

Scientific Discoveries Ontology
(SDO)
Web Semantico

Filippo Venturini

Giugno 2024

Indice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduzione | 3 |
| 2 | Ontologie integrate | 4 |
| 3 | Ontologia | 6 |
| 3.1 | Analisi del dominio | 6 |
| 3.2 | In dettaglio | 9 |
| 3.2.1 | Scientist | 9 |
| 3.2.2 | City | 10 |
| 3.2.3 | Research Group and Organization | 11 |
| 3.2.4 | Scientific Tool and Experiment | 12 |
| 3.2.5 | Scientific Discovery | 13 |
| 3.2.6 | Prize | 14 |
| 4 | Regole SWRL | 15 |
| 4.1 | discover | 15 |
| 4.2 | hasWonPrize | 16 |
| 4.3 | PrizeContributingScientificTool | 16 |
| 4.4 | PioneeringScientist | 17 |
| 5 | Query SPARQL | 18 |
| 5.1 | Scienziati e scoperte con premio Nobel | 18 |
| 5.2 | Top 10 stati con più ricerche scientifiche | 19 |
| 5.3 | Scienze maggiormente esplorate | 20 |
| 5.4 | Top 10 città con più scienziati vincitori di Nobel | 20 |
| 5.5 | Riviste scientifiche di rilievo | 21 |
| 5.6 | Organizzazioni influenti | 21 |
| 5.7 | Scienze con meno premi Nobel | 22 |
| 6 | Strumenti utilizzati | 23 |

Capitolo 1

Introduzione

La conoscenza scientifica rappresenta un elemento fondamentale per il progresso umano, tutti i giorni migliaia di scienziati in tutto il mondo si occupano di ricerche scientifiche, alcune delle quali portano infine a scoperte che rivoluzionano la società.

Scientific Discoveries Ontology (SDO) si pone come obbiettivo quello di tracciare le più grandi scoperte scientifiche che siano mai state realizzate, fornendo una base di conoscenza verticale su questa tematica.

Spesso i dati che riguardano le scoperte scientifiche sono scollegati tra loro, chiunque voglia analizzarli si trova davanti ad uno scenario in cui è necessario realizzare manualmente le connessioni tra vari elementi, che nella realtà sono correlati ad una scoperta, come ad esempio: strumenti utilizzati, esperimenti effettuati, leggi fisiche, gruppi di ricerca e tanti altri.

L'utilità di questa ontologia è varia, essa può fungere da banca di conoscenza per ricercatori e storici della scienza che necessitano di analizzare il passato. Oppure ancora, **SDO** può risultare utile a gruppi di ricerca che vogliono esaminare quale area di quale disciplina scientifica necessita di ulteriori approfondimenti e quindi ha più probabilità di portare a nuove scoperte. Infine se opportunamente integrata con ontologie già esistenti che ne estendono le informazioni e la qualità dei dati, e fornita di opportuni sistemi informativi, tecniche di machine learning e analisi dati, può aiutare industrie e associazioni governative a indirizzare meglio i propri investimenti in ricerca e sviluppo, identificando tecnologie emergenti e potenziali partner di ricerca.

Capitolo 2

Ontologie integrate

Scientific Discovery Ontology non risulta un progetto efficace se realizzato indipendentemente, necessita di essere integrato e di estendere concetti di altre ontologie già esistenti, che forniscono ulteriore conoscenza e specificità su elementi di contorno.

Inoltre, se correttamente allineato con altre ontologie, **SDO** permette la valutazione di concetti non solo scientifici, ma anche storici, economici e geografici, fornendo così una base di conoscenza molto espandibile.

Di seguito vengono presentate le ontologie integrate con **SDO**:

- **Friend of a Friend (FOAF)**: FOAF [3] è un'ontologia progettata per descrivere le persone, le loro attività e le loro relazioni con altre persone e oggetti. FOAF facilita la creazione di un web sociale interconnesso, consentendo alle applicazioni di connettersi e condividere informazioni tra utenti in modo più efficiente. Attraverso FOAF, è possibile rappresentare profili utente, le loro amicizie, i gruppi di cui fanno parte e le loro pubblicazioni, rendendo l'informazione accessibile e inter-operabile tra diverse piattaforme.
- **Academic Institution Internal Structure Ontology (aiiso)**: aiiso [1] è un'ontologia specificamente sviluppata per descrivere la struttura interna delle istituzioni accademiche. Questo include la rappresentazione di dipartimenti, corsi, programmi di studio, docenti e studenti. L'obiettivo principale di aiiso è facilitare la gestione e l'interscambio di informazioni accademiche tra diverse istituzioni e sistemi educativi, promuovendo un'organizzazione chiara e standardizzata delle risorse e dei dati educativi.

