|  |  |
| --- | --- |
|  | Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  Σχολή Θετικών Επιστημών  **Τμήμα Πληροφορικής** |

Πτυχιακή/Διπλωματική Εργασία

«Διαλειτουργική αναπαράσταση και αναζήτηση δεδομένων από συσκευές παρακολούθησης δραστηριότητας»

(Cross-functional representation and retrieval of data from activity trackers)

«ΑΝΔΡΕΑΣ ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ»

**ΑΕΜ**: 3699 **Ροή**: Πληροφοριακά Συστήματα

**Επιβλέπων Καθηγητής:**

**Γεώργιος Μεδίτσκος**

**Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Πληροφορικής ΑΠΘ**

**Θεσσαλονίκη 2023**

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εστιάζει στην έννοια του Σημασιολογικού Ιστού και αποσκοπεί στη συλλογή δεδομένων από συσκευές παρακολούθησης δραστηριότητας και τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού για την εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτά. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η συλλογή δεδομένων από ένα δημόσιο dataset που περιλάμβανε δεδομένα από συσκεύες Fitbit, τα οποία παρουσιάζονταν σε μορφή CSV αρχείων.

Για την ενσωμάτωση αυτών των δεδομένων σε μία οντολογία που κατασκευάστηκε με χρήση του OWL, αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα σε Python, με την χρήση της βιβλιοθήκης owlready2, το οποίο δημιούργησε την οντολογία, συμπεριλαμβάνοντας τις απαραίτητες κλάσεις και ιδιότητες. Η οντολογία βασίστηκε σε κλάσεις και ιδιότητες από τις οντολογίες SSN και SOSA.

Έπειτα από την κατασκευή της οντολογίας, αναπτύχθηκε ένας μηχανισμός που διάβαζε τα CSV αρχεία και αποθήκευε τα δεδομένα στην οντολογία, αντιστοιχίζοντάς τα με τις κατάλληλες ιδιότητες και κλάσεις.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η επικύρωση των δεδομένων χρησιμοποιώντας την τεχνολογία SHACL. Δημιουργήθηκαν SHACL κανόνες για τον έλεγχο όλων των στιγμιοτύπων (instances) των κλάσεων της οντολογίας, με σκοπό να διασφαλιστεί η ορθότητα τους.

Τέλος, τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε μια βάση GraphDB. Προκειμένου να επιτευχθεί η οπτικοποίηση των δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων, αναπτύχθηκε μια web εφαρμογή που συνδέεται με τη βάση δεδομένων. Η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να προβάλουν τα δεδομένα, να παρακολουθούν τις διακυμάνσεις τους κατά τη διάρκεια ορισμένων χρονικών περιόδων και να παρατηρούν τις αλλαγές που συμβαίνουν, προκειμένου να εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα.

Με την εφαρμογή αυτή, επιτυγχάνεται η ολοκλήρωση της εργασίας και η ανάπτυξη μιας συστηματικής προσέγγισης για τη συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων από fitness trackers με τη χρήση τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού. Οι αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτήν την προσέγγιση μπορούν να έχουν εφαρμογές στον τομέα της υγείας και της ευεξίας.

Abstract

My thesis revolves around the concept of the Semantic Web. The objective is to collect data from a fitness tracker and utilize various Semantic Web technologies to extract insights from it. Specifically, I initially obtained data from a public dataset from a Fitbit fitness tracker, which was in CSV format. I wanted to incorporate this data into an ontology that I constructed using OWL. To build the ontology, I used Python, specifically the owlready2 library, to create the ontology along with the necessary classes and properties. The ontology is based on and utilizes classes and properties from the SSN and SOSA ontologies.

Once the ontology was constructed, I needed to develop a mechanism to read the CSV files and store the data in the ontology as triples, mapping them to the appropriate properties and classes. With the ontology in place and all the necessary data incorporated, the next step was data validation. For this purpose, I utilized SHACL. I created SHACL rules to validate all instances of the ontology's classes, ensuring everything was in order.

Finally, the data was stored in a GraphDB. To visualize the data and extract conclusions, a web application was developed that connects to the database. The application allows users to view the data, observe its variations over specific time periods, and monitor changes, enabling them to draw their own conclusions.

Through this application, the completion of the thesis and the development of a systematic approach to collect, process, and analyze data from fitness trackers using Semantic Web technologies are achieved. The results and insights obtained from this approach can have applications in the fields of health and well-being.

Ευχαριστίες

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους από τους ανθρώπους που γνώρισα, συνεργάστηκα μαζί τους και έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίησή της.

+++++

<Ημερομηνία>

Συγγραφέας

Περιεχόμενα

[2.1 Εισαγωγή 29](#_Toc138177219)

[2.1.1 Ιστορική Αναδρομή 30](#_Toc138177220)

[2.1.2 Βασικές Έννοιες του Σημασιολογικού Ιστού 31](#_Toc138177221)

[2.1.3 Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Data) 32](#_Toc138177222)

[2.1.3.1 Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα 32](#_Toc138177223)

[2.2 Resource Description Framework (RDF) 33](#_Toc138177224)

[2.2.1 Σύνταξη της RDF 35](#_Toc138177225)

[2.3 RDF Schema (RDFS) 36](#_Toc138177226)

[2.3.1 Λεξιλόγιο της RDFS 37](#_Toc138177227)

[2.3.1.1 Κλάσεις 37](#_Toc138177228)

[2.3.1.2 Ιδιότητες 37](#_Toc138177229)

[2.4 Web Ontology Language (OWL) 40](#_Toc138177230)

[2.4.1 Διαφορές με RDFS 40](#_Toc138177231)

[2.4.2 Τύποι Ιδιοτήτων 41](#_Toc138177232)

[Αντίστροφες Ιδιότητες 41](#_Toc138177233)

[Συμμετρικές Ιδιότητες 41](#_Toc138177234)

[Μεταβατικές Ιδιότητες 41](#_Toc138177235)

[Συναρτησιακές Ιδιότητες 42](#_Toc138177236)

[Αντίστροφες Συναρτησιακές Ιδιότητες 42](#_Toc138177237)

[2.4.3 Ισοδυναμία 43](#_Toc138177238)

[Ισοδυναμία Κλάσεων 43](#_Toc138177239)

[Ισοδυναμία Ιδιοτήτων 43](#_Toc138177240)

[Ομοιότητα Στιγμιότυπων 44](#_Toc138177241)

[2.4.4 Περιορισμοί 44](#_Toc138177242)

[owl:someValuesFrom 44](#_Toc138177243)

[owl:allValuesFrom 45](#_Toc138177244)

[owl:hasValue 45](#_Toc138177245)

[2.5 SPARQL 45](#_Toc138177246)

[2.5.1 Δομή ενός SPARQL ερωτήματος 46](#_Toc138177247)

[2.5.2 SELECT και WHERE 47](#_Toc138177248)

[2.5.3 CONSTRUCT 48](#_Toc138177249)

[2.5.4 ASK / DESCRIBE 49](#_Toc138177250)

[2.5.5 Εντολή FILTER 50](#_Toc138177251)

[2.5.6 Εντολή LIMIT 50](#_Toc138177252)

[2.5.7 Εντολή ORDER BY 51](#_Toc138177253)

[2.5.8 Μερικά παραδείγματα 51](#_Toc138177254)

[2.6 Σημασιολογικές Βάσεις Δεδομένων 53](#_Toc138177255)

[2.6.1 Graph Databases 53](#_Toc138177256)

[2.6.1.1 Labeled Property Graph (LPG) 54](#_Toc138177257)

[2.6.1.2 Περιπτώσεις Χρήσης 54](#_Toc138177258)

[2.6.2 RDF Triplestore 55](#_Toc138177259)

[2.6.2.1 Περιπτώσεις Χρήσης 55](#_Toc138177260)

[3.1 Εισαγωγή 59](#_Toc138177261)

[3.1.1 Smartwatches 59](#_Toc138177262)

[3.2 SSN – SOSA: Βασικές Δυνατότητες και Δομές 61](#_Toc138177263)

[3.2.1 Τμηματοποίηση 61](#_Toc138177264)

[3.2.1.1 Vertical Segmentation 62](#_Toc138177265)

[3.2.1.2 Horizontal Segmentation 63](#_Toc138177266)

[3.2.2 Συντακτικό των SSN/SOSA 63](#_Toc138177267)

[3.2.2.1 Παρατηρήσεις (Observations) 63](#_Toc138177268)

[3.2.2.2 Ενεργοποιήσεις (Actuations) 65](#_Toc138177269)

[3.2.2.3 Δειγματοληψία (Sampling) 66](#_Toc138177270)

[3.2.2.4 Χαρακτηριστικά Ενδιαφέροντος και Ιδιότητες 67](#_Toc138177271)

[3.2.2.5 Διαδικασίες και Αποτελέσματα 68](#_Toc138177272)

[3.2.2.6 Συστήματα και Ανάπτυξη τους 69](#_Toc138177273)

[4.1 Περιγραφή Του Προβλήματος 73](#_Toc138177274)

[4.1.1 Επιλογή Dataset 73](#_Toc138177275)

[4.2 Εργαλεία – Frameworks που Χρησιμοποιήθηκαν 74](#_Toc138177276)

[4.3 Αρχιτεκτονική 75](#_Toc138177277)

[4.4 Οντολογία 75](#_Toc138177278)

[4.4.1 Περιγραφή Οντολογίας 75](#_Toc138177279)

[4.4.2 Δημιουργία οντολογίας με owlready2 77](#_Toc138177280)

[4.5 Μετασχηματισμός Δεδομένων 78](#_Toc138177281)

[4.6 Επικύρωση Αποτελεσμάτων 83](#_Toc138177282)

[4.7 Αποθήκευση Δεδομένων 86](#_Toc138177283)

[4.8 Dashboards και παραδείγματα ερωτημάτων 87](#_Toc138177284)

Λίστα Σχημάτων

[Εικόνα 1 - Διαδίκτυο: Δίκτυο Διασυνδεδεμένων Υπολογιστών 29](#_Toc138177285)

[Εικόνα 2 – The Semantic Web Stack 31](#_Toc138177286)

[Εικόνα 3 – 5 star deployment scheme for Open Data 33](#_Toc138177287)

[Εικόνα 4 – Δομή ενός RDF triple 34](#_Toc138177288)

[Εικόνα 5 – Παράδειγμα ενός RDF graph 35](#_Toc138177289)

[Εικόνα 6 – RDF/XML syntax 35](#_Toc138177290)

[Εικόνα 7 – Turtle syntax 36](#_Toc138177291)

[Εικόνα 8 – Turtle syntax με την εφαρμογή των κανόνων 36](#_Toc138177292)

[Εικόνα 9 – SPARQL Endpoint της DBpedia 46](#_Toc138177293)

[Εικόνα 10 – Παράδειγμα SPARQL ερωτήματος 47](#_Toc138177294)

[Εικόνα 11 – Παράδειγμα ερωτήματος SELECT - WHERE 47](#_Toc138177295)

[Εικόνα 12 – Αποτελέσματα ερωτήματος 48](#_Toc138177296)

[Εικόνα 13 – Παράδειγμα CONSTRUCT ερωτήματος 48](#_Toc138177297)

[Εικόνα 14 – Παράδειγμα CONSTRUCT ερωτήματος 49](#_Toc138177298)

[Εικόνα 15 – Αποτελέσματα ερωτήματος 49](#_Toc138177299)

[Εικόνα 16 – Παράδειγμα ASK ερωτήματος 49](#_Toc138177300)

[Εικόνα 17 – Παράδειγμα DESCRIBE ερωτήματος 50](#_Toc138177301)

[Εικόνα 18 – Παράδειγμα χρήσης FILTER 50](#_Toc138177302)

[Εικόνα 19 – Παράδειγμα χρήσης LIMIT 50](#_Toc138177303)

[Εικόνα 20 – Παράδειγμα χρήσης ORDER BY 51](#_Toc138177304)

[Εικόνα 21 – Παράδειγμα LPG 54](#_Toc138177305)

[Εικόνα 22 – Apple Watch Series 8 60](#_Toc138177306)

[Εικόνα 23 – Οι οντολογίες SSN και SOSA με όλες τα κάθετα και οριζόντια modules τους 63](#_Toc138177307)

[Εικόνα 24 – Κλάσεις και σχέσεις των SSN/SOSA σχετικά με τα Observations 64](#_Toc138177308)

[Εικόνα 25 – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με Actuations 65](#_Toc138177309)

[Εικόνα 26 – Κλάσεις και σχέσεις των SSN/SOSA σχετικά με Sampling 66](#_Toc138177310)

[Εικόνα 27 – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με FoT και Properties 67](#_Toc138177311)

[Εικόνα 28 – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με Procedures 68](#_Toc138177312)

[Εικόνα 29 – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με Results 68](#_Toc138177313)

[Εικόνα 30 – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με τα Systems και το Deployment 70](#_Toc138177314)

[Εικόνα 31 – Δείγμα από το επιλεγμένο dataset 74](#_Toc138177315)

[Εικόνα 32 – Δείγμα από τα δεδομένα ύπνου των χρηστών 76](#_Toc138177316)

[Εικόνα 33 – Δημιουργία της οντολογίας 77](#_Toc138177317)

[Εικόνα 34 – Προσθήκη κλάσεων και ιδιοτήτων 78](#_Toc138177318)

[Εικόνα 35 – Αρχείο main.py 78](#_Toc138177319)

[Εικόνα 36 – Συνάρτηση loadData 79](#_Toc138177320)

[Εικόνα 37 – Χρήση pandas για το διάβασμα των αρχείων 79](#_Toc138177321)

[Εικόνα 38 – Διάσχιση του αρχείου ανά γραμμή 80](#_Toc138177322)

[Εικόνα 39 – Δημιουργία στιγμιότυπων τύπου Person 80](#_Toc138177323)

[Εικόνα 40 – Κλήση της κατάλληλης συνάρτησης για το κάθε αρχείο 81](#_Toc138177324)

[Εικόνα 41 – Συνάρτηση loadWeightLogInfo() 82](#_Toc138177325)

[Εικόνα 42 – Συνάρτηση setDateTime() 83](#_Toc138177326)

[Εικόνα 43 – Shape για την κλάση Person 84](#_Toc138177327)

[Εικόνα 44 – Shape για την κλάση Observation 85](#_Toc138177328)

[Εικόνα 45 – Shape για την κλάση Result 85](#_Toc138177329)

[Εικόνα 46 – Επικύρωση της οντολογίας με pyshacl 86](#_Toc138177330)

[Εικόνα 47 – GraphDB 87](#_Toc138177331)

Λίστα Πινάκων

**No table of figures entries found.**

1. Εισαγωγή

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η χρήση τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού για την επεξεργασία και την αναπαράσταση δεδομένων από συσκευές παρακολούθησης δραστηριότητας, ή αλλιώς fitness trackers.

Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι μια έννοια που αναφέρεται στην επέκταση του παγκόσμιου ιστού, πέρα από την απλή απεικόνιση πληροφοριών, προσδίδοντας σημασιολογική σημασία στα δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι οι πληροφορίες που περιέχονται στον Σημασιολογικό Ιστό είναι δομημένες και κατανοητές από τους υπολογιστές, επιτρέποντας τους να κατανοούν το περιεχόμενο και το νόημα των πληροφοριών πέρα από απλές αναζητήσεις κειμένου. Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη βελτίωση της ακρίβειας και της αποδοτικότητας των αναζητήσεων στον ιστό, καθώς μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των αναζητήσεων στον ιστό, να διευκολύνει την αυτόματη κατηγοριοποίηση και ανάλυση πληροφοριών, καθώς και να παρέχει πλούσια και εξατομικευμένη εμπειρία στους χρήστες.

Τα fitness trackers είναι φορητές συσκευές που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τη μέτρηση της σωματικής δραστηριότητας και της υγείας. Συνήθως φοριούνται στον καρπό ή στο σώμα και συλλέγουν δεδομένα όπως οικονομία βημάτων, καρδιακή συχνότητα, ύπνος, κατανάλωση θερμίδων και άλλες παραμέτρους υγείας. Τα δεδομένα αυτά συνήθως συγχρονίζονται με μια εφαρμογή σε smartphone ή τον υπολογιστή του χρήστη για να παρουσιαστούν και να αναλυθούν. Τα fitness trackers μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη παρακολούθηση αλλά και την βελτίωση της υγείας των χρηστών καθώς μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη φυσική τους κατάσταση, να παρακινήσουν την άσκηση και την υγιεινή ζωή, και να βοηθήσουν στην παρακολούθηση και διαχείριση της υγείας και των γυμναστικών στόχων. Η αναπαράσταση των δεδομένων από τα επιλεγμένα fitness trackers στην εργασία θα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να θέτει ερωτήματα πάνω στα δεδομένα, ώστε να βλέπει την πρόοδο των χρηστών και να εξάγει τα συμπεράσματα του σχετικά με την χρήση των συσκευών αυτών.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται εξήχθησαν από ένα δημόσιο dataset με δεδομένα χρηστών που χρησιμοποίησαν κάποια συσκευή παρακολούθησης δραστηριότητας. Μετά την εξαγωγή τους, τα δεδομένα πρέπει να μετασχηματιστούν από το μοντέλο του dataset σε γράφους γνώσης RDF, ώστε να αποθηκευτούν σε μια σημασιολογική βάση δεδομένων. Για την μετατροπή αυτή υλοποιείται μια οντολογία, συμβατή με το μοντέλο SSN-SOSA, που να μπορεί να αναπαραστήσει με κατάλληλο τρόπο τα δεδομένα.

Για την οπτικοποίηση των δεδομένων και την παρουσίαση τους στον χρήστη, κατασκευάστηκε μία Web εφαρμογή με dashboards που επιτρέπει στον χρήστη να θέτει τα ερωτήματα του πάνω στα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσω της γλώσσας SPARQL που καθιστά δυνατή την επικοινωνία των χρηστών με σημασιολογικές βάσεις.

Γενικότερα, ο σκοπός της εργασίας είναι η κατανόηση της έννοιας του Σημασιολογικού Ιστού και η εκμάθηση των βασικών τεχνολογιών της με στόχο να είναι δυνατή η ανάλυση πραγματικών δεδομένων και η εξαγωγή πραγματικών και χρήσιμων συμπερασμάτων.

Η εργασία δομείται σε κεφάλαια ως εξής:

* Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφεται λεπτομερώς η έννοια του Σημασιολογικού Ιστού. Αναλύεται η προέλευση του, ο λόγος που τον χρειαζόμαστε, ο τρόπος χρήσης και διάφορες εφαρμογές του, καθώς και οι βασικές τεχνολογίες του, RDF, OWL, SPARQL και οι σημασιολογικές βάσεις δεδομένων, που χρησιμοποιήθηκαν και στα πλαίσια της εργασίας.
* Στο Κεφάλαιο 3, αρχικά περιγράφεται ο όρος των συσκευών παρακολούθησης δραστηριότητας ή “fitness trackers”. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας καθώς και οι βασικοί τύποι τους. Στη συνέχεια αναλύονται με λεπτομέρεια οι οντολογίες SSN και SOSA. Παρουσιάζονται κάποια βασικά στοιχεία του συντακτικού τους, όπως παρατηρήσεις (observations) και χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος (features of interest), τα οποία χρησιμοποιούνται αργότερα και στην υλοποίηση.
* Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο τρόπος υλοποίησης όλων των σταδίων της εργασίας. Αρχικά περιγράφεται το πρόβλημα και παρουσιάζονται τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση του, καθώς και τα δεδομένα. Στην συνέχεια, αναλύεται η οντολογία που κατασκευάστηκε καθώς και ο τρόπος κατασκευής της με python. Έπειτα, αναλύεται ο μηχανισμός μετασχηματισμού των δεδομένων, ο οποίος διαβάζει τα δεδομένα από τα csv αρχεία, κάνει τις κατάλληλες αλλαγές και τα αποθηκεύει ως τριπλέτες στην οντολογία. Ακολουθεί ο μηχανισμός επικύρωσης των δεδομένων, όπου αναλύονται οι κανόνες που δημιουργήθηκαν σε SHACL για την επικύρωση της οντολογίας και η αποθήκευση των δεδομένων σε μία βάση δεδομένων GraphDB. Τέλος, περιγράφεται η web εφαρμογή που δημιουργήθηκε για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, η οποία υλοποιήθηκε με χρήση τεχνολογιών όπως Angular, NodeJS και ExpressJS.
* Στο Παράρτημα I παρουσιάζονται αλφαβητικά η βιβλιογραφία και οι δικτυακοί τόποι που αναφέρονται στην εργασία.
* Στο Παράρτημα IΙ παρουσιάζονται τα ακρωνύμια τα οποία χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία για την διευκόλυνση του αναγνώστη.
* Στο Παράρτημα IIΙ παρουσιάζεται το γλωσσάριο ξενικών όρων οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία για την διευκόλυνση του αναγνώστη.
* Στο Παράρτημα IV παρουσιάζεται το ευρετήριο των όρων οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία για την διευκόλυνση του αναγνώστη.

