GoodRelations** (`gr:ProductOrService`), che rappresenta qualsiasi prodotto o servizio offerto.

Nel contesto del noleggio di veicoli, *Vehicle* è fondamentale perché consente di definire e descrivere in modo dettagliato i vari tipi di veicoli disponibili per il noleggio, fornendo informazioni cruciali per gli utenti.

L'entità *Vehicle* è caratterizzata da diverse data properties che permettono di descrivere vari aspetti del veicolo.

La proprietà `vr:numberOfPassengers` specifica il numero di passeggeri che il veicolo può trasportare.

La proprietà `vr:fuelType` indica il tipo di carburante utilizzato dal veicolo, come benzina, diesel o elettrico.

La proprietà `vr:model`, che fornisce il modello del veicolo.

Infine, la proprietà `vr:transmission` descrive il tipo di trasmissione del veicolo, specificando se è manuale, automatica, o altro.

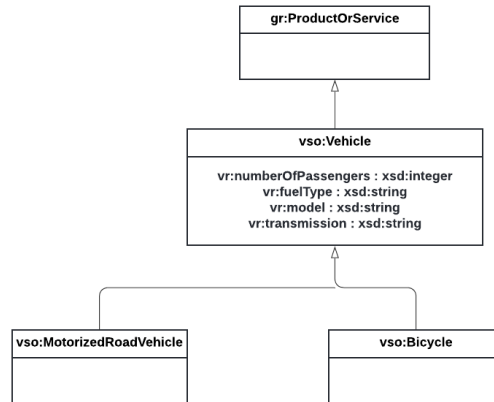


Figure 8: Vehicle Schema

*Vehicle* ha due sottoclassi principali, entrambe importate da *Vehicle Sales Ontology*, che permettono di specificare ulteriormente il tipo di veicolo:

- *vso:MotorizedRoadVehicle*: rappresenta un veicolo a motore su strada. Questa sottoclasse include veicoli come automobili, motociclette, camion e altri veicoli a motore che circolano su strada.
- *vso:Bicycle*: rappresenta una bicicletta che può essere noleggiata per brevi o lunghi periodi.

#### 4.1.8 Motorized Road Vehicle

La classe *Motorized Road Vehicle* (`vso:MotorizedRoadVehicle`) rappresenta un veicolo a motore ed è importata dall'ontologia **Vehicle Sales Ontology** (VSQ), che definisce vari tipi di veicoli motorizzati.

Nel contesto del noleggio di veicoli, *Motorized Road Vehicle* è fondamentale perché consente di specificare dettagliatamente le caratteristiche dei veicoli a motore disponibili per il noleggio, migliorando la precisione e la completezza delle informazioni fornite agli utenti.

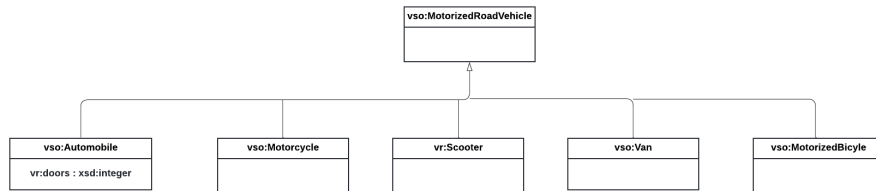


Figure 9: Motorized Road Vehicle Schema

*Motorized Road Vehicle* ha diverse sottoclassi che permettono di specificare ulteriormente il tipo di veicolo:

- *vso:Automobile*: rappresenta un'automobile.
- *vso:Motorcycle*: rappresenta una motocicletta, in particolare include veicoli a due ruote motorizzati destinati al trasporto di una o più persone.
- *vr:Scooter*: rappresenta uno scooter, più comunemente conosciuto come monopattino motorizzato.  
Questa sottoclasse, a differenza delle altre, non è importata dall'ontologia VSQ, ma è definita specificamente per includere questa tipologia di veicolo.
- *vso:Van*: questa sottoclasse include veicoli, di dimensioni più grandi rispetto alle automobili, destinati al trasporto di persone.
- *vso:MotorizedBicycle*: rappresenta una bicicletta motorizzata.