- **Schema.org (schema):** Schema.org [6] è un'iniziativa collaborativa lanciata dai principali motori di ricerca (Google, Bing, Yahoo e Yandex) per creare, mantenere e promuovere schemi per i dati strutturati su Internet. L'ontologia Schema.org fornisce un insieme di vocaboli che web master possono utilizzare per strutturare i dati sui loro siti web, migliorando così la comprensione del contenuto da parte dei motori di ricerca e migliorando la visualizzazione dei risultati. Include descrizioni di persone, luoghi, eventi, prodotti, recensioni e molto altro.
- **Dublin Core (dc):** Il Dublin Core [2] è uno standard per la descrizione delle risorse digitali e fisiche, creato dalla Dublin Core Metadata Initiative (DCMI). L'ontologia Dublin Core comprende un insieme di termini standardizzati utilizzati per descrivere una vasta gamma di risorse, come libri, articoli, immagini, e pagine web. È ampiamente adottato nelle biblioteche, negli archivi e nelle istituzioni culturali per migliorare la gestione, l'interoperabilità e il recupero delle risorse informative. I termini del Dublin Core includono concetti come titolo, creatore, soggetto, descrizione, editore e data.
- **Unit of Measurement (UO):** L'ontologia Unit of Measurement (UO) [9] è progettata per rappresentare le unità di misura e le conversioni tra di esse. OM è utilizzata per standardizzare e facilitare l'interoperabilità dei dati relativi alle misurazioni in diversi domini, come la scienza, l'ingegneria e l'industria. L'ontologia include una vasta gamma di unità di misura per grandezze come lunghezza, massa, tempo, temperatura, e molte altre, permettendo una rappresentazione precisa e coerente delle misurazioni e delle loro relazioni.

Capitolo 3

Ontologia

3.1 Analisi del dominio

Nella prima fase del progetto è necessario analizzare accuratamente il dominio applicativo, e selezionare con precisione i concetti sui quali verticalizzare l'ontologia, evitando di concentrarsi su aspetti non rilevanti e dando il giusto peso ai concetti più importanti.

In generale, **SDO** si concentra su i seguenti concetti chiave:

- **Scientific Discovery**
- **Scientist**
- **Science**
- **Scientific Tool**
- **Scientific Law**
- **Scientific Journal**
- **Prize**

Tutti questi concetti verranno esaminati nel dettaglio nella sezione successiva, in aggiunta a tutte le ulteriori entità presenti nell'ontologia.

In generale l'obiettivo di **SDO** è di approfondire la semantica che orbita attorno alle più grandi scoperte scientifiche che siano state realizzate, dando la possibilità di consultare eventuali: scienziati, strumenti, leggi scientifiche, pubblicazioni, premi e altro.

La struttura di questo dominio, come si evincerà nelle successive sezioni del progetto, permette di effettuare analisi, correlazioni e inferenze di conoscenza, partendo

da qualsiasi concetto iniziale, ad esempio: capire quali degli scienziati sono stati pionieri nell'introduzione di nuove scoperte, quali strumenti hanno contribuito alla vincita di premi, quali organizzazioni sono state le più influenti tramite i loro finanziamenti e tanto altro.

Per sviluppare l'ontologia, sono state impiegate le tecnologie standard del Web Semantico. Inizialmente, è stato utilizzato il Resource Description Framework (**RDF**) che permette l'elaborazione dei dati tramite motori di ricerca semantici, strumenti di manipolazione dati e ragionatori per l'inferenza. Successivamente, è stato adottato il Resource Description Framework Schema (**RDFS**) [5], un'estensione di RDF che consente di organizzare e strutturare le informazioni in modo più articolato e significativo. RDFS fornisce infatti costrutti per definire classi, sottoclassi, proprietà di collegamento tra risorse, sottoproprietà, relazioni tra classi e inferenze di base. Infine, è stato integrato anche il Web Ontology Language 2 (**OWL2**) [4], un linguaggio che offre una modellazione semantica avanzata rispetto alle tecnologie precedenti. OWL2 include una vasta gamma di costrutti per rappresentare concetti complessi e restrizioni su classi e proprietà. Inoltre, supporta il ragionamento automatico, permettendo di derivare nuove informazioni dai dati esistenti. OWL2 è compatibile con RDF e RDFS, poiché costituisce una loro estensione.

Di seguito si notino alcune metriche che danno un'indicazione sulle dimensioni dell'ontologia.

| | |
|----------------------------------|-----|
| Axiom | 490 |
| Logical axiom count | 266 |
| Declaration axioms count | 103 |
| Class count | 20 |
| Object property count | 35 |
| Data property count | 3 |
| Individual count | 43 |
| Annotation Property count | 8 |
| Class assertion | 46 |
| Object property assertion | 83 |

Tabella 3.1: Ontology Metrics

Nella sezione sottostante è riportato lo schema completo dell'ontologia navigabile al seguente [link](#). Per semplicità di lettura sono indicate solamente le proprietà dirette, tutte le proprietà inverse sono state inferite con l'ausilio del reasoner. Con le linee tratteggiate inoltre, vengono indicate le entità e le proprietà inferite con l'utilizzo di regole SWRL. Nella sezione successiva si procede ad un'analisi dettagliata di tutte le componenti di SDO.

