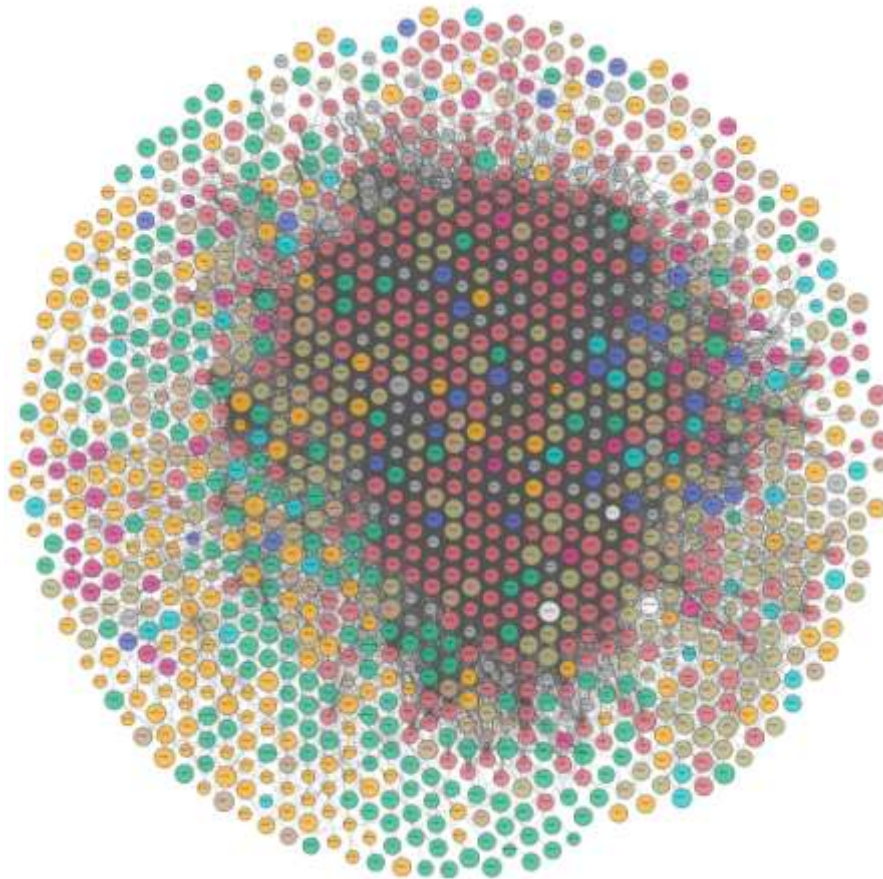




ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ – ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
‘ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ’

Διπλωματική Εργασία

«Συνδεδεμένα Δεδομένα και Μουσικά Σχολεία: Στη Διαπασών»



Του Φοιτητή
Σοφιανού Κων/νου

Επιβλέπων Καθηγητής
Μιχάλης Στεφανιδάκης

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΜΙΧΑΛΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΔΑΚΗΣ
- ΜΕΛΗ: ΚΑΤΙΑ ΚΕΡΜΑΝΙΔΟΥ
ΦΟΙΒΟΣ ΜΥΛΩΝΑΣ

Στην Ευφροσύνη,

Περίληψη

Στις μέρες μας το Διαδίκτυο έχει γίνει ένας από τους πιο δημοφιλείς χώρους για αναζήτηση και ανάκτηση πληροφοριών. Παρόλα αυτά οι κατηγορίες πληροφοριών που υπάρχουν στο Διαδίκτυο είναι τόσο διαφορετικές που ο χρήστης συχνά σπαταλά αρκετό χρόνο για να βρει τις πληροφορίες που θέλει. Μια σημαντική λύση στο πρόβλημα αυτό έρχεται να δώσει ο Σημασιολογικός Ιστός.

Ο Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web) υπόσχεται έναν διαφορετικό τρόπο διαχείρισης και πρόσβασης στις πληροφορίες του Διαδικτύου. Η κεντρική ιδέα στην οποία βασίζεται το όραμα του Σημασιολογικού Ιστού είναι η κατανόηση των πληροφοριών από τους ίδιους τους υπολογιστές μέσω της περιγραφής των ιδίων των δεδομένων και των σχέσεων μεταξύ τους. Η κατανόηση της σημασίας δεδομένων από τους ίδιους τους υπολογιστές μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτατες αναζητήσεις πληροφοριών με ακρίβεια που ποτέ μέχρι σήμερα δεν ήταν δυνατή.

Η παρούσα πτυχιική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση των δυνατοτήτων χρήσης των συνδεδεμένων δεδομένων στα Μουσικά Σχολεία. Ειδικότερα μας παρουσιάζει τι είναι αυτά τα συνδεδεμένα δεδομένα, πώς προέκυψαν και πώς χρησιμοποιούνται σήμερα. Αναλύει ορισμένα από τα διαθέσιμα εργαλεία για τη δημοσίευσή τους, για την προσπέλαση και την αξιοποίησή τους. Καταγράφει τα δεδομένα που αφορούν τα μουσικά όργανα που διαθέτει ένα μουσικό σχολείο στην αποθήκη του και υλοποιεί εφαρμογές με τις οποίες αντλούνται πληροφορίες από τα δεδομένα όπως διαθεσιμότητα μουσικών οργάνων, δυνατότητα χρέωσης από τους γονείς, μουσικά όργανα και μουσικά σύνολα.

Λέξεις - κλειδιά: Σημασιολογικός Ιστός, Οντολογία, RDF, RDF Schema, OWL, Protégé, Virtuoso Conductor, GraphDB, SPARQL.

Abstract

Nowadays, Internet is the most popular way to search and to retrieve information. Nevertheless the majority and the diversity of these information is so complex that the users waste a lot of their precious time in order to find the right information they need. An important solution for this problem is the Semantic Web.

Semantic Web is a promising way in management and information access. Semantic Web's main idea is the understanding of the information by the computers themselves via data's description and the relation among them. The understanding of the data's meaning by the computers can lead to expeditious searching of information for the first time in such accurate way.

This thesis focuses to the ability of the associated data upon the Musical Schools. In particular it shows what exactly these associated data are, how they are arisen and how they are used nowadays. It analyses some of the available tools for their publication, for their access and their utilization. It records musical instruments' data in a Musical School and implements applications which draw on information by the data like availability of instruments, capability of parental charge, musical instruments and musical ensembles.

Keywords: Semantic Web, Ontology, RDF, RDF Schema, OWL, Protégé, Virtuoso Conductor, GraphDB, SPARQL.

«Έχω ένα όνειρο για τον Παγκόσμιο Ιστό, οι υπολογιστές να καταστούν ικανοί να αναλύουν όλα τα δεδομένα που υπάρχουν στον Ιστό— περιεχόμενο, συνδέσεις, και συναλλαγές μεταξύ ανθρώπων και υπολογιστών. Ένας «Σημασιολογικός Ιστός», ο οποίος θα το κάνει αυτό δυνατόν , θα αργήσει να εμφανιστεί, αλλά όταν το κάνει οι καθημερινοί μηχανισμοί του εμπορίου, της γραφειοκρατίας και η καθημερινότητα μας θα διαχειρίζονται από μηχανές που θα μιλάνε σε μηχανές. Οι «Ευφυείς πράκτορες» τους οποίους οι άνθρωποι ονειρεύονται για αιώνες θα γίνουν πραγματικότητα.» Tim Berners-Lee, 1999

Ευχαριστίες

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους από τους ανθρώπους που γνώρισα, συνεργάστηκα μαζί τους και έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην παρουσίασή της. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου κ. Μιχάλη Στεφανιδάκη για την εμπιστοσύνη και τη συνεχή καθοδήγησή του. Τέλος, πολλά ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την υποστήριξη που μου προσέφεραν σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Στόχοι	Σελ. 10
1.2 Κίνητρα	Σελ. 11
1.3 Προσωπική συμβολή	Σελ. 12
1.4 Δομή της εργασίας	Σελ. 12

Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Ιστορική προσέγγιση	Σελ. 14
2.2 Σημασιολογικός Ιστός	Σελ. 16
2.3 Μοντέλο RDF	Σελ. 21
2.4 RDF SCHEMA	Σελ. 25

Κεφάλαιο 3ο: Συνδεδεμένα Δεδομένα

3.1 Βασικές Αρχές Συνδεδεμένων Δεδομένων	Σελ. 27
3.2 Δημοσίευση Συνδεδεμένων Δεδομένων	Σελ. 29
3.3 Μεταδεδομένα	Σελ. 31
3.4 Οντολογίες – Γλώσσες Οντολογιών	Σελ. 32

Κεφάλαιο 4ο: Δημιουργία Οντολογίας στα Μουσικά Σχολεία

4.1 Εισαγωγή	Σελ. 41
4.2 Σκοπός της Οντολογίας	Σελ. 43
4.3 Μεθοδολογία Ανάπτυξης της Οντολογίας	Σελ. 43
4.4 Ανάλυση της Οντολογίας	Σελ. 44

Κεφάλαιο 5ο: Χρήση Οντολογίας

5.1 Οπτικοποίηση Δεδομένων – GraphDB	Σελ. 48
5.2 Χρήση της Εφαρμογής	Σελ. 50
5.3 Virtuoso Conductor	Σελ. 52
5.4 Η γλώσσα SPARQL – Ερωτήσεις	Σελ. 55

Κεφάλαιο 6ο: Αξιολόγηση Εφαρμογής

6.1 Αξιολόγηση της Οντολογίας	Σελ. 66
6.2 Συμπεράσματα – Προτάσεις	Σελ. 68
6.3 Μελλοντικά Σχέδια	Σελ. 70
6.4 Βιβλιογραφία - Παραρτήματα	Σελ. 71

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Τα Μουσικά Όργανα	Σελ. 13
Εικόνα 2: Ιστός των εγγράφων	Σελ. 14
Εικόνα 3: Η εξέλιξη του Διαδικτύου	Σελ. 15
Εικόνα 4: Η Στοιβή του Σημασιολογικού Ιστού	Σελ. 18
Εικόνα 5: URI	Σελ. 21
Εικόνα 6: Γράφος RDF	Σελ. 22
Εικόνα 7: Γράφοι RDF	Σελ. 22
Εικόνα 8: Γράφοι RDF	Σελ. 23
Εικόνα 9: RDF και RDF SCHEMA	Σελ. 25
Εικόνα 10: Linked Data	Σελ. 27
Εικόνα 11: Συνδεδεμένα Δεδομένα στο Διαδίκτυο	Σελ. 30
Εικόνα 82: Protege	Σελ. 38
Εικόνα 93: Γλώσσες Οντολογιών	Σελ. 39
Εικόνα 14: Η γλώσσα OWL	Σελ. 39
Εικόνα 15: Πρόγονοι της OWL	Σελ. 40
Εικόνα 16: Κλάσεις της Οντολογίας	Σελ. 44
Εικόνα 107: Κλάσεις και υποκλάσεις	Σελ. 44
Εικόνα 18: Οι τρεις βασικές κλάσεις της Οντολογίας	Σελ. 45
Εικόνα 19: Ιδιότητες Δεδομένων	Σελ. 47
Εικόνα 20: Η εφαρμογή GraphDB	Σελ. 50
Εικόνα 21: Ιεραρχία Κλάσεων	Σελ. 51
Εικόνα 22: Σχέσεις Κλάσεων	Σελ. 51
Εικόνα 2113: Στιγμιότυπα της Οντολογίας	Σελ. 52
Εικόνα 24: Στιγμιότυπο :Electric_Guitar_1	Σελ. 53
Εικόνα 25: Στιγμιότυπο :Student_1	Σελ. 53
Εικόνα 26: Στιγμιότυπο :Teacher_3	Σελ. 53
Εικόνα 12: Opelink Virtuoso Platform	Σελ. 54
Εικόνα 28: Virtuoso Universal Server	Σελ. 55
Εικόνα 29: Virtuoso Conductor	Σελ. 56
Εικόνα 30: Μορφή Ερωτημάτων σε SPARQL	Σελ. 56
Εικόνα 31: Δομή ερωτήματος SPARQL	Σελ. 58
Εικόνα 32: Απλό Ερώτημα σε SPARQL	Σελ. 59
Εικόνα 33: Αποτελέσματα 1 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 61
Εικόνα 34: Αποτελέσματα 2 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 61
Εικόνα 135: Αποτελέσματα 3 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 62
Εικόνα 36: Αποτελέσματα 4 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 62
Εικόνα 37: Αποτελέσματα 5 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 63
Εικόνα 38: Αποτελέσματα 6 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 64
Εικόνα 39: Αποτελέσματα 7 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 65
Εικόνα 40: Αποτελέσματα 8 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 65
Εικόνα 41: Αποτελέσματα 9 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 66
Εικόνα 42: Αποτελέσματα 10 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 66
Εικόνα 43: Αποτελέσματα 11 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 66
Εικόνα 44: Αποτελέσματα 12 ^{ου} Ερωτήματος	Σελ. 67

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Βασικές Κλάσεις	Σελ. 26
Πίνακας 2: Βασικές ιδιότητες για τον ορισμό σχέσεων	Σελ. 26
Πίνακας 3: Βασικές ιδιότητες για τον περιορισμό ιδιοτήτων	Σελ. 26
Πίνακας 4: Το σύστημα αξιολόγησης συνδεδεμένων δεδομένων	Σελ. 28
Πίνακας 5: Ιδιότητες Αντικειμένων της Οντολογίας	Σελ. 47
Πίνακας 6: SPARQL Όροι	Σελ. 58
Πίνακας 7: Τύποι Ερωτημάτων SPARQL	Σελ. 59
Πίνακας 8: Φίλτρα στη SPARQL	Σελ. 60

Συντομογραφίες

1. **SW** (Semantic Web) = Σημασιολογικός Ιστός
2. **W3C** (World Wide Web Consortium) = Κοινοπραξία Παγκοσμίου Πληροφοριακού Ιστού
3. **URI** (Uniform Resource Identifier) = Ενιαίο Αναγνωριστικό Πόρων
4. **URN** (Uniform Resource Name) = Ενιαίο Αναγνωριστικό Ονομάτων
5. **RDF** (Resource Description Framework) = Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων
6. **OWL** (Web Ontology Language) = Γλώσσα Οντολογιών Ιστού
7. **HTTP** (HyperText Transfer Protocol) = Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου
8. **HTML** (HyperText Markup Language) = Γλώσσα Μορφοποίησης Υπερκειμένου
9. **XML** (Extensible Markup Language) = Επεκτάσιμη Γλώσσα Σήμανσης
10. **SPARQL** (Simple Protocol And RDF Query Language) = Γλώσσα Ερωτημάτων RDF

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τους στόχους της εργασίας και αναλύει τα κίνητρα για την επιλογή του θέματος και την ανάπτυξη της εργασίας. Επίσης παρουσιάζει την προσωπική μου συμβολή στη δημιουργία μιας οντολογίας για τα μουσικά όργανα των Μουσικών Σχολείων και τελειώνει με τη δομή της εργασίας.

1.1 Στόχοι

Η σημερινή εποχή αποτελεί την εποχή της πληροφορίας. Ο όγκος της διακινούμενης πληροφορίας έχει αυξηθεί εκθετικά, καθιστώντας απαραίτητη την εύρεση τρόπων σωστής διαχείρισης των δεδομένων. Οι βάσεις δεδομένων αποτελούν έναν από τους πιο διαδεδομένους τρόπους αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων. Όμως η αναζήτηση μέσω λέξεων-κλειδίων δεν εξάγει το σωστό αποτέλεσμα σε όλες τις περιπτώσεις, λόγω του μεγάλου όγκου πληροφορίας που συνεχώς προστίθεται. Η νέα γνώση θα πρέπει να προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα, επομένως είναι επιθυμητή η δημιουργία δομών εύκολα επεξεργάσιμων, στις οποίες θα εφαρμόζονται ερωτήματα που θα απαντώνται μετά από εξειδικευμένη αναζήτηση σε κατανεμημένες και διαφορετικά δομημένες βάσεις πληροφοριών.

Τη λύση στο παραπάνω πρόβλημα έρχεται να δώσει ο Σημασιολογικός Ιστός που μας μεταφέρει από τον κλασσικό παγκόσμιο ιστό με τους υπερσυνδέσμους και την απλή δημοσίευση εγγράφων και δεδομένων, στη δημιουργία δομημένων εγγράφων και στη σύνδεσή τους. Δίνει τη δυνατότητα περιγραφής της πληροφορίας σε σημασιολογικό και όχι μόνο σε συντακτικό επίπεδο, βάσει λεξιλογίων αναπαράστασης γνώσης (οντολογιών), η πληροφορία μπορεί να εντοπιστεί άμεσα και με ακρίβεια με τη βοήθεια προηγμένων εφαρμογών. Φιλοδοξεί στην απονομή δομής και σημασιολογίας σε αδόμητη πληροφορία με στόχο τον διαμοιρασμό, την αποτελεσματική εύρεση και επαναχρησιμοποίηση της [1]. Ο στόχος του Σημασιολογικού Ιστού είναι να βελτιώσει το επίπεδο αυτοματοποίησης και ευφυΐας του Διαδικτύου, ενώ η τεχνολογία του Σημασιολογικού Ιστού περιλαμβάνει έναν αριθμό συσχετισμένων τεχνολογιών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται η θεωρητική έρευνα και η έρευνα εφαρμογών.

Ο Σημασιολογικός Ιστός θεμελιώνεται στις ίδιες τεχνολογίες και πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί και ο Παγκόσμιος Ιστός και επι πλέον μέσω νέων προτύπων, επιτρέπει την περιγραφή και διαχείριση δεδομένων που δομούνται σε μορφή γράφου. Στον Σημασιολογικό Ιστό τα ψηφιακά έγγραφα(ιστοσελίδες) αντικαθίστανται από οντότητες όπου μπορούν να περιγραφούν με δομημένο τρόπο και να συνδεθούν με άλλες οντότητες, δημιουργώντας ένα γιγαντιαίο παγκόσμιο δίκτυο ή γράφο εννοιών και δεδομένων.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι μια πρώτη γνωριμία με τον Σημασιολογικό Ιστό, τα νέα μοντέλα και πρότυπα που αυτός προσφέρει. Κατόπιν παρουσιάζεται η ανάγκη για τη δημιουργία Οντολογίας που αναφέρεται στα Μουσικά Όργανα των Μουσικών Σχολείων της χώρας και πως αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν από μαθητές και καθηγητές. Στη συνέχεια γίνεται η χρήση εργαλείων και τεχνικών για τη δημιουργία σχήματος RDF και αποθήκευση των δεδομένων, δημοσίευση των δεδομένων στο Διαδίκτυο και χρήση γλώσσας ερωταποκρίσεων για την εξαγωγή πληροφοριών από τα δεδομένα. Τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα και γίνονται παρατηρήσεις για τη χρήση της εργασίας, αλλά και προτάσεις για τη χρήση της οντολογίας από διάφορους οργανισμούς και φορείς της σχολικής εκπαίδευσης.

Ειδικότερα ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να καταγράψει τα μουσικά όργανα που διαθέτει ένα μουσικό σχολείο με πληροφορίες για αυτά και να κρατά στοιχεία για τον δανεισμό τους. Να μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τα διάφορα είδη μουσικών οργάνων που διαθέτει ένα μουσικό σχολείο, αλλά και τη δυνατότητα οι υπεύθυνοι καθηγητές να γνωρίζουν αν υπάρχουν μουσικά όργανα για δανεισμό ή όχι, την οικονομική επιβάρυνση από την αγορά των μουσικών οργάνων, αλλά και την κατάσταση δανεισμού των μουσικών οργάνων.

1.2 Κίνητρα

Με την ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας σήμερα και την εισβολή των υπολογιστών σε όλους τους χώρους, η χρήση του Διαδικτύου για αντιμετώπιση προβλημάτων πληροφόρησης έχει γίνει όλο και πιο δημοφιλής. Ωστόσο, η παραδοσιακή προσέγγιση του ζητήματος του δανεισμού μουσικών οργάνων με τη χρήση μολύβι και χαρτί δεν παρέχει και τα καλύτερα αποτελέσματα για τους άμεσα ενδιαφερόμενους. Οι διάφορες εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί για να παρέχουν εξατομικευμένη διαχείριση των μουσικών οργάνων μιας αποθήκης ενός μουσικού σχολείου αναφέρονται στον υπεύθυνο της αποθήκης χωρίς να δίνουν τη δυνατότητα πρόσβασης στην πληροφορία και από άλλα άτομα, γονείς ή μαθητές.

Με τη χρήση των τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού δίνεται η δυνατότητα για τη δημιουργία ενός χώρου δεδομένων, όπου μπορεί να διανεμηθεί σε μεγάλο βαθμό σε ετερογενή συστήματα και να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικές κατηγορίες χρηστών. Τα δεδομένα των μουσικών οργάνων δημιουργούν ένα αποθετήριο δεδομένων και μπορούν να προσπελαστούν από οποιονδήποτε και από οπουδήποτε.

Ο Σημασιολογικός Ιστός αποτελεί το έρεισμα για την προώθηση της εξέλιξης των πληροφοριακών συστημάτων. Ο χώρος της εκπαίδευσης δεν θα πρέπει πλέον να περιορίζεται στα στενά πλαίσια τυπικών διαδικασιών και προγραμμάτων. Είναι απαραίτητο με την αρωγή των νέων τεχνολογικών μεθόδων να αναβαθμιστούν οι εκπαιδευτικές διαδικασίες, ώστε να ανταποκρίνονται και να συμβαδίζουν με τις σύγχρονες ανάγκες, με στόχο τη διεύρυνση των γνώσεων και κατ' επέκταση την επίτευξη της μάθησης, της διδασκαλίας αλλά και της διοίκησης των σχολικών μονάδων με τον καλύτερο δυνατό και αποδοτικό τρόπο.