1. Σημασιολογικοσ Ιστοσ

ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

# Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο διασυνδεδεμένων υπολογιστών, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας κοινά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Οι χρήστες του Διαδικτύου μπορούν εύκολα και γρήγορα να περιηγηθούν σε μια τεράστια βάση πληροφοριών, να αποστείλουν και να λάβουν αρχεία, να κάνουν χρήση της ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, και γενικά να χρησιμοποιήσουν ένα πλήθος πολυάριθμων υπηρεσιών που έχουν στη διάθεσή τους.

Ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web – WWW) είναι μία από τις βασικές υπηρεσίες του Διαδικτύου. Αποτελείται από το σύνολο των ιστοσελίδων που περιέχονται στους υπολογιστές του Διαδικτύου, οπότε είναι ένα σύνολο πολυμεσικών αρχείων που αποτελούνται από κείμενο, εικόνες, βίντεο, ήχο και όλα τα άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των σημερινών ιστοσελίδων. Αυτά τα μέσα είναι πολύ χρήσιμα για τους ανθρώπους, που μπορούν να τα επεξεργαστούν και να εκτελέσουν διάφορες εργασίες με αυτά, αλλά δεν δίνουν πολλές δυνατότητες στους υπολογιστές. Οι υπολογιστές μπορούν να τα προβάλλουν, να τα απαριθμήσουν, να τα μεταφέρουν αλλά μέχρι εκεί.

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

Εικόνα - Διαδίκτυο: Δίκτυο Διασυνδεδεμένων Υπολογιστών

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί επέκταση του σημερινού Ιστού και έχει ως στόχο να κάνει τα δεδομένα πιο κατανοητά και πιο χρήσιμα για τους υπολογιστές. Ένας τέτοιος ιστός θα διευρύνει τις δυνατότητες του σημερινού ιστού, κάνοντας τον πιο δυναμικό και επεκτείνοντας βασικές λειτουργίες όπως η αναζήτηση και η διασύνδεση δεδομένων, με την χρήση της σημασιολογίας. Η αναζήτηση δε θα περιορίζεται πλέον μόνο στην εύρεση λέξεων κλειδιών, αλλά θα μπορεί να γίνει πιο σημασιολογική, ψάχνοντας για συνώνυμα, λαμβάνοντας υπόψη τα συμφραζόμενα και τον σκοπό του ερωτήματος.

## Ιστορική Αναδρομή

Ένα Σημασιολογικό Δίκτυο αποτελεί μια βάση γνώσης που αντιπροσωπεύει τις σημασιολογικές σχέσεις μεταξύ των εννοιών που ανήκουν σε αυτό. Η έννοια του σημασιολογικού δικτύου διαμορφώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 από ερευνητές όπως ο γνωστικός επιστήμονας Allan M. Collins, ο γλωσσολόγος M. Ross Quillian και η ψυχολόγος Elizabeth F. Loftus ως μορφή αναπαράστασης σημασιολογικά δομημένης γνώσης. Όταν εφαρμόζεται στο πλαίσιο του σύγχρονου Διαδικτύου, επεκτείνει το δίκτυο των συνδεδεμένων, αναγνώσιμων από τον άνθρωπο, ιστοσελίδων εισάγοντας μεταδεδομένα, τα οποία είναι δεδομένα που γίνονται κατανοητά από τον υπολογιστή και περιγράφουν τις σελίδες και το πώς σχετίζονται μεταξύ τους. Αυτό επιτρέπει στους αυτοματοποιημένους πράκτορες να έχουν πιο έξυπνη πρόσβαση στον Ιστό και να εκτελούν περισσότερες και πιο πολύπλοκες εργασίες για λογαριασμό των χρηστών. Η έννοια αυτή έδωσε την βάση για την μετέπειτα θεμελίωση του Σημασιολογικού Ιστού.

Ο όρος «Σημασιολογικός Ιστός» επινοήθηκε από τον Tim Berners-Lee, τον εφευρέτη του Παγκόσμιου Ιστού και διευθυντή της Κοινοπραξίας του Παγκόσμιου Ιστού (“W3C”), η οποία επιβλέπει την ανάπτυξη των προτεινόμενων προτύπων του Σημασιολογικού Ιστού. Ορίζει τον Σημασιολογικό Ιστό ως «έναν ιστό δεδομένων που μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία άμεσα και έμμεσα από μηχανές». [1]

Ο Berners-Lee είχε οραματιστεί τον Σημασιολογικό Ιστό τουλάχιστον το 1994, μόλις λίγα χρόνια αφότου άρχισε να αναπτύσσει το WWW το 1989. Αποκάλυψε την ιδέα του για τον Σημασιολογικό Ιστό στο Πρώτο Διεθνές Συνέδριο WWW, που πραγματοποιήθηκε το 1994, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του W3C.

Όπως το είδε ο Berners-Lee, τα δύο κλειδιά για την ανάπτυξη ενός πραγματικά χρήσιμου αποθετηρίου πληροφοριών απαιτούσαν τη συμπερίληψη μεταδεδομένων ή πληροφοριών σχετικά με τις πληροφορίες που βρίσκονται στον Ιστό, που θα μπορούσαν να διαβαστούν και να «κατανοηθούν» από τις μηχανές, καθώς και την επισύναψη «αξιών» σε υπερσυνδέσμους που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι υπολογιστές για να κατευθύνουν αναζητήσεις.

Με την δημιουργία του W3C ξεκίνησαν να αναπτύσσονται όλα τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιούνταν έπειτα για την υλοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού.

Το 1998 κυκλοφόρησε η πρώτη έκδοση της XML[[1]](#footnote-1) (eXtensible Markup Language). Η XML παρέχει μια στοιχειώδη σύνταξη για τη δομή του περιεχομένου μέσα στα έγγραφα. Παρέχει την δυνατότητα για την προσθήκη σημασιολογίας στα αντικείμενα του εγγράφου, ωστόσο δεν τη συσχετίζει με την πραγματική έννοια του περιεχομένου που περιέχεται μέσα, υπάρχει απλά για την διευκόλυνση του αναγνώστη και την ύπαρξη δομής στο έγγραφο. Η XML δεν αποτελεί πλέον απαραίτητο συστατικό των τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού στις περισσότερες περιπτώσεις, καθώς υπάρχουν εναλλακτικά συντακτικά, όπως το Turtle [[2]](#footnote-2).

Το 1999 κυκλοφόρησε η πρώτη έκδοση της RDF[[3]](#footnote-3) (Resource Description Framework). Αποτελεί το θεμελιώδες πρότυπο του Σημασιολογικού Ιστού. Είναι μια απλή γλώσσα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή διασυνδεδεμένων δεδομένων. Ένα μοντέλο που βασίζεται σε RDF μπορεί να αναπαρασταθεί με μία ποικιλία συντακτικών, όπως RDF/XML ή Turtle. Αργότερα, δημιουργήθηκαν και άλλα πρότυπα βασισμένα στην RDF, τα οποία επέκτειναν όλο και περισσότερο τις δυνατότητες και την εκφραστικότητα της γλώσσας, όπως η RDFS[[4]](#footnote-4) (RDF-Schema) και η OWL[[5]](#footnote-5) (Web Ontology Language). Στην Εικόνα 2 βλέπουμε την δομή του ΣΙ όσον αφορά τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να τον υλοποιήσουν.

Diagram

Description automatically generated

Εικόνα 2 – The Semantic Web Stack

## Βασικές Έννοιες του Σημασιολογικού Ιστού

Ο Σημασιολογικός Ιστός (ή Ιστός των Δεδομένων, όπως γίνεται γνωστός τα τελευταία χρόνια) ακολουθεί διαφορετικές αρχές σχεδιασμού, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

* Καθιστά δομημένα και ημι-δομημένα δεδομένα διαθέσιμα σε τυποποιημένες μορφές στον Ιστό.
* Καθιστά, όχι μόνο τα σύνολα δεδομένων, αλλά και τα μεμονωμένα δεδομένα-στοιχεία και τις σχέσεις τους προσβάσιμες στον Ιστό και,
* Περιγράφει την σημασιολογία αυτών των δεδομένων με φορμαλισμό, ώστε η σημασιολογία που επιδιώκεται να είναι επεξεργάσιμη από τις μηχανές. [2]

Οι αρχές σχεδιασμού που αναφέρθηκαν επιτυγχάνονται με τη χρήση διάφορων βασικών τεχνολογιών που χαρακτηρίζουν τον Σημασιολογικό Ιστό και ταυτόχρονα τον διαφοροποιούν από τον υπάρχοντα Ιστό.

Ο Σημασιολογικός Ιστός χρησιμοποιεί:

* Γραφήματα με ετικέτα (labeled graphs) [3] ως μοντέλο για τα αντικείμενα και τις σχέσεις τους. Τα αντικείμενα αποτελούν τους κόμβους του γραφήματος και οι ακμές τις σχέσεις μεταξύ τους. Για την αναπαράσταση αυτών των γράφων χρησιμοποιείται η γλώσσα RDF.
* Uniform Resource Identifiers, ή αλλιώς URIs [4], τα οποία είναι αναγνωριστικά που καθορίζουν μοναδικά ένα αντικείμενο του σημασιολογικού ιστού.
* Οντολογίες ως μοντέλο για την τυπική αναπαράσταση της επιδιωκόμενης σημασιολογίας των δεδομένων. Τεχνολογίες όπως η RDF Schema (RDFS) ή OWL χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των οντολογιών, χρησιμοποιώντας URIs για την αναπαράσταση των τύπων και των ιδιοτήτων τους.

## Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Data)

Αποτελεί θεμελιώδη έννοια του Σημασιολογικού Ιστού. Αποτελούν δομημένα δεδομένα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους, ώστε να γίνονται πιο χρήσιμα με την εκτέλεση σημασιολογικών ερωτημάτων. Βασίζονται σε τυπικές τεχνολογίες όπως HTTP, RDF και URI, και τις χρησιμοποιούν ώστε να γίνεται διαμοιρασμός των πληροφοριών με τρόπο που να μην εξυπηρετεί μόνο τους χρήστες, αλλά και τους υπολογιστές. Μέρος του οράματος των διασυνδεδεμένων δεδομένων είναι να γίνει το Διαδίκτυο μια παγκόσμια βάση δεδομένων.

Η έννοια επινοήθηκε και πάλι από τον Tim Berners-Lee, ο οποίος ανέφερε και τέσσερις βασικές αρχές σχετικά με την χρήση των διασυνδεδεμένων δεδομένων [5]:

1. Πρέπει να γίνεται χρήση των URI για την ονομασία και την αναγνώριση μεμονωμένων πόρων.
2. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται HTTP URIs για να επιτρέπεται η αναζήτηση και η ερμηνεία αυτών των πόρων.
3. Χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τον πόρο που προσδιορίζεται θα πρέπει να γίνονται διαθέσιμες μέσω ανοιχτών προτύπων όπως RDF και SPARQL.
4. Κατά την δημοσίευση δεδομένων στον Ιστό, όλες οι αναφορές σε άλλους πόρους θα πρέπει να γίνονται χρησιμοποιώντας τα HTTP URIs των πόρων.

### Ανοιχτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα

Τα Ανοικτά Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (ΑΔΔ) είναι Διασυνδεδεμένα Δεδομένα που κυκλοφορούν με ανοιχτή άδεια, η οποία δεν εμποδίζει την επαναχρησιμοποίησή τους δωρεάν.

Ο Tim Berners-Lee πρότεινε ένα σχέδιο 5 αστέρων για την βαθμολόγηση των ανοιχτών δεδομένων που δημοσιεύονται στον Ιστό, με την υψηλότερη βαθμολογία να αποτελούν τα ΑΑΔ. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα για κάθε βαθμό:

* 1 αστέρι: Δεδομένα που είναι διαθέσιμα στον Ιστό σε οποιαδήποτε μορφή, για παράδειγμα PDF.
* 2 αστέρια: Δεδομένα που είναι διαθέσιμα στον Ιστό σε οποιαδήποτε δομημένη μορφή, για παράδειγμα σε μορφή αρχείου Microsoft Excel (.xls).
* 3 αστέρια: Δεδομένα που είναι διαθέσιμα στον Ιστό σε μη ιδιόκτητη δομημένη μορφή, για παράδειγμα CSV αντί για Excel.
* 4 αστέρια: Δεδομένα που ακολουθούν τα πρότυπα της W3C, όπως χρήση RDF και URIs.
* 5 αστέρια: Όλα τα προηγούμενα, με επιπλέον προσθήκη συνδέσμων προς άλλες πηγές Ανοικτών Συνδεδεμένων Δεδομένων.

Στην Εικόνα 4 δίνεται και μία οπτική απεικόνιση αυτού του σχεδίου. Όπως φαίνεται, η μορφή των δεδομένων αλλάζει και γίνεται πιο δομημένη όσο ανεβαίνουμε επίπεδο.

Timeline

Description automatically generated

Εικόνα 3 – 5 star deployment scheme for Open Data[[6]](#footnote-6)

# Resource Description Framework (RDF)

Η RDF αποτελεί το θεμελιώδες μοντέλο για την αναπαράσταση και τη διαχείριση δεδομένων στον Σημασιολογικό Ιστό. Έχει χαρακτηριστικά που διευκολύνουν την αναπαράσταση κατανεμημένης πληροφορίας καθώς και τη συγχώνευση δεδομένων ακόμα και αν τα υποκείμενα σχήματα διαφέρουν. Επίσης, καθιστά εύκολη την εξέλιξη των σχημάτων με την πάροδο του χρόνου χωρίς να απαιτείται αλλαγή των υπαρχόντων δεδομένων.

Επεκτείνει τη δομή σύνδεσης του Ιστού, δίνοντας ένα URI στη σχέση που συνδέει δύο πόρους, καθώς και στους δύο πόρους που συνδέονται. Η διαδικασία αυτή αποτελεί τον βασικό τρόπο αναπαράστασης των δεδομένων της RDF και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας RDF τριπλέτας (RDF triple). Η τριπλέτα είναι η ατομική οντότητα δεδομένων της RDF. Όπως υποδηλώνει το όνομα της, είναι ένα σύνολο τριών οντοτήτων που κωδικοποιεί μια δήλωση σχετικά με κάποια σχέση μεταξύ σημασιολογικών δεδομένων.

Αποτελείται από τρία μέρη:

* Υποκείμενο (subject)
* Κατηγόρημα (predicate)
* Αντικείμενο (object)

Text

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – Δομή ενός RDF triple

Η RDF στην ουσία είναι ένας κατευθυνόμενος γράφος. Κάθε τριπλέτα είναι μια ακμή που συνδέει το subject με το object μέσω του predicate. Παράδειγμα ενός RDF γράφου φαίνεται στην Εικόνα 6. Όλοι οι πόροι που είναι διαθέσιμοι στην οντολογία βρίσκονται στα μπλε πλαίσια και συνδέονται μεταξύ τους μέσω των ακμών. Έτσι, δημιουργούνται διάφορα RDF triples, με το subject και το object να καθορίζονται από την κατεύθυνση των ακμών και με predicate το label της αντίστοιχης ακμής. Τα πράσινα πλαίσια αποτελούν σταθερές τιμές, όπως συμβολοσειρές ή ημερομηνίες. Για παράδειγμα, μία τριπλέτα που μπορούμε να εξάγουμε από τον παρακάτω γράφο, κοιτώντας στο πάνω αριστερά μέρος του, είναι η:

**:The\_Beatles rdf:type :Band**

Ο λόγος που μπορούμε να εξάγουμε αυτή τη τριπλέτα είναι επειδή οι δύο κόμβοι :The\_Beatles και :Band συνδέονται μέσω μίας ακμής η οποία έχει label rdf:type. Οπότε, το predicate είναι το rdf:type, και κοιτώντας την κατεύθυνση της ακμής, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το subject είναι ο πόρος :The\_Beatles και το object ο πόρος :Band.

Diagram

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα ενός RDF graph[[7]](#footnote-7)

## Σύνταξη της RDF

Υπάρχουν διάφορα συντακτικά για την σειριοποίηση ενός RDF γράφου σε κείμενο. Ένας τρόπος είναι η σειριοποίηση βασισμένη σε XML, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7:

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Εικόνα – RDF/XML syntax

Όπως φαίνεται όμως, δεν είναι και τόσο φιλική για τον άνθρωπο, για αυτό έχει αντικατασταθεί πλήρως με τη σειριοποίηση Turtle.

Στην Turtle, η κάθε τριπλέτα καταλαμβάνει μία γραμμή, παραθέτοντας το υποκείμενο, το κατηγόρημα και το αντικείμενο χωρισμένα με κενό και προσθέτοντας μια τελεία (“.”) στο τέλος. Παράδειγμα χρήσης του Turtle syntax φαίνεται στην Εικόνα 7, όπου βλέπουμε την σύνταξη 10 τριπλετών.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Εικόνα – Turtle syntax

Ένα μειονέκτημα που βλέπουμε στην απεικόνιση αυτή είναι η επανάληψη όρων. Η επανάληψη των υποκειμένων και των κατηγορημάτων για κάθε τριπλέτα περιπλέκει το συντακτικό και μειώνει την αναγνωσιμότητα του. Για αυτόν τον λόγο, η Turtle περιέχει κάποιες συντακτικές λειτουργίες που μειώνουν τις επαναλήψεις των ίδιων όρων και την κάνουν πιο ευανάγνωστη:

* Αν δύο τριπλέτες έχουν κοινό υποκείμενο, τότε η πρώτη τριπλέτα τερματίζεται με ερωτηματικό (‘;’) και το υποκείμενο της επόμενης τριπλέτας μπορεί να παραλειφθεί.
* Αν δύο τριπλέτες έχουν κοινό υποκείμενο και κατηγόρημα τότε μπορούν να γραφτούν ως μία τριπλέτα, χωρίζοντας τα αντικείμενα με κόμμα, χωρίς να γίνεται επανάληψη του υποκειμένου και του κατηγορήματος.
* Το **rdf:type** χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον τύπο ενός πόρου, και μπορεί να αντικατασταθεί με το γράμμα a.

Εφαρμόζοντας αυτούς τους κανόνες προκύπτει ένα πιο απλό και ευανάγνωστο αποτέλεσμα.

Graphical user interface, application, Word

Description automatically generated

Εικόνα – Turtle syntax με την εφαρμογή των κανόνων

# RDF Schema (RDFS)

Είναι μια σημασιολογική επέκταση της RDF. Επεκτείνει το βασικό λεξιλόγιο της RDF δίνοντας έτσι περισσότερες δυνατότητες μοντελοποίησης και παρέχει μηχανισμούς για την περιγραφή ομάδων σχετικών πόρων καθώς και των σχέσεων μεταξύ αυτών των πόρων.

Το σύστημα κλάσεων και ιδιοτήτων της RDFS είναι παρόμοιο με τα συστήματα των αντικειμενοστραφών γλωσσών προγραμματισμού όπως η Java. Το RDF Schema διαφέρει από πολλά τέτοια συστήματα στο ότι αντί να ορίζει μια κλάση ως προς τις ιδιότητες που μπορεί να έχουν τα στιγμιότυπά της, περιγράφει ιδιότητες ως προς τις κατηγορίες πόρων στις οποίες εφαρμόζονται. Αυτός είναι ο ρόλος των μηχανισμών domain και range που θα περιγραφούν.

Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να ορίσουμε την ιδιότητα eg:author ώστε να έχει domain ένα eg:Document και εύρος eg:Person, ενώ ένα κλασικό αντικειμενοστραφές σύστημα μπορεί συνήθως να ορίζει μια κλάση eg:Book με ένα χαρακτηριστικό που ονομάζεται eg:author τύπου π.χ.: eg:Person.

## Λεξιλόγιο της RDFS

### Κλάσεις

**rdfs:Resource**

* Όλα τα αντικείμενα που περιγράφονται με RDF καλούνται πόροι (resources) και ανήκουν στην κλάση Resource.
* Είναι η κλάση που περιλαμβάνει τα πάντα. Όλες οι άλλες κλάσεις είναι υποκλάσεις της.

**rdfs:Class**

* Περιλαμβάνει όλους τους πόρους που είναι κλάσεις.
* Μία κλάση προσδιορίζει ένα σύνολο ομοειδών οντοτήτων, δηλαδή οντότητες που μοιράζονται τις ίδιες ιδιότητες και χαρακτηριστικά.
* Χρήση του **rdf:type** για να δώσω τύπο σε έναν πόρο.

**rdf:Property**

* Η κλάση των RDF ιδιοτήτων.

### Ιδιότητες

**rdf:type**

* Αποτελεί στιγμιότυπο της rdf:Property και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι ένας πόρος είναι στιγμιότυπο μίας κλάσης.
* Μια τριπλέτα της μορφής **R rdf:type C** δηλώνει ότι το **C** είναι στιγμιότυπο της rdfs:Class και ότι το **R** είναι στιγμιότυπο της κλάσης **C**.
* Ανήκει στο βασικό λεξιλόγιο της RDF.

**rdfs:domain**

* Αποτελεί στιγμιότυπο της rdf:Property και εφαρμόζεται σε ιδιότητες. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι οι πόροι που έχουν κάποια ιδιότητα είναι στιγμιότυπα μίας ή παραπάνω κλάσεων.
* Μια τριπλέτα της μορφής **P rdfs:domain C** δηλώνει ότι:
  + **P** είναι στιγμιότυπο της rdf:Property.
  + **C** είναι στιγμιότυπο της rdfs:Class.
  + Οι πόροι στους οποίους αντιστοιχούν τα υποκείμενα των τριπλετών που έχουν ως κατηγόρημα το **P** είναι στιγμιότυπα της κλάσης **C**.
* Όταν μια ιδιότητα P έχει περισσότερα από ένα rdfs:domain, τότε οι πόροι που συμβολίζονται από τα υποκείμενα των τριπλετών με κατηγόρημα P είναι στιγμιότυπα όλων των κλάσεων που δηλώνονται από τα rdfs:domain.

**rdfs:range**

* Αποτελεί στιγμιότυπο της rdf:Property και χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι οι τιμές μιας ιδιότητας είναι στιγμιότυπα μίας ή περισσότερων κλάσεων.
* Μια τριπλέτα της μορφής **P rdfs:domain C** δηλώνει ότι:
  + **P** είναι στιγμιότυπο της rdf:Property.
  + **C** είναι στιγμιότυπο της rdfs:Class.
  + Οι πόροι στους οποίους αντιστοιχούν τα αντικείμενα των τριπλετών που έχουν ως κατηγόρημα το **P** είναι στιγμιότυπα της κλάσης **C**.
* Όταν μια ιδιότητα P έχει περισσότερα από ένα rdfs:range, τότε οι πόροι που συμβολίζονται από τα αντικείμενα των τριπλετών με κατηγόρημα P είναι στιγμιότυπα όλων των κλάσεων που δηλώνονται από τα rdfs:range.

Οι δύο αυτές ιδιότητες ουσιαστικά αντιστοιχούν στις έννοιες του πεδίου ορισμού και πεδίου τιμών που είναι γνωστές από τα μαθηματικά.

Έστω ότι έχουμε τις τριπλέτες:

**:takesCourse rdfs:domain :Student**

**:takesCourse rdfs:range :Course**

**:Andreas :takesCourse :SemanticWeb**

Με βάση τη σημασιολογία των ιδιοτήτων domain και range, εξάγονται αυτόματα οι ακόλουθες τριπλέτες ως συμπεράσματα:

**:Andreas rdf:type :Student**

**:SemanticWeb rdf:type :Course**

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα domain και range δεν αποτελούν περιορισμούς, καθώς στην RDFS δεν γίνεται να απαγορευτεί σε κάποιο στιγμιότυπο να είναι μέλος μιας κλάσης.

Χρησιμοποιούνται απλά για την περιγραφή του σχήματος και δεν μπορούν να εγγυηθούν την εγκυρότητα του αποτελέσματος.

**rdfs:subClassOf**

* Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία κλάση είναι υποκλάση μίας άλλης, οπότε και όλα τα στιγμιότυπα της υποκλάσης θα ανήκουν και στην ανώτερη κλάση.
* Μπορούμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε αυτή την ιδιότητα για να δημιουργήσουμε μία ιεραρχία μεταξύ των κλάσεων.
* Μια τριπλέτα της μορφής **C1 rdfs:subClassOf C2** δηλώνει ότι:
  + **C1** και **C2** είναι στιγμιότυπα της rdfs:Class.
  + Η κλάση **C1** είναι υποκλάση της **C2**, άρα όλα τα στιγμιότυπα της **C1** θα είναι και στιγμιότυπα της **C2**.
* Είναι μεταβατική ιδιότητα.
* Για παράδειγμα, αν έχουμε τις ακόλουθες τριπλέτες:

**:MobaGame rdfs:subClassOf :MultiplayerGame**

**:MultiplayerGame rdfs:subClassOf :Videogame**

**:LeagueOfLegends rdf:type :MobaGame**

Τότε θα προκύψουν τα ακόλουθα ως συμπέρασμα της μεταβατικότητας:

**:LeagueOfLegends rdf:type :MultiplayerGame**

**:LeagueOfLegends rdf:type :Videogame**

**rdfs:subPropertyOf**

* Αντίστοιχα, χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι μία ιδιότητα είναι υπο-ιδιότητα μίας άλλης. Ως αποτέλεσμα, οι πόροι που συσχετίζονται μέσω κάποιας ιδιότητας, θα συσχετίζονται και μέσω της ανώτερης ιδιότητας.
* Για παράδειγμα:
  + :brother rdfs:subPropertyOf :relative
  + Άρα, οι πόροι που συσχετίζονται με την ιδιότητα :brother θα συσχετίζονται και με την ιδιότητα :relative.
* Είναι μεταβατική ιδιότητα.

**rdfs:label**

* Χρησιμοποιείται για να δώσει ένα όνομα σε κάθε πόρο.
* Οι πόροι στον ΣΙ καθορίζονται από τα URIs, τα οποία συνήθως δεν είναι φιλικά για τον άνθρωπο. [3]

# Web Ontology Language (OWL)

Η OWL είναι μία γλώσσα για την δημιουργία και αναπαράσταση οντολογιών στον Σημασιολογικό Ιστό. Αποτελεί πρότυπο του W3C και έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την RDF και την RDFS, για να επιτρέπει τη δημιουργία πιο περίπλοκων, εκφραστικών και κλιμακωτών οντολογιών.

Μια οντολογία είναι μια επίσημη περιγραφή των εννοιών και των σχέσεων σε έναν συγκεκριμένο τομέα. Η OWL παρέχει ένα πλούσιο σύνολο δομών για την αναπαράσταση οντολογιών, το οποίο συμπεριλαμβάνει έννοιες όπως κλάσεις, ιδιότητες, στιγμιότυπα και τις σχέσεις μεταξύ τους. Η OWL παρέχει επίσης μια επίσημη σημασιολογία, βασισμένη στη λογική περιγραφής, η οποία επιτρέπει την αυτοματοποιημένη συλλογιστική και τον έλεγχο λογικής συνέπειας των οντολογιών.

## Διαφορές με RDFS

Ενώ τόσο η RDFS όσο και η OWL χρησιμοποιούνται για την μοντελοποίηση και την αναπαράσταση γνώσης στον ΣΙ, υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές μεταξύ των δύο γλωσσών:

1. **Εκφραστικότητα**: Η OWL είναι πιο εκφραστική από την RDFS, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να αντιπροσωπεύει πιο σύνθετες σχέσεις μεταξύ οντοτήτων. Δίνει περισσότερες και πιο προηγμένες δυνατότητες μοντελοποίησης εννοιών, όπως ο καθορισμός σύνθετων ιεραρχιών κλάσεων, η δυνατότητα ορισμού περιορισμών, και πολλά άλλα.
2. **Λεξιλόγιο**: Η OWL έχει μεγαλύτερο λεξιλόγιο από την RDFS, με περισσότερες προκαθορισμένες κλάσεις και ιδιότητες διαθέσιμες. Αυτό διευκολύνει τη δημιουργία οντολογιών χωρίς να χρειάζεται να οριστεί κάθε έννοια και ιδιότητα από την αρχή.
3. **Συλλογιστική**: Η OWL υποστηρίζει πιο προηγμένες δυνατότητες συλλογιστικής από την RDFS, συμπεριλαμβανομένων πιο εξελιγμένων δυνατοτήτων εξαγωγής συμπερασμάτων. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα που βασίζονται σε OWL μπορούν να εξάγουν καλύτερα και πιο περίπλοκα συμπεράσματα από τα δεδομένα έναντι των συστημάτων που βασίζονται σε RDFS.
4. **Τυπική Σημασιολογία**: Η OWL έχει μία επίσημη και καλά ορισμένη σημασιολογία που επιτρέπει την ύπαρξη αυτοματοποιημένης συλλογιστικής και ελέγχου λογικών ασυνεπειών, γεγονός το οποίο διασφαλίζει ότι οι οντολογίες είναι απαλλαγμένες από αντιφάσεις και ασυνέπειες. Η RDFS, από την άλλη, δεν έχει επίσημη σημασιολογία και είναι λιγότερο κατάλληλη για αυτοματοποιημένο συλλογισμό και ελέγχους ασυνεπειών.
5. **Περιπτώσεις Χρήσης**: Η OWL χρησιμοποιείται συχνά για πιο σύνθετες εφαρμογές που απαιτούν πιο προηγμένες δυνατότητες μοντελοποίησης και συλλογισμού, όπως βιοϊατρικές οντολογίες ή για την ενοποίηση επιστημονικών δεδομένων. Από την άλλη, η RDFS χρησιμοποιείται κυρίως για απλούστερες εφαρμογές που απαιτούν βασικές δυνατότητες μοντελοποίησης, όπως η περιγραφή και η κατηγοριοποίηση πόρων του ιστού.

## Τύποι Ιδιοτήτων

Το λεξιλόγιο της OWL μας επιτρέπει να ορίσουμε ιδιότητες που μοντελοποιούν διάφορες βασικές μαθηματικές σχέσεις. Οι ιδιότητες αυτές αυξάνουν κατά πολύ τις δυνατότητες συμπερασμού και δίνουν περισσότερο βάθος στην οντολογία.

Αντίστροφες Ιδιότητες

Χρήση της ιδιότητας **owl:inverseOf** για να δηλώσουμε ότι δύο ιδιότητες είναι αντίστροφες.

Στα μαθηματικά, η αντιστροφή μιας συνάρτησης f είναι μια συνάρτηση για την οποία ισχύει ότι, αν f(x)=y, τότε f-1(y)=x. Ομοίως στην OWL, η αντιστροφή μιας ιδιότητας είναι μια άλλη ιδιότητα που αντιστρέφει τη φορά της πρώτης. [2]

Η έννοια αυτή γίνεται εύκολα κατανοητή με ένα παράδειγμα. Αν έχουμε τις παρακάτω τριπλέτες:

**:Tolkien :wrote :LordOfTheRings .**

**:wrote owl:inverseOf :writtenBy .**

Τότε θα καταλήξουμε μέσω συμπερασμού στο ότι

**:LordOfTheRings :writtenBy :Tolkien**

Συμμετρικές Ιδιότητες

Το owl:inverseOf συσχετίζει μία ιδιότητα με κάποια άλλη. Η περίπτωση που αυτές οι δύο ιδιότητες είναι ίδιες είναι τόσο συχνή ώστε να υπάρχει επιπλέον λεξιλόγιο για να την μοντελοποιεί: **owl:SymmetricProperty**. [6] Αποτελεί πτυχή μιας ιδιότητας και εκφράζεται στην OWL ως κλάση.

Εκφράζουμε ότι μια ιδιότητα είναι συμμετρική όπως εκφράζουμε και την ιδιότητα μέλους σε μία κλάση. Δηλαδή:

**:P rdf:type owl:SymmetricProperty .**

Παράδειγμα συμμετρικής ιδιότητας:

**bio:married rdf:type owl:SymmetricProperty**

Καθώς θέλουμε να υπάρχει η συσχέτιση married μεταξύ και των δύο προσώπων ως subjects. Οπότε, αν

**:x bio:married :y,** τότε ισχύει και

**:y bio:married :x.**

Μεταβατικές Ιδιότητες

Η έννοια της μεταβατικότητας στα μαθηματικά περιγράφεται ως εξής:

* Αν A => B και B => C, τότε A => C

Στην OWL η έννοια αυτή περιγράφεται με το δομικό στοιχείο **owl:TransitiveProperty.**

**:P rdf:type owl:TransitiveProperty .**

Τυπικό παράδειγμα μεταβατικής ιδιότητας αποτελεί η σχέση προγόνου-απογόνου. Στην OWL λοιπόν, θα μπορούσε να μοντελοποιηθεί προσθέτοντας στην οντολογία την τριπλέτα:

**:hasAncestor rdf:type owl:TransitiveProperty .**

Για περισσότερη ευελιξία θα μπορούσαμε να δηλώσουμε και την αντίστροφη ιδιότητα:

:**hasAncestor owl:inverseOf :ancestorOf .**

Οπότε, αν

**:x bio:hasAncestor :y,** και

**:y bio:hasAncestor :z,** τότε ισχύει και

**:x bio:hasAncestor :z**.

Συναρτησιακές Ιδιότητες

Βασίζεται στην έννοια της συνάρτησης στα μαθηματικά, όπου κάθε συνάρτηση για μία τιμή της εισόδου μας δίνει μόνο μία τιμή ως έξοδο. Έτσι και στην OWL, μια συναρτησιακή ιδιότητα μπορεί να έχει μία μόνο τιμή για κάθε μεμονωμένο στιγμιότυπο.

**:P rdf:type owl:FunctionalProperty .**

Συχνά παραδείγματα αποτελούν ιδιότητες όπως hasMother ή hasBirthplace οι οποίες λαμβάνουν μία μόνο τιμή για κάθε στιγμιότυπο.

Μια επιπλέον δυνατότητα που δίνουν οι συναρτησιακές ιδιότητες, η οποία τις καθιστά πολύ χρήσιμες στην OWL, είναι η εύρεση ομοιότητας. Στην περίπτωση που μία συναρτησιακή ιδιότητα παίρνει δύο τιμές για κάποιο στιγμιότυπο, η OWL θα θεωρήσει ότι οι δύο αυτές τιμές είναι ίδιες. Για παράδειγμα, αν έχουμε τις παρακάτω τριπλέτες:

**lit:Tolkien fam:hasMother bio:MabelTolkien .**

**lit:Tolkien fam:hasMother bio:MabelSuffield .**

**fam:hasMother rdf:type owl:FunctionalProperty .**

Τότε από τον ορισμό της συναρτησιακής ιδιότητας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα δύο objects είναι ισοδύναμα:

**bio:MabelTolkien owl:sameAs bio:MabelSuffield .**

Αντίστροφες Συναρτησιακές Ιδιότητες

Έχουν ρόλο αντίστοιχο του πεδίου κλειδιού σε μία σχεσιακή βάση δεδομένων, δηλαδή αντιστοιχεί μία τιμή μίας ιδιότητας σε μία μόνο οντότητα.

Στη περίπτωση όμως που βρεθούν δύο οντότητες που μοιράζονται την ίδια τιμή σε μία αντίστροφη συναρτησιακή ιδιότητα, η OWL δε θα εμφανίσει κάποιο μήνυμα λάθους, αλλά θα θεωρήσει ότι οι δύο οντότητες είναι ισοδύναμες. Οπότε, όπως οι συναρτησιακές ιδιότητες, και οι αντίστροφες τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαπίστωση ομοιότητας και είναι συνήθως το κύριο δομικό στοιχείο που χρησιμοποιείται για τον λόγο αυτό.

**:P rdf:type owl:InverseFunctionalProperty .**

Συχνό παράδειγμα κάποιας αντίστροφης συναρτησιακής ιδιότητας αποτελούν οι αναγνωριστικοί αριθμοί (αριθμός ταυτότητας, ΑΦΜ, κτλ.) καθώς ένα ID αντιστοιχεί σε ένα μοναδικό πρόσωπο.

## Ισοδυναμία

Στην παρουσίαση των συναρτησιακών ιδιοτήτων έγινε αναφορά στην έννοια της ισοδυναμίας μεταξύ πόρων.

Όπως έχουμε πει, η RDF παρέχει έναν καθολικό τρόπο ταυτοποίησης των πόρων με τη χρήση των URIs. Αυτό καθιστά δυνατή την αναφορά σε μία απλή οντότητα με κατανεμημένο τρόπο. Αν όμως θέλουμε να συγχωνεύσουμε πληροφορίες από πολλαπλές πηγές, μπορεί η ίδια οντότητα να αναφέρεται με διαφορετικά URIs. Στη περίπτωση αυτή θα θέλαμε να συμπεράνουμε κάπως ότι οι δύο αυτές οντότητες είναι ισοδύναμες. Η OWL μας δίνει αυτή τη δυνατότητα με μία πληθώρα εννοιών ισοδυναμίας.

Ισοδυναμία Κλάσεων

Όταν δύο κλάσεις είναι γνωστό ότι έχουν πάντα τα ίδια μέλη, τότε λέμε ότι είναι ισοδύναμες. Η έννοια της ισοδυναμίας είναι κάτι που θα μπορούσαμε να ορίσουμε και στην RDFS, απλά με έναν πιο έμμεσο τρόπο, χρησιμοποιώντας την ιδιότητα rdfs:subClassOf. Για παράδειγμα, οι παρακάτω δύο τριπλέτες μας δίνουν το συμπέρασμα ότι οι κλάσεις Analyst και Researcher είναι ισοδύναμες:

**:Analyst rdfs:subClassOf :Researcher .**

**:Researcher rdfs:subClassOf :Analyst .**

Πράγματι θα είναι ισοδύναμες καθώς όλα τα στιγμιότυπα της κλάσης Analyst θα γίνονται και στιγμιότυπα της κλάσης Researcher και αντίστροφα.

Η OWL μας δίνει έναν άμεσο τρόπο για τον ορισμό της ισοδυναμίας μεταξύ κλάσεων, με το δομικό στοιχείο **owl:equivalentClass**. Οπότε, το παραπάνω παράδειγμα με χρήση της OWL θα γραφόταν:

**:Analyst owl:equivalentClass :Researcher .**

Ισοδυναμία Ιδιοτήτων

Με παρόμοιο τρόπο λειτουργεί και η ισοδυναμία μεταξύ ιδιοτήτων. Στην RDFS μπορούσαμε να την ορίσουμε έμμεσα με αντίστοιχο τρόπο χρησιμοποιώντας την ιδιότητα rdfs:subPropertyOf. Για παράδειγμα:

**:bought rdfs:subPropertyOf :purchased**

**:purchased rdfs:subPropertyOf :bought**

Με αυτό τον τρόπο στην RDFS ορίζουμε ότι οι ιδιότητες bought και purchased είναι ισοδύναμες. Στην OWL θα μπορούσαμε να το ορίσουμε άμεσα χρησιμοποιώντας την ιδιότητα **owl:equivalentProperty**

**:bought owl:equivalentProperty :purchased**

Ομοιότητα Στιγμιότυπων

Η ισοδυναμία κλάσεων και ιδιοτήτων που αναφέρθηκαν, παρόλο που μας προσέφεραν πιο εύληπτους τρόπους για την έκφραση αυτών των σχέσεων, δεν μας έδωσαν επιπλέον εκφραστικές δυνατότητες σε σχέση με την RDFS. Απλά μας έδωσαν έναν πιο σύντομο και ευανάγνωστο τρόπο παρουσίασης τους.