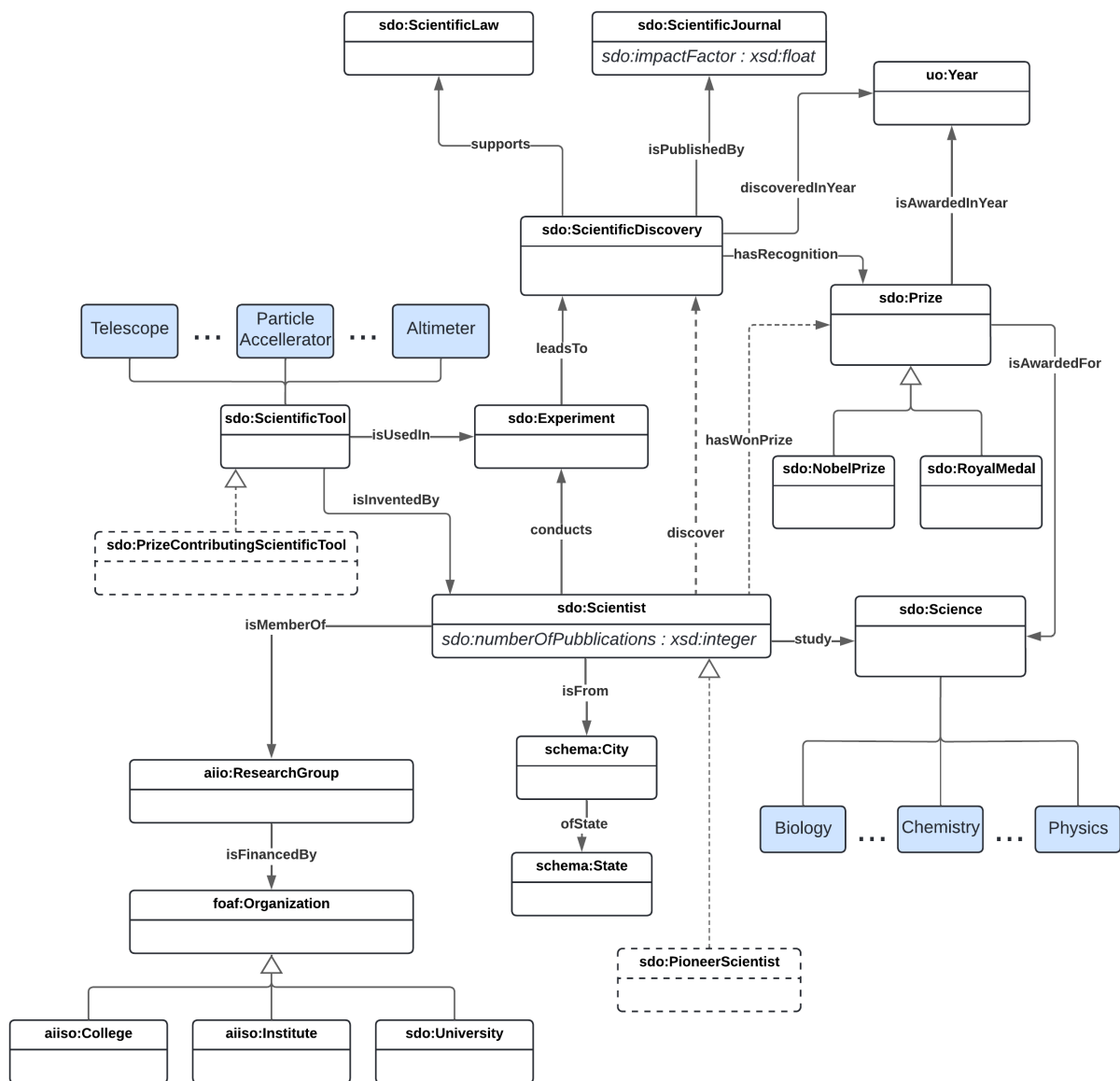


Figura 3.1: Schema completo di Scientific Discoveries Ontology

3.2 In dettaglio

3.2.1 Scientist

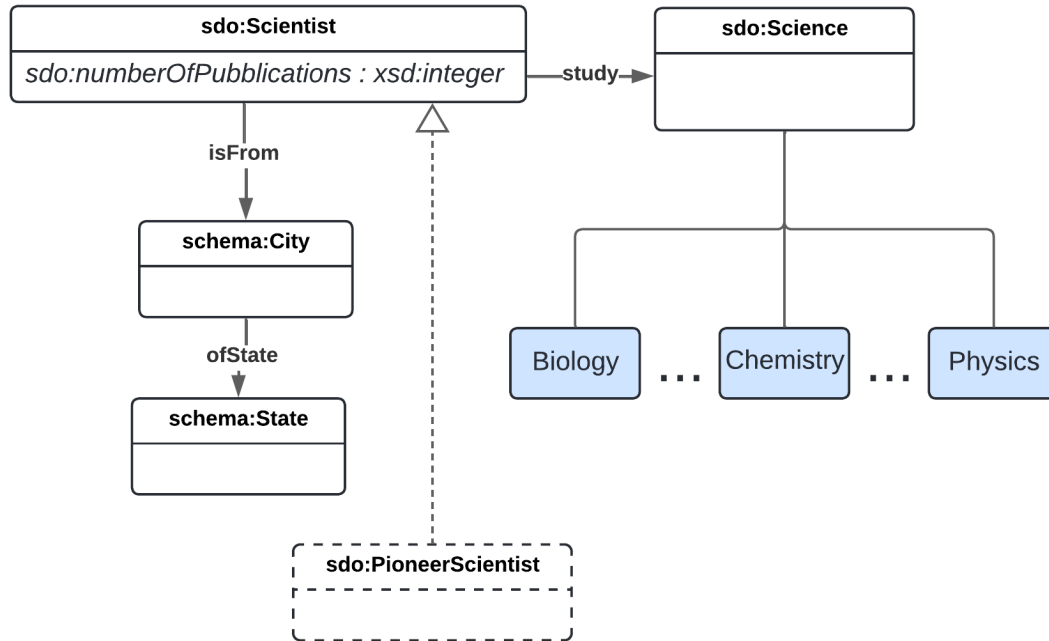


Figura 3.2: Schema Scientist e Science

Un elemento cardine dell'ontologia riguarda sicuramente il concetto di scienziato.