Οι δυνατότητες που προσφέρει ο Σημασιολογικός Ιστός σε επίπεδο σχολικής μονάδας είναι πολλές, μερικές από τις πιο σημαντικές είναι οι εξής:

- α) η παροχή ουσιαστικής πληροφορίας, κατανοητής από τις μηχανές,
- β) η μετατροπή της πληροφορίας από απλή «συλλογή χαρακτήρων» σε «συλλογή κατανοητών εννοιών» με τη χρήση ετικετών,
- γ) η σύνδεση ετικετών μεταξύ τους (οντολογίες), οι οποίες παρουσιάζουν τη λογική διασύνδεση των εννοιών και
- δ) η χρήση κοινών ορισμών, κανόνων αλληλεπίδρασης και οντολογιών, που μπορεί να μετατρέψει το Διαδίκτυο από μια στατική συλλογή πληροφοριών σε σύστημα με αλληλένδετα στοιχεία [2].

Επιπλέον, τα δεδομένα στο περιβάλλον του Σημασιολογικού Ιστού αποκτούν σημασιολογία, καθίστανται δηλαδή αναγνώσιμα από τις μηχανές, οι οποίες είναι σε θέση να χρησιμοποιούν κοινώς αποδεκτά λεξικά με αποτέλεσμα οι μηχανές αναζήτησης να δίνουν πιο εύστοχα αποτελέσματα και οι εφαρμογές και οι ιστότοποι να μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες και αυτόματα να ενημερώνονται [3].

Μελλοντικά η συμβολή των πρακτόρων (agents) στην εκπαίδευση θα αποκτήσει σημαντικό ρόλο καθώς θα πραγματοποιούν αυτόματες αναζητήσεις, θα συνεργάζονται με άλλους πράκτορες και θα ομαδοποιούν το ευρισκόμενο υλικό βάσει των προτιμήσεων των εκπαιδευομένων και θα παρέχεται η δυνατότητα εξατομικευμένης μάθησης. Τα πλεονεκτήματα από την εισαγωγή της σημασιολογίας στις εκπαιδευτικές υπηρεσίες του Ιστού είναι τα ακόλουθα:

- α) οι σημασιολογικά εμπλουτισμένες υπηρεσίες του Ιστού χειρίζονται τη διαλειτουργικότητα σε τεχνικό επίπεδο, αυτό γίνεται διότι επιτρέπουν στις εκπαιδευτικές εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξάρτητα από την πλατφόρμα και το λογισμικό που κάθε φορά χρησιμοποιείται,
- β) η σημασιολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανεύρεση και τη σύνθεση εκπαιδευτικών υπηρεσιών Ιστού και
- γ) η σημασιολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανακάλυψη των εγγραφών ως κεντρικός μηχανισμός [4].

Η ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού μπορεί να δημιουργήσει ένα κοινό αποδεκτό δίκτυο, όπου οι καλές πρακτικές θα ανευρίσκονται και θα επαναχρησιμοποιούνται εύκολα και γρήγορα. Επίσης η αξιοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού στον χώρο της εκπαίδευσης μπορεί επιφέρει πολλές αλλαγές, αφού η αλληλεπίδραση ενός χρήστη με τον υπολογιστή θα γίνεται στα πλαίσια της τεχνητής νοημοσύνης και θα επιτρέπει ουσιαστική και εννοιολογική επικοινωνία μεταξύ τους.

1.3 Προσωπική συμβολή

Το έργο μου πίσω από αυτή την εργασία είναι να δημιουργήσω μια οντολογία για τα μουσικά όργανα των μουσικών σχολείων που θα μπορούσε να είναι εφαρμοστέι με διάφορα σενάρια. Μια εφαρμογή της οντολογία θα μπορούσε να είναι ο δανεισμός και η επιστροφή των μουσικών οργάνων από τα άτομα που τα έχουν δανειστεί. Η δυνατότητα να τεθούν ερωτήματα στο αποθετήριο δεδομένων και οι χρήστες να μπορούν να πάρουν τις κατάλληλες απαντήσεις.

Εκτός από αυτό, το σύστημα θα μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τα είδη των μουσικών οργάνων που διαθέτει ένα μουσικό σχολείο, για τη δυνατότητα δανεισμού ενός μουσικού οργάνου από έναν μαθητή αλλά και τη χρήση του από ένα μουσικό σύνολο. Επίσης θα δίνει τη δυνατότητα στον υπεύθυνο να κρατά πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση και την θέση των μουσικών οργάνων, αλλά και άλλες πληροφορίες όπως το κόστος, τις ημερομηνίες παραλαβής και γενικότερα όλα τα στοιχεία που έχουν να κάνουν με την λειτουργία μιας αποθήκης μουσικών οργάνων.

Η δημοσίευση των δεδομένων στο Διαδίκτυο θα δίνει την δυνατότητα σε πολλαπλούς χρήστες να έχουν πρόσβαση στο αποθετήριο δεδομένων και τα δεδομένα θα μπορούν να προσπελαστούν από οποιονδήποτε και οπουδήποτε για να μπορούν να αντληθούν τα κατάλληλα δεδομένα και με την απαραίτητη συσχέτιση να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες.

Η οντολογία θα εμπεριέχει και δεδομένα σχετικά με τα Μουσικά Σχολεία της χώρας, όπως όνομα σχολείου και διεύθυνση διαδικτυακού τόπου. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης της οντολογίας σε πολλαπλά επίπεδα από το επίπεδο της σχολικής μονάδας, σε επίπεδο Διεύθυνσης Δευτεροβάθμιας, σε επίπεδο Περιφερειακής Εκπαίδευσης, αλλά και σε επίπεδο Υπουργείου Παιδείας.

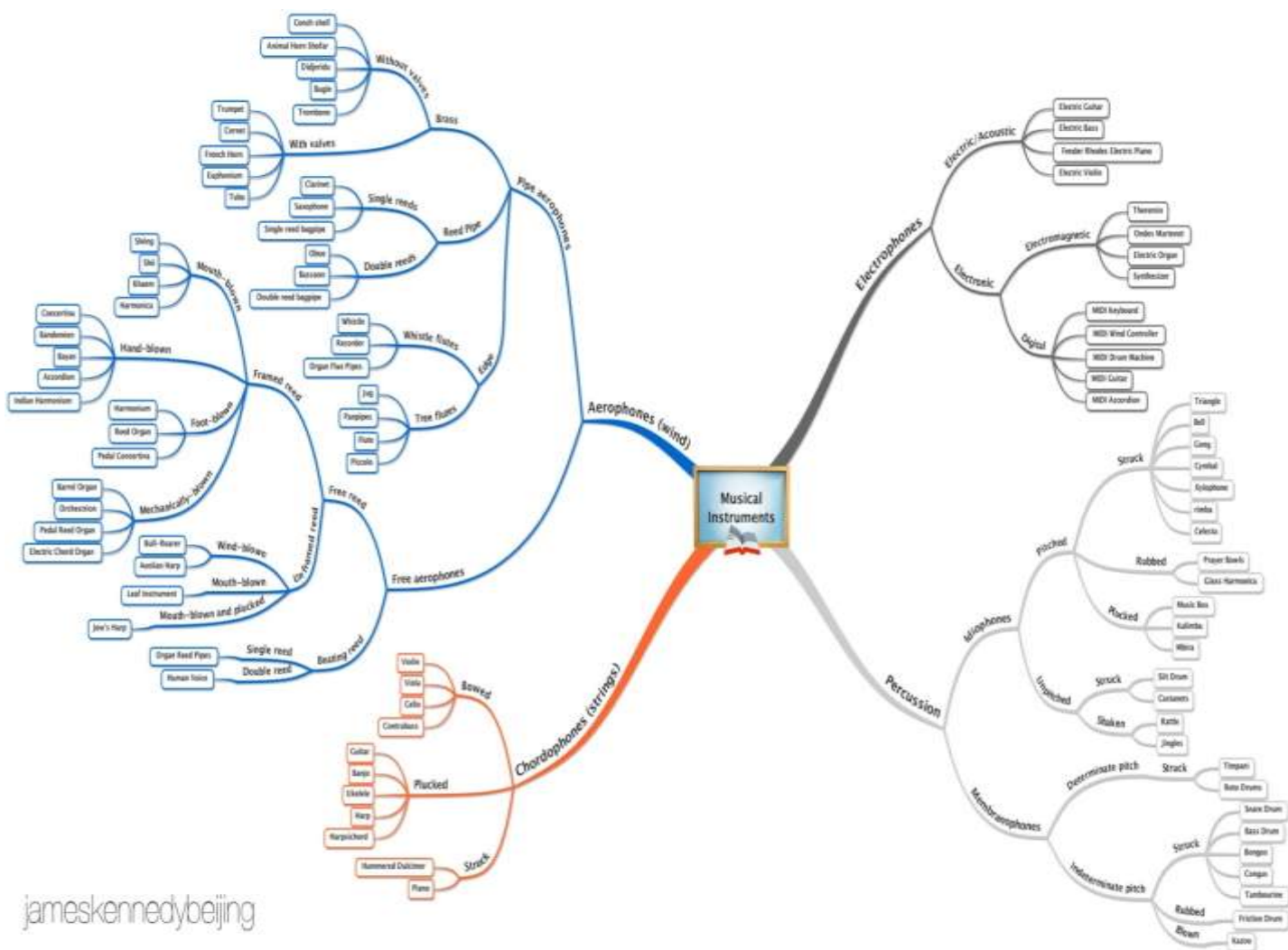
1.4 Δομή της εργασίας

Ο σκοπός της ανάπτυξης της οντολογίας είναι να επεξηγηθεί πώς οι οντολογίες OWL μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση πληροφοριών ιστού. Σε αυτή την εργασία, πρώτα θα εξετάσουμε το ιστορικό και την τρέχουσα κατάσταση του Σημασιολογικού Ιστού, θα περιγράψουμε την οντολογία και στην συνέχεια θα διερευνήσουμε πώς μπορούμε να την αξιοποιήσουμε στο χώρο των μουσικών σχολείων.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό στα εργαλεία που προσφέρει και τις δυνατότητες που έχει. Κατόπιν παρουσιάζεται η δομή της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική προσέγγιση του θέματος και παρουσιάζεται ο Σημασιολογικός Ιστός με την σημερινή του μορφή. Κατόπιν παρουσιάζεται το μοντέλο RDF και το RDF SCHEMA.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές αρχές των Συνδεδεμένων Δεδομένων και ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να δημοσιευθούν. Κατόπιν γίνεται μια γνωριμία με τα Μεταδεδομένα και τις Οντολογίες. Τέλος παρουσιάζονται διάφορες γλώσσες οντολογιών. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η υλοποίηση της εφαρμογής με την μετατροπή των δεδομένων σε RDF μορφή και παρουσιάζεται το Οντολογικό σχήμα των δεδομένων. Τέλος γίνεται η προγραμματιστική εισαγωγή των δεδομένων RDF σε Βάση Δεδομένων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η οπτικοποίηση των Δεδομένων με γράφους, η δημοσίευση των δεδομένων και παρουσιάζεται το σύστημα Virtuoso conductor για την αναζήτηση πληροφοριών. Επίσης γίνεται χρήση της γλώσσας SPARQL, παρουσιάζονται ερωτήσεις σε SPARQL σχετικά με τα θέματα που ενδιαφέρουν την διαχείριση των μουσικών οργάνων από τα μουσικά σχολεία και τα αποτελέσματα των ερωτήσεων. Στο έκτο κεφάλαιο γίνονται προτάσεις αναφέρονται τα συμπεράσματα και παρουσιάζονται τα μελλοντικά σχέδια. Τέλος παρουσιάζεται η βιβλιογραφία και δύο παραρτήματα.



jameskennedybeijing

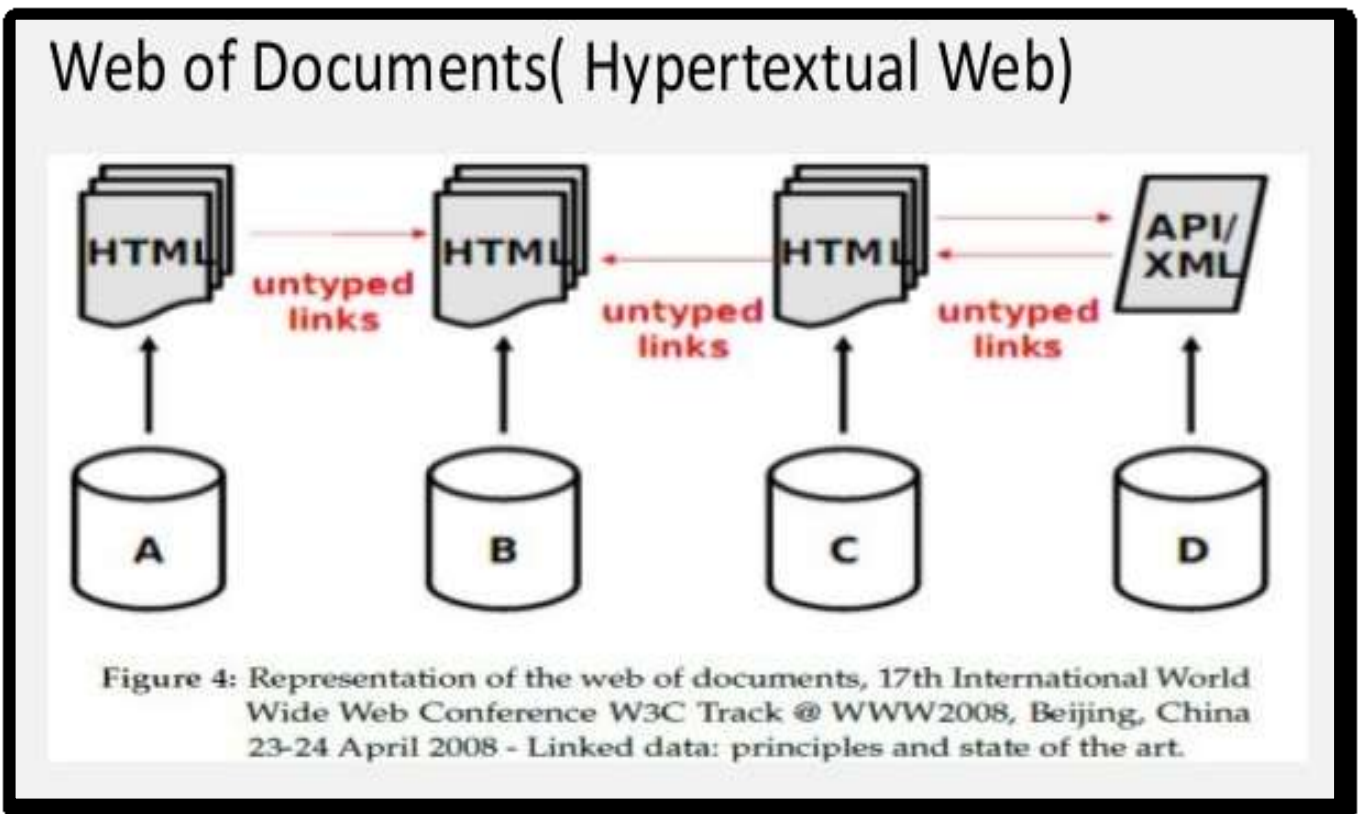
Εικόνα 1: Τα Μουσικά Όργανα

Αυτό το Κεφάλαιο παρουσιάζει μια ιστορική προσέγγιση στον Σημασιολογικό Ιστό και γίνεται μια αναφορά στην εξέλιξη του Παγκόσμιου Ιστού από το Web 1.0 στο Web 3.0. Στην συνέχεια γίνεται μια παρουσίαση του Σημασιολογικού Ιστού, των χαρακτηριστικών που έχει και τις τεχνολογίες που προσφέρει. Τέλος γίνεται μια αναφορά στους Ευφείς Πράκτορες, στο μοντέλο RDF και στο RDF SCHEMA.

2.1 Ιστορική προσέγγιση

Ιστορικά η πρώτη επίσημη αναφορά στο Σημασιολογικό Ιστό και κατ' επέκταση στα Συνδεδεμένα Δεδομένα, έγινε το 2001 στο έγκυρο επιστημονικό περιοδικό Scientific American [5] από τον Tim-Berners Lee, τον ιδρυτή του παγκόσμιου ιστού. Από τότε η κοινότητα του Σημασιολογικού Ιστού έχει μεγαλώσει και θεωρείται μια αυτόνομη επιστημονική κοινότητα με πιστά και αφοσιωμένα μέλη. Αν ρίξουμε μια ματιά στο <http://lod-cloud.net> και ειδικότερα στην ενότητα #history θα διαπιστώσουμε ότι τα δεδομένα που δημοσιεύονται σε μορφή Συνδεδεμένων Δεδομένων διπλασιάζουν τον όγκο τους σχεδόν κάθε χρόνο. Αυτό δείχνει ότι ο συγκεκριμένος επιστημονικός κλάδος έχει μια ολοένα αυξανόμενη δυναμική. Αλλά ας δούμε πως ξεκίνησαν όλα αυτά.

Το 1989 ο ταλαντούχος Berners-Lee εργαζόμενος στα εργαστήρια του CERN της Ελβετίας, σκέφτηκε να δημιουργήσει ένα σύστημα το οποίο θα επέτρεπε σε ερευνητές που βρίσκονταν σε απομακρυσμένα μεταξύ τους μέρη σε όλο τον κόσμο να οργανώσουν και να συνδέσουν τον όγκο των εγγράφων που διέθεταν. Στο στάδιο αυτό πρότεινε την τοποθέτηση συνδέσμων (links) μέσα στο περιεχόμενο (κείμενο) του κάθε εγγράφου ώστε ο κάθε ένας να μπορεί να έχει πρόσβαση σε οποιοδήποτε έγγραφο, έτσι δημιουργείτε ο Ιστός των Εγγράφων (**Web of Documents**), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2: Ιστός των εγγράφων

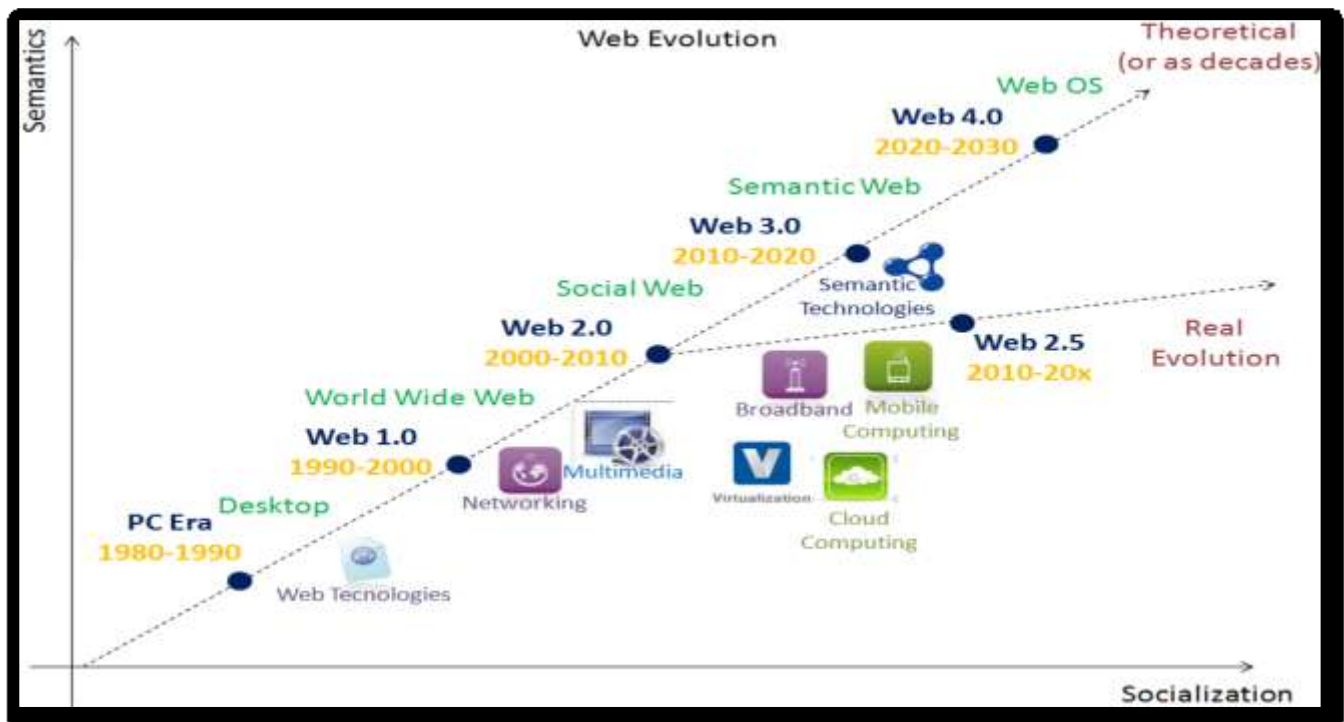
Έτσι γεννιέται ο κλασικός παγκόσμιος ιστός (**Web 1.0**) και αναπτύσσεται πάνω στην ιδέα της δημιουργίας υπερ-συνδέσεων μεταξύ εγγράφων (Web pages ή HTML pages) του ιστού. Αυτές οι υπερσυνδέσεις αποτελούν τη βάση για την πλοήγηση στον ιστό και ενοποιούν όλα τα έγγραφα σε ένα μοναδικό παγκόσμιο χώρο. Κατόπιν ο παγκόσμιος ιστός αυξάνεται, επειδή είναι εύκολο να γράψει κανείς μια ιστοσελίδα και εύκολα να την συνδέσει με άλλες σελίδες. Η ιστορία της ανάπτυξης του Παγκόσμιου Ιστού μπορεί να μετρηθεί με τον αριθμό των ιστοσελίδων που έχουν δημοσιευτεί και τον αριθμό των συνδέσεων μεταξύ των ιστοσελίδων που υπάρχουν.