Πέρα όμως από την ισοδυναμία μεταξύ κλάσεων και ιδιοτήτων, χρειαζόμαστε και έναν τρόπο να εκφράσουμε την ισοδυναμία μεταξύ των ίδιων των αντικειμένων. Αυτό είναι ιδιαίτερο χρήσιμο όταν προσπαθούμε να συνδυάσουμε πληροφορίες από διαφορετικές πηγές, όπου μπορεί να γίνεται αναφορά στην ίδια οντότητα με διαφορετικά URIs. Η RDFS δεν παρέχει κάποιο δομικό στοιχείο για να το επιτύχουμε αυτό. Για αυτό η OWL μας παρέχει ένα επιπλέον δομικό στοιχείο με το οποίο μπορούμε να θέσουμε δύο στιγμιότυπα ως ισοδύναμα, το **owl:sameAs**.

**:x owl:sameAs :y**

Με τη χρήση αυτής της ιδιότητας, για κάθε τριπλέτα στην οποία υπάρχει το :x, μπορούμε να εξάγουμε την ίδια τριπλέτα, αντικαθιστώντας το :x με το :y και αντίστροφα, καθώς είναι συμμετρική ιδιότητα.

## Περιορισμοί

Οι περιορισμοί αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα δομικά στοιχεία της OWL, καθώς μας επιτρέπουν να περιγράφουμε και να ορίσουμε νέες κλάσεις, συσχετίζοντας τες με άλλες κλάσεις που έχουμε ήδη μοντελοποιήσει. Αυτό αυξάνει σημαντικά τις δυνατότητες μοντελοποίησης που διαθέτουμε και μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε εύκολα πιο περίπλοκες και εξειδικευμένες κλάσεις.

Είναι μία ειδική περίπτωση κλάσεων που ορίζεται από τη περιγραφή των στιγμιότυπων που θα περιέχει. Ο ορισμός τους γίνεται με τη χρήση των λέξεων-κλειδιών **owl:Restriction** και **owl:onProperty**, όπου το τελευταίο δηλώνει την ιδιότητα της οποίας η τιμή μας ενδιαφέρει. Έπειτα, ακολουθεί ο τύπος που θέλουμε να είναι ο περιορισμός.

Υπάρχουν 3 βασικά είδη περιορισμών.

owl:someValuesFrom

Ο περιορισμός owl:someValuesFrom θυμίζει την έννοια του υπαρξιακού ποσοδείκτη. Παράγει περιορισμούς του τύπου:

«Όλα τα στιγμιότυπα για τα οποία τουλάχιστον μία τιμή της ιδιότητας P προέρχεται από την κλάση C» [6]

Ο ορισμός ενός περιορισμού αυτού του τύπου στην OWL γίνεται με αυτό τον τρόπο:

**[ a owl:Restriction;**

**owl:onProperty :P;**

**owl:someValuesFrom :C** .]

Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να ορίσουμε μία νέα κλάση που να περιλαμβάνει όλους τους νικητές grand slam στο τένις, και έχουμε υλοποιήσει μία ιδιότητα hasWon με range ένα στιγμιότυπο τύπου Tournament. Ως υποκλάση του Tournament, υπάρχει η κλάση GrandSlam. Άρα για οποιοδήποτε στιγμιότυπο, αν έστω μία τιμή της ιδιότητας hasWon είναι τύπου GrandSlam, θέλουμε αυτό το στιγμιότυπο να ανήκει στην κλάση.

Με τη χρήση περιορισμών και της ισοδυναμίας, αυτό θα υλοποιούταν ως εξής:

**:GrandSlamWinner owl:equivalentClass**

**[ a owl:Restriction;**

**owl:onProperty :hasWon;**

**owl:someValuesFrom :GrandSlam . ]**

owl:allValuesFrom

Αντίστοιχα, ο περιορισμός owl:allValuesFrom αντιστοιχεί στην έννοια του καθολικού ποσοδείκτη.

Παράγει περιορισμούς του τύπου:

«Όλα τα στιγμιότυπα για τα οποία τουλάχιστον όλες οι τιμές της ιδιότητας P προέρχονται από την κλάση C» [6]

Ορίζεται ως εξής:

**[ a owl:Restriction;**

**owl:onProperty :P;**

**owl:allValuesFrom :C** .]

Αν ένα στιγμιότυπο είναι μέλος ενός περιορισμού αυτού του τύπου, τότε μπορούμε να συμπεράνουμε, για κάθε τριπλέτα που περιγράφει το στιγμιότυπο με την ιδιότητα :P, ότι η τιμή της ιδιότητας είναι στιγμιότυπο της κλάσης :C.

owl:hasValue

Παράγει περιορισμούς του τύπου:

«Όλα τα στιγμιότυπα που έχουν την τιμή A για την ιδιότητα P» [6]

Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μία ειδική περίπτωση του someValuesFrom, στην οποία η κλάση C είναι ένα μοναδιαίο σύνολο {Α}. [2]

Ορίζεται ως εξής:

**[ a owl:Restriction;**

**owl:onProperty :P;**

**owl:hasValue :A** .]

# SPARQL

Η SPARQL είναι η γλώσσα ερωτημάτων (query language) που χρησιμοποιείται για την πρόσβαση σε δεδομένα RDF. Σε μία «κανονική» βάση δεδομένων θα χρησιμοποιούσαμε ένα ερώτημα SQL για να ανακτήσουμε δεδομένα. Αντίστοιχα, χρησιμοποιούμε την SPARQL για να ανακτήσουμε δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε μία σημασιολογική βάση δεδομένων, που αποθηκεύει τα δεδομένα ως τριπλέτες.

Οι βάσεις αυτές είναι γνωστές και ως triplestore ή RDF store και αποθηκεύουν τα δεδομένα ως τριπλέτες, με τη μορφή subject-predicate-object που έχει αναφερθεί. Κάθε triplestore παρέχει και έναν τρόπο πρόσβασης στα δεδομένα του, ώστε να μπορούν να χρήστες να θέτουν ερωτήματα, που ονομάζεται endpoint. Ένα SPARQL Endpoint είναι πάντα σε θέση να λαμβάνει και να επεξεργάζεται αιτήματα πρωτοκόλλου SPARQL. Παράδειγμα ενός endpoint φαίνεται στην Εικόνα 9, όπου βλέπουμε το endpoint που δίνει η DΒpedia [7]. Εκεί μπορούμε να γράψουμε και να εκτελέσουμε ερωτήματα πάνω στα δεδομένα της βάσης δεδομένων που διαθέτει η Dβpedia.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Εικόνα 9 – SPARQL Endpoint της DBpedia[[8]](#footnote-8)

## Δομή ενός SPARQL ερωτήματος

Κάθε SPARQL ερώτημα περιλαμβάνει:

* Έναν τροποποιητή λύσης (solution modifier), ή κεφαλή
* Το σώμα του ερωτήματος

Ο τροποποιητής λύσης παρέχει τη βάση για τον καθορισμό του τύπου του ερωτήματος και του τρόπου παρουσίασης των αποτελεσμάτων. Το σώμα του ερωτήματος περιλαμβάνει μία συλλογή από μοτίβα δηλώσεων RDF, γραμμένα σε Turtle, με βάση τα οποία θα επιλεχθούν οι αντίστοιχες τριπλέτες που είναι αποθηκευμένες στη βάση.

Στη Εικόνα 10 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός πολύ απλού ερωτήματος. Η πρώτη σειρά αποτελεί τον solution modifier, όπου καθορίζουμε τον τύπο του ερωτήματος (εδώ είναι SELECT), και το πως θέλουμε να φαίνονται τα αποτελέσματα (εδώ απλά εμφανίζουμε τη μεταβλητή ?author). Το σώμα του ερωτήματος είναι η εντολή WHERE μαζί με ότι περιλαμβάνει. Στη περίπτωση αυτή απλά ζητάμε το πεδίο dbo:author του πόρου [<http://dbpedia.org/resource/The\_Lord\_of\_the\_Rings>](http://dbpedia.org/resource/The_Lord_of_the_Rings).

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα SPARQL ερωτήματος

## SELECT και WHERE

Τα ερωτήματα SELECT αποτελούν συνήθως μία απλή μορφή ερωτήματος και χρησιμοποιούνται για την επιλογή και την αναπαράσταση δεδομένων από τη βάση. Θυμίζουν αρκετά τα ερωτήματα SELECT της SQL και χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό.

Έχουν δύο μέρη:

1. Μια σειρά ερωτηματικών λέξεων.
2. Ένα πρότυπο γράφου ερώτησης.

Στην Εικόνα 11 φαίνεται ένα απλό παράδειγμα SELECT ερωτήματος. Μετά το SELECT ακολουθούν δύο ερωτηματικές λέξεις, οι οποίες θα περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα που θα εμφανιστούν μόλις εκτελεστεί το ερώτημα. Η εντολή WHERE υποδεικνύει τον πρότυπο γράφο ερώτησης, που είναι οτιδήποτε περιέχεται μέσα στις αγκύλες. Εκεί, μέσω RDF δηλώσεων με σύνταξη παρόμοια της Turtle, επιλέγονται από τη βάση τα objects όλων των τριπλετών που επαληθεύουν αυτές τις δηλώσεις. Για παράδειγμα, από την πρώτη δήλωση μέσα στη WHERE, αποθηκεύονται στο ?author τα objects όλων των τριπλετών με subject το URI που δίνεται και predicate το dbo:author, και αντίστοιχα στη δεύτερη δήλωση με predicate το dbo:publisher. Εφόσον στη θέση του object έχουμε μία ερωτηματική λέξη, δεν μας ενδιαφέρει τι βρίσκεται ως object, οποιαδήποτε τιμή και να έχει απλά αποθηκεύεται στην αντίστοιχη ερωτηματική λέξη και μετά επιστρέφεται μέσω της SELECT.

Text

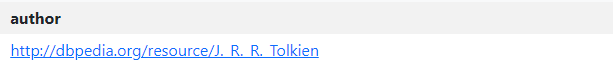
Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα ερωτήματος SELECT - WHERE

Εκτελώντας λοιπόν αυτό το ερώτημα επιστρέφονται 2 στήλες, μία για κάθε ερωτηματική λέξη.

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence



Εικόνα – Αποτελέσματα ερωτήματος

## CONSTRUCT

Σε αντίθεση με την SELECT που απλά επιστρέφει σε μορφή πίνακα τα αποτελέσματα που ικανοποιούν τον πρότυπο γράφο, η εντολή CONSTRUCT εντοπίζει με αντίστοιχο τρόπο τις τιμές και τις τοποθετεί σε έναν νέο πρότυπο γράφο για την κατασκευή RDF τριπλετών. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να αλλάξουμε την μορφή του αποτελέσματος και να προσθέσουμε επιπλέον πληροφορίες που θα θέλαμε να υπάρχουν. Χρησιμοποιείται συχνά όταν θέλουμε να ορίσουμε νέες σχέσεις μεταξύ των δεδομένων που έχουμε στην βάση ή όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε κανόνες. Για παράδειγμα, έστω ότι στην οντολογία μας έχουμε την ιδιότητα :hasParent για να μοντελοποιήσουμε την έννοια του γονέα και προσθέτουμε την ιδιότητα :hasGrandparent. Οπότε, αν είχαμε τις τριπλέτες

**:x :hasParent :y,** και

**:y :hasParent :z**, τώρα θα θέλουμε να έχουμε και την τριπλέτα

**:x :hasGrandparent :z.**

Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα με τη χρήση ενός CONSTRUCT ερωτήματος. Στο WHERE κομμάτι του ερωτήματος θα εντοπίζονται όλοι οι πόροι μεταξύ των οποίων υπάρχουν οι επιθυμητές :hasParent σχέσεις, και στο CONSTRUCT τμήμα θα προστίθεται η ιδιότητα :hasGrandparent μεταξύ των αντίστοιχων πόρων. Στην Εικόνα 13 βλέπουμε το ερώτημα που θα εκτελούσαμε:

Graphical user interface

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Παράδειγμα CONSTRUCT ερωτήματος

Στην Εικόνα 14 παρουσιάζεται ένα ακόμα απλό παράδειγμα CONSTRUCT ερωτήματος. Στο κομμάτι της SELECT, επιλέγονται οι τιμές της ιδιότητας dbo:author και dbo:publisher που σχετίζονται με τον πόρο Lord of the Rings. Έπειτα, μέσα στη CONSTRUCT δημιουργείται νέος πρότυπος γράφος στον οποίο προστίθενται labels στους επιλεγμένους πόρους με τη χρήση του rdfs:label. Έτσι προσθέτουμε επιπλέον πληροφορία στα δεδομένα μας.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα CONSTRUCT ερωτήματος

Τα αποτελέσματα των CONSTRUCT ερωτημάτων είναι τριπλέτες.

Text

Description automatically generated

Εικόνα – Αποτελέσματα ερωτήματος

## ASK / DESCRIBE

Ένα ερώτημα τύπου ASK χρησιμοποιείται για την εκτέλεση ερωτημάτων που δίνουν απάντηση ναι ή όχι. Η απάντηση που δίνει θα είναι true ή false. Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να βρούμε υπάρχει κάποιο έργο που να προηγείται του Lord of the Rings? Στην Εικόνα 16 φαίνεται το πως θα θέταμε αυτό το ερώτημα στην SPARQL με τη χρήση της εντολής ASK. Αν η μεταβλητή ?any έχει πάρει έστω μία τιμή, τότε η απάντηση θα είναι true, αλλιώς θα είναι false.

A picture containing diagram

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα ASK ερωτήματος

Από την άλλη, ένα ερώτημα τύπου DESCRIBE επιστρέφει πληροφορίες σχετικά με τους πόρους που ζητάμε. Εντοπίζει όλες τις τριπλέτες που παρέχουν πληροφορίες σχετικές με αυτούς τους πόρους και τις επιστρέφει. Για παράδειγμα, το παρακάτω ερώτημα της Εικόνας 17 θα επιστρέψει όλες τις πληροφορίες που θα μπορέσει να βρει σχετικά με τον author του Lord of the Rings.

A picture containing text

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα DESCRIBE ερωτήματος

## Εντολή FILTER

Μας επιτρέπει να φιλτράρουμε τα αποτελέσματα του ερωτήματος μας. Με τη FILTER μπορούμε να ορίσουμε έναν Boolean έλεγχο (ή περισσότερους), μέσω του οποίου θα προσδιορίζεται αν η αντίστοιχη γραμμή θα συμπεριληφθεί ή όχι στα αποτελέσματα. Αυτό μας επιτρέπει να θέτουμε πιο λεπτομερή ερωτήματα καθώς και να απορρίπτουμε εύκολα τις γραμμές που δεν μας ενδιαφέρουν. Για παράδειγμα, έστω ότι από τα σχόλια του Lord of the Rings, θέλουμε μόνο αυτά που είναι στα αγγλικά:

A picture containing text

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα χρήσης FILTER

## Εντολή LIMIT

Χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να εμφανίζεται ένας συγκεκριμένος αριθμός γραμμών στα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, αν ένα ερώτημα επιστρέφει πολλά αποτελέσματα και εμείς θέλαμε μόνο τα πρώτα 3, θα χρησιμοποιούσαμε την εντολή LIMIT 3.

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα χρήσης LIMIT

A screenshot of a computer

Description automatically generated

## Εντολή ORDER BY

Χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ταξινομήσουμε τα αποτελέσματα, με βάση τις τιμές κάποιας μεταβλητής. Μπορεί να συνδυαστεί με την εντολή LIMIT ώστε να μπορούμε να παίρνουμε τις μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές του συνόλου των αποτελεσμάτων.

Text

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα χρήσης ORDER BY

Στο παράδειγμα αυτό, τα αποτελέσματα ταξινομούνται με αύξουσα αλφαβητική σειρά βάση της μεταβλητής ?subject, και έπειτα κρατούνται μόνο τα πρώτα 3. Αν μετά τις μεταβλητές προστεθεί η λέξη-κλειδί **DESC**, τότε η ταξινόμηση θα είναι φθίνουσα.

## Μερικά παραδείγματα

Έστω ότι ψάχνουμε να βρούμε τα ονόματα και τον γέννησης όλων των τενιστών που γεννήθηκαν μετά το 1990 και έχουν κερδίσει το Wimbledon. Θα χρειαστούμε τις ιδιότητες rdf:type, για να ελέγξουμε αν ο τύπος είναι TennisPlayer, και έπειτα τις ιδιότητες name, birthPlace, birthDate και wimbledonresult. Επίσης, θα χρειαστεί να φιλτράρουμε τις μεταβλητές birthDate και wimbledonresult ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες του ερωτήματος.

Text, letter

Description automatically generated

Προσθέτοντας στο τέλος την εντολή LIMIT 5 ώστε να μπορούν να είναι ορατά όλα τα αποτελέσματα και εκτελώντας το ερώτημα εμφανίζονται τα ακόλουθα:

Background pattern

Description automatically generated

Έστω ότι ψάχνουμε να βρούμε τα ονόματα και τον πληθυσμό των πέντε χωρών που έχουν ως νόμισμα το ευρώ και έχουν το μικρότερο human development index. Θα χρειαστούμε και πάλι το rdf:type για να προσδιορίσουμε αρχικά ότι ο πόρος είναι χώρα και έπειτα τα πεδία commonName, currencyCode, populationEstimate και humanDevelopmentIdex ώστε να πάρουμε τα στοιχεία που θέλουμε. Για να πάρουμε τις πέντε χώρες με το μικρότερο HDI, αρχικά ταξινομούμε τα αποτελέσματα σε αύξουσα σειρά με βάση το HDI με την εντολή ORDER BY και έπειτα παίρνουμε μόνο τα πρώτα 5 με την εντολή LIMIT.

Text, letter

Description automatically generated

Τα αποτελέσματα:

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence

# Σημασιολογικές Βάσεις Δεδομένων

Τα δεδομένα του Σημασιολογικού Ιστού έχουν διαφορετική μορφή από τα δεδομένα του κανονικού Ιστού. Για τον λόγο αυτό χρειάζονται βάσεις που να ειδικά διαμορφωμένες ώστε να μπορούν να αποθηκεύσουν διασυνδεδεμένα δεδομένα σε μορφή τριπλετών.

## Graph Databases

Μια βάση δεδομένων γραφήματος είναι ένας τύπος βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιεί δομές γραφημάτων για σημασιολογικά ερωτήματα, όπως κόμβους, ακμές και ιδιότητες για την αποθήκευση και την αναπαράσταση δεδομένων. Μία βασική έννοια αυτού του συστήματος είναι η έννοια της σχέσης (relationship) μεταξύ των διάφορων οντοτήτων της βάσης. Οι βάσεις δεδομένων γραφημάτων έχουν κατασκευαστεί ειδικά για την αποθήκευση και την πλοήγηση μέσω σχέσεων. Χρησιμοποιούν κόμβους για να αποθηκεύουν οντότητες δεδομένων, και ακμές για την αποθήκευση των σχέσεων μεταξύ των οντοτήτων. Μια ακμή έχει πάντα έναν κόμβο έναρξης, έναν κόμβο τέλους, έναν τύπο και μία κατεύθυνση και μπορεί να περιγράφει οποιονδήποτε τύπο σχέσης όπως σχέση γονέα-παιδιού, σχέσεις ιδιοκτησίας, ιεραρχίας και πολλά άλλα. Δεν υπάρχει όριο στον αριθμό και το είδος των σχέσεων στις οποίες μπορεί να περιέχεται ένας κόμβος. Το γεγονός αυτό προσφέρει μεγάλη ευελιξία και εκφραστικότητα. Ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των NoSQL βάσεων [8].