In **SDO** lo scienziato è legato tramite la object property **study** (asimmetrica e irreflessiva) alla scienza che studia. In questo modo l'ontologia permette approfondimenti e analisi che includono diverse scienze e i loro scienziati più importanti.

Lo scienziato possiede anche una data property **numberOfPublications** che riguarda il numero delle sue pubblicazioni scientifiche.

Inoltre tramite una regola SWRL che verrà illustrata nelle sezioni successive, viene inferita dal reasoner una nuova entità **PioneerScientist** che rappresenta gli scienziati che sono stati pionieri con le loro scoperte scientifiche, in base a diversi fattori (premi nobel, pubblicazioni con journal rinomati ecc.)

3.2.2 City

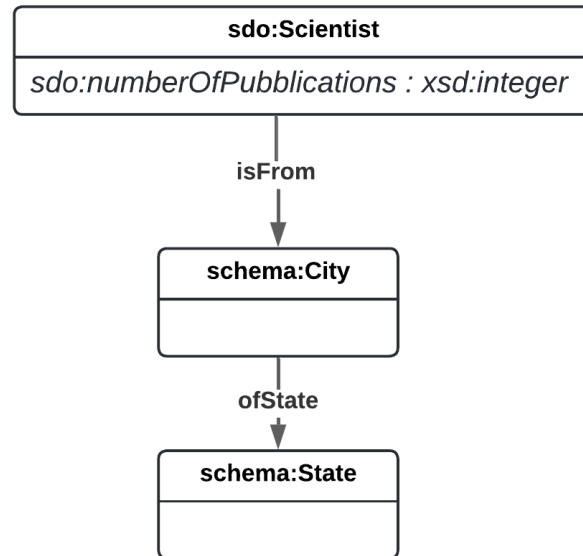


Figura 3.3: Schema City e State

Un aspetto interessante riguarda l'inclusione nell'ontologia del concetto di città e stato di provenienza degli scienziati.

Questi elementi permettono di effettuare tutta una serie di indagini geografiche sulla distribuzione delle scoperte scientifiche.

Come poi verrà mostrato nei capitoli successivi, si possono analizzare quali stati e quali città sono stati fiorenti dal punto di vista del contributo scientifico, alla nostra società.

Inoltre sia **City** che **State** sono entità che provengono dall'ontologia **schema.org**, il che fornisce un ottimo punto di connessione ed estensione della stessa.

Sia la proprietà **isFrom** che **ofState** sono asimmetriche, irriflessive e funzionali (uno scienziato proviene da una sola città e una città appartiene ad un solo stato).

Una modellazione alternativa ma meno specifica, sarebbe stata creare un'unica proprietà transitiva che indica l'appartenenza dello scienziato alla città e la città allo stato, di conseguenza lo scienziato allo stato.

3.2.3 Research Group and Organization

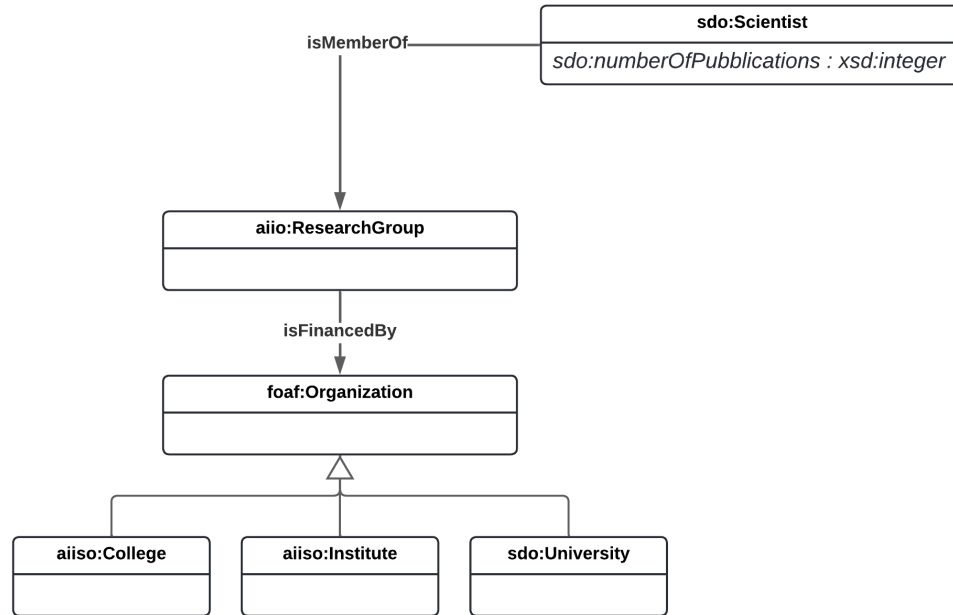


Figura 3.4: Gerarchia di Organization e Research Group

Un altro sottoinsieme molto importante dell'ontologia è quello che riguarda i gruppi di ricerca e le organizzazioni che li finanziano.

Uno scienziato è legato al gruppo di ricerca di cui fa parte tramite la object property **isMemberOf**, asimmetrica e irriflessiva.

Il gruppo di ricerca a sua volta si collega ad un'organizzazione tramite la proprietà **isFinancedBy** anch'essa asimmetrica e irriflessiva.

Questa parte dell'ontologia fornisce un perfetto spunto per il collegamento con concetti già esistenti, in quanto tante altre ontologie contengono definizioni specifiche che riguardano le organizzazioni e gli istituti di ricerca. Ciò favorisce l'interoperabilità, l'integrazione e l'estensione di SDO.