Η πολύ μεγάλη ανάπτυξη του Διαδικτύου την τελευταία δεκαετία καθώς και η ραγδαία αύξηση των χρηστών του - περισσότεροι από δύο δισεκατομμύρια - φαίνεται να συντέλεσαν καθοριστικά στην εξέλιξη του ίδιου του μέσου. Ενώ αρχικά το Διαδίκτυο εμφανίστηκε ως ένας χώρος κυρίως ενημέρωσης, με μικρές δυνατότητες επηρεασμού του περιεχομένου του, σήμερα φαίνεται να είναι ένας χώρος συνάντησης κοινωνικών ομάδων, όπου τα ίδια τα μέλη τους μπορούν να επέμβουν στο περιεχόμενό του.

Ο χρήστης μιας υπηρεσίας, ιδιαίτερα μιας υπηρεσίας κοινωνικής δικτύωσης, δεν είναι πλέον ένας παθητικός δέκτης πληροφοριών αλλά αποκτά έναν ηγετικό ρόλο και είναι αυτός που δίνει αξία στην υπηρεσία αφού πλέον μπορεί να συνδεθεί, να συνεργαστεί και να ανταλλάξει πληροφορίες και εμπειρίες. Η νέα αυτή μορφή του Διαδικτύου περιγράφεται από τον όρο **Web 2.0**, και προέκυψε σε ένα συνέδριο καταγίγισμού ιδεών που έγινε το φθινόπωρο του 2004 [6].

Τα πρώτα σημάδια της αλλαγής του Διαδικτύου ήταν η απότομη αύξηση κάποιων ιστοτόπων κοινωνικής δικτύωσης (facebook, twitter κλπ), τα wikis (π.χ. Wikipedia), οι εικονικές κοινωνίες (π.χ. second life), τα διάφορα ιστολόγια, τα διάφορα online παιχνίδια πολυμέσων καθώς και οι δικτυακοί τόποι με συνδυασμό όλων των παραπάνω. Πρόκειται για ένα Διαδίκτυο δύο κατευθύνσεων, όπου ο χρήστης κάνει προσωπικές δημοσιεύσεις σε ιστολόγια, ιστοχώρους διαμοίρασης φωτογραφιών ή βίντεο, ενώ παράλληλα είναι μέλος Διαδικτυακών κοινοτήτων.

Το 2010 περνάμε από το Web 2.0 στο **Web 3.0** ή Σημασιολογικός Ιστός που αποτελεί την νέα εξέλιξη του Παγκόσμιου ιστού. Πρόκειται για ένα Διαδίκτυο που υποστηρίζει Ιστοχώρους Εικονικής Πραγματικότητας, οι χρήστες έχουν βιωματικές εμπειρίες ενώ οι επιχειρήσεις εμπλέκονται πλέον ενεργά, αυξάνοντας κατακόρυφα την αξία του Παγκόσμιου Ιστού. Ο Eric Schmidt, διευθύνοντας σύμβουλος της Google δήλωσε ότι το web 3.0 «θα απαρτίζεται από εφαρμογές που θα λειτουργούν όλες μαζί και θα διατίθενται μέσα από κοινωνικά δίκτυα, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κλπ. Οι εφαρμογές θα είναι σχετικά μικρές, εξαιρετικά γρήγορες και θα μπορούν να τρέξουν σε οποιονδήποτε υπολογιστή και να τροποποιηθούν από οποιονδήποτε χρήστη».



Εικόνα 3: Η εξέλιξη του Διαδικτύου

Πηγή: <https://medium.com/@vivekmadurai/web-evolution-from-1-0-to-3-0-e84f2c06739>

2.2 Ο Σημασιολογικός Ιστός

Με την είσοδο του World Wide Web (1993) οι χρήστες πληροφοριακών συστημάτων άρχισαν να συνδέουν τα συστήματά τους στο Internet με στόχο την πρόσβαση στη διαθέσιμη πληροφορία στον Παγκόσμιο Ιστό καθώς και σε διάφορες υπηρεσίες, όπως το e-mail. Μεγάλος όγκος πληροφορίας που παρέχεται από μεγάλο όγκο πηγών, γίνεται διαθέσιμη σε ελάχιστα δευτερόλεπτα από διάφορα μέρη της Γης. Αυτό αποτελεί το πλεονέκτημα αλλά και το βασικό μειονέκτημα του Internet: ο όγκος της πληροφορίας ήταν και εξακολουθεί να είναι τόσο μεγάλος και οι μορφές της πληροφορίας τόσες πολλές, που η αναζήτησή της αποτελεί μια κοπιαστική και χρονοβόρα εργασία, εφόσον η πληροφορία είναι προσανατολισμένη στον άνθρωπο-χρήστη.

Ακόμη και στην περίπτωση, όπου οι πληροφορίες αντλούνται από μια οργανωμένη βάση δεδομένων, η δομή αυτή δεν αρκεί για ένα λογισμικό αναζήτησης, που αναζητά στοιχεία με βάση λέξεις κλειδιά, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολη η αυτοματοποίηση κάποιων εργασιών. Ζητούμενο λοιπόν αποτελεί το περιεχόμενο των ιστοσελίδων να αναπαρίσταται σε τέτοια μορφή, που να μπορεί να προσπελαστεί από μια μηχανή αναζήτησης πολύ γρήγορα και πολύ εύκολα.

Τη λύση έρχεται να δώσει ο Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web), ο οποίος αποτελεί προέκταση του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web) και σημαντική προσπάθεια για ενοποίηση των συστημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο, ώστε να διασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα. Ο άνθρωπος που πρότεινε τον όρο Semantic Web είναι ο Tim Berners-Lee, όπως και τον όρο World Wide Web, διευθυντής του World Wide Web Consortium ("W3C"), το οποίο επιβλέπει την ανάπτυξη των προτάσεων για τα στάνταρ του Σημασιολογικού Ιστού.

Η νέα αυτή εφαρμογή φιλοδοξεί να παρέχει στο μέλλον την υποδομή, που απαιτείται για τη δημιουργία και την αξιοποίηση του συνόλου των πληροφοριών από ένα πλήθος Διαδικτυακών εφαρμογών, που θα περιλαμβάνουν εκτός από τις απλές ιστοσελίδες του Διαδικτύου, τις εταιρικές βάσεις δεδομένων, τις διαδικτυακές ηλεκτρονικές υπηρεσίες, ακόμα και τις οικιακές συσκευές. Με το νέο τρόπο οργάνωσης των δεδομένων, οι ευφυείς πράκτορες, που μετά από αίτηση κάποιου χρήστη αναζητούν πληροφορίες ή παρεχόμενες υπηρεσίες στο Διαδίκτυο, θα έχουν τη δυνατότητα να φιλτράρουν τα δεδομένα, που συλλέγουν. Έτσι, αυτά θα ανταποκρίνονται πραγματικά στις ανάγκες του χρήστη και θα παρουσιάζονται με κατανοητή μορφή. Βέβαια, ο Σημασιολογικός Ιστός δεν είναι ακόμη υπαρκτός αλλά η υλοποίησή του ίσως να μην απέχει και πολύ χρονικά.

Η ιδέα για τον Σημασιολογικό Ιστό πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '60 και προέρχεται από τον γνωστό επιστήμονα Άλαν Κόλλινς (Allan M. Collins), τον γλωσσολόγο M. Ross Quillian και την ψυχολόγο Elizabeth F. Loftus μέσα από πολλές δημοσιεύσεις [7], ως ένας τρόπος παρουσίασης της σημασιολογικής γνώσης. Επεκτείνει το Διαδίκτυο, το οποίο αποτελείται από απλές σελίδες που μπορούν να αναγνωστούν μόνο από ανθρώπους, σε σελίδες που περιέχουν πληροφορίες ανάγνωσης για τις μηχανές (μεταδεδομένα) και στο πως συνδέονται μεταξύ τους οι σελίδες, δημιουργώντας έτσι αυτόματες υπηρεσίες που χρησιμοποιούν τον Ιστό πιο έξυπνα και πραγματοποιούν εργασίες για τους χρήστες. Ακόμη σημειώνεται πως ο Σημασιολογικός Ιστός σαν βασική ιδέα προϋποθέτει την όσο το δυνατόν αποδοτικότερη δόμηση των δεδομένων και των πληροφοριών που παρέχονται στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web) κάνοντάς τα ευκολότερα προσπελάσιμα και επεξεργάσιμα για τους χρήστες.

Στο Σημασιολογικό Ιστό για την αναπαράσταση της γνώσης χρησιμοποιούνται δομημένες αναπαραστάσεις, οι λεγόμενες οντολογίες, οι οποίες χρησιμεύουν κυρίως στον ορισμό κοινών λεξιλογίων, τα οποία θα χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εφαρμογών στο Σημασιολογικό Ιστό. Η λέξη «σημασιολογία» έχει ρίζα στις λέξεις «σημάδι», «σημαίνω» και «σημαντικός» και σε επίπεδο γλώσσας αναφέρεται στο νόημα. Αντίστοιχα ο σημασιολογικός είναι αυτός που σχετίζεται με την σημασία που έχει μια λέξη, μια φράση ή ακόμα και μια ολόκληρη πρόταση. Είναι δηλαδή αυτός που έχει να κάνει με το νόημα που έχει μέσα του κάθε τι που λέμε. Ο επίσημος ορισμός που δίνεται από τον πατέρα του Παγκόσμιου Ιστού και τους συνεργάτες του είναι ο εξής :

«Ο Σημασιολογικός Ιστός δεν είναι ένας ξεχωριστός ιστός αλλά μια επέκταση του υπάρχοντος όπου η πληροφορία έχει καλά καθορισμένο νόημα καθιστώντας την συνεργασία μεταξύ υπολογιστών και ανθρώπων πιο αποτελεσματική».

Μερικά από τα πεδία στα οποία αναμένεται να έχει την μεγαλύτερη επίδραση είναι στην υγεία, στην παιδεία και στις επιχειρήσεις [8]. Υπάρχουν ήδη πολλές προσπάθειες από εταιρίες, ερευνητές και μη κερδοσκοπικές οργανώσεις για να παραγάγουν πρότυπα οντολογιών, κυρίως για τα παραπάνω πεδία, για να υπάρχουν κοινές γλώσσες και περισσότερα δεδομένα τα οποία να μπορούν να συνδυαστούν για καλύτερα αποτελέσματα. Στην υγεία, γίνεται προσπάθεια για τη δημιουργία ενοποιημένων γλωσσών ιατρικής ορολογίας και υπηρεσίες που θα βοηθάνε το ιατρικό προσωπικό και θα κατευθύνουν τους καταναλωτές σε αξιόπιστες πληροφορίες υγείας σχετικά με την κατάσταση τους.

Στην εκπαίδευση, ο Σημασιολογικός Ιστός θα συμβάλει σημαντικά στην μάθηση κυρίως στον τρόπο αναζήτησης πληροφοριών, στην οργάνωση των αποτελεσμάτων και στη δημιουργία ενός προγράμματος μάθησης ειδικό για το καθένα. Στον επιχειρηματικό τομέα, θα υπάρχει καλύτερη οργάνωση των εταιριών, καλύτερες εμπειρίες για τους χρήστες στις Διαδικτυακές αγορές και καλύτερος συντονισμός μεταξύ διαφορετικών εταιριών. Στην καθημερινότητα θα υπάρχουν επιδράσεις του Web 3.0 στα κοινωνικά δίκτυα και στις εικονικές κοινότητες. Θα υπάρχουν εφαρμογές, οι οποίες θα δίνουν περισσότερες, πιο έμπιστες, πληροφορίες και θα διευκολύνουν σημαντικά τις Διαδικτυακές δραστηριότητες.

Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι επίσης γνωστός ως δίκτυο επόμενης γενιάς, προσθέτει σημασιολογικές έννοιες με την επέκταση του τρέχοντος Διαδικτύου, και κάνει το υπολογιστή ικανό να αλληλεπιδρά με τον άνθρωπο. Με άλλα λόγια, διάφορες πηγές του Σημασιολογικού Ιστού όχι μόνο συνδέονται μέσω ετικετών, αλλά και αλληλεπιδρούν προκειμένου να βελτιωθεί η ικανότητα του υπολογιστή να κατανοεί και να επεξεργάζεται πληροφορίες αυτόματα.

Στην παγκόσμια διάσκεψη XML 2000, ο Tim Berners-Lee έκανε μια ομιλία με τίτλο "Σημασιολογικός Ιστός" για να εξηγήσει την έννοια του Σημασιολογικού Ιστού και πρότεινε τη δομή του. Το W3C δημιούργησε μια ομάδα για να εργαστεί σε αυτό το θέμα και να βοηθήσει στην ανάπτυξη της νέας τεχνολογίας. Στις μέρες μας, ο Σημασιολογικός Ιστός ως επίκεντρο της τεχνολογίας των πληροφοριών, έχει αποσπάσει τα βλέμματα από ερευνητές, κυβερνήσεις, οργανώσεις και εμπορικά τμήματα, και αναμένεται να γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη τα επόμενα χρόνια.

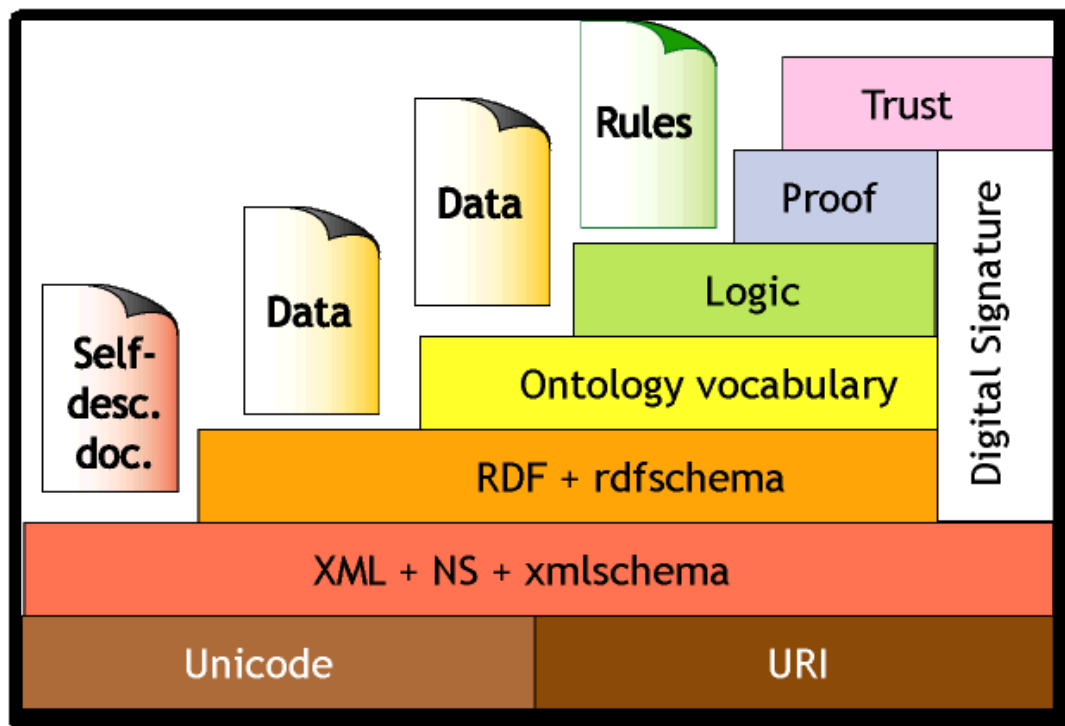
Ο Σημασιολογικός Ιστός έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά που τον διαφοροποιούν από τον ιστό χωρίς σημασιολογία:

- ❖ Τα πάντα που συμμετέχουν στο δίκτυο μπορούν να εντοπιστούν (άνθρωποι, χρόνος, αντικείμενα, κ.λπ.).
- ❖ Κάθε οντότητα έχει έναν ενιαίο αναγνωριστικό πόρων (URI).
- ❖ Το δίκτυο να είναι όσο το δυνατόν κατανεμημένο, να επιτρέπει την τοπική αποθήκευση των πληροφοριών ώστε να κάνει πιο γρήγορη τη πρόσβαση σε αυτές και να ελαττώνει το φόρτο του δικτύου.
- ❖ Το δίκτυο να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει σε οποιαδήποτε ασυνέπεια συνδέσμων ή ημιτελών πληροφοριών.

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τον Παγκόσμιο Ιστό για να φέρουν σε πέρας εργασίες όπως η αγγλική μετάφραση της λέξης «Καλημέρα», την κράτηση μιας θέσης σε μια αεροπορική εταιρεία ή ακόμη και η εύρεση του ξενοδοχείου με την χαμηλότερη τιμή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Παρόλα αυτά καμιά μηχανή δεν έχει την δυνατότητα να διεκπεραιώσει κάποια από τις προηγούμενες εργασίες χωρίς την σωστή κατεύθυνση από τον άνθρωπο-χρήστη, επειδή οι ιστοσελίδες έχουν κατασκευαστεί για να διαβάζονται από ανθρώπους και όχι από μηχανές.

Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι ένα σύστημα το οποίο επιτρέπει στις μηχανές να ερμηνεύουν τις πληροφορίες και να εκτελούν ανιαρές δουλειές που περιλαμβάνουν, την εύρεση και τον συνδυασμό πληροφοριών που βρίσκονται στον Ιστό. Να ανταποκρίνονται σε πολύπλοκα αιτήματα των χρηστών τους βασισμένα στο νόημα και όχι σε φράσεις ή λέξεις κλειδιά. Για να γίνει αυτό απαιτείται να δομηθούν σημασιολογικά οι σχετικές πηγές πληροφοριών με την βοήθεια γλωσσών που είναι σχεδιασμένες για αυτό το σκοπό. Αυτές είναι οι RDF(Resource Description Framework), QWL(Web Ontology Language) και η XML(Extensible Markup Language). Έχουν την δυνατότητα να περιγράψουν αυθαίρετες έννοιες όπως ζώα, φυτά, βιβλία, συγγραφείς κ.α.

Ο Tim Berners-Lee σχεδίασε μια αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής του Σημασιολογικού Ιστού την οποία ονόμασε «Στοιβά του Σημασιολογικού Ιστού» (Semantic Web Stack), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4: Η Στοιβά του Σημασιολογικού Ιστού

Στην βάση της δομής βρίσκονται τα Unicode και URI μέσω των οποίων τονίζεται η σημασία ενός κοινού συντακτικού. Το Unicode αποτελεί ένα πρότυπο για την ανταλλαγή συμβόλων ενώ τα URI's σχετίζονται με την αναφορά σε οντότητες και αποτελούν το πρότυπο για την αναγνώριση και τον εντοπισμό ενός ονόματος ή μιας πηγής σε ένα δίκτυο, με τη χρήση μιας προκαθορισμένης μορφής απόδοσης ονομάτων. Στο επόμενο επίπεδο βρίσκεται η XML, η οποία είναι μια γλώσσα για τη δόμηση δεδομένων. Το XML έγγραφο είναι πολύ πιο εύκολα προσβάσιμο από υπολογιστές, μιας και κάθε κομμάτι πληροφορίας που περιέχει περιγράφεται κατάλληλα από μεταδεδομένα.

Το XMLSchema αποτελεί ένα πλαίσιο για τον καθορισμό γραμματικών κανόνων με σκοπό την δημιουργία «έγκυρων» XML αρχείων. Στο τρίτο κατά σειρά επίπεδο βρίσκεται το RDF[9] το οποίο αποτελεί την αρχή του Σημασιολογικού Ιστού. Σύμφωνα με το W3C, το RDF αποτελεί ένα θεμέλιο για την επεξεργασία μεταδεδομένων, το οποίο παρέχει την δυνατότητα διαλειτουργικότητας μεταξύ των εφαρμογών οι οποίες ανταλλάσσουν πληροφορία στον Παγκόσμιο Ιστό. Το RDF βασίζεται στην ιδέα ότι τα πράγματα που περιγράφονται έχουν κάποιες ιδιότητες, οι οποίες με τη σειρά τους έχουν κάποιες τιμές και ότι οι πηγές δεδομένων ή πόροι (resources), μπορούν να περιγραφούν με προτάσεις οι οποίες καθορίζουν αυτές τις ιδιότητες και τιμές.

Το RDF Schema καθορίζει μια απλή γλώσσα επάνω στο RDF. Παρέχει έναν τρόπο για την περιγραφή πηγών πληροφοριών, με τη χρήση απλών προτάσεων. Το RDF και το RDF Schema είναι κωδικοποιημένα με XML σύνταξη αλλά δεν εφαρμόζουν υποχρεωτικά τη δενδρική δομή της XML. Στο παραπάνω επίπεδο βρίσκονται οι Οντολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για να επεξηγήσουν τους όρους και τις έννοιες που περιγράφουν και αναπαριστούν τη γνώση πάνω σε ένα συγκεκριμένο τομέα π.χ. στην ιατρική.

Η λογική τοποθετείται στο επόμενο επίπεδο όπου με την εφαρμογή της θα μπορούσε να εξαχθεί νέα γνώση από την πληροφορία που δηλώνεται ρητά. Γενικά, η λογική προσφέρει, πρώτα απ' όλα, τυπικές γλώσσες για την αναπαράσταση γνώσης. Δεύτερο, η λογική παρέχει αυτό που αναφέραμε και νωρίτερα ως τυπική σημασιολογία, δηλαδή το νόημα των προτάσεων ορίζεται ρητά χωρίς περιθώρια παρερμηνείας. Τρίτο, παρέχει τη δυνατότητα αυτόματης εξαγωγής συμπερασμάτων από δεδομένη γνώση, μετατρέποντας έτσι την άρρητη γνώση σε ρητή. Στα δύο ανώτερα επίπεδα τοποθετούνται η τεκμηρίωση και η εμπιστοσύνη. Καλύπτουν την ανάγκη για έλεγχο της εγκυρότητας των δηλώσεων που γίνονται στο Σημασιολογικό ιστό. Το επίπεδο της τεκμηρίωσης (proof) οποίο βοηθά ώστε τα αποτελέσματα που συμπεραίνονται από δεδομένα στο Semantic Web να μπορούν να οδηγήσουν πίσω στις υποθέσεις που τα προκάλεσαν.