Λίγο πιο αναλυτικά για τα στοιχεία των γράφων:

* Οι κόμβοι (nodes) αναπαριστούν οντότητες ή στιγμιότυπα όπως ανθρώπους, επιχειρήσεις, λογαριασμούς, ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο το οποίο μπορεί να τεθεί υπό παρατήρηση. Αποτελούν την αντίστοιχη έννοια μίας εγγραφής ή μίας γραμμής που θα συναντούσαμε σε μία σχεσιακή βάση δεδομένων.
* Οι ακμές (edges), για τις οποίες χρησιμοποιούνται και οι όροι γράφος (graph) και σχέση (relationship), είναι οι γραμμές που συνδέουν τους κόμβους μεταξύ τους και αναπαριστούν τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα τους. Η εξέταση των συνδέσεων και των διασυνδέσεων μεταξύ των στοιχείων ενός γραφήματος μας δίνει τα συμπεράσματα με τα οποία μπορούμε να απαντήσουμε τα ερωτήματα μας, και να τα χρησιμοποιήσουμε έπειτα για να βελτιώσουμε πιθανόν το προϊόν μας ή την υπηρεσία μας. Οι ακμές μπορούν να είναι κατευθυνόμενες ή μη κατευθυνόμενες. Σε έναν μη κατευθυνόμενο γράφο, μία ακμή που συνδέει δύο κόμβους έχει μία μοναδική σημασία. Σε έναν κατευθυνόμενο γράφο, οι ακμές μπορούν να έχουν διαφορετικές σημασίες, ανάλογα με τη κατεύθυνση τους. Οι ακμές αποτελούν την πιο βασική έννοια των graph databases, καθώς προσφέρουν δυνατότητες που δεν εφαρμόζονται άμεσα σε ένα σχεσιακό μοντέλο (relational model) [9] ή σε ένα μοντέλο αποθήκευσης εγγράφων (document-store model) [10].
* Οι ιδιότητες (properties) είναι πληροφορίες που σχετίζονται με τους κόμβους. Για παράδειγμα, αν το Lord of the Rings ήταν ένας κόμβος, θα μπορούσε να ήταν συσχετισμένο με ιδιότητες όπως βιβλίο, ταινία, τριλογία, μεταξύ άλλων.

### Labeled Property Graph (LPG)

Στις βάσεις δεδομένων τύπου LPG το γράφημα αποτελείται από κόμβους και σχέσεις (ακμές). Κάθε κόμβος ή σχέση έχει ένα ID, μία ή περισσότερες ετικέτες (labels) που περιγράφουν τον τύπο ή την κλάση του, ένα σύνολο από ιδιότητες που περιέχουν τιμές και αναπαρίστανται ως key-value, καθώς και ένα αντίστοιχο κλειδί για να επιτρέπεται η αναφορά στον αντίστοιχο κόμβο ή σχέση. Οι σχέσεις σε ένα LPG έχουν πάντα έναν αρχικό κόμβο και έναν τελικό κόμβο, καθώς και κατεύθυνση, καθιστώντας τον γράφο κατευθυνόμενο. Δύο κόμβοι λοιπόν συνδέονται πάντα με μία σχέση, σχηματίζοντας έτσι την τελική δομή του γραφήματος.

Στην Εικόνα 21 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός LPG. Όπως φαίνεται, κάθε κόμβος και ακμή έχει ένα ID καθώς και ένα label που δίνει μία περιγραφή του τύπου του. Οι κόμβοι περιγράφουν έναν άνθρωπο, οπότε το label μας δίνει την πληροφορία Person. Επίσης, κάθε κόμβος και ακμή έχουν ένα σύνολο από ιδιότητες που αναπαρίστανται ως ζεύγη key-value, και μας δίνουν περισσότερες πληροφορίες για την οντότητα που αναπαρίσταται.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Εικόνα – Παράδειγμα LPG

### Περιπτώσεις Χρήσης

Εντοπισμός Απατών (Fraud Detection)

Οι graph databases είναι ικανές για πολύ αποτελεσματικό εντοπισμό και πρόληψη απατών. Μέσω της χρήσης των σχέσεων, η επεξεργασία των οικονομικών συναλλαγών και των συναλλαγών αγοράς μπορεί να γίνεται σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Τα ερωτήματα εκτελούνται γρήγορα πάνω στους γραφήματα, δίνοντας μας την δυνατότητα να εντοπίσουμε γρήγορα περιπτώσεις πιθανής απάτης. Για παράδειγμα, όταν ένας αγοραστής χρησιμοποιεί το ίδιο email και την ίδια πιστωτική κάρτα που περιλαμβάνονται σε μία γνωστή υπόθεση απάτης. Επίσης, οι graph databases επιτρέπουν την εύκολη αναγνώριση μοτίβων μέσα στο σύνολο των σχέσεων, όπως πολλά άτομα που σχετίζονται με μία προσωπική διεύθυνση email ή πολλά άτομα που μοιράζονται την ίδια IP αλλά κατοικούν σε διαφορετικές φυσικές διευθύνσεις.

Μηχανές Συστάσεων (Recommendation Engines)

Οι graph databases είναι μία καλή επιλογή για εφαρμογές συστάσεων. Σε ένα γράφημα, μπορούν να αποθηκευτούν σχέσεις μεταξύ διαφορετικών κατηγοριών πληροφοριών όπως τα ενδιαφέροντα πελατών, οι φίλοι ή το ιστορικό αγορών. Έτσι μπορούν για παράδειγμα να γίνονται προτάσεις προϊόντων σε έναν χρήστη με βάση τα προϊόντα που αγοράζονται από άλλους χρήστες οι οποίο έχουν παρόμοιο ιστορικό. Επίσης, μπορούν να εντοπιστούν άτομα που έχουν έναν κοινό φίλο αλλά δεν γνωρίζονται μεταξύ τους και να γίνει έτσι μία σύσταση φιλίας. Οι στρατηγικές αυτές χρησιμοποιούνται από όλες τις μεγάλες εταιρείες που χρησιμοποιούν μηχανές συστάσεων, όπως social media websites (facebook, Instagram, twitter), entertainment websites όπως Netflix, YouTube, και πολλά άλλα.

## RDF Triplestore

Τα RDF triplestores αποτελούν μία υποκατηγορία των graph databases. Είναι ένας εξειδικευμένος τύπος βάσης δεδομένων που έχει σχεδιαστεί ειδικά για την αποθήκευση, ανάκτηση και διαχείριση RDF τριπλετών. Παρέχουν έναν μηχανισμό αποθήκευσης και οργάνωσης των δεδομένων με τρόπο που επιτρέπει την αποτελεσματική αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών. Όπως έχουμε αναφέρει, το RDF είναι ένα μοντέλο δεδομένων που χρησιμοποιείται για την περιγραφή πόρων στον Ιστό χρησιμοποιώντας δηλώσεις της μορφής υποκείμενο-κατηγόρημα-αντικείμενο, γνωστές και ως RDF triples. Κάθε τριπλέτα αντιπροσωπεύει μία σχέση μεταξύ δύο πόρων, με το κατηγόρημα να περιγράφει το είδος της σχέσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία ποικιλία εφαρμογών, όπως για την κατασκευή γραφημάτων γνώσης (knowledge graphs), για σημασιολογική αναζήτηση, και για την ανάπτυξη εφαρμογών διασυνδεδεμένων δεδομένων.

Τα triplestores υποστηρίζουν την εκτέλεση σημασιολογικών ερωτημάτων στα δεδομένα τους με τη χρήση της SPARQL. Τα ερωτήματα SPARQL μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναζήτηση μοτίβων στα δεδομένα RDF, για φιλτράρισμα και συγκέντρωση των δεδομένων, και για την εκτέλεση σύνθετων ερωτημάτων σε πολλαπλά σύνολα δεδομένων.

### Περιπτώσεις Χρήσης

Μερικές από τις πιο συχνές περιπτώσεις χρήσης των RDF triplestores είναι οι ακόλουθες:

* **Εφαρμογές Σημασιολογικού Ιστού**: Τα triplestores χρησιμοποιούνται συχνά στην ανάπτυξη εφαρμογών ΣΙ που χρησιμοποιούν δεδομένα για να περιγράψουν και να συσχετίσουν διαφορετικές έννοιες στον Ιστό. Αποθηκεύοντας τα RDF δεδομένα σε ένα triplestore, οι προγραμματιστές μπορούν να υποβάλλουν ερωτήματα και να χειριστούν τα δεδομένα πιο αποδοτικά, και να δημιουργήσουν εφαρμογές που παρέχουν πιο έξυπνη λειτουργία αναζήτησης και ανακάλυψης.
* **Διαχείριση Γνώσης**: Τα triplestores είναι επίσης χρήσιμα για την διαχείριση της γνώσης ενός οργανισμού. Αποθηκεύοντας δεδομένα σχετικά με προϊόντα, υπηρεσίες, υπαλλήλους και άλλους πόρους σε ένα triplestore, οι οργανισμοί μπορούν να δημιουργήσουν πιο αποτελεσματικά συστήματα αναζήτησης και προτάσεων, καθώς και καλύτερα εργαλεία συνεργασίας.
* **Internet Of Things (IoT)**: Καθώς ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών συνεχίζει να αυξάνεται, υπάρχει μία αυξανόμενη ανάγκη διαχείρισης και αναζήτησης δεδομένων από πολλαπλές πηγές. Τα triplestores μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση και τη διαχείριση δεδομένων του IoT, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να δημιουργούν εφαρμογές που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την απόδοση συσκευών, μοτίβα χρήσης, και άλλες σημαντικές μετρικές. [11]
* **Ενσωμάτωση Δεδομένων (Data Integration)**: Τα triplestores είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την ενοποίηση δεδομένων από διαφορετικές πηγές. Αποθηκεύοντας τα δεδομένα σε μία κοινή μορφή, όπως η RDF, οι προγραμματιστές μπορούν εύκολα να συνδυάσουν και να συγκρίνουν δεδομένα από διαφορετικές πηγές, δημιουργώντας έτσι πιο ισχυρές εφαρμογές ανάλυσες και επιχειρηματικής ευφυΐας.

1. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

# Εισαγωγή

Οι συσκευές παρακολούθησης δραστηριότητας, γνωστές και ως fitness trackers, είναι συσκευές ή εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση και την παρακολούθηση διάφορων μετρικών που σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση του χρήστη, όπως η απόσταση που διανύθηκε περπατώντας ή τρέχοντας, ο αριθμός των βημάτων, η κατανάλωση θερμίδων, ο καρδιακός παλμός και άλλα. Αποτελούν μικρές συσκευές τις οποίες ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να έχει πάνω του όταν ασκείται, ώστε να μπορεί να παρακολουθεί αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να προσαρμόζει ανάλογα τις κινήσεις του. Για τον λόγο αυτό, η μεγάλη πλειοψηφία των συσκευών έχουν την μορφή ρολογιού καθώς είναι βολικά και εύκολα στη χρήση. Ο όρος fitness trackers λοιπόν χρησιμοποιείται κυρίως για τα smartwatches, τα οποία είναι τις περισσότερες φορές συνδεδεμένα με κάποια εφαρμογή για την αποθήκευση των δεδομένων.

Θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις βασικούς τύπους:

1. **Basic fitness trackers.** Συσκευές που υποστηρίζουν τις πιο βασικές λειτουργίες όπως μέτρηση των βημάτων και υπολογισμός της απόστασης που έχει διανύσει ο χρήστης. Είναι κυρίως χρήσιμες για ανθρώπους που περπατάνε ή τρέχουν καθώς τους ενδιαφέρουν περισσότερο αυτές οι μετρικές.
2. **Heart rate monitoring trackers.** Μπορούν να εκτελέσουν όλες τις λειτουργίες των βασικών συσκευών παρακολούθησης δραστηριότητας, αλλά έχουν επιπλέον αισθητήρες που τους επιτρέπουν να παρακολουθούν αλλαγές στον καρδιακό παλμό του χρήστη. Αυτό τους επιτρέπει να επιβλέπουν και άλλες μετρικές όπως ο αριθμός των θερμίδων που κάηκαν.
3. **Heart rate monitoring trackers with GPS.** Μπορούν να κάνουν όλα τα παραπάνω καθώς και να επικοινωνούν με δορυφόρο ώστε να παρακολουθούν την τοποθεσία του χρήστη.

## Smartwatches

Ένα smartwatch είναι με λίγα λόγια ένας φορητός υπολογιστής σε μορφή ρολογιού. Αποτελούν το επικρατέστερο είδος συσκευών παρακολούθησης δραστηριότητας. Η δημοφιλία τους τα τελευταία χρόνια έχει φτάσει σε τέτοιο βαθμό ώστε οι όροι fitness tracker και smartwatch να θεωρούνται ταυτόσημοι.

Τα σύγχρονα smartwatches παρέχουν μία απλή διεπαφή οθόνης αφής όπου ο χρήστης θα μπορεί να βλέπει όλα τα δεδομένα που έχουν αναφερθεί καθώς και να εκτελεί διάφορες καθημερινές λειτουργίες. Σχεδόν για όλα τα smartwatches πλέον, υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με κάποια εφαρμογή, ανάλογα με το brand του ρολογιού, η οποία παρέχει επιπλέον δυνατότητες καθώς και μακροπρόθεσμη βιοπαρακολούθηση του χρήστη και καταγραφή των μετρικών που τον ενδιαφέρουν. Ενώ τα πρώιμα μοντέλα μπορούσαν να εκτελέσουν βασικές λειτουργίες, όπως υπολογισμούς, ένδειξη ώρας, μεταφράσεις και απλά παιχνίδια, τα νεότερα μοντέλα μοιάζουν όλο και περισσότερο στα smartphones καθώς περιέχουν εφαρμογές, λειτουργικό σύστημα και δυνατότητα σύνδεσης με Wi-Fi και Bluetooth. Ορισμένα μοντέλα μπορούν να λειτουργήσουν και ως φορητές συσκευές για την αναπαραγωγή πολυμέσων όπως αρχείων ήχου και βίντεο μέσω ακουστικών Bluetooth. Επίσης, πολλά σύγχρονα μοντέλα διαθέτουν και λειτουργίες κινητής τηλεφωνίας, όπως πραγματοποίηση κλήσεων και αποστολή μηνυμάτων.

Στην Εικόνα 22 φαίνεται το Apple Watch Series 8, το οποίο είναι ένα από τα καλύτερα smartwatches της αγοράς. Μπορεί να εκτελέσει όλες τις βασικές λειτουργίες που αναφέρθηκαν με πολύ αποτελεσματικό τρόπο, και παρέχει επιπλέον δυνατότητες όπως παρακολούθηση της θερμοκρασίας σώματος του χρήστη και ανίχνευση συγκρούσεων. Όσο η δημοφιλία των smartwatch παραμένει τόσο υψηλή, έτσι θα συνεχίσουν και να κυκλοφορούν ολοένα και νεότερες εκδόσεις οι οποίες θα διευρύνουν ακόμα περισσότερο τον ήδη αυξημένο αριθμό εργασιών που θα μπορούν να εκτελούν.



Εικόνα – Apple Watch Series 8

# SSN – SOSA: Βασικές Δυνατότητες και Δομές

Η οντολογία Semantic Sensor Network (SSN) [7] είναι μια οντολογία για την περιγραφή των αισθητήρων και των παρατηρήσεών τους, συμπεριλαμβανόμενων όλων των εμπλεκόμενων διαδικασιών, των μελετημένων χαρακτηριστικών που μας ενδιαφέρουν, των δειγμάτων που χρησιμοποιούνται για να γίνει αυτό και των παρατηρούμενων ιδιοτήτων, καθώς και των ενεργοποιητών. Οι αισθητήρες είναι μια σημαντική πηγή δεδομένων που είναι διαθέσιμα στον Ιστό σήμερα. Ενώ τα δεδομένα αισθητήρων μπορεί να δημοσιεύονται ως απλές τιμές, η αναζήτηση, η επαναχρησιμοποίηση, η ενσωμάτωση και η ερμηνεία αυτών των δεδομένων απαιτεί περισσότερα από τα αποτελέσματα της παρατήρησης. Εξίσου σημαντικές για τη σωστή ερμηνεία αυτών των τιμών είναι οι πληροφορίες σχετικά με το μελετημένο χαρακτηριστικό ενδιαφέροντος, όπως ένα ποτάμι, η παρατηρούμενη ιδιότητα, όπως η ταχύτητα ροής, η στρατηγική δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε, όπως οι συγκεκριμένες τοποθεσίες και οι χρόνοι στους οποίους μετρήθηκε η ταχύτητα και μια ποικιλία άλλων πληροφοριών. Το SSN ακολουθεί μια αρχιτεκτονική οριζόντιας και κάθετης κατάτμησης, συμπεριλαμβάνοντας μια ελαφριά αλλά αυτοτελή οντολογία πυρήνα που ονομάζεται SOSA (Sensor, Observation, Sample και Actuator) για τις στοιχειώδεις κλάσεις και τις ιδιότητές του. Με το διαφορετικό εύρος και τους διαφορετικούς βαθμούς αξιωματικοποίησης, τα SSN και SOSA είναι σε θέση να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και περιπτώσεων χρήσης, συμπεριλαμβανομένων δορυφορικών εικόνων, βιομηχανικών και οικιακών υποδομών, κοινωνικής ανίχνευσης, επιστήμης των πολιτών, και άλλα.

Οι οντολογίες SSN και SOSA[[9]](#footnote-9) έχουν ως στόχο να παρέχουν ευέλικτες αλλά συνεκτικές προοπτικές για την αναπαράσταση των οντοτήτων, των σχέσεων και των δραστηριοτήτων που εμπλέκονται στην ανίχνευση, τη δειγματοληψία, και ενεργοποίηση. Το SOSA παρέχει έναν ελαφρύ πυρήνα για το SSN και στοχεύει στη διεύρυνση του κοινού-στόχου και των περιοχών εφαρμογών που μπορούν να κάνουν χρήση των οντολογιών του Σημασιολογικού Ιστού. Ταυτόχρονα, το SOSA λειτουργεί ως ελάχιστο εφεδρικό επίπεδο διαλειτουργικότητας, δηλαδή ορίζει εκείνες τις κοινές κλάσεις και ιδιότητες για τις οποίες μπορούν να ανταλλάσσονται δεδομένα με ασφάλεια σε όλες τις χρήσεις του SSN, των μονάδων του και του SOSA. Και οι δύο οντολογίες περιγράφονται παρακάτω και δίνονται παραδείγματα χρήσης τους.

## Τμηματοποίηση

Η τμηματοποίηση οντολογίας είναι μια κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται στη μηχανική οντολογιών. Με την τεχνική αυτή, η οντολογία χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα, καθένα από τα οποία εξειδικεύεται σε ένα μικρό αριθμό θεμάτων. Στοχεύει στο να παρέχει στους χρήστες οντολογιών τη γνώση που απαιτούν, μειώνοντας όσο το δυνατόν περισσότερο το εύρος σε αυτό που είναι απολύτως απαραίτητο για μια δεδομένη περίπτωση χρήσης. Η οντολογία SSN προσφέρει διάφορα υποσύνολα οντολογιών τα οποία εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς και διαφορετικές ομάδες χρηστών. Για παράδειγμα, η οντολογία SOSA έχει ως στόχο να προσφέρει δυνατότητες σημασιολογικού εμπλουτισμού σε αποθετήρια δεδομένων των οποίων η διαχείριση δεν γίνεται από τους μηχανικούς της οντολογίας αλλά από ένα ευρύτερο κοινό. Μπορούν να διακριθούν δύο κύριες κατηγορίες σπονδυλοποίησης οντολογίας.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει εκείνες τις προσεγγίσεις που εστιάζουν στον συνδυασμό των ήδη υπαρχόντων οντολογιών μέσω ενσωμάτωσης και χαρτογράφησης οντολογιών, συνήθως μέσω δηλώσεων owl:import. Η εισαγωγή στην OWL έχει κατεύθυνση από μια εξαρτημένη οντολογία σε μια οντολογία εξάρτησης. Στην ουσία εισάγεται όλη η γνώση μίας οντολογίας μέσα σε μία άλλη. Αν και η εισαγωγή είναι μεταβατική, η γνώση διαδίδεται μόνο προς μία κατεύθυνση. Η οντολογία στην οποία γίνεται η εισαγωγή λαμβάνει όλη τη σημασία των εισαγόμενων όρων που χρησιμοποιούνται, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα αξιώματα που σχετίζονται με την έννοια αυτών των όρων. Αντίθετα, η εισαγόμενη οντολογία δεν αποκτά καμία επιπλέον γνώση.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις προσεγγίσεις που στοχεύουν στο διαχωρισμό και την εξαγωγή τμημάτων οντολογιών ως ενότητες (modules). Το κύριο χαρακτηριστικό ενός module είναι ότι είναι αυτοτελές, δηλαδή αποτυπώνει πλήρως την σημασία των εισαγόμενων όρων που χρησιμοποιούνται συμπεριλαμβάνοντας όλα τα αξιώματα που σχετίζονται με την έννοια αυτών των όρων. Αυτό σημαίνει ότι το αποτέλεσμα ορισμένων συλλογιστικών εργασιών, όπως η υπαγωγή ή η απάντηση ερωτήματος εντός ενός module θα πρέπει να είναι εφικτό και να καταλήγει στις ίδιες απαντήσεις χωρίς την ανάγκη πρόσβασης σε άλλα modules.