Le proprietà `vr:doors` presenti in *vso:Automobile* e *vso:Van* sono importanti per fornire dettagli specifici sul numero di porte, migliorando la chiarezza delle informazioni per i potenziali noleggiatori.

#### 4.1.9 Automobile

La classe *Automobile* (`vso:Automobile`) rappresenta un veicolo a motore destinato al trasporto di passeggeri su strada ed è importata dall'ontologia **Vehicle Sales Ontology** (VSO).

Grazie alle regole SWRL, è stato possibile inferire automaticamente nuove entità che rappresentano la classe di omologazione dei veicoli per il trasporto di persone.

Questa nuova classificazione consente agli utenti di identificare rapidamente per quanti passeggeri il veicolo è omologato, facilitando così la scelta del veicolo più adatto alle loro esigenze di trasporto.

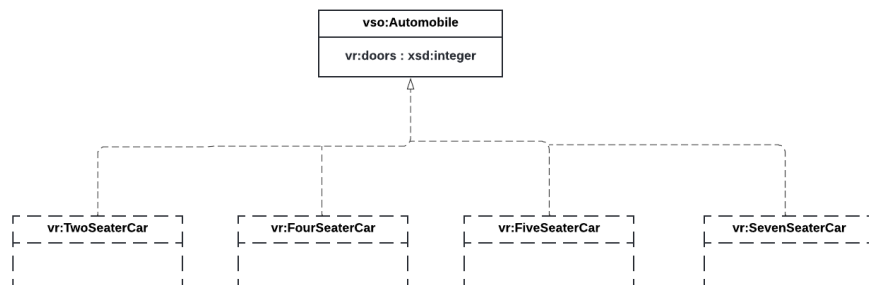


Figure 10: Automobile Schema

Le classi inferite tramite regole SWRL includono:

- *vr:TwoSeaterCar*: rappresenta un'automobile omologata per due passeggeri.
- *vr:FourSeaterCar*: rappresenta un'automobile omologata per quattro passeggeri.
- *vr:FiveSeaterCar*: rappresenta un'automobile omologata per cinque passeggeri.
- *vr:SevenSeaterCar*: rappresenta un'automobile omologata per sette passeggeri.

Questa classificazione automatica migliora la facilità d'uso del sistema di noleggio, permettendo agli utenti di filtrare e selezionare i veicoli in base alla loro capacità di passeggeri, garantendo così una scelta più informata e adeguata alle loro esigenze.

#### 4.1.10 Van

Il termine *Van* (vso:Van) rappresenta un veicolo di dimensioni maggiori rispetto a un'automobile, destinato al trasporto di persone.

Questa classe è stata importata dall'ontologia **Vehicle Sales Ontology** (VS0). Come per le automobili, grazie alle regole SWRL, è stato possibile inferire automaticamente nuove entità che rappresentano la classe di omologazione dei van per il trasporto di persone.

Questa nuova classificazione consente agli utenti di identificare rapidamente per quanti passeggeri il veicolo è omologato, facilitando così la scelta del veicolo più adatto alle loro esigenze di trasporto.

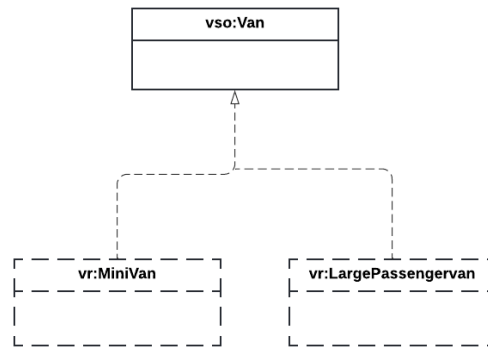


Figure 11: Van Schema

Le classi inferite tramite regole SWRL includono:

- *vr:MiniVan*: rappresenta un van di piccole dimensioni, ideale per il trasporto di un numero di passeggeri fino a 8.
- *vr:LargePassengervan*: rappresenta un van di grandi dimensioni, omologato per il trasporto di un numero di passeggeri fino a 15.