In particolare si considera l'entità di base **Organization** appartenente all'ontologia **FOAF**, ma la gerarchia viene modificata ed estesa, contenendo all'interno **College** e **Institute** provenienti da **aiiso**, e **University**.

3.2.4 Scientific Tool and Experiment

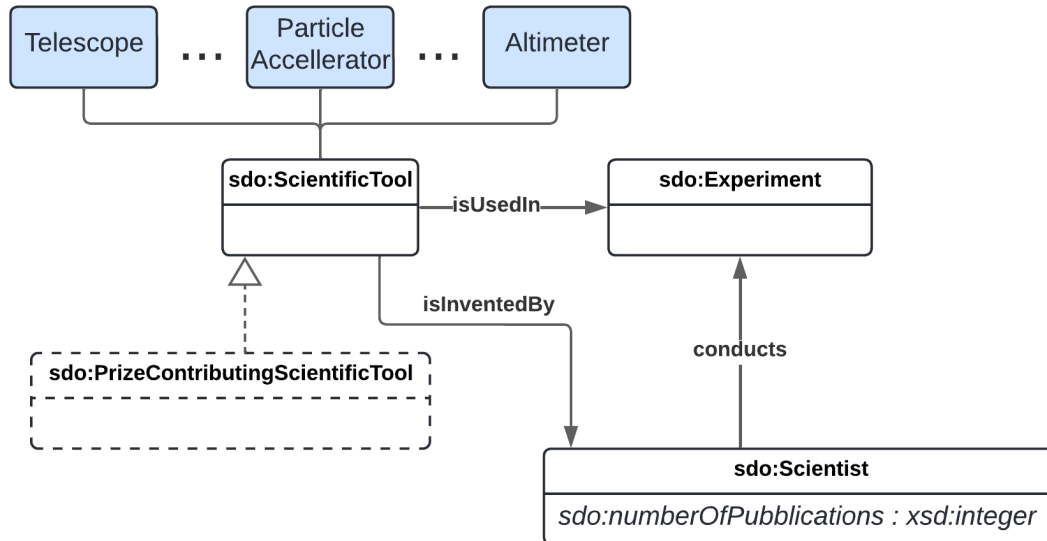


Figura 3.5: Schema di Scientific Tool e Experiment

Un altro aspetto molto importante dell'ontologia riguarda gli strumenti scientifici e gli esperimenti svolti dagli scienziati.

Dato che uno scienziato può svolgere molteplici esperimenti e anch'essi possono essere condotti da più scienziati, la proprietà **conduct** è asimmetrica e irreflessiva.

Per strumento scientifico si intende un qualsiasi oggetto che sia stato utilizzato da uno scienziato durante un'esperimento, come ad esempio: telescopio, acceleratore di particelle, altimetro ecc. Questo concetto è catturato dalla proprietà asimmetrica e irreflessiva **isUsedIn**.

Inoltre tramite la proprietà **isInventedBy** si cattura il concetto di inventore di strumenti scientifici, che è asimmetrica e irreflessiva.

Tramite una regola SWRL descritta in seguito, si permette al reasoner di inferire una nuova classe **PrizeContributingScientificTool** che cattura il concetto di strumento scientifico chiave, la cui caratteristica è aver contribuito alla vittoria di un premio per una scoperta scientifica.