Η τμηματοποίηση των οντολογιών SSN και SOSA χρησιμοποιεί την πρώτη προσέγγιση συνθέτοντας την οντολογία σε πολλές ενότητες που χρησιμοποιούν δηλώσεις owl:import. Διακρίνονται δύο μέθοδοι ανάλογα με την κατευθυντικότητα της κατάτμησης: μια κάθετη κατάτμηση (vertical segmentation) και μια οριζόντια κατάτμηση (horizontal segmentation).

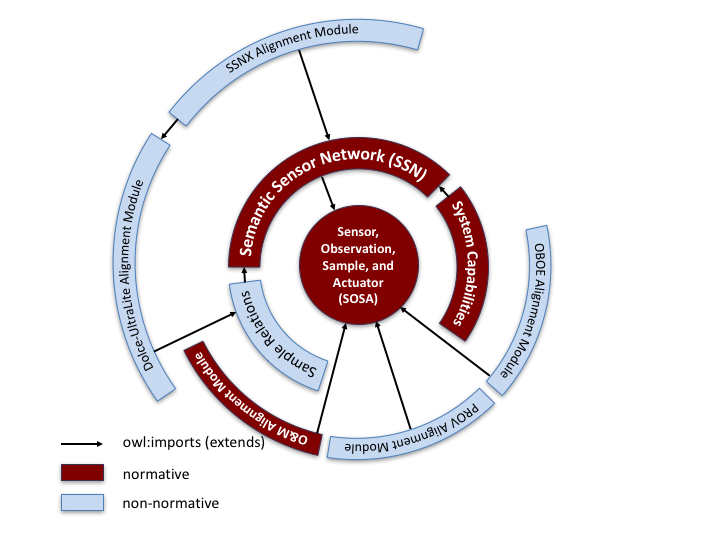
### Vertical Segmentation

Σε αυτή τη μέθοδο κατάτμησης τα κάθετα modules βασίζονται το ένα πάνω στο άλλο χρησιμοποιώντας δηλώσεις owl:import. Τα modules χαμηλότερου επιπέδου είναι ανεξάρτητα από εκείνα ανώτερων επιπέδων και λογικά συνεπείς από μόνα τους. Από την άλλη, τα modules των ανώτερων επιπέδων εξαρτώνται από modules κατώτερων επιπέδων, τα οποία εισάγουν με owl:import, και δεν μπορούν να σταθούν μόνα τους σημασιολογικά.

Για παράδειγμα, το Dolce-UltraLite Alignment module εισάγει την οντολογία SSN η οποία αντίστοιχα εισάγει την οντολογία SOSA. Ωστόσο, αντίστροφα, ούτε η SOSA ούτε η SSN εισάγουν αυτό το module. Στην πραγματικότητα, το SOSA ως πυρήνας, δεν εισάγει άλλες οντολογίες, γεγονός που το καθιστά πραγματικά ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα modules που προσθέτουν περισσότερη εκφραστικότητα και περαιτέρω οντολογικές δεσμεύσεις στην ελαφριά σημασιολογία του SOSA.

### Horizontal Segmentation

Τα modules που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο ενδέχεται να εξαρτώνται το ένα από το άλλο, δηλαδή μπορεί να βασίζονται στην εισαγωγή ενός άλλου module σε αυτά, το οποίο βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Στην Εικόνα 23 φαίνεται η τμηματοποίηση των οντολογιών SSN και SOSA. Βλέπουμε ότι χωρίζεται σε επίπεδα τα οποία εμπλουτίζουν αυτά που είναι ανώτερων επιπέδων, όπως περιγράφηκε στο vertical segmentation, και τα modules του κάθε επιπέδου εξαρτώνται το ένα από το άλλο. (Δεν είμαι σίγουρος τι σημαίνει το normative/non-normative)



Εικόνα – Οι οντολογίες SSN και SOSA με όλες τα κάθετα και οριζόντια modules τους

## Συντακτικό των SSN/SOSA

### Παρατηρήσεις (Observations)

Στην Εικόνα 24 φαίνονται οι βασικές κλάσεις και ιδιότητες των οντολογιών SSN και SOSA που σχετίζονται με τα Observations. Τα αξιώματα της SOSA φαίνονται με πράσινο χρώμα ενώ αυτά που ανήκουν αποκλειστικά στην SSN με μπλε.

A picture containing chart

Description automatically generated

Εικόνα – Κλάσεις και σχέσεις των SSN/SOSA σχετικά με τα Observations

Πιο αναλυτικά, μερικές από τις έννοιες που φαίνονται στην εικόνα:

sosa:ObservableProperty

Μια παρατηρήσιμη ιδιότητα ενός χαρακτηριστικού ενδιαφέροντος (feature of interest, FoT). Για παράδειγμα, το ύψος ενός κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή, η παρατηρήσιμη ιδιότητα είναι το ύψος και το feature of interest είναι το κτίριο. Αποτελεί υποκλάση της γενικότερης κλάσης **ssn:Property.**

sosa:Observation

Παρατήρηση (Observation) καλούμε την διαδικασία (Procedure) προσέγγισης ή υπολογισμού της τιμής μίας ιδιότητας ενός feature of interest. Δηλαδή ο υπολογισμός της τιμής ενός **sosa:ObservableProperty**. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός του ύψους ενός κτιρίου το οποίο αποτελεί FoT είναι ένα Observation.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 22, συνδέεται με κάποιον αισθητήρα (Sensor) για να φαίνεται πως εκτελέστηκε το Observation και από τι, με ένα ObservableProperty για να περιγράψει τι είναι η εκτίμηση του αποτελέσματος, και με ένα FoT για να περιγράψει το χαρακτηριστικό με το οποίο σχετίζεται η ιδιότητα που μας ενδιαφέρει.

* **sosa:observedProperty**: σχέση που συνδέει ένα Observation με την ιδιότητα που παρατηρήθηκε. Επομένως, το domain της ιδιότητας περιλαμβάνει την κλάση sosa:Observation και το range την κλάση sosa:ObservableProperty.

sosa:Sensor

Συσκευή, πράκτορας (agent, ενδεχομένως και άνθρωπος), ή λογισμικό που υλοποιεί ή έχει κάποιο ρόλο στην υλοποίηση ενός Procedure. Ένας Sensor ανταποκρίνεται σε ένα ερέθισμα (Stimulus), δηλαδή μία αλλαγή στο περιβάλλον, ή σε δεδομένα εισόδου που προέρχονται από τα αποτελέσματα προηγούμενων Observation. Αποτελεί υποκλάση της **ssn:System**.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:observes**: σχέση μεταξύ ενός Sensor και ενός ObservableProperty που είναι ικανό να ανιχνεύσει. Το domain της ιδιότητας περιέχει την κλάση sosa:Sensor και το range την κλάση sosa:ObservableProperty. Επίσης, αποτελεί υπο-ιδιότητα της ssn:forProperty.
* **sosa:isObservedBy**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:observes.

ssn:Stimulus

Ένα γεγονός του πραγματικού κόσμου που πυροδοτεί έναν Sensor. Οι ιδιότητες που σχετίζονται με το Stimulus μπορεί να διαφέρουν από το τελικό ObservableProperty που θα γίνει αντικείμενο παρατήρησης. Είναι το συμβάν, όχι το αντικείμενο, που ενεργοποιεί τον Sensor.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **ssn:isProxyFor**: σχέση μεταξύ ενός Stimulus και της ιδιότητας για την οποία αποτελεί proxy. Για παράδειγμα, μια αύξηση ή μείωση της ταχύτητας των περιστρεφόμενων κυπέλλων σε έναν αισθητήρα ανέμου χρησιμεύει ως proxy για την ταχύτητα του ανέμου.
* **ssn:wasOriginatedBy**: σχέση μεταξύ ενός Observation και του Stimulus το οποίο το προκάλεσε.
* **ssn:detects**: σχέση μεταξύ ενός Sensor και ενός Stimulus που ανιχνεύει ο Sensor.

### Ενεργοποιήσεις (Actuations)

Στην Εικόνα 25 φαίνονται οι βασικές κλάσεις και ιδιότητες των οντολογιών SSN και SOSA που σχετίζονται με τα Actuations.

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Εικόνα – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με Actuations

sosa:ActuableProperty

Μία ενεργοποιήσιμη ιδιότητα ενός FoT. Για παράδειγμα, ένας ενεργοποιητής παραθύρου ενεργεί αλλάζοντας την κατάσταση του παραθύρου μέσω ανοιχτού και κλειστού. Η δυνατότητα του παραθύρου να ανοίγει και να κλείνει είναι η ActuatableProperty του.

Αποτελεί υποκλάση της ιδιότητας ssn:Property.

sosa:Actuation

Εκτελεί μία διαδικασία (Procedure) η οποία έχει ως αποτέλεσμα κάποια αλλαγή στη τρέχουσα κατάσταση του κόσμου, χρησιμοποιώντας έναν ενεργοποιητή (Actuator). Για παράδειγμα, το αυτόματο κλείσιμο του παραθύρου άμα η θερμοκρασία του δωματίου πέσει κάτω από 20 βαθμούς κελσίου. Η πράξη αποτελεί το Actuation και η συσκευή που κλείνει το παράθυρο αποτελεί τον Actuator.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:actsOnProperty**: σχέση μεταξύ ενός Actuation και της ιδιότητας την οποία επηρεάζει.
* **sosa:isActedOnBy**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:actsOnProperty

sosa:Actuator

Η συσκευή που εφαρμόζει ένα Actuation.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:madeActuation**: σχέση μεταξύ ενός Actuator και του Actuation που εφαρμόζει.
* **sosa:madeByActuator**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:madeActuation.

### Δειγματοληψία (Sampling)

Στην Εικόνα 26 φαίνονται οι βασικές κλάσεις και ιδιότητες των οντολογιών SSN και SOSA που σχετίζονται με Sampling.

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Εικόνα – Κλάσεις και σχέσεις των SSN/SOSA σχετικά με Sampling

sosa:Sample

Τα δείγματα είναι συνήθως υποσύνολα ή αποσπάσματα από το FoT ενός Observation. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου οι παρατηρήσεις δε μπορούν να γίνουν άμεσα σε ολόκληρο το FoT, είτε γιατί δεν είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε ολόκληρο το εύρος του χαρακτηριστικού ή γιατί είναι πιο βολικό να χρησιμοποιηθεί κάποιος διακομιστής μεσολάβησης (proxy). Είναι επομένως τεχνουργήματα μίας στρατηγικής παρατήρησης και συνήθως δεν έχουν κάποια σημαντική λειτουργία πέρα από τον ρόλο τους στην διαδικασία της παρατήρησης. Τα χαρακτηριστικά τους συνήθως παρουσιάζουν μικρό ενδιαφέρον.

Η κλάση sosa:Sample αποτελεί υποκλάση των sosa:FeatureOfInterest και sosa:Result. Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:hasSample**: σχέση μεταξύ ενός FoT και του δείγματος που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του. Άρα, το domain της ιδιότητας περιλαμβάνει την κλάση sosa:FeatureOfInterest και το range την κλάση sosa:Sample.
* **sosa:isSampleOf**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:hasSample.

sosa:Sampling

Εκτέλεση ενός Procedure το οποίο έχει ως στόχο την δημιουργία ή τον μετασχηματισμό ενός ή περισσότερων Samples. Για παράδειγμα, επιλογή ενός υποσυνόλου του πληθυσμού ή λήψη αίματος από κάποιον ασθενή.

sosa:Sampler

Οποιαδήποτε συσκευή χρησιμοποιείται για την εκτέλεση κάποιου Sampling. Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:madeSampling**: σχέση μεταξύ ενός Sampler και του Sampling που εκτέλεσε. Άρα, το domain της ιδιότητας περιλαμβάνει την κλάση sosa:Sampler και το range αντίστοιχα την κλάση sosa:Sampling.
* **sosa:madeBySampler**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:madeSampling

### Χαρακτηριστικά Ενδιαφέροντος και Ιδιότητες

Στην Εικόνα 27 φαίνονται οι βασικές κλάσεις και ιδιότητες των οντολογιών SSN και SOSA που σχετίζονται με FoT και properties. Βλέπουμε ότι η έννοια του ObservableProperty που αναφέρθηκε παραπάνω αποτελεί υποκλάση ενός Property και ότι τα properties συνδέονται με τα FoT με τη χρήση κάποιων ιδιοτήτων.

Diagram, text

Description automatically generated

Εικόνα – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με FoT και Properties

sosa:FeatureOfInterest

Το αντικείμενο του οποίου κάποια ιδιότητα εκτιμάται ή υπολογίζεται και τη διάρκεια ενός Observation. Για παράδειγμα, αν υπολογίζεται το ύψος ενός κτιρίου, το ύψος αποτελεί το ObservableProperty ενώ το κτίριο αποτελεί το FoT.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:hasFeatureOfInterest**: σχέση μεταξύ ενός Observation και της οντότητας την οποία επιλέξαμε για την παρατήρηση κάποιας ιδιότητας της, ή μεταξύ μίας δειγματοληψίας (Sampling) και της οντότητας που πήραμε ως δείγμα.
* **sosa:isFeatureOfInterestOf**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:hasFeatureOfInterest

ssn:Property

Μία ιδιότητα μίας οντότητας. Μία πτυχή της οντότητας που είναι εγγενής και δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς την οντότητα.

Ιδιότητες που σχετίζονται με τη κλάση:

* **ssn:hasProperty**: σχέση μεταξύ μίας οντότητας με μία ιδιότητα της.
* **ssn:isPropertyOf**: αντίστροφη ιδιότητα της ssn:hasProperty
* **ssn:forProperty**: σχέση μεταξύ κάποιας πτυχής μίας οντότητας με μία ιδιότητα. Για παράδειγμα, μεταξύ ενός Sensor και των ιδιοτήτων που μπορεί να παρατηρήσει.

### Διαδικασίες και Αποτελέσματα

Στις Εικόνες 28 και 29 βλέπουμε τις βασικές έννοιες των οντολογιών SSN και SOSA σχετικές με τις διαδικασίες (procedures) και τα αποτελέσματα τους (results).

A picture containing diagram

Description automatically generated

Εικόνα – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με Procedures

Diagram

Description automatically generated

Εικόνα – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με Results

sosa:Procedure

Ένα πρωτόκολλο, ένα σχέδιο, ένας αλγόριθμος ή μία υπολογιστική μέθοδος η οποία καθορίζει, μεταξύ άλλων, το πως να γίνεται ένα Observation, ή πως να δημιουργηθεί ένα Sample. Μία διαδικασία είναι επαναχρησιμοποιήσιμη και μπορεί να εμπλέκεται σε πολλά Observations και Samplings. Εξηγεί τα βήματα που πρέπει να γίνουν για να φτάσουμε σε επιθυμητά και χρήσιμα αποτελέσματα.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:usedProcedure**: σχέση μεταξύ ενός επαναχρησιμοποιήσιμου Procedure και της πράξης για την οποία χρησιμοποιήθηκε, όπως ένα Observation ή ένα Sampling.
* **ssn:implements**: σχέση μεταξύ μιας οντότητας που εφαρμόζει ένα Procedure με κάποιο εκτελέσιμο τρόπο και του Procedure (αλγόριθμος, διαδικασία ή μέθοδος).
* **ssn:implementedBy**: αντίστροφη ιδιότητα της ssn:implements

ssn:Input

Κάθε πληροφορία που παρέχεται σε ένα Procedure για να τη χρησιμοποιήσει

* **ssn:hasInput**: σχέση μεταξύ ενός Procedure και ενός Input του.

ssn:Output

Κάθε πληροφορία που παράγεται από ένα Procedure.

* **ssn:HasOutput**: σχέση μεταξύ ενός Procedure και ενός Output του.

sosa:Result

Το αποτέλεσμα ενεργειών όπως Observation και Sampling.

* **sosa:hasResult**: σχέση μεταξύ μίας ενέργειας (Observation, Sampling, …) και του Result που αυτή δίνει.
* **sosa:isResultOf**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:hasResult.
* **sosa:hasSimpleResult**: η απλή τιμή που επιστρέφεται από μία ενέργεια, όπως Observation. Για παράδειγμα, η τιμή 15 ή η τιμή true.
* **sosa:resultTime**:είναι η χρονική στιγμή που ολοκληρώθηκε μια ενέργεια. Το range της ιδιότητας περιλαμβάνει τιμές τύπου xsd:dateTime.

### Συστήματα και Ανάπτυξη τους

Στην Εικόνα 30 βλέπουμε τις βασικές έννοιες των οντολογιών SSN και SOSA σχετικά με τα συστήματα (systems) και την ανάπτυξη τους (deployment). Όπως φαίνεται, οι οντότητες που έχουμε περιγράψει (Sensor, Actuator, Sampler) αποτελούν υποκλάση του System, το οποίο τίθεται σε ανάπτυξη μέσω του Deployment και γίνεται host σε κάποιο Platform.

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – Κλάσεις και ιδιότητες των SSN/SOSA σχετικά με τα Systems και το Deployment

sosa:Platform

Αποτελεί μία οντότητα η οποία «φιλοξενεί» άλλες οντότητες, όπως Sensors, Samplers, και άλλα Platforms. Για παράδειγμα, ένα όχημα, ένας δορυφόρος, ένα τηλέφωνο, ένας άνθρωπος ή ένα ζώο, θα μπορούσαν να συμπεριφέρονται ως Platforms (τεχνικά ή βιολογικά) για Sensors ή Actuators.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **sosa:hosts**: σχέση μεταξύ ενός Platform και μίας άλλης οντότητας την οποία φιλοξενεί.
* **sosa:isHostedBy**: αντίστροφη ιδιότητα της sosa:hosts

ssn:System

Είναι μία μονάδα αφαίρεσης για τα κομμάτια υποδομής που εφαρμόζουν Procedures. Ένα σύστημα μπορεί να περιέχει κάποια στοιχεία, που καλούνται τα υποσυστήματα του, και τα οποία είναι άλλα συστήματα.

* **ssn:hasSubSystem**: σχέση μεταξύ ενός System και ενός από τα στοιχεία του.

ssn:Deployment

Περιγράφει την ανάπτυξη ενός ή περισσότερων Systems για κάποιον συγκεκριμένο σκοπό. Το Deployment μπορεί να γίνει σε κάποιο Platform. Για παράδειγμα, η εγκατάσταση ενός Sensor που μετράει την θερμοκρασία σε έναν τοίχο.

Ιδιότητες που σχετίζονται με αυτή τη κλάση:

* **ssn:deployedSystem**: σχέση μεταξύ ενός Deployment και του Platform πάνω στο οποίο έχουν αναπτυχθεί τα Systems.
* **ssn:hasDeployment**: σχέση μεταξύ ενός System και ενός Deployment, δεδομένου ότι το System έχει αναπτυχθεί στο συγκεκριμένο Deployment.
* **ssn:deployedOnPlatform**: σχέση μεταξύ ενός Deployment και ενός Platform στο οποίο έχουν αναπτυχθεί τα Systems.
* **ssn:inDeployment**: αντίστροφη ιδιότητα της ssn:deployedOnPlatform.

1. Υλοποίηση

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

# Περιγραφή Του Προβλήματος

Στόχος της εργασίας είναι η συλλογή και η αναπαράσταση δεδομένων από fitness trackers, με τρόπο που να επιτρέπει στους χρήστες να θέτουν ερωτήματα και να εξάγουν συμπεράσματα από αυτά. Τα δεδομένα που συλλέγονται αρχικά πρέπει να μετασχηματισθούν σε RDF τριπλέτες και να ενσωματωθούν σε μία οντολογία, η οποία έχει κατασκευαστεί για την αναπαράσταση τους. Έπειτα, οι τριπλέτες πρέπει να αποθηκευτούν σε μία σημασιολογική βάση δεδομένων, όπως η GraphDB. Τέλος, πρέπει να κατασκευαστεί μία web εφαρμογή με dashboards, η οποία θα συνδεθεί με τ ην βάση και θα παρουσιάζει τα δεδομένα στον χρήστη και θα του επιτρέπει να θέσει ερωτήματα πάνω σε αυτά.