Questa classificazione automatica migliora la facilità d'uso del sistema di noleggio, permettendo agli utenti di filtrare e selezionare i furgoni in base alla loro capacità di trasporto, garantendo così una scelta più informata e adeguata alle loro esigenze.

## 4.2 Regole SWRL

In seguito verranno analizzate varie regole SWRL [5] che sono state implementate per permettere al reasoner di eseguire inferenze più avanzate, ampliando la conoscenza presente nell'ontologia.

### 4.2.1 interestInVehicle

Questa regola permette di inferire una nuova *object property* chiamata *interestInVehicle*, che lega un utente al veicolo di cui ha mostrato interesse tramite l'annuncio di noleggio.

```
1 foaf:Person(?p) ^ VehicleRent:RentalInterest(?ri) ^ VehicleRent:
  RentalListening(?rl) ^ vso:Vehicle(?v) ^ VehicleRent:
  hasRentalInterest(?p, ?ri) ^ VehicleRent:hasRentalListening(?
  ri, ?rl) ^ v1:includes(?rl, ?v) -> VehicleRent:
  interestInVehicle(?p, ?v)
```

### 4.2.2 offeredRentalOf

Questa regola permette di inferire una nuova *object property* chiamata *offeredRentalOf*, che lega un'entità commerciale al veicolo offerto nell'annuncio di noleggio.

```
1 v1:BusinessEntity(?be) ^ v1:offers(?be, ?rl) ^ VehicleRent:
  RentalListening(?rl) ^ v1:includes(?rl, ?v) ^ vso:Vehicle(?v)
  -> VehicleRent:offeredRentalOf(?be, ?v)
```

### 4.2.3 hasExpense

Questa regola permette di inferire una nuova *object property* chiamata *hasExpense*, che lega un annuncio di noleggio (*RentalListening*) alle specifiche di prezzo unitario (*UnitPriceSpecification*) che compongono il prezzo totale di noleggio del veicolo.

```
1 VehicleRent:RentalListening(?rl) ^ v1:hasPriceSpecification(?rl,
  ?cp) ^ VehicleRent:CompoundPrice(?cp) ^ VehicleRent:
  includesUnitPrice(?cp, ?up) ^ v1:UnitPriceSpecification(?up)
  -> VehicleRent:hasExpense(?rl, ?up)
```

#### 4.2.4 Two/Four/Five/Seven Seater Car

Questa regola permette di inferire automaticamente nuove entità che rappresentano la classe di omologazione delle auto per il trasporto di persone.

Questa nuova classificazione consente agli utenti di identificare rapidamente per quanti passeggeri l'auto è omologata, facilitando così la scelta del veicolo più adatto alle loro esigenze di trasporto.

Nel seguente listato viene riportata solamente la regola che classifica le auto omologate per il trasporto di 5 persone, poiché le altre regole sono simili e differiscono solo per il valore del numero di passeggeri necessario a definire la classe di omologazione di appartenenza.

```
1 vso:Automobile(?v) ^ VehicleRent:numberOfPassengers(?v, ?  
    nPassengers) ^ swrlb:greaterThan(?nPassengers, 4) ^ swrlb:  
    lessThanOrEqual(?nPassengers, 5) -> VehicleRent:FiveSeaterCar  
    (?v)
```

#### 4.2.5 Mini/Large Van

Infine questa regola permette di inferire automaticamente nuove entità che rappresentano la classe di omologazione dei van per il trasporto di persone.

Nel seguente listato è riportata solo la regola che classifica un van come **Large** se può trasportare un numero di passeggeri compreso tra 9 e 15.

La regola per classificare un van come **Mini** non è mostrata, poiché differisce da questa solo per il numero di passeggeri.

```
1 vso:Van(?v) ^ VehicleRent:numberOfPassengers(?v, ?nPassengers) ^  
    swrlb:greaterThanOrEqual(?nPassengers, 9) ^ swrlb:  
    lessThanOrEqual(?nPassengers, 15) -> VehicleRent:  
    LargePassengerVan(?v)
```



## 5 Dati e Interrogazioni

In questo capitolo verranno presentate le principali query SPARQL sviluppate, sfruttando le capacità di modellazione dell'ontologia.