3.2.5 Scientific Discovery

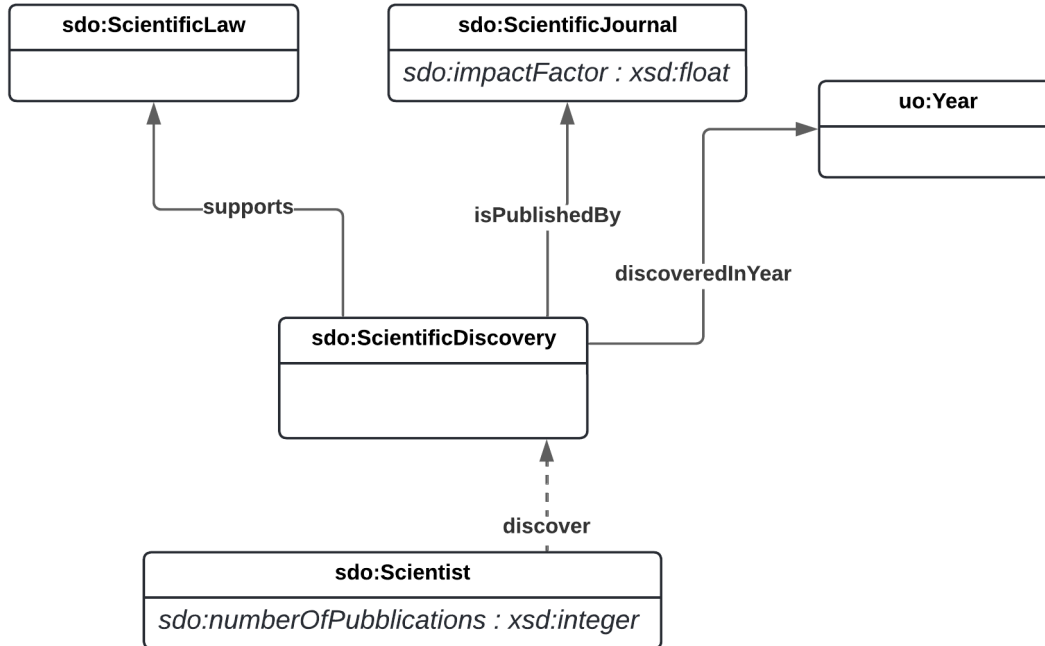


Figura 3.6: Schema di Scientific Discovery con Scientific Law, Journal e Year

Il cuore dell'ontologia è rappresentato dall'entità **ScientificDiscovery** che come si evince dallo schema, supporta tramite **supports** una o più leggi scientifiche (equazione del moto, relatività generale, legge di gravitazione universale ecc.). Inoltre viene evidenziato tramite **isPublishedBy** il concetto di pubblicazione di una scoperta scientifica da una rivista scientifica, che possiede una data property **impactFactor** che ne denota il fattore di impatto, e quindi la rilevanza a livello internazionale. Il reasoner ha anche inferito una nuova e importante object property asimmetrica e irriflessiva **discover** che collega direttamente lo scienziato alle corrispondenti scoperte scientifiche. Un ultimo aspetto presente in questo sottoinsieme, è costituito dal concetto di anno catturato dalla proprietà **discoveredInYear** (funzionale). L'anno permette di effettuare varie analisi temporali e mantenere la conoscenza relativa alle scoperte scientifiche collegate con il rispettivo anno. Si noti che **Year** proviene dall'ontologia **uo**, che fornisce un ottimo punto di connessione e integrazione.

3.2.6 Prize

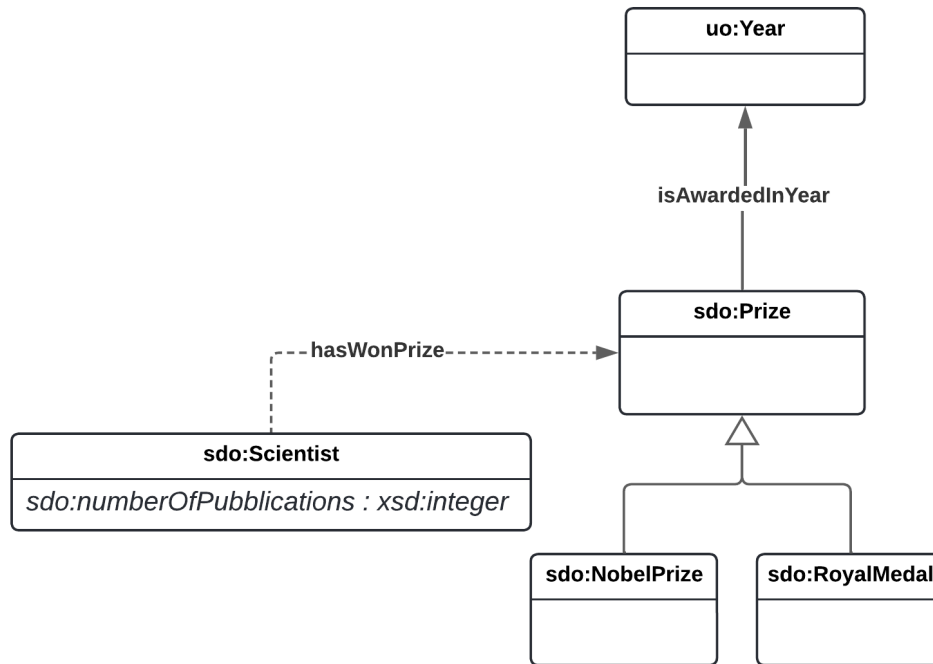


Figura 3.7: Gerarchia di Prize

Un ultimo concetto estremamente utile riguarda il premio assegnato ad una scoperta scientifica e di conseguenza ad uno scienziato.

Con la gerarchia in figura, viene modellato il concetto di premio, legato ancora al concetto di **uo:Year** che favorisce ulteriori spunti per analisi temporali sulla distribuzione di premi scientifici nei diversi anni, tramite la proprietà **isAwardedInYear** che è asimmetrica, irreflessiva e funzionale (uno specifico premio viene vinto in un solo anno).

In particolare un premio scientifico può essere un **NobelPrize** oppure una **RoyalMedal**, ovviamente la gerarchia è stata considerata di queste dimensioni per semplificarne la struttura, ma sicuramente in un'estensione dell'ontologia può essere espansa aggiungendo tante altre tipologie di premi.

Si noti inoltre come sia stato permesso al reasoner di inferire una nuova object property **hasWonPrize** per collegare direttamente uno scienziato al corrispondente premio vinto, essa è asimmetrica e irreflessiva.

Capitolo 4

Regole SWRL

Di seguito verranno esaminate diverse regole **SWRL** [8] che sono state inserite per permettere al reasoner di effettuare inferenze più elaborate, estendendo la conoscenza presente nell'ontologia.

4.1 discover

Questa regola permette di inferire una nuova **object property** chiamata **discover**, che lega uno scienziato alla sua scoperta scientifica, tramite l'esperimento condotto.

```
sdo:Scientist(?s) ^  
sdo:leadsTo(?e, ?d) ^  
sdo:conducts(?s, ?e)  
  -> sdo:discover(?s, ?d))
```

Listing 4.1: Scientist's Discovery

4.2 hasWonPrize

Qui viene permessa l'inferenza di una nuova proprietà **hasWonPrize** che lega uno scienziato direttamente al premio vinto, in caso egli abbia condotto un esperimento, che ha portato a una scoperta scientifica che a sua volta ha ricevuto un premio.

```
sdo:Scientist(?s) ^  
sdo:conducts(?s, ?e) ^  
sdo:leadsTo(?e, ?d) ^  
sdo:hasRecognition(?d, ?r)  
  -> sdo:hasWonPrize(?s, ?r)
```