## Επιλογή Dataset

Το πρώτο βήμα για την εκπόνηση της εργασίας ήταν η εύρεση του συνόλου δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί. Το σύνολο αυτό θα έπρεπε να περιλαμβάνει μία ικανοποιητική ποσότητα δεδομένων από κάποιο fitness tracker, που θα επιτρέπει την εξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων.

Τελικά, το dataset που επιλέχθηκε είναι αυτό που βρίσκεται στην ακόλουθη διεύθυνση: <https://www.kaggle.com/datasets/arashnic/fitbit>. Περιλαμβάνει δεδομένα από 30 διαφορετικούς χρήστες Fitbit, οι οποίοι έδωσαν την άδεια για την καταγραφή των δεδομένων τους για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, για μία έρευνα που διεξαγόταν από την Amazon Mechanical Turk. Μεταξύ του συνόλου περιλαμβάνονται διάφορα δεδομένα όπως αριθμός βημάτων, αριθμός θερμίδων, καρδιακοί παλμοί, δεδομένα ύπνου, διάφορες μετρικές όπως βάρος, BMI, και άλλα. Επίσης, χωρίζονται σε δεδομένα ανά μέρα, ανά ώρα, ανά λεπτό, μέχρι και ανά δευτερόλεπτο, μόνο για την μετρική των καρδιακών παλμών.

Στην Εικόνα 31 φαίνεται ένα μικρό τμήμα από τα δεδομένα. Η πρώτη στήλη περιέχει το ID του χρήστη τον οποίο αφορούν όλες οι μετρήσεις. Στη δεύτερη στήλη βρίσκεται η ημερομηνία και η ώρα που συλλέχθηκαν τα δεδομένα. Στις υπόλοιπες στήλες βρίσκονται τα δεδομένα που μας ενδιαφέρουν. Για παράδειγμα, στο συγκεκριμένο αρχείο υπάρχει το βάρος του χρήστη, το ποσοστό λίπους και το BMI. Οι δύο τελευταίες στήλες δεν περιλαμβάνουν δεδομένα που μας ενδιαφέρουν οπότε όταν γίνεται η φόρτωση των αρχείων στο πρόγραμμα που είναι υπεύθυνο για τον μετασχηματισμό των δεδομένων, απλά διαγράφονται. Αγνοούνται επίσης και τα κελιά που είναι κενά.

A picture containing text, screenshot, number, font

Description automatically generated

Εικόνα – Δείγμα από το επιλεγμένο dataset

# Εργαλεία – Frameworks που Χρησιμοποιήθηκαν

Για την υλοποίηση χρησιμοποιήθηκαν διάφορα εργαλεία και τεχνολογίες, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε τμήματος της εργασίας. Αρχικά, για την υλοποίηση της οντολογίας, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Protégé. Αναλυτική περιγραφή αυτών των τεχνολογιών δόθηκε στο κεφάλαιο 2 της εργασίας. Χρησιμοποιούνται για αναπαράσταση δεδομένων στον σημασιολογικό ιστό καθώς και για την δημιουργία οντολογιών. Περαιτέρω ανάλυση της οντολογίας θα γίνει παρακάτω. Για τον μετασχηματισμό των δεδομένων από τα .csv αρχεία και την φόρτωση τους στην οντολογία υλοποιήθηκε ένα πρόγραμμα με τη γλώσσα προγραμματισμού Python. Το πρόγραμμα αυτό διαβάζει όλα τα αρχεία του dataset και κάνει τους κατάλληλους μετασχηματισμούς σε αυτά. Επίσης, κατασκευάζει την οντολογία και φορτώνει όλα τα δεδομένα σε αυτήν. Για την επικύρωση των δεδομένων, χρησιμοποιείται η γλώσσα SHACL. Μέσω αυτής ορίστηκε ένα σύνολο από κανόνες τους οποίους πρέπει να ικανοποιεί η παραγόμενη οντολογία, έτσι ώστε να είναι έγκυρη. Τέλος, τα παραγόμενα δεδομένα αποθηκεύονται σε μία βάση GraphDB.

# Αρχιτεκτονική

A screenshot of a diagram

Description automatically generated with low confidence

# Οντολογία

Για την αναπαράσταση των δεδομένων στον Σημασιολογικό Ιστό απαιτούνταν η δημιουργία μίας οντολογίας με τις κατάλληλες κλάσεις και ιδιότητες για την αναπαράσταση τους. Η οντολογία δημιουργήθηκε αρχικά χειροκίνητα χρησιμοποιώντας το Protégé. Όμως, υπάρχει η δυνατότητα και αυτόματης δημιουργίας της από το python πρόγραμμα που κατασκευάστηκε για τον μετασχηματισμό των δεδομένων, με χρήση της βιβλιοθήκης owlready2. Η οντολογία βασίζεται στο μοντέλο της SSN, οπότε χρησιμοποιεί κάποιες κλάσεις και ιδιότητες που αναλύθηκαν παραπάνω.

## Περιγραφή Οντολογίας

Όπως αναφέρθηκε, το dataset περιέχει παρατηρήσεις δεδομένων από διάφορους ανθρώπους, οι οποίες γινόντουσαν ανά μέρα, ανά ώρα ή ανά λεπτό, ανάλογα με το είδος των δεδομένων. Οπότε, χρειάζονταν αρχικά 3 βασικές κλάσεις για την αναπαράσταση των δεδομένων:

* **Person**, για την αναπαράσταση των ανθρώπων,
* **Observation**, για την αναπαράσταση των παρατηρήσεων, και
* **Result**, για την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των παρατηρήσεων.

Η κλάση **Person** αποτελεί υποκλάση της κλάσης **FeatureOfInterest**, καθώς σύμφωνα με τον ορισμό της, οι άνθρωποι σε αυτή τη περίπτωση αποτελούν τα χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος των οποίων οι ιδιότητες τίθενται υπό παρατήρηση. Αυτές είναι οι κλάσεις που χρειάζονται για την αναπαράσταση των δεδομένων. Επιπλέον χρειάζονται και μερικές ιδιότητες, ώστε να γίνουν οι κατάλληλες συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων:

* **hasFeatureOfInterest:** ιδιότητα που συσχετίζει ένα Observation με το FeatureOfInterest το οποίο παρατηρείται. Έχει ως domain την κλάση Observation και ως range την κλάση FeatureOfInterest.
* **isFeatureOfInterestOf:** αντίστροφη ιδιότητα της hasFeatureOfInterest**.**
* **observedPerson:** συσχετίζει ένα Observation με το αντίστοιχο στιγμιότυπο τύπου Person το οποίο παρατηρείται. Καθώς η κλάση Person είναι υποκλάση της FeatureOfInterest, έτσι και η ιδιότητα observedPerson αποτελεί υπο-ιδιότητα της hasFeatureOfInterest. Έχει ως domain την κλάση Observation και ως range την κλάση Person.
* **hasResult:** συσχετίζει ένα Observation με το αντίστοιχο Result του. Έχει ως domain την κλάση Observation και ως range την κλάση Result.
* **personId, observationId, resultId:** μοναδικό ID για κάθε στιγμιότυπο αυτών των κλάσεων. Για την κλάση Person, το ID παίρνεται από την πρώτη στήλη των αρχείων του dataset. Για τις κλάσεις Observation και Result είναι ένας αύξων αριθμός.

Επιπλέον, με την κλάση Result συσχετίζονται και άλλες ιδιότητες οι οποίες περιλαμβάνουν τις τιμές όλων των παρατηρήσεων. Οι ιδιότητες αυτές αποτελούν datatype properties και έχουν ως domain την κλάση Result και ως range τους τύπους string, integer, decimal, ανάλογα με τις τιμές. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 31, οι στήλες C-F περιέχουν τιμές που αφορούν τα WeightKg, WeightPounds, Fat, και BMI. Για την αναπαράσταση αυτών των τιμών χρησιμοποιούνται οι ιδιότητες **hasWeightKg**, **hasWeightPounds**, **hasFat**, και **hasBMI**. Αντίστοιχα, υπάρχουν και άλλες παρόμοιες ιδιότητες για τα υπόλοιπα δεδομένα.

Στην Εικόνα 32 φαίνεται ένα δείγμα από ένα άλλο αρχείο του dataset, που περιλαμβάνει δεδομένα των χρηστών σχετικά με τον ύπνο. Στην στήλη B φαίνεται η μέρα που έγινε η παρατήρηση, στην στήλη C υπάρχει η ιδιότητα TotalSleepRecords, που δείχνει πόσες φορές κοιμήθηκε ο χρήστης μέσα στη μέρα, στη στήλη D η ιδιότητα TotalMinutesAsleep, δηλαδή τα συνολικά λεπτά όπου ο χρήστης κοιμόταν και τέλος η ιδιότητα TotalTimeInBed, δηλαδή τα συνολικά λεπτά όπου ο χρήστης βρισκόταν στο κρεβάτι του. Για την αναπαράσταση αυτών των τιμών δημιουργήθηκαν οι ιδιότητες **hasTotalSleepRecords**, **hasTotalMinutesAsleep**, και **hasTotalTimeInBed**.

A screenshot of a data

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – Δείγμα από τα δεδομένα ύπνου των χρηστών

## Δημιουργία οντολογίας με owlready2

Η οντολογία αρχικά δημιουργήθηκε με το Protégé. Αργότερα όμως, για μεγαλύτερη ευελιξία και για εξοικονόμηση χρόνου, υλοποιήθηκε και με python χρησιμοποιώντας την βιβλιοθήκη owlready2[[10]](#footnote-10). Μέσω του API της επιτρέπει την δημιουργία και την φόρτωση οντολογιών, την δημιουργία κλάσεων, ιδιοτήτων και στιγμιότυπων, και γενικότερα υποστηρίζει όλες τις λειτουργίες που παρέχει η OWL. Η διαδικασία είναι αρκετά απλή. Στην Εικόνα 33 φαίνεται η συνάρτηση **loadOntology()** όπου γίνεται η δημιουργία της οντολογίας. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιείται η συνάρτηση get\_ontology(), η οποία δέχεται μία παράμετρο, το IRI της οντολογίας ή, αν πρόκειται για τοπικό αρχείο, το path του αρχείου. Δίνοντας ένα path ως παράμετρο, δημιουργείται ένα νέο αρχείο μίας OWL οντολογίας. στην αντίστοιχη τοποθεσία.

A screen shot of a computer code

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Δημιουργία της οντολογίας

Αφού δημιουργηθεί η οντολογία, πρέπει να προστεθούν οι κλάσεις και οι ιδιότητες. Στην Εικόνα 34 φαίνεται ένα μέρος της συνάρτησης **addClassesAndProperties()**, η οποία δέχεται ως παράμετρο μία οντολογία και προσθέτει σε αυτήν τις κλάσεις και τις ιδιότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι κλάσεις δημιουργούνται στο πάνω μέρος με χρήση της συνάρτησης **new\_class()** του **types** module. Ως πρώτη παράμετρος δίνεται το όνομα της κλάσης και ως δεύτερη παράμετρος η κλάση της οποίας θα αποτελεί υποκλάση. Για παράδειγμα, η κλάση Person είναι υποκλάση της FeatureOfInterest, οπότε η κλάση FeatureOfInterest δίνεται ως δεύτερη παράμετρος. Έπειτα γίνεται η δημιουργία των ιδιοτήτων. Δημιουργούνται όπως μία κλάση στην python, με χρήση του **class** keyword. Το σύμβολο ‘>>’ αποτελεί συντόμευση για την δήλωση του domain και του range μίας ιδιότητας. Αν ως παράμετρος δοθεί μία άλλη ιδιότητα, αυτό σημαίνει ότι η ιδιότητα που θα δημιουργηθεί θα είναι υπο-ιδιότητα αυτής. Παρακάτω δημιουργούνται και όλες οι υπόλοιπες ιδιότητες, με τον ίδιο τρόπο.

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Εικόνα – Προσθήκη κλάσεων και ιδιοτήτων

# Μετασχηματισμός Δεδομένων

Αφού κατασκευάζεται η οντολογία και δημιουργούνται όλες οι απαραίτητες κλάσεις και ιδιότητες, το επόμενο βήμα είναι ο μετασχηματισμός των δεδομένων από τα csv αρχεία και η φόρτωση τους στην οντολογία. Στην Εικόνα 35 φαίνεται το αρχείο main.py του project. Αρχικά, καλεί την συνάρτηση loadOntology(), της οποίας η περιγραφή έγινε παραπάνω, η οποία δημιουργεί την οντολογία, προσθέτει όλες τις απαραίτητες κλάσεις και ιδιότητες, και έπειτα την επιστρέφει. Έπειτα, καλείται η συνάρτηση loadData(), η οποία δέχεται ως παράμετρο την οντολογία που δημιουργήθηκε και είναι υπεύθυνη για τον μετασχηματισμό των δεδομένων και την δημιουργία όλων των απαραίτητων στιγμιοτύπων της οντολογίας.

A screen shot of a computer code

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Αρχείο main.py

Στην Εικόνα 36 φαίνεται η συνάρτηση loadData(), από την οποία ξεκινάει η διαδικασία του μετασχηματισμού των δεδομένων. Αρχικά, δημιουργείται ένας κενός πίνακας people, ο οποίος θα περιλαμβάνει όλα τα id των ανθρώπων που έχουν εισαχθεί στην οντολογία. Αυτό θα χρειαστεί ώστε να αναγνωρίζονται τα κοινά id που υπάρχουν σε διαφορετικά αρχεία και να μην δημιουργούνται επιπλέον στιγμιότυπα τύπου Person με τα ίδια id. Η μεταβλητή filenum είναι μία βοηθητική μεταβλητή που χρησιμοποιείται αργότερα για την αναγνώριση του κάθε αρχείου. Αντίστοιχα και οι μεταβλητές observationCount και resultCount, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την μέτρηση των observations και results αντίστοιχα, και για τον ορισμό των id τους. Μετά από αυτές τις δηλώσεις, ακολουθεί μία επαναληπτική δομή, η οποία καλεί την συνάρτηση loadFileData() για κάθε αρχείο του dataset και ενημερώνει κατάλληλα την μεταβλητή filenum. Η συνάρτηση, αφού κάνει τον μετασχηματισμό των δεδομένων του αρχείου, επιστρέφει τις ενημερωμένες τιμές των μεταβλητών observationCount και resultCount. Το files είναι ένας πίνακας που έχει δημιουργηθεί, ο οποίος περιέχει όλα τα paths των αρχείων που χρησιμοποιούνται.

A picture containing text, multimedia software, screenshot

Description automatically generated

Εικόνα – Συνάρτηση loadData

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο κώδικας της συνάρτησης loadFileData(). Η συνάρτηση αυτή δέχεται 4 παραμέτρους, την οντολογία, τον πίνακα people, το path του αρχείου που θα διαβαστεί, και το filenum. Αρχικά, διαβάζονται τα περιεχόμενα του αρχείου με τη χρήση της συνάρτησης read\_csv() από την βιβλιοθήκη pandas[[11]](#footnote-11) και τα κενά κελιά συμπληρώνονται με 0.

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Εικόνα – Χρήση pandas για το διάβασμα των αρχείων

Ακολουθεί μία επαναληπτική δομή, όπου τα δεδομένα του αρχείου διαβάζονται ανά γραμμή. Για κάθε γραμμή, δημιουργείται ένα νέο στιγμιότυπο των κλάσεων Observation και Result, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω της ιδιότητας hasResult. Επίσης, θέτονται τα ids αυτών των στιγμιοτύπων με την χρήση των αντίστοιχων ιδιοτήτων και των μεταβλητών observationCount και resultCount, των οποίων οι τιμές στη συνέχεια αυξάνονται κατά 1.

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Εικόνα – Διάσχιση του αρχείου ανά γραμμή

Έπειτα, αφού έχουμε τα δεδομένα της κάθε γραμμής, πρέπει να εξεταστεί κάθε κελί ξεχωριστά. Όλα τα αρχεία έχουν μία σταθερή και συνεπή μορφή, δηλαδή στη πρώτη στήλη βρίσκεται πάντα το id του ανθρώπου, στη δεύτερη στήλη η ημερομηνία, και έπειτα ακολουθούν τα υπόλοιπα δεδομένα. Για αυτό χρησιμοποιείται η μεταβλητή column\_index, ώστε να καταλαβαίνει το πρόγραμμα σε ποια στήλη του αρχείου βρίσκεται και να εκτελεί τις κατάλληλες ενέργειες.

Στην Εικόνα 39 φαίνονται οι ενέργειες που εκτελεί το πρόγραμμα για τα δεδομένα της πρώτης στήλης. Αρχικά, τα δεδομένα διαβάζονται ανά στήλη και αποθηκεύονται στη μεταβλητή data. Αν το column\_index είναι ίσο με 0, σημαίνει ότι βρισκόμαστε στη πρώτη στήλη και στη μεταβλητή data είναι αποθηκευμένο αυτή τη στιγμή το id του χρήστη. Πρέπει αρχικά να ελέγξουμε αν αυτός ο χρήστης έχει ήδη εισαχθεί στην οντολογία. Οπότε ψάχνουμε να βρούμε αν το id του χρήστη υπάρχει ήδη στον πίνακα people. Αν υπάρχει, τότε βρίσκουμε το αντίστοιχο στιγμιότυπο της κλάσης Person χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση instances(), και θέτουμε την ιδιότητα observedPerson χρησιμοποιώντας ως subject το στιγμιότυπο τύπου Observation που κατασκευάστηκε παραπάνω και ως object τον Person που μόλις πήραμε. Αν δεν υπάρχει, τότε δημιουργούμε ένα νέο στιγμιότυπο τύπου Person και θέτουμε το id του χρησιμοποιώντας την μεταβλητή data. Θέτουμε με τον ίδιο τρόπο την ιδιότητα observedPerson και προσθέτουμε το id στον πίνακα people ώστε να μη δημιουργηθεί μελλοντικά επιπλέον στιγμιότυπο για τον ίδιο χρήστη.

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Εικόνα – Δημιουργία στιγμιότυπων τύπου Person

Για τα δεδομένα που βρίσκονται στις υπόλοιπες στήλες, θέτονται οι αντίστοιχες ιδιότητες. Καθώς κάθε αρχείο περιλαμβάνει διαφορετικά δεδομένα, έχει δημιουργηθεί μία διαφορετική συνάρτηση για κάθε αρχείο. Για να γίνει η κλήση της σωστής συνάρτησης χρησιμοποιούμε την μεταβλητή filenum που αναφέρθηκε παραπάνω. Χρησιμοποιώντας ένα match-case statement της python, καλείται η αντίστοιχη συνάρτηση ανάλογα με την τιμή της μεταβλητής.

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Εικόνα – Κλήση της κατάλληλης συνάρτησης για το κάθε αρχείο

Για παράδειγμα, έστω ότι διαβάζουμε το πρώτο αρχείο, το οποίο είναι το weightLogInfo. Δείγμα του αρχείου φαίνεται στην Εικόνα 31. Τα δεδομένα που περιέχει το αρχείο, πέρα από τα id των χρηστών, είναι η ημερομηνία και ώρα της παρατήρησης, βάρος σε kg, βάρος σε pounds, fat, και bmi. Οπότε, πρέπει να γίνει χρήση των ιδιοτήτων της οντολογίας που αντιστοιχούν σε αυτά τα δεδομένα. Στην Εικόνα 41 φαίνεται η συνάρτηση loadWeightLogInfo(). Δέχεται ως παραμέτρους την μεταβλητή column\_index ώστε να μπορεί να καθορίσει σε ποια στήλη βρίσκεται για την χρησιμοποιήσει την κατάλληλη ιδιότητα, το αντίστοιχο στιγμιότυπο result που δημιουργήθηκε παραπάνω, καθώς και τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη μεταβλητή data. Χρησιμοποιώντας άλλο ένα match-case, ελέγχει την τιμή του column\_index και δημιουργεί μία καινούρια τριπλέτα. Για παράδειγμα, αν το column\_index είναι ίσο με 1, σημαίνει ότι βρισκόμαστε στη δεύτερη στήλη, όπου είναι αποθηκευμένη η ημερομηνία και η ώρα της παρατήρησης.