Questo linguaggio consente di formulare interrogazioni complesse per estrarre informazioni specifiche da dataset RDF.

Di seguito, vengono presentate e analizzate le query sviluppate, focalizzandosi sui risultati che si ritiene possano essere di maggior interesse.

### 5.1 Query 1 - Veicoli disponibili in un determinato periodo

Ottenere i veicoli disponibili in un determinato periodo permette di ottenere una visione chiara della disponibilità delle risorse, utile per la pianificazione delle prenotazioni e la gestione del parco veicoli.

Questo tipo di informazione è cruciale per le aziende di noleggio veicoli, poiché consente di ottimizzare l'utilizzo della flotta e migliorare la soddisfazione dei clienti.

```
1 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
2 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/
   VehicleRent#>
5 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>
6
7 SELECT ?vehicle ?model ?availableFrom ?availableTo
8 WHERE {
9     ?listing gr:includes ?vehicle ;
10     vr:isAvailableFrom ?availableFrom ;
11     vr:isAvailableTo ?availableTo .
12     ?vehicle vr:model ?model .
13     FILTER (str(?availableFrom) <= "2024-06-01" && str(?availableTo
14             ) >= "2024-06-20")
15 }
```

## 5.2 Query 2 - Lista di annunci con dettagli completi

Questa query permette di ottenere informazioni dettagliate sugli annunci di noleggio, includendo la disponibilità dei veicoli, l'offerta e l'interesse generato dagli utenti.

Tali informazioni sono fondamentali per analizzare l'andamento delle offerte di noleggio e capire quali veicoli e annunci riscuotono maggior successo tra i clienti.

```
1 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
2 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/
   VehicleRent#>
5 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>
6 PREFIX gr1: <http://purl.org/goodrelations/v1>
7
8 SELECT ?rentalAd ?availableFrom ?availableTo ?offeredBy ?vehicle
   (COUNT(?person) AS ?interestedPeople)
9 WHERE {
10   ?rentalAd gr:includes ?vehicle ;
11             vr:isOfferedBy ?offeredBy .
12
13   OPTIONAL { ?rentalAd vr:isAvailableFrom ?availableFrom . }
14   OPTIONAL { ?rentalAd vr:isAvailableTo ?availableTo . }
15   OPTIONAL {
16     ?rentalAd vr:isInterestOf ?interest .
17     ?interest vr:InterestInRental ?person .
18   }
19 }
20 GROUP BY ?rentalAd ?availableFrom ?availableTo ?offeredBy ?
   vehicle
```

### 5.3 Query 3 - Composizione del prezzo di noleggio di un veicolo

Questa query è progettata per ottenere informazioni dettagliate sui componenti di prezzo di un annuncio di noleggio specifico, in questo caso, per l'Audi TT. È utile per comprendere la composizione del costo totale di noleggio, dettagliando i vari elementi di prezzo, come il nome, la descrizione, il valore e la valuta utilizzata.

```
1 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
2 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/
    VehicleRent#>
5 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>
6 PREFIX gr1: <http://purl.org/goodrelations/v1>
7
8 SELECT ?name ?serviceDescription ?value ?currency
9 WHERE {
10     vr:ListeningAudiTT gr:hasPriceSpecification vr:
        CompoundPriceAudiTT .
11     vr:CompoundPriceAudiTT vr:includesUnitPrice ?unitPrice .
12     ?unitPrice gr1:hasCurrency ?currency ;
13         gr1:hasCurrencyValue ?value .
14     OPTIONAL { ?unitPrice vr:nameUnitOfPrice ?name . }
15     OPTIONAL { ?unitPrice vr:serviceDescription ?
        serviceDescription . }
16 }
```

## 5.4 Query 4 - Calcolo del Prezzo Totale di Noleggio

Questa query è stata progettata per calcolare il prezzo totale di noleggio per ogni annuncio.