Listing 4.2: Prize Winners

4.3 PrizeContributingScientificTool

Questa regola permette l'inferenza di una nuova **class** chiamata **PrizeContributingScientificTool** che identifica tutti quegli strumenti scientifici che hanno contribuito a ricerche scientifiche vincitrici di premi.

```
sdo:ScientificTool(?t) ^  
sdo:isUsedIn(?t, ?e) ^  
sdo:leadsTo(?e, ?d) ^  
sdo:hasRecognition(?d, ?p)  
  -> sdo:PrizeContributingScientificTool(?t)
```

Listing 4.3: Prize Contributing Scientific Tool

4.4 PioneeringScientist

Infine questa ultima regola, permette di creare una nuova classe **PioneeringScientist** che arricchisce l'ontologia, individuando gli scienziati pionieri nelle scoperte scientifiche, che possiedono un elevato numero di pubblicazioni, hanno vinto un premio per una scoperta, la quale è stata pubblicata su un giornale scientifico influente (con un alto fattore di impatto).

```
sdo:Scientist(?s) ^  
sdo:conducts(?s, ?e) ^  
sdo:leadsTo(?e, ?d) ^  
sdo:isPublishedBy(?d, ?j) ^  
sdo:ScientificJournal(?j) ^  
sdo:hasWonPrize(?s, ?p) ^  
sdo:recognizesDiscovery(?p, ?d) ^  
sdo:NobelPrize(?p) ^  
sdo:isUsedIn(?t, ?e) ^  
sdo:PrizeContributingScientificTool(?t) ^  
sdo:impactFactor(?j, ?if) ^  
swrlb:greaterThanOrEqual(?if, 10) ^  
sdo:numberOfPublications(?s, ?pubCount) ^  
swrlb:greaterThanOrEqual(?pubCount, 5)  
-> sdo:PioneeringScientist(?s)
```

Listing 4.4: Pioneering Scientist

Capitolo 5

Query SPARQL

In questo capitolo vengono presentate diverse query **SPARQL** [7] che hanno come obbiettivo l'interrogazione dell'ontologia per estrarre informazioni interessanti ed effettuare analisi importanti che considerano vari aspetti del dominio applicativo.

5.1 Scienziati e scoperte con premio Nobel

La prima query basilare che può fornire le informazioni contenute in SDO, è progettata per restituire tutte le scoperte scientifiche presenti, accompagnate dallo scienziato responsabile e dall'anno in cui sono state fatte.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>

SELECT ?discovery ?scientist ?prize ?year
WHERE {
    ?discovery a sdo:ScientificDiscovery;
               sdo:discoveredInYear ?year;
               sdo:hasRecognition ?prize.
    ?scientist a sdo:Scientist;
               sdo:discover ?discovery.
}
```

Listing 5.1: Scienziati e scoperte con premio Nobel

5.2 Top 10 stati con più ricerche scientifiche

Può risultare interessante analizzare geograficamente quali stati sono più fiorenti a livello di scoperte scientifiche. Con la seguente query viene fatta una classifica dei 10 stati con più ricerche scientifiche nella storia.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies
/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>
PREFIX schema: <https://schema.org/>

SELECT ?state (COUNT(?discovery) AS ?discoveryCount)
WHERE {
    ?scientist a sdo:Scientist;
               sdo:discover ?discovery;
               sdo:isFrom ?city.
    ?state a schema:State;
           sdo:hasCity ?city.
}
GROUP BY ?state
ORDER BY DESC(?discoveryCount)
```

Listing 5.2: Top 10 stati con più ricerche scientifiche

5.3 Scienze maggiormente esplorate

Un'altra analisi importante per diversi stakeholders potrebbe essere esaminare in quale scienze si sono fatti il maggior numero di esperimenti, per poter valutare al meglio in quali campi concentrare gli investimenti di ricerca.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>

SELECT ?science (COUNT(?experiment) AS ?researchCount)
WHERE {
  ?experiment a sdo:Experiment;
              sdo:isConductedBy ?scientist.
  ?scientist a sdo:Scientist;
             sdo:study ?science.
}
GROUP BY ?science
ORDER BY DESC(?researchCount)
```

Listing 5.3: Scienze maggiormente esplorate

5.4 Top 10 città con più scienziati vincitori di Nobel

Un'ulteriore panoramica geografica interessante può essere valutare in quali città sono presenti più scienziati vincitori di premi Nobel. Questa query restituisce una classifica delle top 10 città con più scienziati vincitori di premi nobel.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>

SELECT ?city (COUNT(?scientist) AS ?nobelCount)
WHERE {
  ?scientist a sdo:Scientist;
             sdo:isFrom ?city;
             sdo:hasWonPrize ?prize.
  ?prize a sdo:NobelPrize.
}
GROUP BY ?city
ORDER BY DESC(?nobelCount)
```

Listing 5.4: Top 10 città con più scienziati vincitori di Nobel

5.5 Riviste scientifiche di rilievo

Potrebbe essere necessario sapere quali sono le riviste scientifiche di rilievo, perciò questa query restituisce tutte le riviste che hanno pubblicato scoperte scientifiche che successivamente hanno vinto un premio Nobel.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>