A screen shot of a computer program

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Συνάρτηση loadWeightLogInfo()

Για την αποθήκευση της ημερομηνίας και της ώρας συγκεκριμένα, καλείται η συνάρτηση setDateTime(), η οποία φαίνεται στην Εικόνα 42. Η ιδιότητα resultTime, η οποία χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση αυτής της πληροφορίας στην οντολογία, έχει ως range τον τύπο δεδομένων datetime, που δίνεται από την βιβλιοθήκη owlready2. Για την δημιουργία ενός νέου datetime object χρειάζεται η πληροφορία που διαβάζεται από το αρχείο, η οποία είναι η ημερομηνία και η ώρα ενωμένη ως μία συμβολοσειρά, να χωριστεί στα επιμέρους τμήματα της (έτος, μήνας, μέρα, ώρα, λεπτό), τα οποία στη συνέχεια θα αποθηκευτούν στις αντίστοιχες μεταβλητές. Αφού γίνει αυτό, δημιουργείται στο τέλος η επιθυμητή τριπλέτα με την ιδιότητα resultTime δίνοντας ως object ένα νέο datetime με ορίσματα τις μεταβλητές που δημιουργήθηκαν. Για κάποια αρχεία χρειάστηκε η υλοποίηση κάποιων επιπλέον ελέγχων, καθώς μπορεί να είχαν μόνο ημερομηνία και όχι ώρα, ή μπορεί η ώρα να μην ήταν σε εικοσιτετράωρη μορφή αλλά να περιλάμβανε «PM» ή «AM». Στη περίπτωση αυτή θα θέλαμε να μην υπάρχουν αυτά τα σύμβολα και η ώρα να αποθηκεύεται σε εικοσιτετράωρη μορφή.

A screen shot of a computer screen

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Συνάρτηση setDateTime()

Με τον ίδιο τρόπο έχουν υλοποιηθεί συναρτήσεις και για τα υπόλοιπα αρχεία. Επιπλέον, ενημερώνεται σε κάθε επανάληψη και η τιμή της μεταβλητής column\_index ώστε να δείχνει πάντα στη σωστή στήλη. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε γραμμή κάθε αρχείου έως ότου να διαβαστούν όλα τα δεδομένα του dataset και να δημιουργηθούν όλες οι επιθυμητές τριπλέτες. Τέλος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 35, η οντολογία αποθηκεύεται σε ένα αρχείο Data.owl, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την επικύρωση και την αποθήκευση των αποτελεσμάτων.

# Επικύρωση Αποτελεσμάτων

Αφού έχει κατασκευαστεί η οντολογία, πριν γίνει η αποθήκευση της στη βάση πρέπει πρώτα να επικυρωθεί ώστε να είμαστε βέβαιοι ότι είναι συνεπής και δεν περιέχει λάθη. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η γλώσσα περιορισμών SHACL[[12]](#footnote-12). Η SHACL χρησιμοποιείται για την επικύρωση RDF γράφων ελέγχοντας αν ικανοποιούν κάποιους προκαθορισμένους κανόνες. Αυτές οι συνθήκες παρέχονται ως σχήματα(shapes) και άλλες δομές που εκφράζονται στη μορφή ενός γράφου RDF. Οι γράφοι RDF που χρησιμοποιούνται με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται "γράφοι σχημάτων" στο SHACL και οι γράφοι RDF που επικυρώνονται έναντι ενός γράφου σχημάτων ονομάζονται "γράφοι δεδομένων".

Αρχικά, πριν ξεκινήσει η διαδικασία της επικύρωσης, χρειάζεται να καθοριστεί το σύνολο των κανόνων που θα χρησιμοποιηθεί. Στην οντολογία μας υπάρχουν 3 βασικές κλάσεις των οποίων τα στιγμιότυπα θέλουμε να υπόκεινται στους κανόνες, οι κλάσεις Person, Observation, και Result. Οπότε, δημιουργήθηκαν 3 σχήματα, ένα για κάθε κλάση, όπου το καθένα περιλαμβάνει κάποιους κανόνες για μερικές από τις ιδιότητες των κλάσεων.

Στην Εικόνα 43 φαίνεται το shape που δημιουργήθηκε για την κλάση Person. Έχει μέσα έναν κανόνα ο οποίος λέει ότι κάθε στιγμιότυπο τύπου Person θα πρέπει να ανήκει σε μία ακριβώς τριπλέτα που έχει ως predicate την ιδιότητα personId και το object να είναι τύπου integer.

A screen shot of a computer code

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Shape για την κλάση Person

Στην Εικόνα 44 φαίνεται το shape που δημιουργήθηκε για την κλάση Observation, το οποίο περιλαμβάνει 3 κανόνες. Ο πρώτος αφορά την ιδιότητα observedPerson και λέει ότι κάθε στιγμιότυπο τύπου Observation θα πρέπει να συνδέεται με ακριβώς ένα στιγμιότυπο τύπου Person μέσω της observedPerson. Ο δεύτερος αντίστοιχα λέει ότι κάθε Observation θα πρέπει να συνδέεται με ακριβώς ένα στιγμιότυπο τύπου Result μέσω της ιδιότητας hasResult. Ο τελευταίος λέει ότι κάθε Observation θα πρέπει να έχει ακριβώς ένα id.

Τέλος, στην Εικόνα 45 φαίνεται το shape που δημιουργήθηκε για την κλάση Result, το οποίο περιλαμβάνει 2 κανόνες. Ο πρώτος λέει ότι κάθε Result πρέπει να έχει ακριβώς μία ημερομηνία-ώρα, μέσω της ιδιότητας resultTime, και ο δεύτερος ότι κάθε Result θα πρέπει να έχει ακριβώς ένα id.

A screen shot of a computer code

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Shape για την κλάση Observation

A screen shot of a computer code

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Shape για την κλάση Result

Αφού έχει οριστεί το σύνολο των κανόνων, το επόμενο βήμα είναι η επικύρωση της οντολογίας. Στην Εικόνα 46 φαίνεται το πρόγραμμα που υλοποιήθηκε σε python για να εκτελέσει τη διαδικασία της επικύρωσης, με χρήση της βιβλιοθήκης pyshacl. Αρχικά δηλώνονται τα δύο αρχεία που απαιτούνται για την επικύρωση, το αρχείο των δεδομένων (data\_file), το οποίο είναι η οντολογία που κατασκευάσαμε, και το αρχείο με τα shapes, δηλαδή τους κανόνες (shapes\_file). Έπειτα, καλείται η συνάρτηση validate() που εκτελεί την επικύρωση. Τέλος, ελέγχεται αν η επικύρωση ολοκληρώθηκε χωρίς λάθη μέσω της μεταβλητής results\_conforms και εμφανίζονται οι ανάλογες πληροφορίες στον χρήστη.

A screen shot of a computer program

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Επικύρωση της οντολογίας με pyshacl

# Αποθήκευση Δεδομένων

Η αποθήκευση των δεδομένων έγινε σε μία βάση δεδομένων GraphDB. Η GraphDB είναι ένα πανίσχυρο σύστημα βάσης δεδομένων γράφων που παρέχει εξαιρετική λειτουργικότητα για την αποθήκευση, την ανάκτηση και την ερώτηση πολύπλοκων δεδομένων γράφων. Είναι βασισμένη σε RDF και SPARQL και προσφέρει προηγμένες δυνατότητες για τη διαχείριση γράφων δεδομένων, την ανίχνευση συσχετίσεων και την ανάλυση της γνώσης. Με την υποστήριξη ευέλικτων σχημάτων, ανεξάρτητης από τη γλώσσα αναζήτησης και προηγμένων λειτουργιών αποθήκευσης, το GraphDB αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη και την εκτέλεση εφαρμογών που απαιτούν αποτελεσματική διαχείριση γράφων δεδομένων. Στην Εικόνα 47 φαίνεται ένα δείγμα από τα δεδομένα που αποθηκεύτηκαν στη βάση.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – GraphDB

# Dashboards και παραδείγματα ερωτημάτων

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και την δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από αυτά, δημιουργήθηκε μία web εφαρμογή μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να διαλέξει την κατηγορία των δεδομένων που θέλει να δει, για τον άνθρωπο που τον ενδιαφέρει, και να παρατηρήσει την εξέλιξη που είχε μέσα σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η εφαρμογή συνδέεται με τη βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύτηκαν τα δεδομένα και στέλνει σε αυτήν κάποια προκαθορισμένα ερωτήματα, ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη και το τι θέλει να δει.

Για το backend της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνολογίες Node.js και Express.js, που αποτελούν εργαλεία βασισμένα σε JavaScript. Το Node.js αποτελεί ένα JavaScript runtime environment, που επιτρέπει την εκτέλεση JavaScript κώδικα εκτός του περιβάλλοντος κάποιου περιηγητή (browser). Το Express.js είναι ένα ελαφρύ πλαίσιο εφαρμογής ιστού (web framework) για το Node.js. Παρέχει ένα απλό και ευέλικτο σύνολο χαρακτηριστικών για την κατασκευή ιστοσελίδων και API. Το Express.js βοηθά στην χειρισμό των αιτημάτων HTTP, τη δρομολόγηση, τη μεσαία λογική (middleware) και άλλες κοινές εργασίες ανάπτυξης ιστού. Με τη χρήση αυτών των τεχνολογιών, δημιουργείται ένας server που τρέχει τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη, γίνεται η σύνδεση με τη βάση δεδομένων, και στέλνονται τα ερωτήματα και λαμβάνονται οι απαντήσεις από τη βάση. Στην Εικόνα 48 φαίνεται ο κώδικας του αρχείου server.js, στο οποίο χρησιμοποιείται η Express.js για την ρύθμιση του middleware, των API routes, και για την δημιουργία του server.

A screen shot of a computer program

Description automatically generated with low confidence

Εικόνα – Δημιουργία του server με Express

Για το frontend της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκε η Angular. Η Angular είναι ένα web framework ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται για την δημιουργία σύγχρονων εφαρμογών ιστού[[13]](#footnote-13). Είναι βασισμένη στην γλώσσα προγραμματισμού TypeScript και ακολουθεί την αρχιτεκτονική του πελάτη-εξυπηρετητή (client-server). Η Angular προσφέρει ένα πλήρες σύνολο εργαλείων και λειτουργιών που καλύπτουν την ανάπτυξη, τον δομημένο προγραμματισμό, την διαχείριση κατάστασης, τη δρομολόγηση, την ανάλυση και άλλες διάφορες πτυχές της ανάπτυξης εφαρμογών. Επιπλέον, παρέχει έναν ισχυρό μηχανισμό δέσμευσης δεδομένων και μια ευέλικτη δομή για την ανάπτυξη προσαρμόσιμων και επαναχρησιμοποιήσιμων συνιστωσών. Με την χρήση της Angular, οι προγραμματιστές μπορούν να αναπτύξουν ευέλικτες, αποδοτικές και ποιοτικές εφαρμογές ιστού που λειτουργούν απροβλημάτιστα σε διάφορες πλατφόρμες και συσκευές. Επιπλέον, η μεγάλη κοινότητα του Angular παρέχει υποστήριξη, πόρους και επεκτατικές δυνατότητες, καθιστώντας το ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάπτυξη προηγμένων εφαρμογών ιστού.

Η εφαρμογή που κατασκευάστηκε αποτελείται από δύο σελίδες, μία αρχική σελίδα (about page) η οποία δίνει κάποιες βασικές πληροφορίες σχετικά με το dataset καθώς και την δυνατότητα λήψης του, και μία σελίδα στην οποία γίνεται η οπτικοποίηση των δεδομένων, με χρήση πινάκων και γραφημάτων, και στην οποία ο χρήστης μπορεί να δει τα δεδομένα που τον ενδιαφέρουν (dashboards page). Με το που ανοίγει ο χρήστης την εφαρμογή, βρίσκεται στην αρχική σελίδα, η οποία φαίνεται στην Εικόνα 49. Σε αυτή ο χρήστης μπορεί να κάνει λήψη του dataset πατώντας το κουμπί, να δει κάποιες βασικές πληροφορίες που αφορούν το dataset, και να μεταβεί στη σελίδα dashboards, είτε μέσω του κουμπιού στο κάτω μέρος της σελίδας, είτε από τη μπάρα πλοήγησης στη κορυφή της σελίδας.

A screenshot of a fitness tracker

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – Αρχική σελίδα της εφαρμογής

Η αρχική όψη της σελίδας dashboards, προτού εκτελέσει κάποια ενέργεια ο χρήστης φαίνεται στην Εικόνα 50. Ο χρήστης επιλέγει τον άνθρωπο και την κατηγορία δεδομένων που τον ενδιαφέρει, καθώς και την επιθυμητή χρονική περίοδο, μέσω των τριών μενού που φαίνονται. Όταν πατήσει το submit κουμπί, στέλνεται ένα SPARQL ερώτημα στην βάση δεδομένων μέσω του backend, και λαμβάνεται η απάντηση, η οποία παρουσιάζεται στον χρήστη με τη χρήση πίνακα και γραφημάτων.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – Αρχική όψη της σελίδας Dashboards

Τα ερωτήματα που στέλνονται στη βάση είναι προκαθορισμένα και η επιλογή του σωστού ερωτήματος για αποστολή γίνεται βάση των επιλογών του χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης επέλεξε την κατηγορία Activity, για τον person1, στη χρονική περίοδο 4/1/2016 – 4/14/2016, το ερώτημα που εκτελείται είναι αυτό που φαίνεται στην Εικόνα 51. Μέσα στον κώδικα, υπάρχει ένα προκαθορισμένο ερώτημα για κάθε επιλεγμένη κατηγορία, στο οποίο ενσωματώνονται το id του ανθρώπου που επιλέγει ο χρήστης καθώς και οι ημερομηνίες μέσω μεταβλητών. Έτσι, το ερώτημα τελικά διαμορφώνεται δυναμικά ανάλογα με τις επιλογές των χρηστών.

A screen shot of a computer code

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – SPARQL query που στέλνεται στην βάση

Αφού εκτελείται το ερώτημα και λαμβάνονται τα αποτελέσματα, γίνεται η παρουσίαση τους στην σελίδα dashboards. Αρχικά, εμφανίζεται ένας πίνακας που περιλαμβάνει τα αποτελέσματα του ερωτήματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 52. Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί στον πίνακα καθώς και να μεταβάλλει τον αριθμό των γραμμών ανά σελίδα μέσω του paginator στο κάτω μέρος του πίνακα, ανάλογα με τον αριθμό των αποτελεσμάτων που επιστρέφει το κάθε ερώτημα.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα – Πίνακας με τα αποτελέσματα ερωτήματος

Για την καλύτερη οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και για ευκολότερη παρατήρηση της εξέλιξης των τιμών, δημιουργούνται και γραφήματα. Κάθε γράφημα έχει στον οριζόντιο άξονα την ημέρα παρατήρησης, δηλαδή την στήλη Date του πίνακα, και στον κατακόρυφο την τιμή μίας από τις υπόλοιπες στήλες. Για παράδειγμα, για αυτό το ερώτημα θα δημιουργηθούν 4 γραφήματα, ένα για κάθε στήλη που περιλαμβάνεται στην απάντηση, εκτός της Date. Παραδείγματα γραφημάτων για τις τιμές των SedentaryMinutes και LightlyActiveMinutes φαίνονται στις Εικόνες 53 και 54. Τα γραφήματα είναι τύπου γραμμής, η οποία δείχνει την μεταβολή της τιμής της αντίστοιχης μεταβλητής δια της επιλεγμένης χρονικής περιόδου. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν δεδομένα για το ερώτημα του χρήστη, παρουσιάζεται ένα ενημερωτικό μήνυμα στην θέση που θα εμφανιζόταν ο πίνακας.

A picture containing text, screenshot, line, diagram

Description automatically generated

Εικόνα – Γράφημα για SedentaryMinutes

A picture containing text, line, screenshot, plot

Description automatically generated

Εικόνα – Γράφημα για LightlyActiveMinutes

1. Αναφορές

Βιβλιογραφία

[1] Βerners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. A New Form of Web Content That Is Meaningful to Computers Will Unleash a Revolution of New Possibilities. Scientific American, 284, 1-5.

[2] Grigoris Antoniou, Paul Growth, Frank van Harmelen, Rinke Hoekstra. A Semantic Web Primer, 3rd Edition.

[3] Harary, F. "Labeled Graphs." Graph Theory. Reading, MA: Addison-Wesley, pp. 10 and 178-180, 1994.

[4] Bray, Tim; Hollander, Dave; Layman, Andrew; Tobin, Richard, eds. (2006-08-16). "Namespaces in XML 1.1 (Second Edition)". World Wide Web Consortium. 2.2 Use of URIs as Namespace Names.

[5] Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space (2011) by Tom Heath and Christian Bizer, Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology, Morgan & Claypool

[6] Dean Allemang, Jim Hendler. Ο Σημασιολογικός Ιστός για τους Δημιουργούς Οντολογιών.

[7] Haller, Armin; Janowicz, Krzysztof; Cox, Simon J.D.; Lefrançois, Maxime; Taylor, Kerry; Le Phuoc, Danh; Lieberman, Joshua; García-Castro, Raúl; Atkinson, Rob; Stadler, Claus (2018). "The modular SSN ontology: A joint W3C and OGC standard specifying the semantics of sensors, observations, sampling, and actuation"

[8] McCreary, Dan; Kelly, Ann (2013). Making Sense of NoSQL: A guide for managers and the rest of us.

[9] Codd, E. F. (1970). "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks". Communications of the ACM. 13 (6): 377–387.

[10] Geoffrey James (1985). Document Databases.

[11] Acharjya, D.P.; Geetha, M.K., eds. (2017). Internet of Things: Novel Advances and Envisioned Applications. Springer. p. 311.

Web sites

1. Active Worlds, <http://www.activeworlds.com> (τελευταία επίσκεψη 22 Ιουνίου 2007)

[*Τα Web sites θα μπορούσαν να είναι και υποσημειώσεις στο κάτω μέρος της σελίδας*]

1. Ακρώνυμα

Ελληνικοί Οροι

|  |  |
| --- | --- |
| **Ακρώνυμο** | **Επεξήγηση** |
| ΕΕΠ | Εκπαιδευτικό Εικονικό Περιβάλλον |
| ΕΣ | Εξυπηρετητής Συνδέσεων |

Αγγλικοί Οροι

| **Ακρώνυμο** | **Επεξήγηση** |
| --- | --- |
| 3D | Three (3) Dimensional |
| X3D | eXtensible 3D |

1. Γλωσσάριο

Γλωσσάριο

| **Όρος** | **Επεξήγηση** |
| --- | --- |
| Collaborative e-Learning | Συνεργατική Μάθηση από Απόσταση |

1. Ευρετηριο

Ευρετήριο

3

3D · 41

C

Collaborative e-learning · 45

W

Web site · 37

WWW · 37

Δ

ΔΕΠ · 27

Ε

Εκπαιδευτικό Εικονικό Περιβάλλον · 41

Εξυπηρετητής Συνδέσεων · 41

ΕΣ · 41

Σ

Συνεργατική Μάθηση · 31, 45

Συνεργατική Μάθηση από Απόσταση · 45

1. <https://www.w3.org/standards/xml/> [↑](#footnote-ref-1)
2. <https://www.w3.org/TR/turtle/> [↑](#footnote-ref-2)
3. <https://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/> [↑](#footnote-ref-3)
4. <https://www.w3.org/TR/rdf-schema/> [↑](#footnote-ref-4)
5. <https://www.w3.org/TR/owl-features/> [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://en.wikipedia.org/wiki/Linked_data> [↑](#footnote-ref-6)
7. <https://docs.stardog.com/tutorials/rdf-graph-data-model> [↑](#footnote-ref-7)
8. <https://dbpedia.org/sparql> [↑](#footnote-ref-8)
9. <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/> [↑](#footnote-ref-9)
10. <https://owlready2.readthedocs.io/en/latest/> [↑](#footnote-ref-10)
11. <https://pandas.pydata.org/docs/> [↑](#footnote-ref-11)
12. <https://www.w3.org/TR/shacl/> [↑](#footnote-ref-12)
13. <https://en.wikipedia.org/wiki/Single-page_application> [↑](#footnote-ref-13)