La query raggruppa i risultati per annuncio di noleggio e modello del veicolo, calcolando anche la durata del noleggio in giorni e ordinando i risultati in ordine decrescente in base al prezzo totale.

```
1 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/  
    VehicleRent#>  
2 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>  
3 PREFIX gr1: <http://purl.org/goodrelations/v1>  
4 PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>  
5  
6 SELECT ?rentalAd ?model ?daysOfRent ?totalPrice  
7 WHERE {  
8     ?rentalAd gr:includes ?vehicle ;  
9         vr:isAvailableFrom ?availableFrom ;  
10        vr:isAvailableTo ?availableTo .  
11    ?vehicle vr:model ?model .  
12    ?rentalAd vr:hasExpense ?rentalPrice .  
13    ?rentalPrice a vr:RentalPrice ;  
14        gr1:hasCurrencyValue ?rentalAmount .  
15    ?rentalAd vr:hasExpense ?insurancePrice .  
16    ?insurancePrice a vr:InsurancePolicyPrice ;  
17        gr1:hasCurrencyValue ?insuranceAmount .  
18    ?rentalAd vr:hasExpense ?taxPrice .  
19    ?taxPrice a vr:TaxPrice ;  
20        gr1:hasCurrencyValue ?taxAmount .  
21    OPTIONAL {  
22        ?rentalAd vr:hasExpense ?fuelCharge .  
23        ?fuelCharge a vr:FuelChargePrice ;  
24            gr1:hasCurrencyValue ?fuelAmount .  
25    }  
26    BIND(IF(BOUND(?fuelAmount), ?fuelAmount, 0) AS ?fuelAmount0)  
27    BIND(SUBSTR(STR(?availableFrom), 8, 2) AS ?dayFrom)  
28    BIND(SUBSTR(STR(?availableTo), 8, 2) AS ?dayTo)  
29    BIND((xsd:integer(?dayTo) - xsd:integer(?dayFrom)+ 1) AS ?  
        daysOfRent)  
30    BIND((((?rentalAmount + ?insuranceAmount + ?taxAmount) * ?  
        daysOfRent) + ?fuelAmount0) AS ?totalPrice)  
31 }  
32 GROUP BY ?rentalAd ?model ?daysOfRent ?totalPrice  
33 ORDER BY DESC(?totalPrice)
```

## 5.5 Query 5 - Dettagli di un Veicolo Specifico

Questa query è progettata per ottenere tutti i dettagli relativi a un veicolo specifico, identificato dal suo modello.

In particolare, fornisce informazioni sul tipo di carburante, la trasmissione, il numero di posti, il numero di porte, e il periodo di disponibilità per il noleggio. La query filtra i risultati per ottenere solo i dettagli del veicolo con modello "Audi TT".

```
1 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/  
    VehicleRent#>  
2 PREFIX schema: <http://schema.org/>  
3 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>  
4  
5 SELECT ?model ?availableFrom ?availableTo ?fuelType ?transmission  
    ?seats ?doors  
6 WHERE {  
7     ?vehicle vr:model ?model .  
8     OPTIONAL {?vehicle vr:fuelType ?fuelType . }  
9     OPTIONAL {?vehicle vr:transmission ?transmission .}  
10    OPTIONAL {?vehicle vr:numberOfPassengers ?seats . }  
11    OPTIONAL {?vehicle vr:doors ?doors . }  
12    ?rental gr:includes ?vehicle ;  
13        vr:isAvailableFrom ?availableFrom ;  
14        vr:isAvailableTo ?availableTo .  
15    FILTER (str(?model) = "Audi TT")  
16 }
```

## 5.6 Query 6 - Business Entity con Più Recensioni Positive

Questa query è progettata per identificare l'entità commerciale (business entity) che ha ricevuto il maggior numero di recensioni positive.