Ωστόσο η Λογική αν και είναι πιο γενική από τις οντολογίες χρησιμοποιείται από τους **Ευφυείς Πράκτορες**, μηχανές αναζήτησης του Σημασιολογικού Ιστού που χρησιμοποιούν τις Οντολογίες για την υποστήριξη των διαδικτυακών αναζητήσεων, την ερμηνεία των πληροφοριών που ανακτώνται και την επικοινωνία με άλλους πράκτορες, τα Μεταδεδομένα για τον προσδιορισμό και την εξαγωγή πληροφοριών από πηγές του Ιστού και τέλος την Λογική για την επεξεργασία των πληροφοριών που ανακτώνται και την εξαγωγή συμπερασμάτων με παρουσίαση των λόγων και των αιτιών που κατέληξαν σε αυτά.

Η λέξη «πράκτορας» όταν χρησιμοποιείται στην καθημερινότητα αναφέρεται στον άνθρωπο εκείνο που αναλαμβάνει να φέρει εις πέρας μια εργασία για λογαριασμό ενός άλλου ανθρώπου. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στον χώρο των υπολογιστών όπου εκεί, ναι μεν η θεωρητική έννοια του πράκτορα παραμένει σταθερή ο τρόπος λειτουργίας του όμως ειδικά μέσα στο Σημασιολογικό Ιστό αλλάζει διότι δεν μιλάμε πλέον για ανθρώπους αλλά για λογισμικά, προγράμματα, μηχανές ή ακόμα και ρομπότ. Άλλωστε αυτός είναι και ο τελικός σκοπός του Σημασιολογικού Ιστού να επεκτείνει το περιεχόμενο του Διαδικτύου με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν αυτοματοποιημένα προγράμματα όπως είναι οι πράκτορες να διαμοιράζονται και να επεξεργάζονται τις πληροφορίες και τα δεδομένα του για λογαριασμό του ανθρώπου- χρήστη.

Οι ευφυείς πράκτορες αποτελούν έξυπνες, αυτόνομες και συνεργάσιμες οντότητες λογισμικού που επεξεργάζονται πληροφορίες και διενεργούν διεργασίες εξ ονόματος ενός χρήστη ή κάποιου προγράμματος με στόχο να ικανοποιήσουν συγκεκριμένους στόχους ή ανάγκες. Έστω ότι ο Σημασιολογικός Ιστός έχει πλέον αναπτυχθεί και σχεδόν όλοι οι χρήστες έχουν και χρησιμοποιούν ένα διαδικτυακό πράκτορα σε καθημερινή βάση όπως χρησιμοποιούν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή κάποιο μέσω κοινωνικής δικτύωσης.

Επίσης έστω ότι ένας από αυτούς (ο κύριος X) θέλει να προγραμματίσει μια εξέταση διότι πηγαίνοντας στον παθολόγο του να δείξει τα αποτελέσματα των εξετάσεων που μόλις είχε λάβει, ο τελευταίος διέκρινε κάτι ύποπτο σε μια ακτινογραφία του κύριου X και του ζήτησε να κάνει μια ακόμα εξέταση για να σιγουρευτούν ότι όλα είναι καλά. Έτσι λοιπόν ο κύριος X αφού έχει εισάγει στον Διαδικτυακό του πράκτορα ορισμένα στοιχεία για την ενέργεια που επιθυμεί να κάνει, του αναθέτει να κανονίσει τα πάντα σχετικά με αυτήν. Βάζει λοιπόν τον πράκτορα σε λειτουργία και αυτός :

1. Ψάχνει για εξεταστικό κέντρο που να βρίσκεται κοντά στο σπίτι του κυρίου X και να συνεργάζεται με τον ασφαλιστικό φορέα του για να μην χρειαστεί να πληρώσει.
2. Στην συνέχεια ο πράκτορας του κυρίου X ενημερώνεται από τον πράκτορα του παθολόγου για το είδος της εξέτασης που πρέπει να γίνει.
3. Συνδέεται με την υπηρεσία του ασφαλιστικού ταμείου για να δει ποια εξεταστικά κέντρα που συνεργάζονται με αυτή κάνουν την συγκεκριμένη εξέταση.
4. Ελέγχει την ποιότητα του καθενός εξεταστικού κέντρου χρησιμοποιώντας μια ανεξάρτητη υπηρεσία.
5. Τέλος επικοινωνεί με τους πράκτορες όσων διαγνωστικών κέντρων ικανοποιούσαν τα κριτήρια, ώστε να βρεθούν οι διαθέσιμες ώρες για την εξέταση σύμφωνα με το πρόγραμμα του κυρίου X.

Με απλά λόγια, ένας προσωπικός πράκτορας θα δέχεται κάποιες εργασίες και προτιμήσεις από τον χρήστη, θα αναζητεί σχετικές πληροφορίες από πηγές του Ιστού, θα επικοινωνεί με άλλους πράκτορες, θα συγκρίνει πληροφορίες για τις απαιτήσεις και προτιμήσεις του χρήστη, θα διαλέγει συγκεκριμένες επιλογές και θα επιστρέφει απαντήσεις στον χρήστη. Από τις παραπάνω ενέργειες που δύναται να κάνει ένας πράκτορας, από την στιγμή που καθορίζονται τα κριτήρια και του δοθεί η εντολή αναζήτησης/περιήγησης, αξιοσημείωτη είναι αυτή της επικοινωνίας και της συνεργασίας με άλλους πράκτορες στην προσπάθειά του να εντοπίσει, συλλέξει, οργανώσει και παρουσιάσει τα απαιτούμενα δεδομένα (αποτελέσματα) στον χρήστη, από τα οποία θα επιλέξει το πολυτιμότερο σε αξία.

Αυτή η αλληλεπίδραση ή αλλιώς η συνεργασία μεταξύ των πρακτόρων δημιουργεί μια αλυσίδα πληροφοριακής αξίας (information value chain). Με άλλα λόγια ένα καλύτερο τρόπο φιλτραρίσματος των πληροφοριών προσανατολισμένο στον εντοπισμό της πλουσιότερης σε αξία πληροφορίας για τον χρήστη. Δηλαδή όταν ένας πράκτορας δεχθεί εντολή για μια αναζήτηση, αφού επεξεργαστεί και αναλύσει τα κριτήρια που του έχει θέσει ο χρήστης, τα αποστέλλει και σε άλλους πράκτορες για να γίνει καλύτερη σάρωση και επεξεργασία των πληροφοριών του Διαδικτύου, η οποία θα οδηγήσει στην παρουσίαση των πιο κατάλληλων για τον χρήστη αποτελεσμάτων.

Ακριβώς εξαιτίας αυτών των δυνατοτήτων και της τεχνολογίας τους οι ευφυείς πράκτορες βρίσκουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς (ακαδημαϊκό, επιχειρηματικό, τραπεζικό κ.α.) εκτελώντας διάφορες λειτουργίες όπως η οργάνωση ενός προγράμματος, η παροχή έξυπνων υπηρεσιών, η αναζήτηση πηγών στον Ιστό, ο έλεγχος διαδικτυακών πληροφοριών, η διαχείριση δικτυακών τόπων κ.α. Ο ερχομός τους αναμένεται να αλλάξει τα μέχρι τώρα δεδομένα και κυρίως την σχέση μεταξύ χρήστη – λογισμικού διότι πλέον ο χρήστης δεν θα απευθύνεται σε μια εφαρμογή ή υπηρεσία του Ιστού αλλά θα απευθύνεται στον προσωπικό του πράκτορα ο οποίος θα τον διευκολύνει σε χρονοβόρες διαδικασίες ή διαδικασίες ρουτίνας αλλά και σε διαδικασίες τις οποίες δεν είναι ικανός να εκτελέσει. [10]

Για παράδειγμα στο πλαίσιο του Semantic e-learning, οι ευφυείς πράκτορες μπορούν να οργανώνουν, να αποθηκεύουν, να ανακτούν, να αναζητούν και να ταιριάζουν πληροφορίες και γνώση για την αποτελεσματικότερη συνεργασία των συμμετεχόντων στην εκπαιδευτική διαδικασία. Συνεπώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαχείριση γνώσης και να υποστηρίξουν ποικίλες μαθησιακές δραστηριότητες.

Ωστόσο σ' αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να τονίσουμε ότι ναι μεν η θεωρία, οι αρχές και οι πρακτικές που χαρακτηρίζουν τους ευφυείς πράκτορες είναι δεδομένες και σταθερές ακολουθώντας ένα πρότυπο, υπάρχουν όμως διάφοροι τύποι πρακτόρων οι οποίοι έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του χώρου που τον χρησιμοποιεί και του πλαισίου μέσα στο οποίο λειτουργεί. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- ❖ «Πράκτορες Αγοραστές» (Buyer Agents or Shopping Bots) οι οποίοι περιστρέφονται στο δίκτυο γύρω από πληροφορίες σχετικές με αγαθά και υπηρεσίες,
- ❖ «Προσωπικούς Πράκτορες» (User or Personal Agents) οι οποίοι είναι σε θέση να εκτελούν για λογαριασμό σου ταυτόχρονα πολλές και ποικίλες εργασίες όπως η αυτόματη συμπλήρωση εντύπων, ο έλεγχος του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, εύρεση πληροφοριών που μπορεί να σε ενδιαφέρουν, συγχρονισμός του προφίλ σου με άλλα ετερογενή κοινωνικά δίκτυα κ.α.
- ❖ «Πράκτορες Παρακολούθησης ή Εποπτείας» (Monitoring and Surveillance Agents) οι οποίοι παρατηρούν άλλα υπολογιστικά συστήματα και αναφέρουν στον χρήστη συνήθως με μια μορφή έκθεσης οποιεσδήποτε αλλαγές συμβαίνουν σε αυτά.
- ❖ «Πράκτορες Εξαγωγής Δεδομένων» (Data – mining agents) οι οποίοι σκοπό έχουν την εξαγωγή άγνωστης ή υπονοούμενης γνώσης από δεδομένα. Βρίσκοντας τάσεις και πρότυπα από διαφορετικές πηγές επιτρέπουν τους χρήστες να ταξινομούν τα δεδομένα και να βρίσκουν πιο εύκολα τις πληροφορίες που αναζητούν.[11]

Παρατηρώντας το διαδίκτυο σήμερα αντιλαμβάνεται κανείς τον λόγο για τον οποίο η δημοφιλέστερη και ίσως σημαντικότερη χρήση των ευφύων πρακτόρων σχετίζεται με τον τομέα της έρευνας/αναζήτησης. Η λειτουργία των πρακτόρων στο περιβάλλον του Σημασιολογικού Ιστού φαίνεται ότι θα διευκολύνει κατά πολύ την μέχρι τώρα δύστροπη και απαιτητική διαδικασία αναζήτησης μιας συγκεκριμένης πληροφορίας μέσα στο διαδίκτυο. Εφόσον εξελιχθεί ο Παγκόσμιος Ιστός σε Σημασιολογικό και το περιεχόμενο του είναι πλέον νοηματικά καθορισμένο άρα και συγκεκριμένο, οι ευφυείς πράκτορες θα είναι σε θέση να το αξιοποιήσουν αποτελεσματικότερα απ' ό,τι σήμερα χρησιμοποιώντας την ευφυΐα τους προς όφελος του χρήστη.

Μια από τις ομάδες των χρηστών που θα λέγαμε ότι χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο ως εργαλείο καθημερινά και τους είναι απαραίτητο όπως το κατσαβίδι για έναν ηλεκτρολόγο, είναι οι δημοσιογράφοι και όσοι απασχολούνται στον ευρύτερο δημοσιογραφικό χώρο. Η ανάγκη εξοικονόμησης χρόνου και ενέργειας κατά την διαδικασία αναζήτησης πληροφοριών στο διαδίκτυο σε συνδυασμό με τις δυσκολίες και τα εμπόδια που εμφανίζει αυτή καθιστά την χρήση των πρακτόρων από τους δημοσιογράφους επιτακτική.

Συνοψίζοντας τις λειτουργίες που θα εκτελούν οι ευφυείς πράκτορες στο περιβάλλον του Σημασιολογικού Ιστού αναφορικά με την αναζήτηση, σύγκριση και έλεγχο πληροφοριών, την παροχή έξυπνων υπηρεσιών και την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση του περιεχομένου του διαδικτύου, αντιλαμβανόμαστε τις ραγδαίες αλλαγές που θα έρθουν στον τρόπο χρήσης και εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων τους, «μονάχα μερικώς». Ο συνδυασμός τους με τις προηγούμενες τεχνολογίες που αναφέραμε θα είναι αυτός που θα καθορίσει τελικά το τοπίο της νέας εποχής αναδεικνύοντας τα πλεονεκτήματα που θα αποκομίσουμε ως χρήστες.

2.3 Μοντέλο RDF

Ο όρος RDF εμφανίζεται ως πρόταση το 1995 από την Κοινοπραξία του Παγκόσμιου Ιστού (W3C Incubator) ως επέκταση της πλατφόρμας PICS (Platform for Internet Content Selection) για την επιλογή περιεχομένου στο Διαδίκτυο. Το PICS, από τη μεριά του, ήταν ένας μηχανισμός για την περιγραφή περιεχομένων ιστοσελίδων και για την αξιολόγησή τους. Ουσιαστικά, ο μηχανισμός αυτός είχε ως κύρια λειτουργία τις πληροφορίες να ανταλλάσσονται ανάμεσα σε έναν Εξυπηρετητή Ιστού (Web Server) και στους πελάτες-φυλλομετρητές (Web Browsers) και αξιολογούνταν από τον εκάστοτε οργανισμό ή άτομο ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις.

Αυτή η λειτουργία χαρακτήριζε την ανάγκη για τον περιορισμό και για την αξιολόγηση των πολλών περιεχομένων του Παγκόσμιου Ιστού. Η αρχική ιδέα, που ήταν η ανταλλαγή πληροφοριών κατανοητών τόσο από τον άνθρωπο όσο και από τις μηχανές, είχε γεννηθεί. Μέχρι τότε οι πληροφορίες που ανταλλάσσονταν στον Παγκόσμιο Ιστό ήταν κατανοητές από τον άνθρωπο αλλά όχι και από τους υπολογιστές αφού αυτοί αποτελούσαν μόνο το μέσο για τη μεταφορά και παρουσίαση των πληροφοριών.

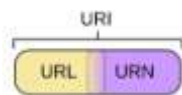
Γι' αυτό το λόγο δημιουργήθηκε μία νέα ομάδα εργασίας από το W3C, της οποίας τα μέλη συνεργάστηκαν και δημιούργησαν ένα κοινώς αποδεκτό πρότυπο για την περιγραφή πόρων στον Παγκόσμιο Ιστό. Το Φεβρουάριο του 2004 η Κοινοπραξία του Παγκόσμιου Ιστού (W3C) ανακοίνωσε την τελική έγκριση του αναθεωρημένου Πλαισίου Περιγραφής Πόρων. Η αναθεώρηση και η καθιέρωση του RDF ως πρότυπο ορίζει την εξέλιξη του Σημαντικού Ιστού. Συγκεκριμένα, η χρήση του RDF σε προϊόντα και υπηρεσίες σηματοδοτεί τη μετάβαση της τεχνολογίας του ΣΙ από μία βάση έρευνας σε μία πρακτική τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται σε μαζικά εργαλεία της αγοράς και που επιτρέπει την πρόσβαση στη δομημένη πληροφορία στον Παγκόσμιο Ιστό.

Το RDF είναι μία γλώσσα, ή ένα μοντέλο δεδομένων, για την αναπαράσταση πληροφορίας σχετικής με πόρους στον Παγκόσμιο Ιστό. Χρησιμοποιείται κυρίως για την αναπαράσταση μεταδεδομένων σχετικά με πόρους του Ιστού, όπως είναι για παράδειγμα ο τίτλος και ο συγγραφέας μίας ιστοσελίδας, ή τα πνευματικά δικαιώματα ενός εγγράφου στον Ιστό. Όπως ακριβώς το παραδοσιακό Διαδίκτυο των HTML εγγράφων μπορεί να σαρωθεί από crawlers ακολουθώντας τους υπερσυνδέσμους ανάμεσα στα έγγραφα, έτσι γίνεται και με τον Ιστό των Δεδομένων ακολουθώντας όμως RDF συνδέσμους. Από τα δεδομένα που προκύπτουν, οι μηχανές αναζήτησης μπορούν να παρέχουν εκλεπτυσμένες δυνατότητες αναζήτησης, παρόμοιες με αυτές που παρέχονται από τις συμβατικές σχεσιακές βάσεις δεδομένων.

Το μοντέλο RDF βασίζεται σε ιδέες από διάφορα επιστημονικά πεδία όπως Αναπαράσταση γνώσης, Τεχνητή Νοημοσύνη, Εννοιολογικούς Γράφους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την περιγραφή πραγμάτων, τα οποία μπορούν να προσδιοριστούν στον Ιστό, αλλά δεν μπορούν να ανακτηθούν άμεσα μέσα σε αυτόν. Τέτοιες περιπτώσεις μεταδεδομένων είναι οι πληροφορίες για τα προϊόντα ενός on-line καταστήματος. Η διαφοροποίηση του RDF από την HTML είναι ότι το RDF είναι κατανοητό από μηχανές, ενώ η HTML όχι. Οι βασικές έννοιες του RDF είναι τρεις : οι πόροι, οι ιδιότητες και οι προτάσεις.

Οι πόροι είναι όλα εκείνα τα «πράγματα» για τα οποία θέλουμε να μιλήσουμε, είτε έχουν κάποια αναπαράσταση μέσα στον Ιστό, είτε όχι. Σε κάθε πόρο αντιστοιχεί ένα αναγνωριστικό, το **URI** του, το οποίο είναι μια συμβολοσειρά ή μια ακολουθία χαρακτήρων και χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει και να παρέχει αναγνώριση σε έναν πόρο ιστού όπως μία διεύθυνση ιστού (**URL**) ή κάποιο άλλο είδος μοναδικού αναγνωριστικού. Οι ιδιότητες είναι και αυτές μια κατηγορία πόρων που περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ πόρων. Τέτοιες σχέσεις είναι οι : «τίτλος», «δημιουργός», «ημερομηνία γέννησης», κ.α.

Πέρα από το URI και το URL υπάρχει και το URN(Universal Resource Name) το οποίο είναι ένα αλφαινο-αριθμητικό όνομα αναφοράς για τους πόρους ανεξάρτητα με το αν δηλώνεται η θέση τους ή όχι, καθώς η θέση(Location) μπορεί να αλλάξει. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το URI είναι ένας όρος με στόχο να ενοποιήσει τα URL και τα URN:

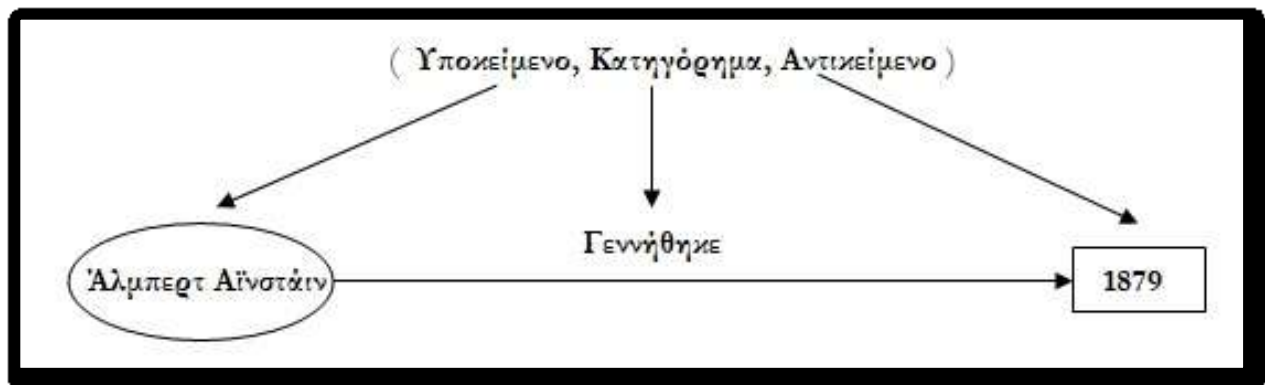


Εικόνα 5: URI

Το μοντέλο RDF είναι ένα μοντέλο το οποίο περιγράφει μία δομημένη πληροφορία, επίσης ακολουθεί τη δομή ενός γράφου με ετικέτες και τέλος χρησιμοποιεί URI's για τη μονοσήμαντη αναφορά σε οντότητες. Βασικό χαρακτηριστικό του RDF είναι ότι βασίζεται στη λογική του Σημασιολογικού Ιστού και των Συνδεδεμένων Δεδομένων. Αποτελεί ένα από τα βασικά μοντέλα για την περιγραφή και αναπαράσταση των πληροφοριών μέσα στον Ιστό δεδομένων.