SELECT ?journal
WHERE {
    ?discovery a sdo:ScientificDiscovery;
               sdo:hasRecognition ?prize;
               sdo:isPublishedBy ?journal.
    ?prize a sdo:NobelPrize.
}
```

Listing 5.5: Riviste scientifiche di rilievo

5.6 Organizzazioni influenti

Per un gruppo di ricerca potrebbe essere importante capire a quali organizzazioni affidarsi per richiedere investimenti di ricerca, di conseguenza questa query restituisce tutte le organizzazioni influenti, ovvero quelle che hanno già finanziato gruppi di ricerca con scienziati vincitori di premi.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/spec/>

SELECT ?organization
WHERE {
    ?organization a foaf:Organization;
                  sdo:finances ?researchGroup.
    ?researchGroup a sdo:ResearchGroup;
                  sdo:hasMember ?scientist.
    ?scientist a sdo:Scientist;
              sdo:hasWonPrize ?prize.
}
```

Listing 5.6: Organizzazioni influenti

5.7 Scienze con meno premi Nobel

Un'ultima analisi può aiutare vari stakeholders a capire quali aree della Scienza sono ancora inesplorate o infruttuose, e su cui poter concentrare quindi investimenti ed esperimenti. Perciò quest'ultima query restituisce tutti i campi scientifici in ordine decrescente per numero di premi Nobel.

```
PREFIX sdo: <http://www.semanticweb.org/filip/ontologies/2024/4/ScientificDiscoveriesOntology#>

SELECT ?science (COUNT(DISTINCT ?prize) AS ?nobelCount) (
  COUNT(DISTINCT ?experiment) AS ?researchCount)
WHERE {
  ?scientist a sdo:Scientist;
             sdo:study ?science;
             sdo:hasWonPrize ?prize.
  ?prize a sdo:NobelPrize.
  ?experiment a sdo:Experiment;
             sdo:isConductedBy ?scientist.
}
GROUP BY ?science
ORDER BY ?nobelCount ?researchCount
```

Listing 5.7: Scienze con meno premi Nobel

Capitolo 6

Strumenti utilizzati

Lo sviluppo dell'ontologia è stato realizzato utilizzando il software **Protégé 5.6.4**, uno degli strumenti più utilizzati per la creazione e la gestione di ontologie.

Il processo di sviluppo è stato tracciato tramite un repository Git, ospitato sul servizio di hosting di repository GitHub, consultabile al seguente **link**.

Per quanto riguarda il reasoner, è stato scelto Pellet, una scelta motivata dalla sua integrazione del rule engine SWRL e reasoner OWL, il che permette di evitare la creazione di inconsistenze logiche all'interno dell'ontologia.

Per arricchire Protégé e facilitare il processo di sviluppo, sono stati utilizzati diversi plugin. Questi plugin hanno contribuito significativamente all'efficienza e alla funzionalità complessiva del lavoro svolto. I principali plugin impiegati includono:

- **Pellet**: Questo plugin è stato fondamentale per utilizzare il reasoner Pellet, che ha offerto un supporto robusto per il ragionamento basato su OWL.
- **SWRLTab**: Questo plugin è stato essenziale per la gestione delle regole SWRL, consentendo di definire e applicare regole complesse in modo semplice e intuitivo.
- **Snap SPARQL**: Utilizzato per eseguire query SPARQL, ha permesso di ottenere risultati accurati e rilevanti, migliorando la capacità di interrogazione dell'ontologia.

Al termine del processo di sviluppo, l'ontologia è stata esportata in sintassi Turtle. Questa scelta è stata dettata dalla maggiore leggibilità offerta da questa sintassi, grazie alla sua compattezza e alla ridotta verbosità, che rendono il codice più semplice da interpretare e manipolare.

Capitolo 7

Conclusioni

In questo progetto è stata realizzata un'ontologia che si occupa di rappresentare tramite le tecnologie del Web Semantico, parte della conoscenza che riguarda le scoperte scientifiche verificatesi nel corso della storia.

Lo scopo di SDO è molteplice, da un lato può essere visto come deposito di conoscenza per analizzare a livello temporale e spaziale la storia delle scoperte scientifiche, degli scienziati e dei loro esperimenti. Dall'altro permette anche di analizzare con uno sguardo al futuro, quali aree potrebbero necessitare di progresso scientifico, a quali organizzazioni fare affidamento e quali strumenti sono stati indispensabili in un determinato ambito.

In questo progetto sono state trattate le varie fasi della costruzione di un'ontologia, a partire dalla modellazione RDFS, fino alla definizione della struttura OWL, per concludere con il design di regole SWRL e di query SPARQL.

Inoltre, SDO è stata integrata ed allineata con molteplici ontologie già presenti, che sviluppano concetti correlati e possono ampliare la conoscenza già fornita dall'ontologia.

Chiaramente questo progetto possiede un dominio limitato, che in sviluppi futuri può essere facilmente esteso, aggiungendo dati e concetti in base alle esigenze.

Bibliografia

- [1] Academic Institution Internal Structure Ontology (AIISO). <https://vocab.org/aiiso/>.
- [2] Dublin Core. <https://www.dublincore.org/>.
- [3] Friend of a Friend (FOAF). <http://xmlns.com/foaf/spec/>.
- [4] OWL. <https://www.w3.org/OWL/>.
- [5] RDF. <https://www.w3.org/RDF/>.
- [6] Schema.org. <https://schema.org/>.
- [7] SPARQL. <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.
- [8] SWRL. <https://www.w3.org/submissions/SWRL/>.
- [9] Unit of Measurement Ontology. <https://bioportal.bioontology.org/ontologies/UO>.