La query conta il numero di recensioni che hanno un punteggio pari o superiore a 4, raggruppa i risultati per entità commerciale e li ordina in modo decrescente in base al conteggio delle recensioni positive.

```
1 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/  
    VehicleRent#>  
2 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>  
3  
4 SELECT ?businessEntity (COUNT(?review) AS ?positiveReviewCount)  
5 WHERE {  
6     ?review vr:reviewRating ?rating ;  
7         vr:isReviewOf ?businessEntity .  
8     FILTER(?rating >= 4)  
9 }  
10 GROUP BY ?businessEntity  
11 ORDER BY DESC(?positiveReviewCount)
```

## 5.7 Query 7 - Annuncio di Noleggio con Maggior Interesse

Questa query è stata progettata per identificare l'annuncio di noleggio che ha suscitato il maggior interesse da parte dei potenziali clienti.

La query conta il numero di persone che hanno mostrato interesse per ogni annuncio di noleggio, raggruppa i risultati per annuncio e modello del veicolo, e li ordina in modo decrescente in base al conteggio degli interessi.

```
1 PREFIX vr: <http://www.semanticweb.org/marti/ontologies/2024/4/  
    VehicleRent#>  
2 PREFIX gr: <http://purl.org/goodrelations/v1#>  
3  
4 SELECT ?rentalAd ?model (COUNT(?interest) AS ?interestCount)  
5 WHERE {  
6     ?rentalAd gr:includes ?vehicle ;  
7         vr:IsInterestOf ?interest .  
8     ?interest vr:InterestInRental ?person .  
9     ?vehicle vr:model ?model .  
10 }  
11 GROUP BY ?rentalAd ?model  
12 ORDER BY DESC(?interestCount)
```

## 6 Conclusioni

In questo progetto ho sviluppato un'ontologia per la modellazione del dominio relativo agli annunci di noleggio di veicoli, utilizzando le tecnologie del Web Semantico.

L'obiettivo principale della *Vehicle Rent Ontology* è rappresentare in modo strutturato e semantico le informazioni relative agli annunci di noleggio veicoli. Questa ontologia potrebbe migliorare l'efficienza nella gestione degli annunci, permettere ricerche più precise e fornire risultati più pertinenti per gli utenti, migliorando così l'esperienza complessiva degli utenti e incrementando la soddisfazione dei clienti.

L'integrazione con altre ontologie esistenti, come **GoodRelations**, **FOAF** e **Vehicle Sales Ontology**, garantisce un'elevata interoperabilità dei dati, facilitando lo scambio di informazioni tra diverse piattaforme e migliorando la coerenza e l'accessibilità delle informazioni.

Essendo un progetto universitario, l'ontologia *Vehicle Rent* non può considerarsi completa. Tuttavia, grazie alla sua progettazione flessibile, può essere facilmente estesa con nuovi concetti e dati in base alle esigenze future, garantendo la capacità di adattarsi a nuovi requisiti e ampliamenti del dominio.

In conclusione, in questo progetto sono stati affrontati tutti i passaggi fondamentali per la costruzione di un'ontologia: dalla modellazione iniziale con RDFS, alla definizione dettagliata della struttura OWL, fino alla progettazione di regole SWRL e query SPARQL per l'inferenza e l'interrogazione dei dati.

## References

- [1] M. Hepp. Goodrelations: An ontology for describing products and services offers on the web. <http://www.heppnetz.de/projects/goodrelations/>. Accessed: 13-Jul-2024.
- [2] The FOAF Project. FOAF Vocabulary Specification 0.99, 2014. Accessed: 2023-07-13.
- [3] Vehicle Sales Ontology. Vehicle Sales Ontology Specification, 2023. Accessed: 2023-07-13.
- [4] W3C. Resource description framework (rdf): Concepts and abstract syntax. *World Wide Web Consortium (W3C)*, 2004.
- [5] W3C. Swrl: A semantic web rule language combining owl and ruleml. *World Wide Web Consortium (W3C)*, 2004.
- [6] W3C. Owl 2 web ontology language: Structural specification and functional-style syntax (second edition). *World Wide Web Consortium (W3C)*, 2012.
- [7] W3C. Rdf schema 1.1. *World Wide Web Consortium (W3C)*, 2014.