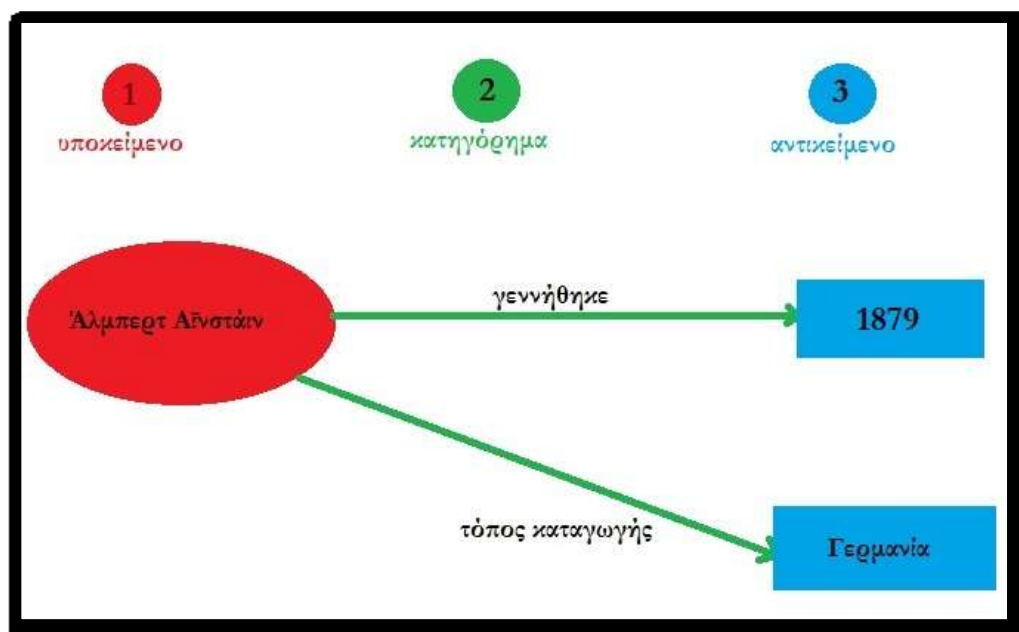
Το κύριο στοιχείο του RDF είναι η πρόταση (statement) ή τριάδα (tuple) η οποία συσχετίζει δύο πόρους. Συγκεκριμένα το τμήμα που προσδιορίζει τον πόρο για τον οποίο γίνεται η δήλωση ονομάζεται υποκείμενο (subject). Το τρίτο συστατικό μιας πρότασης που αναφέρεται σε μία ιδιότητα ή ένα χαρακτηριστικό του υποκειμένου ονομάζεται κατηγορημα (predicate) και ο δεύτερος πόρος που προσδιορίζει τη τιμή αυτής της ιδιότητας είναι το αντικείμενο (object).

Η παρακάτω εικόνα δείχνει μια RDF πρόταση που είναι ότι «Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν γεννήθηκε το έτος 1879» και αποτελεί έναν Γράφο. [12]



Εικόνα 6: Γράφος RDF

Επίσης χαρακτηριστικό του μοντέλου RDF είναι η χρήση URI's, τα οποία χρησιμεύουν ως αναγνωριστικά για τους πόρους. Στο παράδειγμα της πρότασης «Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν γεννήθηκε το έτος 1879» πρέπει να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά URI's που θα περιγράφουν την οντότητα Άλμπερτ Αϊνστάιν, τη συσχέτιση «γεννήθηκε» και το έτος 1879 ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητό ότι ο συγκεκριμένος αριθμός αναφέρεται σε κάποια χρονολογία και δεν έχει άλλη σημασία. Η χρήση των URI's προσφέρει στις οντότητες ένα μονοσήμαντο προσδιορισμό και αυτό βοηθάει ώστε αν μία δεύτερη πρόταση RDF περιλαμβάνει την οντότητα «Άλμπερτ Αϊνστάιν» μπορεί να επανχρησιμοποιήσει το URI της πρώτης πρότασης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 7: Γράφοι RDF

Ο παραπάνω γράφος έχει τη δυνατότητα να επεκταθεί συνδέοντας RDF προτάσεις μεταξύ τους οι οποίες έχουν ως υποκείμενο ή αντικείμενο τον κόμβο 1879 ή τον κόμβο Γερμανία. Για παράδειγμα μία άλλη πρόταση θα μπορούσε να περιέχει τη Γερμανία ως υποκείμενο που εδώ είναι αντικείμενο, το «αποτελεί μέρος» ως κατηγορήμα και την Ευρώπη ως αντικείμενο. Με άλλα λόγια η πρόταση θα ήταν «Η Γερμανία αποτελεί μέρος της Ευρώπης». Συγκεκριμένα RDF γράφοι μπορούν να κωδικοποιηθούν σε διάφορες μηχαναγνώσιμες μορφές, όπως είναι οι Turtle, RDFa, RDF/XML μιας και προσφέρουν μεγάλη ευελιξία στην προγραμματιστική επεξεργασία τους. Παράδειγμα σύνταξης Turtle, σύμφωνα με τον παραπάνω γράφο είναι:

```
< Άλμπερτ Αϊνστάιν > <γεννήθηκε> <1879>;  
< Άλμπερτ Αϊνστάιν > <έχει καταγωγή> <Γερμανία> .
```

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, η επιλογή και η χρήση URI's παίζει πρωταρχικό ρόλο για την παραγωγή Συνδεδεμένων Δεδομένων. Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση δημοφιλών URI's για την αναφορά σε οντότητες, τα πιο βασικά είναι ότι επιτρέπουν τη σύνδεση ανάμεσα σε απομονωμένους γράφους RDF και διευκολύνουν τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα γράφων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

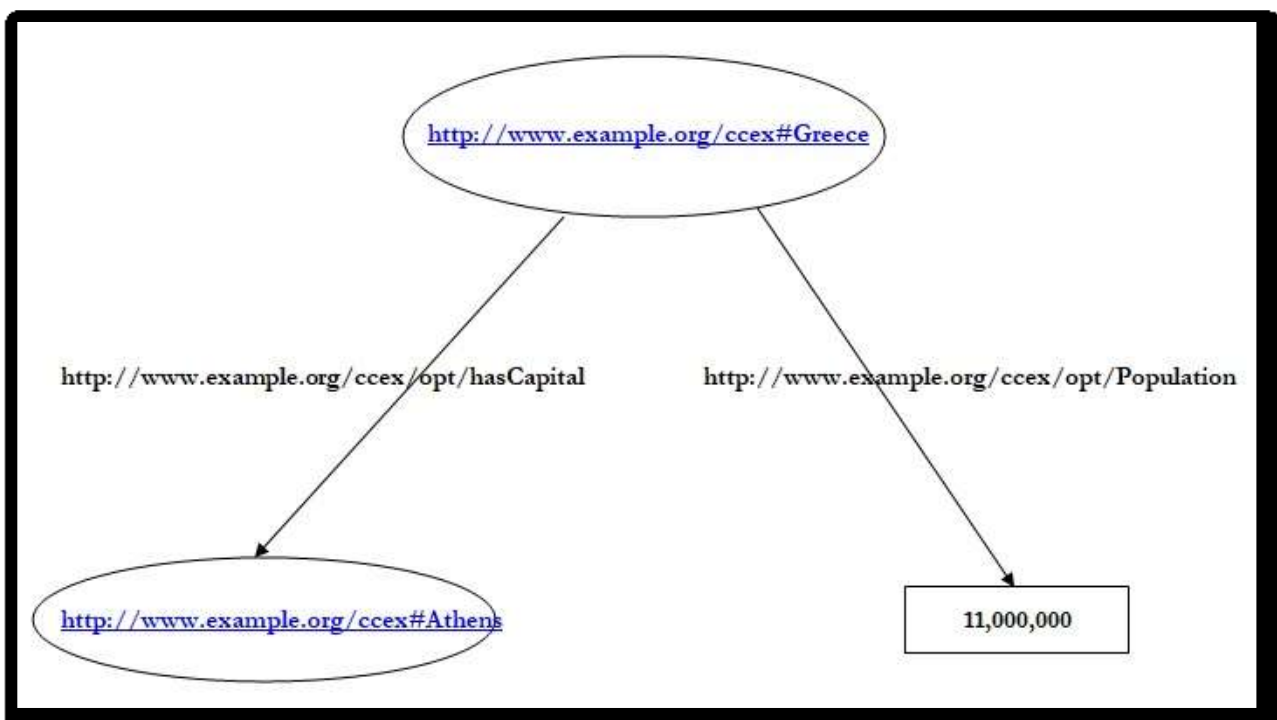
Τα URI's χρησιμοποιούνται ώστε τα αντικείμενα των RDF δηλώσεων να αναγνωρίζονται με μοναδικό τρόπο. Συγκεκριμένα το μοντέλο RDF έχει σαν δομή ότι για κάθε πόρο εκφράζονται απλές δηλώσεις, όπου η κάθε δήλωση αποτελείται από ένα υποκείμενο, ένα αντικείμενο και ένα κατηγορήμα. Για παράδειγμα η πρόταση "Greece has a capital called Athens", μπορεί να εκφραστεί σε RDF με τη χρήση URI's ως εξής [13]:

υποκείμενο: <http://www.example.org/ccex#Greece>

κατηγορήμα: <http://www.example.org/ccex/opt/hasCapital>

αντικείμενο: <http://www.example.org/ccex#Athens>

Η παραπάνω σειριοποίηση ενός γραφήματος RDF δεν είναι λειτουργική αφού χρησιμοποιεί μεγάλες γραμμές κειμένου οπότε οδηγούμαστε στις συντομεύσεις. Δηλαδή, μία πλήρης αναφορά URI παίρνει τη θέση ενός QName το οποίο αποτελείται από ένα πρόθεμα (prefix), το οποίο δηλώνει ένα συγκεκριμένο URI, ακολουθείται από άνω κάτω τελεία και ένα τοπικό όνομα που μπαίνει στο τέλος. Για παράδειγμα αν για το URI «<http://www.example.org/ccex#>» χρησιμοποιηθεί το πρόθεμα ccex, και για το URI «<http://www.example.org/ccex/opt/>» χρησιμοποιηθεί το πρόθεμα ccopt τότε η παραπάνω σειριακή μορφή μπορεί να γραφτεί ως εξής: ccex:Greece ccopt:hasCapital ccex:Athens ως εξής: ccex:Greece ccopt:hasCapital ccex:Athens



Εικόνα 8: Γράφοι RDF

Απώτερος στόχος του RDF είναι η δημιουργία δηλώσεων που είναι κατανοητές όχι μόνο από τον άνθρωπο αλλά και από τις μηχανές. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να υπάρχουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- ❖ Να υπάρχουν αναγνωριστικά (URI's) τα οποία θα προσδιορίζουν το υποκείμενο, το κατηγορημα ή το αντικείμενο μιας δήλωσης με μοναδικό τρόπο, ώστε να μην υπάρχει σε καμία περίπτωση η πιθανότητα σύγχυσης ανάμεσα σε παρόμοια αναγνωριστικά στον Παγκόσμιο Ιστό.
- ❖ Να υπάρχει μία κατανοητή και επεξεργάσιμη γλώσσα από τους υπολογιστές για την αναπαράσταση και την ανταλλαγή δηλώσεων ανάμεσα στις μηχανές.

Εκτός από τη χρήση των τριάδων, για να απεικονιστούν τα RDF σχήματα χρησιμοποιείται επίσης ένα μοντέλο κατευθυνόμενων γραφών με ετικέτες και στις ακμές και στους κόμβους, όπου συνδυάζονται πολλά διαφορετικά λεξιλόγια και οι γράφοι μπορούν να επεκταθούν προσθέτοντας όλο και περισσότερες ακμές. Το παραπάνω μοντέλο βασίζεται στα σημασιολογικά δίκτυα (semantic networks). Συγκεκριμένα οι κόμβοι είναι οι πόροι ή οι κλάσεις και οι ακμές είναι οι σχέσεις μεταξύ των κόμβων (ιδιότητες). Οι κόμβοι μπορεί να είναι και τύποι Literal οι οποίοι είναι αλφαριθμητικοί.

Υπάρχουν δύο βασικά στοιχεία που διακρίνουν το RDF τα οποία ονομάζονται Λεκτικά (Literals) και Κενοί Κόμβοι (Blank Nodes). Τα Λεκτικά είναι ουσιαστικά ένα απλό και ακατέργαστο κείμενο δεδομένων το οποίο αντικαθιστά το αντικείμενο σε μία τριάδα RDF. Τα Λεκτικά μπορούν να συνδέσουν ένα άτομο με το όνομά του ή ένα βιβλίο με το ISBN. Οι Κενοί Κόμβοι, από την άλλη πλευρά δεν περιέχουν κάποιο όνομα σε δύο περιπτώσεις, είτε γιατί δεν υπάρχει, είτε γιατί είναι άγνωστο.

Οι Κενοί Κόμβοι αφορούν αθροιστικές έννοιες όπως είναι για παράδειγμα η διεύθυνση η οποία αποτελείται από τη διεύθυνση, την πόλη, την οδό, τον αριθμό και τον ταχυδρομικό κώδικα. Έτσι δημιουργείται ένας κενός κόμβος ο οποίος συνδέεται με όλα τα στοιχεία ένα προς ένα. Το γεγονός αυτό προσφέρει μία μέθοδο παγκόσμιας, μοναδικής ονομασίας μειώνοντας δραστικά το πρόβλημα της ομοιότητας των ονομάτων για την αναπαράσταση των κατανεμημένων δεδομένων μέχρι σήμερα. Πρόταση είναι μία τριάδα (triple) υποκειμένου - κατηγορηματος - αντικείμενου (subject - predicate - object). Η τριάδα αυτή αντικατοπτρίζει τη βασική δομή μιας απλής πρότασης όπως φαίνεται παρακάτω:

Sofianos has the email address ksofianos@sch.gr

(υποκείμενο) (κατηγορημα) (αντικείμενο)

Υποκείμενο είναι ένας πόρος, κατηγορημα είναι μία ιδιότητα και αντικείμενο είναι είτε ένας πόρος είτε ένα λεκτικό. Μία πρόταση δηλώνει ότι ο πόρος-υποκείμενο συνδέεται με τη σχέση-κατηγορημα με κάποιον άλλο πόρο-αντικείμενο ή ότι ο πόρος-υποκείμενο συνδέεται με τη σχέση-κατηγορημα με κάποιο αλφαριθμητικό-αντικείμενο, το οποίο είναι η λεκτική αναπαράσταση της τιμής που έχει κάποια ιδιότητά του (το κατηγορημα). Οι σύνδεσμοι RDF παίρνουν τη μορφή της τριάδας όπου το θέμα της είναι μια αναφορά URI στο χώρο ονομάτων ενός συνόλου δεδομένων, ενώ το αντικείμενο της, είναι μια αναφορά URI σε άλλο σύνολο δεδομένων. Το σύνολο των τριάδων RDF αντιμετωπίζεται από κάποιους ως ένας γράφος RDF. Το URI's που εμφανίζονται ως υποκείμενο και αντικείμενο URI's είναι οι κόμβοι στον γράφο, και κάθε τριάδα είναι ένα κατευθυνόμενο τόξο (βέλος) που συνδέει το υποκείμενο με το αντικείμενο.

Τέλος η χρησιμοποίηση του μοντέλου RDF παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, μερικά από τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω :

- ❖ Κάθε χρήστης μπορεί να επισκεφθεί την URI ενός RDF γράφου στον Ιστό για να ανακτήσει επιπλέον πληροφορίες.
- ❖ Οι πληροφορίες από διαφορετικές μέσα μπορούν να συγχωνευθούν με φυσικό τρόπο.
- ❖ Μέσω του μοντέλου RDF μπορεί ο καθένας να θέσει συνδέσμους (links) μεταξύ δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.
- ❖ Συνδυάζοντας το μοντέλο με άλλες σχηματικές γλώσσες όπως η **RDF SCHEMA** και η **OWL**, μπορούμε να αναπαραστήσουμε αυστηρά δομημένα δεδομένα καθώς και ημι-δομημένα δεδομένα.

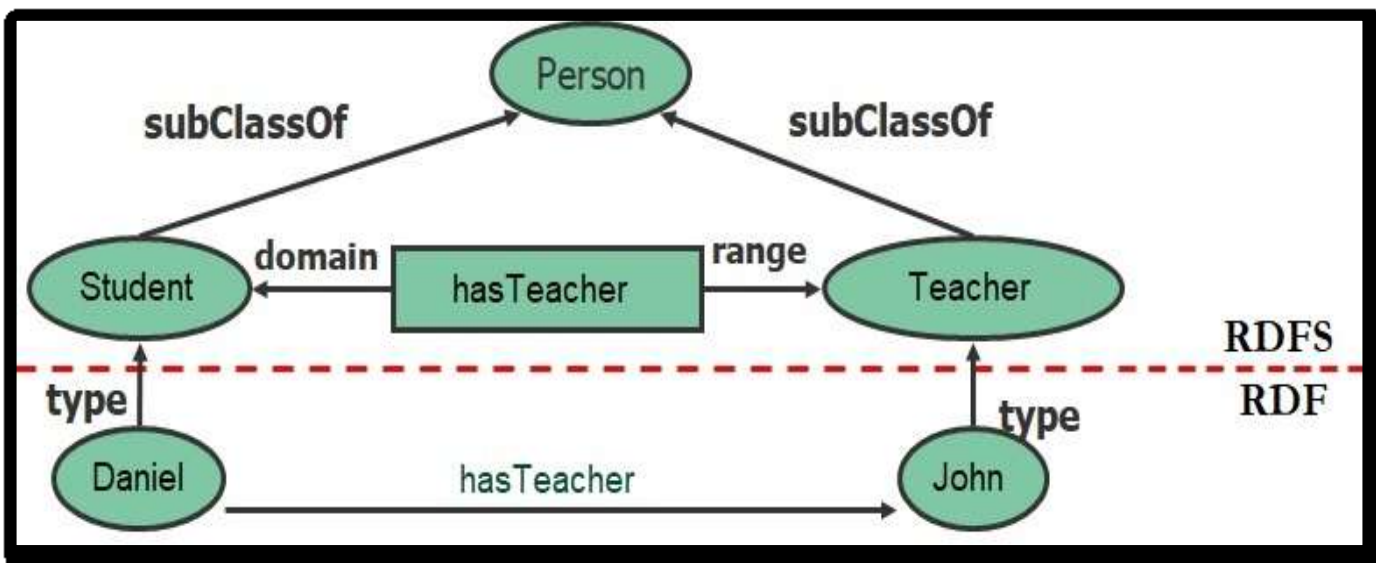
2.4 RDF SCHEMA

Ο Παγκόσμιος Ιστός δημιουργήθηκε αρχικά για να χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο και παρόλο που τα πάντα σε αυτό είναι αναγνώσιμα από μηχανές, αυτά τα δεδομένα δεν είναι κατανοητά από μηχανές. Είναι πολύ δύσκολο να αυτοματοποιήσουμε οτιδήποτε στον Ιστό και λόγω του όγκου των πληροφοριών που περιέχει ο ιστός, δεν είναι δυνατό να το κάνουμε αυτό χειροκίνητα. Η λύση που προτείνεται εδώ είναι η χρήση μεταδεδομένων για την περιγραφή των δεδομένων που περιέχονται στον Ιστό. Τα **Μεταδεδομένα** είναι "δεδομένα σχετικά με δεδομένα", όπως για παράδειγμα ένας κατάλογος μιας βιβλιοθήκης. Η διάκριση μεταξύ "δεδομένων" και "μεταδεδομένων" δεν είναι απόλυτη, είναι μια διάκριση που δημιουργείται κυρίως από μια συγκεκριμένη εφαρμογή και πολλές φορές ο ίδιος πόρος θα ερμηνευτεί και με τους δύο τρόπους ταυτόχρονα[14].

Το πλαίσιο περιγραφής πόρων (RDF) αποτελεί το θεμέλιο για την επεξεργασία μεταδεδομένων και μας παρέχει διαλειτουργικότητα μεταξύ εφαρμογών που ανταλλάσσουν πληροφορίες και δίνει έμφαση στις εγκαταστάσεις που επιτρέπουν την αυτοματοποιημένη επεξεργασία των πόρων Web. Το RDF μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς εφαρμογών, όπως για παράδειγμα: στην περιγραφή συλλογών σελίδων που αντιπροσωπεύουν ένα ενιαίο λογικό "έγγραφο", για την περιγραφή των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας των ιστοσελίδων και για την έκφραση των προτιμήσεων απορρήτου ενός χρήστη καθώς και των πολιτικών απορρήτου μιας ιστοσελίδας. Το RDF με ψηφιακές υπογραφές θα είναι το κλειδί για την οικοδόμηση του "Web of Trust" για το ηλεκτρονικό εμπόριο, τη συνεργασία και άλλες εφαρμογές.

Το μοντέλο RDF παρέχει ένα πολύ απλό αλλά ταυτόχρονα ισχυρό μοντέλο για την αναπαράσταση της πληροφορίας η οποία εν τέλει ανάγεται στην περιγραφή ορισμένων URI και των συσχετίσεών τους, χωρίς να αποδίδεται συγκεκριμένο νόημα (σημασιολογία) σε κάθε URL. Λύση στο πρόβλημα του προσδιορισμού της σημασιολογίας των URI παρέχουν τα σχήματα (Shemata) και οι οντολογίες (Ontologies). Σκοπός τους είναι να περιγράφουν τη σημασία και τις συσχετίσεις των όρων που αναγνωρίζονται από τα URI. Αυτή η περιγραφή (που γίνεται επίσης σε RDF) δίνει τη δυνατότητα στα υπολογιστικά συστήματα να χρησιμοποιούν τους διάφορους όρους πιο εύκολα και αποδοτικά και να αναγνωρίζουν τις πιθανές συσχετίσεις μεταξύ τους.

Η RDF Schéma, δημιούργημα της W3C, παρέχει τη δυνατότητα ορισμού των στοιχείων που χρησιμοποιούνται στην RDF. Παρέχει ένα λεξιλόγιο (vocabulary) για την περιγραφή κλάσεων και ιδιοτήτων RDF πόρων εισάγοντας κάποια σημασιολογία σχετικά με την ιεραρχία και τις συσχετίσεις τους. Αυτή η απόδοση σημασιολογίας αποτελεί όπως προαναφέραμε και τον απώτερο στόχο του ΣΙ, καθιστώντας εφικτή την επεξεργασία της πληροφορίας και τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων αυτόματα από τα υπολογιστικά συστήματα. Η RDFS είναι ουσιαστικά ένα έγγραφο που ορίζει ένα μοντέλο τύπων δεδομένων (data-typing model) για ένα RDF έγγραφο.



Εικόνα 9: RDF και RDF SCHEMA

Τόσο το υποκείμενο όσο και το αντικείμενο των RDF τριπλετών αποτελούν σημασιολογικούς πόρους (resources) που περιγράφονται μοναδικά μέσω ενός URI. Το RDF είναι απλά ένα πλαίσιο αναπαράστασης της γνώσης και RDFS είναι το πρότυπο που περιγράφει πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί το RDF προκειμένου να περιγραφεί περιεχόμενο του Διαδικτύου. Τα πάντα στο RDFS είναι URI's, μια αντίληψη που διατηρήθηκε σε όλη την πορεία ανάπτυξης του Σημασιολογικού Ιστού.

Πιο αναλυτικά, η γλώσσα RDFS στηρίζεται σε κλάσεις (classes) που ουσιαστικά είναι δομές παρόμοιων αντικειμένων και για το λόγο αυτό διαθέτει πολλές ομοιότητες με τις αντικειμενοστραφείς (object-oriented) γλώσσες όπως είναι η Java και η C++. Όπως και στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό, η κάθε κλάση στην RDFS έχει χαρακτηριστικά που λέγονται ιδιότητες (properties), μπορεί να κληρονομήσει τα χαρακτηριστικά της δημιουργώντας υποκλάσεις (subclasses) και κατά συνέπεια μια δομή ιεραρχίας μεταξύ των κλάσεων. Επιπρόσθετα, μπορούν να ορισθούν σχέσεις. [15].

Ένα βασικό βήμα σε κάθε είδους διαδικασία περιγραφής, είναι ο προσδιορισμός των διαφόρων ειδών πραγμάτων που πρόκειται να περιγραφούν. Το RDF Schema αναφέρεται σε αυτά τα «είδη πραγμάτων» ως κλάσεις. Μία κλάση στο RDF Schema αντιστοιχεί στη γενική έννοια ενός Τύπου ή μίας Κατηγορίας, όπως περίπου η έννοια της κλάσης στις αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού. Οι κλάσεις του RDF μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντιπροσωπεύσουν σχεδόν οποιαδήποτε κατηγορία πράγματος, όπως ιστοσελίδες, ανθρώπους, τύπους εγγράφων, βάσεις δεδομένων ή αφηρημένες έννοιες. Ας δούμε τώρα τα βασικά στοιχεία μοντελοποίησης της RDFS, τις βασικές κλάσεις, τις βασικές ιδιότητες για τον ορισμό σχέσεων και τις βασικές ιδιότητες για τον περιορισμό ιδιοτήτων[13], όπως φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 1: Βασικές Κλάσεις	
rdfs:Resource	η κλάση όλων των πόρων
rdfs:Class	η κλάση όλων των κλάσεων (ακόμα και του εαυτού της)
rdfs:Literal	η κλάση όλων των λεκτικών
rdf:Property	η κλάση όλων των ιδιοτήτων
rdf:Statement	η κλάση όλων των υποστασιοποιημένων προτάσεων

Πίνακας 2: Βασικές ιδιότητες για τον ορισμό σχέσεων	
rdf:type	η ιδιότητα που συνδέει έναν πόρο με κάποια κλάση στην οποία ανήκει, ή ισοδύναμα συνδέει έναν πόρο με κάποια κλάση της οποίας είναι στιγμιότυπο
rdfs:subClassOf	η ιδιότητα που συσχετίζει μία κλάση με τις υπερκλάσεις της
rdfs:subPropertyOf	η ιδιότητα που συσχετίζει μία ιδιότητα με τις υπεριδιότητές της

Πίνακας 3: Βασικές ιδιότητες για τον περιορισμό ιδιοτήτων	
rdfs:domain	η ιδιότητα που καθορίζει το πεδίο ορισμού μιας ιδιότητας
rdfs:range	η ιδιότητα που καθορίζει το σύνολο τιμών μιας ιδιότητας

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τις βασικές αρχές των Συνδεδεμένων Δεδομένων, τους κανόνες που τα διέπουν καθώς και τρόπους για την δημοσίευσή τους. Επίσης γίνεται μια αναφορά στα Μεταδεδομένα και μια πρώτη γνωριμία με τις Οντολογίες, τον ορισμό μιας οντολογίας, τον τρόπο δημιουργίας και την χρήση της.

3.1 Βασικές Αρχές Συνδεδεμένων Δεδομένων

Ο όρος Συνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Data) αφορά τη χρήση του Διαδικτύου για να μπορούν να σχηματιστούν σύνδεσμοι ανάμεσα σε δεδομένα από διαφορετικές πηγές. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι τόσο διαφορετικά όσο οι βάσεις δεδομένων, οι οποίες διατηρούνται για παράδειγμα από δύο οργανισμούς σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές ή απλά ετερογενή συστήματα μέσα σε έναν οργανισμό. Ιστορικά δεν έχουν διαλειτουργικότητα σε επίπεδο δεδομένων. Τεχνικά, τα Συνδεδεμένα Δεδομένα αναφέρονται σε δεδομένα που δημοσιεύονται στο Διαδίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αναγνώσιμα από τις μηχανές. Ο Σημασιολογικός Ιστός δεν αφορά μόνο την τοποθέτηση δεδομένων στο Διαδίκτυο. Πρόκειται για τη δημιουργία δεσμών, έτσι ώστε ένα άτομο ή μια μηχανή να μπορεί να εξερευνήσει τον ιστό των δεδομένων [16].



Εικόνα 10: Linked Data

Τα Συνδεδεμένα Δεδομένα αποτελούν μια τεχνική δημοσίευσης δεδομένων, η οποία χρησιμοποιεί κοινές τεχνολογίες Web, προκειμένου να συνδυάσει συναφή δεδομένα και να τα καταστήσει διαθέσιμα στο Διαδίκτυο. Στηρίζεται κυρίως στην ανίχνευση πόρων μέσω των URI και χρησιμοποιεί διαδεδομένα πρότυπα, όπως είναι το πρότυπο RDF, για τη σύνδεση τους με άλλους πόρους στο Διαδίκτυο.

Τα κύρια στοιχεία του Διαδικτύου είναι ψηφιακά έγγραφα (html documents) τα οποία συνδέονται με υπερσυνδέσμους (hyperlinks), ενώ τα Συνδεδεμένα Δεδομένα βασίζονται σε έγγραφα τα οποία περιέχουν δεδομένα σε μορφή RDF. Ωστόσο, τα Συνδεδεμένα Δεδομένα αντί απλά να συνδέουν τα έγγραφα χρησιμοποιούν το RDF για να κάνουν δηλώσεις οι οποίες συνδέουν διάφορα πράγματα μεταξύ τους. Το πρωτόκολλο HTTP είναι ένα πρότυπο επικοινωνίας για τη μεταφορά εγγράφων και η γλώσσα HTML αναφέρεται στη δομή, στο περιεχόμενο και στην παρουσίαση ενός εγγράφου. Ένα τέτοιο έγγραφο περιέχει συνδέσμους προς άλλα έγγραφα, τα οποία αναγνωρίζονται μέσω του URL, το οποίο με τη σειρά του καθορίζει την τοποθεσία τους στον Ιστό.

Αρχικά ένα έγγραφο HTML έδινε μόνο την οπτική αναπαράσταση προς τον χρήστη και δεν παρείχε τη δυνατότητα της δομημένης περιγραφής των περιεχομένων του και τη σύνδεση μεταξύ τους. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα ο χρήστης να πρέπει να πλοηγηθεί σε συγκεκριμένα έγγραφα και να τα διαβάσει απλά ώστε να αναζητήσει μια συγκεκριμένη πληροφορία ή να συγκρίνει πληροφορίες και στη συνέχεια να τις επεξεργαστεί ή να τις συνδυάσει χειροκίνητα. Ο Tim Berners-Lee το 2006 περιέγραψε ένα σύνολο “κανόνων” για τη δημοσίευση δεδομένων στο Διαδίκτυο με τέτοιο τρόπο ώστε όλα τα δημοσιευμένα δεδομένα να γίνουν μέρος ενός ενιαίου παγκόσμιου χώρου δεδομένων. Οι “κανόνες” αυτοί είναι γνωστοί ως Linked Data Principles:

1. Η χρήση URI's ως ονόματα πραγμάτων
2. Η χρήση HTTP URI's ώστε να μπορούν να αναζητηθούν από τον άνθρωπο
3. Όταν κάποιος αναζητά ένα URI, πρέπει να του δίνεται χρήσιμη πληροφορία χρησιμοποιώντας πρότυπα όπως RDF, SPARQL.
4. Να περιλαμβάνονται σύνδεσμοι σε άλλα URI's, ώστε να μπορούν να ανακαλυφθούν περισσότερα πράγματα.

Ο πρώτος κανόνας, σύμφωνα με τον Tim Berners-Lee, αναφέρεται σε απτά αντικείμενα αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άυλες έννοιες. Στη συνέχεια, ο δεύτερος κανόνας αναφέρεται στη χρήση URI μέσω του πρωτόκολλου HTTP το οποίο θα εντοπίζει το αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται. Για παράδειγμα το ISBN μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως τμήμα ενός URI. Ο τρίτος κανόνας αναφέρεται στη χρήση προτύπων ανάλογων της HTML για τη διάθεση των δομημένων δεδομένων. Το RDF είναι εύκολο στην επεξεργασία και γίνεται κατανοητό από τις μηχανές. Τέλος, ο τέταρτος κανόνας αφορά τη συσχέτιση αντικειμένων και εννοιών μεταξύ τους ώστε ο αιτών να μπορεί να αποκτήσει περισσότερες πληροφορίες. Τον Απρίλιο του 2010 ο T.Berners-Lee ανακοινώνει το σχήμα των πέντε αστέρων για τα ανοικτά δεδομένα μιας και γινόταν προσπάθεια περισσότερο από τις κυβερνήσεις να γίνει γνωστή η διάθεση των συνδεδεμένων δεδομένων για ελεύθερη χρήση (Linked Open Data), όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Το σύστημα αξιολόγησης Συνδεδεμένων Δεδομένων	
★	Διαθέσιμα στον Ιστό, σε οποιαδήποτε μορφή, κάτω από μία ανοιχτή με ανοιχτή άδεια.
★★	Διαθέσιμα ως δομημένα δεδομένα για μηχανική ανάγνωση (πχ excel αντί σαρωμένη εικόνα πίνακα).
★★★	Δομημένα δεδομένα για μηχανική ανάγνωση αλλά όχι σε ιδιότητες μορφές (π.χ. CSV αντί για excel).
★★★★	Χρήση URI για να ταυτοποιούνται αντικείμενα.
★★★★★	Σύνδεση των δεδομένων με άλλα δεδομένα για την παροχή περιεχομένου.

Μέχρι στιγμής έχουν γίνει πολλές προσπάθειες δημιουργίας Συνδεδεμένων Δεδομένων με την ανάπτυξη λεξιλογίων που καλύπτουν πολλές θεματικές περιοχές, σε αυτές περιλαμβάνονται και οι βιβλιοθήκες. Συγκεκριμένα τα λεξιλόγια για τον βιβλιοθηκονομικό τομέα διακρίνονται σε λεξιλόγια τιμών (value vocabularies) και σε σύνολα στοιχείων μεταδεδομένων (metadata element sets). Από τη μία πλευρά, τα λεξιλόγια τιμών είναι σύνολα δεδομένων τα οποία ορίζουν οντότητες και έννοιες που χρησιμοποιούνται σε βιβλιοθηκονομικές εγγραφές όπως είναι για παράδειγμα τα πρόσωπα, τα θέματα και οι τοποθεσίες.

Επίσης αποτελούν ευρετήρια URI's τα οποία χρησιμοποιούνται είτε σαν υποκείμενο είτε σαν αντικείμενο σε μία τριάδα RDF. Τα λεξιλόγια τιμών μπορούμε να πούμε ότι είναι οι θησαυροί, οι ταξινομίες όρων και οι κατάλογοι καθιερωμένων όρων. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα λεξιλογίων τιμών διαθέσιμων σε μορφή Συνδεδεμένων Δεδομένων και είναι τα εξής: οι θεματικοί όροι της Βιβλιοθήκης του Κογκρέσου (LCSH), το δεκαδικό σύστημα ταξινόμησης DEWEY (DDC), το διεθνές αρχείο καθιερωμένων όρων VIAF και η γεωγραφική βάση δεδομένων GeoNames.

Από την άλλη πλευρά, τα σύνολα στοιχείων μεταδεδομένων ή αλλιώς οντολογίες είναι σύνολα κλάσεων και ιδιοτήτων, όπου οι συγκεκριμένες ιδιότητες έχουν τον ρόλο του κατηγορήματος σε μία RDF τριάδα. Οι οντολογίες περιλαμβάνουν την αυστηρή περιγραφή μιας θεματικής περιοχής και μπορεί να περιέχουν επίσης ταξινομίες κλάσεων και ιδιοτήτων και αξιώματα που πρέπει να ικανοποιούν οι κλάσεις και οι ιδιότητες. Σε ένα RDF γράφο οι οντολογίες βοηθούν στην εφαρμογή συλλογισμού για να μπορούμε να εξάγουμε νέες RDF προτάσεις οι οποίες συνεπάγονται από τις δηλωθείσες προτάσεις. Παραδείγματα οντολογιών που χρησιμοποιούνται από τις βιβλιοθήκες είναι τα εξής: Dublin Core, SKOS (Simple Knowledge Organization System), BIBO (Bibliographic Ontology) και FOAF (Friend of a Friend).

Τα παραπάνω λεξιλόγια παρέχουν σημαντική βοήθεια στους επιστήμονες της πληροφόρησης και στους μηχανικούς της γνώσης, οι οποίοι έχουν ως αντικείμενο τη μετατροπή των υπάρχοντων συνόλων δεδομένων σε RDF γράφους. Με αυτό τον τρόπο συντελούν στη δημιουργία πραγματικά συνδεδεμένων δεδομένων υψηλής ποιότητας, τα οποία είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στο Παγκόσμιο Σύννεφο Ανοικτών Συνδεδεμένων Δεδομένων (Linked Open Data Cloud).

Προς το παρόν υπάρχουν αρκετά παραδείγματα Ευρωπαϊκών βιβλιοθηκών που έχουν υιοθετήσει τη φιλοσοφία των συνδεδεμένων δεδομένων, κάτι το οποίο μπορεί να αποτελέσει παράδειγμα και για τις Ελληνικές βιβλιοθήκες. Οι παρακάτω βιβλιοθήκες δημοσιεύουν τους βιβλιογραφικούς τους καταλόγους και τους θεματικούς όρους σε μορφή Συνδεδεμένων Δεδομένων. Παραδείγματα ευρωπαϊκών βιβλιοθηκών είναι: η Εθνική βιβλιοθήκη της Σουηδίας, η Γερμανική βιβλιοθήκη (<http://www.dnb.de/EN/lds>), η Εθνική βιβλιοθήκη της Ισπανίας, η Βρετανική βιβλιοθήκη (<http://bnb.data.bl.uk/>)

3.2 Δημοσίευση Συνδεδεμένων Δεδομένων

Με τη δημοσίευση δεδομένων στον Ιστό σύμφωνα με τους κανόνες των Συνδεδεμένων Δεδομένων, οι πάροχοι δεδομένων προσθέτουν τα δεδομένα τους σε ένα παγκόσμιο χώρο δεδομένων, ο οποίος επιτρέπει στα δεδομένα να ανακαλυφθούν και να χρησιμοποιηθούν από διάφορες εφαρμογές. Η δημοσίευση ενός συνόλου δεδομένων ως Συνδεδεμένα Δεδομένα στον Ιστό συνίσταται στα επόμενα τρία βασικά βήματα:

1. Ανάθεση URI's στις οντότητες οι οποίες περιγράφονται από το σύνολο δεδομένων και παροχή δυνατότητας για dereferencing αυτών των URI's πάνω από το πρωτόκολλο HTTP με RDF αναπαραστάσεις.
2. Τοποθέτηση συνδέσμων RDF προς άλλες πηγές δεδομένων στον Ιστό, ούτως ώστε οι πελάτες να μπορούν να περιηγηθούν συνολικά στον Ιστό των Δεδομένων, ακολουθώντας RDF συνδέσμους.
3. Παροχή μετα-δεδομένων σχετικά με τα δημοσιευμένα δεδομένα, έτσι ώστε οι πελάτες να μπορούν να εκτιμήσουν την ποιότητα των δημοσιευμένων δεδομένων και να επιλέξουν μεταξύ διαφορετικών μέσων πρόσβασης.

Η απλούστερη μέθοδος για δημοσίευση Συνδεδεμένων Δεδομένων είναι η δημιουργία στατικών RDF αρχείων και η φόρτωσή τους σε κάποιον εξυπηρετητή. Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου τα RDF αρχεία δημιουργούνται με το χέρι, π.χ. κατά τη δημοσίευση FOAF αρχείων ή RDF λεξιλογίων, ή σε περιπτώσεις που τα RDF αρχεία είναι έξοδος εφαρμογών οι οποίες δεν μπορούν να δώσουν έξοδο σε άλλη μορφή, παρά μόνο σε αρχείο. [17]

Έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία δημοσίευσης Συνδεδεμένων Δεδομένων. Τα εργαλεία είτε επιδίδουν το περιεχόμενο RDF αποθηκών ως Συνδεδεμένα Δεδομένα στον Ιστό είτε παρέχουν όψεις Συνδεδεμένων Δεδομένων σε μη-RDF πηγές δεδομένων. Τα εργαλεία «προστατεύουν» τους εκδότες από την αντιμετώπιση τεχνικών λεπτομερειών όπως η διαπραγμάτευση περιεχομένου και διασφαλίζουν ότι τα δεδομένα δημοσιεύονται σύμφωνα με τις καλύτερες πρακτικές της κοινότητας των Συνδεδεμένων Δεδομένων. Όλα τα εργαλεία υποστηρίζουν το dereferencing των URI's σε RDF περιγραφές. Επιπλέον, κάποια από τα εργαλεία παρέχουν και πρόσβαση σε ερωτήματα SPARQL προς τα σύνολα δεδομένων και υποστηρίζουν τη δημοσίευση RDF αποθηκών. Παρακάτω παρουσιάζεται η αναπαράσταση της RDF περιγραφής σχήμα σε XML σειριακή διάταξη.

Αναπαράσταση σε RDF/XML :

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
xmlns:exterms="http://www.myexample.org/terms/">
<rdf:Description rdf:about="http://www.myexample.org/index.html">
<exterms:creation-date>August 17, 1987</exterms:creation-date>
<dc:language>en</dc:language>
<dc:creator
rdf:resource="http://www.myexample.org/people/alice "/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Αναπαράσταση σε Notation 3 ή Turtle :

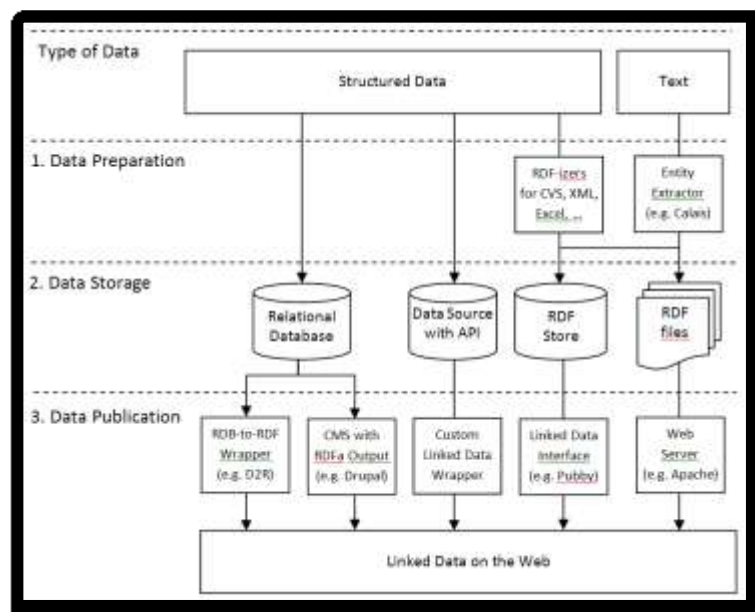
```
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>.  
@prefix exterm: <http://www.myexample.org/terms/>.  
<http://www.myexample.org/index.html>  
exterm:creation-date "August 17, 1987";  
dc:language "en";  
dc:creator <http://www.myexample.org/people/alice>.
```

Αναπαράσταση σε N-Triples :

```
<http://www.myexample.org/index.html>  
<http://www.myexample.org/terms/creation-date> "August 17, 1987" .  
<http://www.myexample.org/index.html>  
<http://purl.org/dc/elements/1.1/language> "en" .  
<http://www.myexample.org/index.html>  
<http://purl.org/dc/elements/1.1/creator>  
<http://www.myexample.org/people/alice> .
```

Σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα μας είναι ήδη αποθηκευμένα σε κάποια βάση δεδομένων, είναι συνήθως καλή ιδέα να τα αφήσουμε εκεί και να δημοσιεύσουμε σαν Συνδεδεμένα Δεδομένα μία όψη (view) της βάσης μας. Ένα εργαλείο για δημοσίευση Συνδεδεμένων Δεδομένων με αυτό τον τρόπο είναι ο D2R Server. Ο D2R Server είναι ένας εξυπηρετητής ο οποίος, βασιζόμενος σε μία αντιστοίχιση μεταξύ των σχημάτων της σχεσιακής βάσης δεδομένων και κάποιων RDF όρων, δημοσιεύει μία όψη της βάσης σε μορφή Συνδεδεμένων Δεδομένων και προσφέρει έναν SPARQL ακροδέκτη. Άλλα εργαλεία είναι το Open Link Virtuoso και το GraphDB.

Όταν θέλουμε να δημοσιεύσουμε Συνδεδεμένα Δεδομένα τα οποία όμως αναπαριστούνται σε άλλες μορφές, όπως CSV ή Microsoft Excel, είναι βέλτιστο να μετατρέψουμε τα δεδομένα σε RDF με κάποιο εργαλείο που εξειδικεύεται σε αυτή τη λειτουργία, κατόπιν να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα σε κάποια αποθήκη τριάδων που περιλαμβάνει και μία διαπροσωπεία Συνδεδεμένων Δεδομένων έτσι ώστε τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτή να είναι προσπελάσιμα μέσα από τον Ιστό, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 141: Συνδεδεμένα Δεδομένα στο Διαδίκτυο

3.3 Μεταδεδομένα

Τα μεταδεδομένα είναι δομημένα δεδομένα τα οποία περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου. Είναι δεδομένα που σχετίζονται με αντικείμενα προς διευκόλυνση των πιθανών χρηστών τους παρέχοντας εκ των προτέρων πλήρη γνώση της ύπαρξης και των χαρακτηριστικών τους. Το πρόθεμα «μετα» υποδηλώνει περιγραφή σε κάποιο ανώτερο επίπεδο ή πιο βασικό. Τα χαρακτηριστικά του κάθε σχήματος μεταδεδομένων αποτελούν ένας περιορισμένος αριθμός στοιχείων, τα ονόματά τους και τη σημασία τους. Συνήθως, η σημασιολογική περιγραφή αναφέρεται στα περιεχόμενα, το χώρο ύπαρξης, τις φυσικές ιδιότητες, τον τύπο (π.χ. κείμενο ή εικόνα, χάρτης ή μοντέλο) και τη μορφή (π.χ. εκτυπωμένο αντίγραφο, ηλεκτρονικό αρχείο).

Χαρακτηριστικά στοιχεία μεταδεδομένων που υποστηρίζουν την πρόσβαση σε έγγραφα περιλαμβάνουν τον συγγραφέα, το χρόνο και τόπο που εκδόθηκε καθώς και τις θεματικές ενότητες που καλύπτονται. Εάν το υλικό των πληροφοριών βρίσκεται σε μη ψηφιακή μορφή (π.χ. εκτυπωμένη έκδοση) παρέχονται επιπρόσθετα μεταδεδομένα που βοηθούν στον εντοπισμό του υλικού αυτού, όπως για παράδειγμα τηλέφωνα βιβλιοθηκών. Τα μεταδεδομένα αποτελούν τον συνδετικό κρίκο μεταξύ των δημιουργών πληροφοριών και των χρηστών των πληροφοριών αυτών. Εκτός από τη βελτίωση της εύρεσης δεδομένων τα μεταδεδομένα αναπτύσσονται και για άλλους λόγους περιλαμβανομένων της ασφάλειας, της προσωποποίησης των πληροφοριών, της αξιολόγησης του περιεχομένου, τη διαχείριση πνευματικών δικαιωμάτων, τη διατήρηση πολύτιμης γνώσης σε βάθος χρόνου.

Τα μεταδεδομένα είναι δεδομένα τα οποία περιγράφουν άλλα δεδομένα. Δηλαδή ένα σύνολο μεταδεδομένων περιγράφει ένα άλλο σύνολο δεδομένων που μπορεί να είναι μία πηγή. Τα μεταδεδομένα διακρίνονται σύμφωνα με το περιεχόμενό τους δηλ. να περιγράφουν την πηγή ή το περιεχόμενό της, με τη μεταβλητότητά τους δηλ. πάντα σύμφωνα με την πηγή τα μεταδεδομένα μπορεί να είναι αμετάβλητα ή μεταβλητά και σύμφωνα με τη λογική συνάρτησή τους η οποία διακρίνεται σε τρία επίπεδα. Το κάτω επίπεδο που ονομάζεται υπο-συμβολικό και περιέχει τα απλά δεδομένα, το μεσαίο που ονομάζεται συμβολικό επίπεδο και περιέχει μεταδεδομένα τα οποία περιγράφουν τα απλά δεδομένα και το πάνω επίπεδο που ονομάζεται λογικό επίπεδο και περιέχει μεταδεδομένα με τη βοήθεια των οποίων γίνονται λογικοί συλλογισμοί. [18]

Τα μεταδεδομένα χρησιμοποιούνται και για τα αρχεία των ψηφιακών βιβλιοθηκών ώστε να γίνεται η αναζήτηση των πηγών από τον χρήστη όσο πιο γρήγορα και με λιγότερη διαδικασία. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν τρεις κατηγορίες μεταδεδομένων: [19]

- Τα περιγραφικά μεταδεδομένα είναι πληροφορίες οι οποίες περιγράφουν το περιεχόμενο ενός αρχείου, όπως για παράδειγμα οι εγγραφές καταλόγων που είναι σε μορφή MARC.
- Τα δομικά μεταδεδομένα είναι πληροφορίες οι οποίες συνδέουν ένα αρχείο με κάποια άλλα αρχεία, όπως για παράδειγμα η σύνδεση μίας εικόνας ενός βιβλίου με τις υπόλοιπες εικόνες του.
- Τα διοικητικά μεταδεδομένα είναι πληροφορίες που αφορούν τη διαχείριση ενός αρχείου, όπως για παράδειγμα τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας του αρχείου, η μορφή φυλάξής του, η συντήρησή ψηφιακών αρχείων κ.λ.π.

Τα πλέον δημοφιλή σχήματα μεταδεδομένων είναι το Dublin Core και το TEI. Το σύνολο μεταδεδομένων γνωστό ως Dublin core, (Dublin Core Metadata Element Set) προέκυψε από συζητήσεις το 1995 και αρχικός σκοπός της πρωτοβουλίας αυτής ήταν να οριστεί ένα σύνολο από στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τους συγγραφείς για να περιγράψουν τα έγγραφά τους στο Web. Το Dublin Core δημιουργήθηκε για να είναι απλό και σύντομο να περιγράψει έγγραφα του Web. Ωστόσο, το Dublin Core έχει χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Λόγω της απλότητάς του το Dublin Core σύνολο μεταδεδομένων χρησιμοποιείται από πολλούς πέραν των βιβλιοθηκονόμων – ερευνητές, σε μουσεία, συλλέκτες μουσικής κ.α.

Η πρωτοβουλία, Text Encoding Initiative είναι ένα διεθνές project το οποίο αναπτύχθηκε με οδηγίες για το πως μπορεί να επισημειωθεί ένα ηλεκτρονικό έγγραφο, όπως για παράδειγμα ένα διήγημα, ένα θεατρικό έργο, ένα ποίημα με σκοπό την υποστήριξη της έρευνας στις ανθρωπιστικές επιστήμες.

3.4 Οντολογίες – Γλώσσες Οντολογιών

Η Οντολογία είναι ένα κλάδος της Φιλοσοφίας που ασχολείται με τη «φύση της ύπαρξης». Είναι η επιστήμη, που μελετά την ύπαρξη, τα είδη και τις δομές των αντικειμένων, τις ιδιότητες, τα γεγονότα, τις διαδικασίες και τις σχέσεις σε κάθε πεδίο πραγματικότητας. Ο όρος «οντολογία» χρησιμοποιείται συχνά από τους φιλοσόφους ως συνώνυμο της μεταφυσικής. [20]

Στην Τεχνητή Νοημοσύνη οι οντολογίες χρησιμοποιούνται προκειμένου να διευκολύνουν τη διάδοση και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης-πληροφορίας. Για τους επιστήμονες της Τεχνητής Νοημοσύνης, η έννοια οντολογία εκφράζει την κοινή αντίληψη για κάποιο συγκεκριμένο πεδίο, που βοηθά στην καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων και των συστημάτων εφαρμογών. Μια τυπική οντολογία έχει μια ταξινόμια, που προσδιορίζει τις κλάσεις και τις μεταξύ τους σχέσεις καθώς και μια ομάδα από συμπερασματικούς κανόνες, που ενισχύουν τις λειτουργίες των συλλογισμών. [21]

Σύμφωνα με τον οργανισμό W3C μια οντολογία ορίζει τους όρους που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν και να αναπαραστήσουν μια περιοχή γνώσης. Οι οντολογίες χρησιμοποιούνται από ανθρώπους, βάσεις δεδομένων και εφαρμογές που χρειάζεται να μοιράζονται πληροφορίες σχετικές με το θέμα (περιοχή) όπως η ιατρική, η κατασκευή εργαλείων, η κτηματογορά, οι επισκευές αυτοκινήτων, η οικονομική διαχείριση, κλπ. Οι οντολογίες περιλαμβάνουν ορισμούς βασικών εννοιών της περιοχής καθώς και τις σχέσεις μεταξύ τους, που είναι χρησιμοποιήσιμοι από υπολογιστές. Κωδικοποιούν τη γνώση σε μια περιοχή καθώς και τη γνώση που διαπερνά περιοχές. Με αυτό τον τρόπο, κάνουν αυτή τη γνώση επαναχρησιμοποιήσιμη. [22]

Ωστόσο, ο πιο δημοφιλής ορισμός για την οντολογία προτάθηκε λίγα χρόνια αργότερα από τον Gruber (1993), ο οποίος όρισε την οντολογία ως: «την σαφή περιγραφή μιας εννοιολογικής αναπαράστασης ή αφηρημένης θεώρησης μέρους του κόσμου μας - An ontology is an explicit specification of conceptualization». [23] Ένας ακόμη σχετικός ορισμός για την οντολογία εισήχθη από τον Guarino (1998): «ένα σύνολο από λογικά αξιώματα σχεδιασμένα να δώσουν πληροφορίες για την προσδοκώμενη σημασία του λεξιλογίου»[24].

Δύο πρόσφατοι ορισμοί για την οντολογία είναι οι εξής: «Μια οντολογία είναι μια κοινά διαμοιρασμένη και τυπική περιγραφή των σημαντικών εννοιών σε ένα συγκεκριμένο πεδίο - An ontology is a common, shared and formal description of important concepts in a specific domain».[25]

«Μια οντολογία είναι μια θεωρία, που χρησιμοποιεί συγκεκριμένο λεξιλόγιο για να περιγράψει οντότητες, κλάσεις, ιδιότητες και σχετικές λειτουργίες από μια συγκεκριμένη οπτική γωνία»[26]. Μια οντολογία, λοιπόν, τυπικά είναι μια ιεραρχική δομή δεδομένων στην οποία περιέχονται όλες οι σχετικές με τον τομέα στον οποίο αναφέρεται οντότητες και οι σχέσεις ανάμεσά τους αλλά και όλοι οι κανόνες, οι οποίοι ρυθμίζουν τις αλληλεπιδράσεις εντός του. Αποτελείται από την ταξινόμια (taxonomy), η οποία και την χαρακτηρίζει και από ένα σύνολο συμπερασματικών κανόνων, που αναπαριστούν τη λογική. Η ταξινόμια καθορίζει τις κλάσεις των αντικειμένων και τις σχέσεις μεταξύ τους και οι συμπερασματικοί κανόνες παράγουν λογική.

Από τη δεκαετία του 1990 οι οντολογίες αποτελούν σημαντικό πεδίο έρευνας για τις διάφορες κοινότητες των επιστημόνων τεχνητής νοημοσύνης, όπως την εφαρμοσμένη μηχανική γνώσης, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας και την αναπαράσταση της γνώσης. Πιο πρόσφατα, η έννοια της οντολογίας έχει αρχίσει να διαδίδεται και σε άλλα επιστημονικά πεδία, όπως η έξυπνη ενσωμάτωση πληροφοριών, η ανάκτηση πληροφοριών στο Διαδίκτυο καθώς και η διαχείριση γνώσης. Ο λόγος για τον οποίο οι οντολογίες έχουν γίνει τόσο δημοφιλείς έγκειται στο ότι οι ίδιες υπόσχονται μια κοινά αποδεκτή κατανόηση κάποιου επιστημονικού πεδίου, το οποίο θα μπορεί να διαδοθεί μεταξύ των ανθρώπων και των υπολογιστών.

Στη σημερινή εποχή η έλλειψη κοινής αντίληψης για συντακτική και σημασιολογική επικοινωνία τόσο από την πλευρά των ανθρώπων όσο και από την πλευρά των υπολογιστών είναι γνωστή. Το πρόβλημα αυτό θα χειροτερεύσει με την εκθετική αύξηση του όγκου πληροφοριών, με την ανεπάρκεια των τρεχουσών μηχανών αναζήτησης και της απευθείας ανάκτησης πληροφοριών. Η οντολογία λοιπόν, ως μια τυπική (formal), κατηγορηματική (explicit) περιγραφή μιας κοινά αποδεκτής (shared) εννοιολογικής αναπαράστασης (conceptualization) παρέχει τη δυνατότητα αντιμετώπισης του εν λόγω προβλήματος.

Μια οντολογία λοιπόν όσον αφορά τον ΣΙ είναι η αναπαράσταση μιας οντότητας ή μιας γνωστικής περιοχής, έτσι ώστε να μπορεί να την επεξεργαστεί ο Η/Υ (π.χ. Ιόνιο Πανεπιστήμιο). Περιλαμβάνει έναν πεπερασμένο κατάλογο όρων, καθώς και τη σχέση μεταξύ των όρων αυτών (π.χ. Καθηγητές, Φοιτητές, Τμήματα, Μαθήματα κλπ.) και οι όροι αυτοί αποτελούν σημαντικές έννοιες (ομάδες πραγμάτων), ενώ η σχέση μεταξύ τους είναι ιεραρχική: ομάδες – υποομάδες (π.χ. Εκπαιδευτικό Προσωπικό = Καθηγητές + Ερευνητές). Περιγράφουν ιδιότητες (Ο Χ διδάσκει τον Ψ), θέτουν όρια (μόνο οι καθηγητές διδάσκουν), διαχωρίζουν κατηγορίες (εκπαιδευτικό και διοικητικό προσωπικό), προδιαγράφουν τις λογικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων (κάθε τμήμα πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον 10 μέλη ΔΕΠ).

Πιο αναλυτικά, η γνώση στις οντολογίες τυποποιείται χρησιμοποιώντας πέντε κατηγορίες συστατικών: τις κλάσεις (classes), τις έννοιες (concepts), τις σχέσεις (relations), τις συναρτήσεις (functions), τα αξιώματα (axioms) και τα στιγμιότυπα (instances),[27] όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- ❖ Οι **κλάσεις (classes)** περιγράφουν τις έννοιες ενός γνωστικού πεδίου. Μια κλάση μπορεί να έχει υποκλάσεις, οι οποίες να αντιπροσωπεύουν έννοιες, που είναι πιο συγκεκριμένες από αυτές που καθορίζονται από την βασική κλάση. Οι έννοιες (concepts) χρησιμοποιούνται με την ευρεία σημασία τους. Μια έννοια μπορεί να είναι οτιδήποτε για κάτι, που λέγεται, και ως εκ τούτου μπορεί να αποτελεί την περιγραφή μιας εργασίας, μιας λειτουργίας, μιας ενέργειας, μιας στρατηγικής, μιας συλλογιστικής διαδικασίας κ.α.
- ❖ Οι **σχέσεις (relations)** αναπαριστούν ένα είδος αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε έννοιες ενός γνωστικού πεδίου (π.χ. subclass-of, connected-to, is-a).
- ❖ Οι **συναρτήσεις (functions)** αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση σχέσεων. Για παράδειγμα, η τιμή μεταχειρισμένου αυτοκινήτου μπορεί να προσδιοριστεί ως συνάρτηση της αρχικής τιμής του καινούργιου αυτοκινήτου, του μοντέλου και των χαρακτηριστικών του αυτοκινήτου καθώς και των χιλιομέτρων, που έχει διανύσει.
- ❖ Τα **αξιώματα (axioms)** χρησιμοποιούνται για να αναπαριστούν προτάσεις, οι οποίες είναι πάντα αληθείς. Για παράδειγμα, αν ο Χ είναι δευτεροετής φοιτητής, τότε μπορεί να παρακολουθήσει το επιλεγόμενο μάθημα Μ.
- ❖ Τα **στιγμιότυπα (instances)** χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν συγκεκριμένα στοιχεία. Για παράδειγμα, ο φοιτητής με το όνομα «Πέτρος» είναι στιγμιότυπο της κλάσης «φοιτητής».

Από τη στιγμή, λοιπόν, που τα βασικά συστατικά των οντολογιών θα παρουσιαστούν, η οντολογία μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορες γλώσσες. Μερικοί από τους πιο σημαντικούς λόγους δημιουργίας οντολογιών είναι: [28]

- ❖ Για να μοιραστεί την κοινή κατανόηση της δομής των πληροφοριών με άλλους ανθρώπους ή υπολογιστικά συστήματα: Πρόκειται για έναν από τους πιο κοινούς στόχους στην ανάπτυξη των οντολογιών.
- ❖ Για να επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης σε μια επιστημονική περιοχή: Ο λόγος αυτός ήταν μια από τις κατευθυντήριες δυνάμεις πίσω από το πρόσφατο κύμα στην επέκταση της έρευνας γύρω από τις οντολογίες.
- ❖ Για να καταστήσει τις παραδοχές και τις υποθέσεις μιας περιοχής ρητές: Η ρητή μοντελοποίηση των αφηρημένων εννοιών μιας περιοχής, που κρύβονται κατά την υλοποίηση μιας εφαρμογής, και η χρήση τέτοιων μοντέλων κατά την ανάπτυξη εφαρμογών επιτρέπουν την σχετικά εύκολη μεταβολή τους, εάν η γνώση μας για την περιοχή αλλάξει.
- ❖ Για να διαχωρίσει την γνώση μιας περιοχής από τις επιχειρησιακές τις εφαρμογές: Ο παραπάνω λόγος είναι μια άλλη κοινή χρήση των οντολογιών. Μπορούμε να περιγράψουμε μία διαδικασία όπου ένα προϊόν κατασκευάζεται από τα συστατικά του σύμφωνα με μια σειρά απαραίτητων προδιαγραφών και στη συνέχεια να εκτελέσουμε ένα πρόγραμμα, που να κάνει την κατασκευή, ανεξάρτητα από τα ίδια τα προϊόντα.
- ❖ Για να αναλύσει την συσσωρευμένη γνώση μιας επιστημονικής περιοχής: Η ανάλυση της γνώσης περιοχών καθίσταται δυνατή άμα τη εμφανίσει μιας εμφαντικής προδιαγραφής των όρων, που χρησιμοποιούνται σε αυτήν. Η επίσημη ανάλυση των όρων είναι εξαιρετικά πολύτιμη τόσο κατά την προσπάθεια επαναχρησιμοποίησης μιας υπάρχουσας οντολογίας όσο και κατά την επέκτασή τους.

Με την ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού δημιουργήθηκε η ανάγκη για επαναχρησιμοποίηση και διαμοιρασμό της γνώσης. Οι οντολογίες στοχεύουν στην εκπλήρωση αυτής της ανάγκης μετατοπίζοντας το σημείο εστίασης στο σχεδιασμό συστημάτων μακριά από τις τεχνολογίες υλοποίησης αλλά προς λύσεις οι οποίες λειτουργούν τόσο στο επίπεδο της τεχνολογίας όσο και στο επίπεδο της γνώσης. Την τελευταία δεκαετία το ενδιαφέρον για οντολογίες μεταβλήθηκε από αναδυόμενο επιστημονικό θέμα έρευνας σε κυρίαρχο ενδιαφέρον της επιστήμης των υπολογιστών και της ανάπτυξης λογισμικού.

Το κίνητρο για την ανάπτυξη, εφαρμογή και διάδοση οντολογιών είναι η καταγραφή γνώσης με έναν ξεκάθαρο και διακριτό τρόπο, δυνατό για επεξεργασία και ανάλυση τόσο από ανθρώπους όσο και από μηχανές, απελευθερωμένης από τις λεπτομέρειες χιλιάδων γραμμών κώδικα συστήματος. Επιπλέον, οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή υπολογιστικών συστημάτων αλλάζουν συχνά, σε αντίθεση με την αναπαράσταση μιας θεματικής ενότητας με τη μορφή μιας οντολογίας η οποία είναι αρκετά πιο ανεπηρέαστη στις τεχνολογικές εξελίξεις και πιο ελεύθερη από περιορισμούς υλοποίησης των διάφορων εφαρμογών. Συνεπώς, η χρήση οντολογίας αποσκοπεί στη διαχρονικότητα των πληροφοριών, την ανεξαρτησία των δεδομένων από την εκάστοτε υλοποίηση και την επαναχρησιμοποίησή της σε πολλαπλές ξεχωριστές εφαρμογές.

Απαραίτητο βήμα για κάποιον που σχεδιάζει να χρησιμοποιήσει μια οντολογία σε κάποια εφαρμογή είναι πρώτα ο έλεγχος μεταξύ των υπαρχόντων οντολογιών στο Παγκόσμιο Ιστό, εάν κάποια από αυτές καλύπτει τις απαιτήσεις του. Εάν βρεθεί η κατάλληλη τότε αποφεύγεται ο κόπος σχεδιασμού μιας οντολογίας από την αρχή και επιπλέον, ίσως να είναι επιτεύξιμο κάποιο όφελος από την ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των διάφορων εφαρμογών που ήδη χρησιμοποιούν την οντολογία αυτή και της νέας υπό ανάπτυξη εφαρμογής.

Οι τυπικές οντολογίες σχεδιάζονται· επομένως, όταν επιλέγουμε πως θα παρουσιάσουμε κάτι σε μια οντολογία, παίρνουμε αποφάσεις σχεδιασμού. Προκειμένου να κατευθύνουμε και να αξιολογήσουμε τα σχέδιά μας, χρειαζόμαστε αντικειμενικά κριτήρια, των οποίων στόχος θα είναι ο διαμοιρασμός της γνώσης και η εξασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των προγραμμάτων, που βασίζονται σε μια κοινά αποδεκτή εννοιολογική αναπαράσταση. Τα κριτήρια και οι αρχές σχεδιασμού μιας οντολογίας, όπως αυτά διατυπώνονται από τον Gruber, είναι τα παρακάτω: [29]

- ❖ Σαφήνεια (Clarity): Μια οντολογία πρέπει αποτελεσματικά να μεταδίδει την επιδιωκόμενη έννοια των όρων, που καθορίζονται από αυτήν.
- ❖ Συνοχή (Coherence): Μια οντολογία πρέπει να την διακρίνει η συνοχή· θα πρέπει δηλαδή να χρησιμοποιεί μόνο συμπεράσματα (inferences), τα οποία είναι σύμφωνα με τους ορισμούς της.
- ❖ Επεκτασιμότητα (Extendibility): Μια οντολογία πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιεί τις χρήσεις ενός κοινού λεξιλογίου.
- ❖ Ελάχιστο εύρος κωδικοποίησης (Minimal ontological commitment): Η κωδικοποίηση της οντολογίας πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο απλά, απαιτώντας τους πιο μικρούς και απλούς κώδικες για την αναπαράστασή της.
- ❖ Ελάχιστη οντολογική δέσμευση (Minimal encoding bias): Μια οντολογία πρέπει να απαιτεί την ελάχιστη οντολογική δέσμευση, επαρκή βέβαια, για να στηρίξει και να μοντελοποιήσει τη διαμοιραζόμενη γνώση.

Επειδή, οι οντολογίες απευθύνονται σε οποιονδήποτε τομέα επιστημονικής γνώσης, υπάρχει το ενδεχόμενο να δημιουργηθεί «σύγχυση» σχετικά με το τι είναι και τι όχι οντολογία, αφού κάθε θεματική ή γνωστική περιοχή προσδιορίζεται με τον όρο οντολογία με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιεί τις δικές τις ανάγκες. Επομένως, καθίσταται αναγκαία η κατηγοριοποίησή τους με βάση τα χαρακτηριστικά και την λειτουργικότητά τους. Μια οντολογία λοιπόν ανάλογα με το βαθμό της τυπικότητας (formality) της αναπαράστασής της μπορεί να είναι: [30]

- ❖ Άτυπη (Highly Informal): Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι οντολογίες, των οποίων οι περιγραφές γίνονται σε φυσική γλώσσα.
- ❖ Ημι-άτυπη (Semi-informal): Οι οντολογίες αυτής της κατηγορίας αν και περιγράφονται σε φυσική γλώσσα, διαφοροποιούνται από τις προηγούμενες εξαιτίας του γεγονότος, ότι η χρησιμοποιούμενη φυσική γλώσσα περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο λεξιλόγιο και ακολουθεί μια συγκεκριμένη στοιχειώδη δομή.
- ❖ Ημι-τυπική (Semi-formal): Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι οντολογίες, οι οποίες εκφράζονται διαμέσου μιας τεχνητής και τυπικά καθορισμένης γλώσσας.

- ❖ Αυστηρώς Τυπική (Rigorously Formal): Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι οντολογίες, των οποίων η περιγραφή γίνεται με διεξοδικό ορισμό των όρων της με την χρήση τυπικών φορμαλισμών. Επιπλέον, παρέχονται αξιώματα, θεωρήματα και αποδείξεις και όλα αυτά με μια τεχνητή γλώσσα αυστηρά και τυπικά καθορισμένη.

Οι Gomez-Perez και Benjamins (1999) ταξινομούν τις οντολογίες ως ακολούθως:

- ❖ Οντολογίες αναπαράστασης γνώσης (Knowledge Representation Ontologies): παρέχουν οντότητες αναπαράστασης χωρίς να προσδιορίζουν τι συγκεκριμένο αναπαριστούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Frame-Ontology.
- ❖ Γενικές ή κοινές οντολογίες (General/Common Ontologies):[31] αποτυπώνουν γενική γνώση για τον κόσμο παρέχοντας βασικές έννοιες, όπως τα γεγονότα, το χρόνο, το χώρο, τη συμπεριφορά κ.α. Η CyC ανήκει σε αυτή την κατηγορία και παρέχει μεγάλο αριθμό θεμελιώδους γνώσης.
- ❖ Οντολογίες ανώτερου επιπέδου (Top-Level Ontologies): παρέχουν γενικές έννοιες κάτω από τις οποίες συσχετίζονται όλοι οι όροι σε ήδη υπάρχουσες οντολογίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων οντολογιών είναι: η Sowa's Boolean lattice, η PAN-GLOSS, η Penman Upper Level και η Mikrokosmos.
- ❖ Οντολογίες μεταδεδομένων (Meta-Ontologies/Generic Ontologies/Core Ontologies):[32] Πρόκειται για οντολογίες, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους σε διάφορα γνωστικά πεδία. Το πιο τυπικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι η οντολογία Mereology.
- ❖ Οντολογίες πεδίου ορισμού (Domain Ontologies):[33] αναπαριστούν γνώση για τις έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις σε ένα γνωστικό πεδίο, για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στο συγκεκριμένο πεδίο και για τις θεωρίες-αρχές, που κυριαρχούν στον τομέα. Μερικά παραδείγματα τέτοιων οντολογιών είναι: EngMath, PhysSys, Enterprise Ontology, TOVE.
- ❖ Γλωσσικές Οντολογίες (Linguistic Ontologies): τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα οντολογιών αυτής της κατηγορίας είναι: η Upper Model, η World Net και η SENSUS.
- ❖ Οντολογίες εργασιών (Task Ontologies): παρέχουν ένα συστηματικό λεξιλόγιο των όρων, που χρησιμοποιούνται, προκειμένου να λυθούν προβλήματα που σχετίζονται με εργασίες, οι οποίες μπορεί να προέρχονται ή όχι από το ίδιο γνωστικό πεδίο.
- ❖ Οντολογίες Μεθοδολογίας (Method Ontologies): [34] παρέχουν ορισμούς των σχετικών εννοιών και σχέσεων, που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν μια συλλογιστική διαδικασία προκειμένου να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη εργασία.
- ❖ Οντολογίες εργασιών πεδίου (Domain-task Ontologies): πρόκειται για οντολογίες, οι οποίες δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν μόνο σε συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο.
- ❖ Οντολογίες εφαρμογής (Application Ontologies):[35] παρέχουν την απαραίτητη γνώση για την δημιουργία μιας συγκεκριμένης εφαρμογής.

Σήμερα με τη ραγδαία αύξηση της ψηφιακής πληροφορίας είναι δυσκολότερη η πρόσβαση, η εύρεση και η σύνοψη της πληροφορίας. Επίσης υπάρχει κενό μεταξύ της καταχωρημένης πληροφορίας και της σημασίας της. Καθώς μια οντολογία περιέχει συντακτικά και σημασιολογικά πλουσιότερη πληροφορία από τις απλές βάσεις δεδομένων έρχεται να καλύψει αυτό το κενό. Για αυτό το λόγο η αναπαράσταση μέσω οντολογιών είναι απαραίτητη πλέον σε μια σειρά από τομείς όπως:

- ❖ **Συστήματα διαχείρισης γνώσης (Knowledge Management):**[36] Η γνώση θεωρείται ανεκτίμητο περιουσιακό στοιχείο, γεγονός που αποδεικνύεται από την όλο και αυξανόμενη επένδυση τόσο των ανθρώπων όσο και των επιχειρήσεων/οργανισμών σε αυτή· αποτελεί το κλειδί για την επιτυχία και την διατήρηση της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων/οργανισμών στα πλαίσια του συνεχώς μεταβαλλόμενου και παγκοσμιοποιημένου περιβάλλοντος. Γι' αυτό το λόγο παρατηρείται εκθετική αύξηση του ενδιαφέροντος για την καλύτερη και ποιοτικότερη διαχείριση της γνώσης.
- ❖ **Ηλεκτρονικό Εμπόριο (E-commerce):**[37] Το ηλεκτρονικό εμπόριο βρίσκεται στην ακμή του και έχει εξασφαλίσει ένα μεγάλο μερίδιο στις διαδικτυακές συναλλαγές και κατ'επέκταση στον τομέα της οικονομίας. Οι οντολογίες μπορούν να διευκολύνουν την οργάνωση, την αναζήτηση και γενικότερα την καλύτερη πρόσβαση στην πληροφορία και στις διάφορες διαδικτυακές υπηρεσίες. Η ανάκτηση γνώσης και πληροφορίας καθίσταται πολύ πιο εύκολη ενώ ενδείκνυται η «δημιουργία» διαμεσολαβητών για το ηλεκτρονικό εμπόριο βασισμένων στις οντολογίες.
- ❖ **Ιατρική (Medicine):**[38] Στις περισσότερες από τις σύγχρονες ιατρικές εφαρμογές ο ρόλος, που διαδραματίζει η αποτελεσματική, εύκολη και γρήγορη διακίνηση και ανάκτηση πληροφορίας, είναι πολύ βασικός. Για τον λόγο αυτό, η πληροφορία θα πρέπει να είναι οργανωμένη και ιεραρχημένη με τρόπο που να καθιστά εύκολη την κατανόησή της από τον άνθρωπο και γρήγορη την επεξεργασία της από τον υπολογιστή. Είναι καθοριστικής σημασίας η χρησιμότητα της οντολογίας στην επίλυση προβλημάτων στο πεδίο της ιατρικής ορολογίας συμπεριλαμβανομένης της αποσαφήνισης πολύσημων όρων.
- ❖ **Ψηφιακές Βιβλιοθήκες (Digital Libraries):**[39] Η ανάπτυξη οντολογίας στο πεδίο των ψηφιακών βιβλιοθηκών υπόσχεται λύση στο πρόβλημα της υπέρχεις διαφορετικών μοντέλων και δομών απεικόνισης με την καθιέρωση ενός κοινά αποδεκτού μοντέλου, προάγοντας με αυτόν τον τρόπο την διαλειτουργικότητα μεταξύ των ψηφιακών βιβλιοθηκών.
- ❖ **Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographic Information Systems):**[40] Σε αυτό λοιπόν το πεδίο οι επιστήμονες θεώρησαν τη χρήση των οντολογιών ως ένα μέσο διαμοιρασμού της γνώσης με στόχο την βελτίωση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των διαφορετικών γεωγραφικών βάσεων δεδομένων. Ως εκ τούτου, δημιουργήθηκε ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα βασισμένο στην οντολογία (Ontology-Driven Geographic Information System, ODGIS), που συμβάλλει στην αποφυγή προβλημάτων, όπως οι ασυνέπειες μεταξύ των διαφόρων γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων και οι αντιθέσεις μεταξύ των οντολογικών εννοιών.

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι οι οντολογίες αποτελούν βασική πηγή για τις εφαρμογές στο Σημασιολογικό Ιστό καθώς παρέχουν μια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης και ένα λεξικό από κλάσεις (classes) και σχέσεις (relations), τις οποίες οι διάφορες υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να περιγράψουν το περιεχόμενό τους και να το επεξεργαστούν κατάλληλα.

Στις μέρες μας οι διαθέσιμες πληροφορίες στο χώρο του Διαδικτύου αυξάνονται με γοργό ρυθμό με συνέπεια η μετατροπή των πληροφοριών σε χρήσιμη γνώση να αποτελεί σημαντικό πρόβλημα. Οι πληροφορίες είναι άχρηστες, εάν δεν είναι κατανοητός ο τρόπος αποτελεσματικής εφαρμογής τους. Το κενό αυτό έρχονται να καλύψουν οι οντολογίες, οι οποίες σχεδιάζονται για να διευκολύνουν την ανταλλαγή γνώσης και την επαναχρησιμοποίησή της. Επιτρέπουν στους ανθρώπους να συγκρίνουν τις έννοιες μεταξύ τους και να δημιουργούν αντιστοιχίες που θα χρησιμοποιηθούν για να εδραιωθούν εννοιολογικά σωστά κανάλια επικοινωνίας. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, σε πολλά επιστημονικά πεδία έχουν αναπτυχθεί οντολογίες με στόχο την καλύτερη, γρηγορότερη και ποιοτικότερη λειτουργία τους.

Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να ειπωθεί, ότι το πεδίο της Ιατρικής είναι ένας από τους πρωτοπόρους όσον αφορά στην εφαρμογή και αξιοποίηση της ιδέας του Σημασιολογικού Ιστού. Σε αυτό, λοιπόν, το πεδίο έχουν γίνει μεγάλες προσπάθειες για την ομογενοποίηση των ιατρικών όρων από ετερογενείς πηγές αποθήκευσης. Η σημαντικότερη είναι αυτή που διεξήχθη από την NLM και οδήγησε στη δημιουργία της οντολογίας MeSH και του εξυπηρετητή πηγής γνώσης (Knowledge Source Server) UMLS (Unified Medical Language System). Η οντολογία MeSH (Medical Subject Headings) είναι ο θησαυρός ορολογιών που έχει αναπτύξει η NLM. Οι ορολογίες της MeSH είναι αποθηκευμένες σε αλφαβητική σειρά αλλά και σε προκαθορισμένη ιεραρχική δομή ενώ συνολικά υπάρχουν αποθηκευμένοι 21.973 όροι.

Μια από τις πιο συστηματικά δομημένες οντολογίες στη Βιοϊατρική, η οποία ξεκίνησε ως οντολογία πεδίου (domain ontology) με κλάσεις και σχέσεις που αναφέρονται στη δομική οργάνωση του ανθρώπινου σώματος, με τέτοιο τρόπο που γίνεται κατανοητή από τους ανθρώπους και προσπελάσιμη από τα συστήματα μηχανάγνωσης, είναι η FMA (Foundational Model of Anatomy ontology). Επιπρόσθετα, στον τομέα του ηλεκτρονικού εμπορίου η ανάπτυξη οντολογιών έχει τη δυνατότητα να οργανώσει τον τεράστιο όγκο πληροφοριών που υπάρχει στο Διαδίκτυο και να διευκολύνει την αναζήτηση σε αυτό.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής οντολογίας σε αυτό το πεδίο είναι η E-Shop οντολογία, η ανάπτυξη της οποίας στηρίχθηκε στην υπάρχουσα Ecommerce οντολογία. Στόχος της είναι η διευκόλυνση στην αναζήτηση μετα-δεδομένων σε διάφορες ιστοσελίδες ηλεκτρονικών καταστημάτων. Κάθε φορά, δηλαδή, που κάποιος θα αναζητά συγκεκριμένο προϊόν ή υπηρεσία από το Διαδίκτυο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ο ΣΙ θα «σαρώνει» το Διαδίκτυο εντοπίζοντας όλες τις δυνατές επιλογές και θα παρουσιάζει στο χρήστη τα αποτελέσματα που είναι πιο κοντά στις προδιαγραφές αναζήτησης που αυτός έχει θέσει. Μια ακόμη οντολογία που αναπτύχθηκε για το e-commerce και παρέχει την ευελιξία στο χρήστη να διαφημίσει τα προϊόντα του ή τις υπηρεσίες του με επιπρόσθετα χαρακτηριστικά είναι η “Eleatic” οντολογία. Πρόκειται για μια γενική οντολογία προϊόντων, η οποία μπορεί να περιγράψει κάθε προϊόν παρότι την ιδιαιτερότητα που μπορεί να εμφανίζει.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ψηφιακές βιβλιοθήκες με τη βοήθεια των οντολογιών, οργανώνουν αποτελεσματικότερα την πληροφορία και καθοδηγούν τις διαδικασίες αναζήτησης. Έτσι λοιπόν, η οντολογία MODL σε γλώσσα OWL περιγράφει μια ψηφιακή βιβλιοθήκη και υλοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Graphonto. Καθιερώθηκε ως ένα κοινό αποδεκτό μοντέλο ψηφιακών βιβλιοθηκών και η υλοποίησή του μπορεί να συνδράμει στη δημιουργία ενός μοντέλου ψηφιακών βιβλιοθηκών που θα υποστηρίξει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ αυτών.

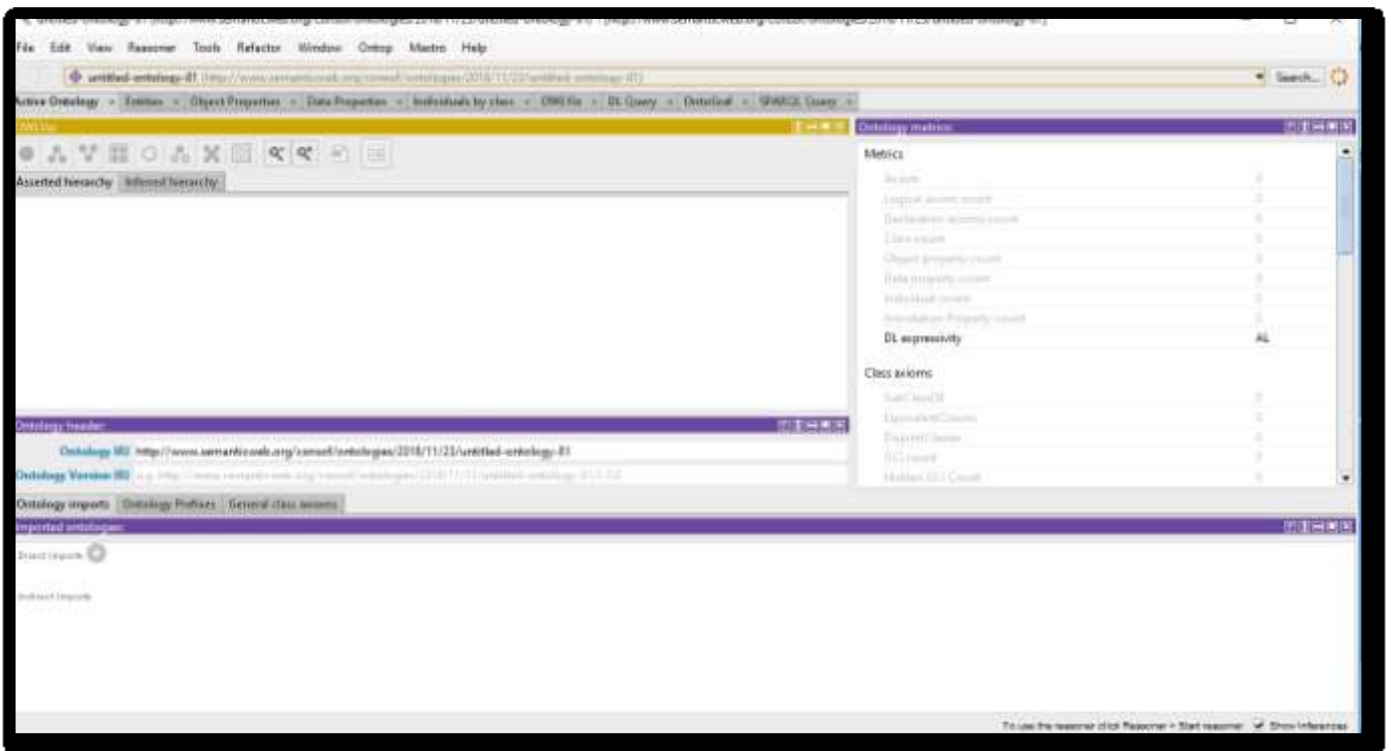
Επίσης, έχει αναπτυχθεί και μια οντολογία για το πεδίο της αξιολόγησης των ψηφιακών βιβλιοθηκών με την ονομασία DiLEO. Η αξιολόγηση είναι μια σημαντική ερευνητική περιοχή του πεδίου των ψηφιακών βιβλιοθηκών για την οποία υπάρχει πλούσια βιβλιογραφία σε διεθνή συνέδρια και περιοδικά. Ωστόσο, είναι δύσκολο για κάποιον να πλοηγηθεί σε αυτή τη βιβλιογραφία.

Η Ερευνητική Ομάδα Βάσεων Δεδομένων και Πληροφοριακών Συστημάτων έχει αναπτύξει την οντολογία DiLEO, που αποσκοπεί στην εννοιολογική ανάλυση του πεδίου της αξιολόγησης των ψηφιακών βιβλιοθηκών και στην εξόρυξη των ερευνητικών τάσεων, προσεγγίσεων και πρακτικών που κυριαρχούν στην υπάρχουσα βιβλιογραφία της ερευνητικής περιοχής. Η DiLEO μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για την εξερεύνηση του πεδίου της αξιολόγησης των ψηφιακών βιβλιοθηκών, την εξαγωγή συγκεκριμένων συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων.

Εργαλεία Κατασκευής Οντολογιών

Ένας καλός επεξεργαστής οντολογιών μπορεί να συμβάλλει στην εξοικονόμηση σημαντικού χρόνου κατά την ανάπτυξη οντολογιών, βοηθώντας τους μηχανικούς οντολογιών να επικεντρώσουν τις προσπάθειές τους στα σημασιολογικά χωρίς να ανησυχούν για την συντακτική οργάνωση. Το εργαλείο **Protégé 2000**[41] παρέχει ένα αυτόνομο περιβάλλον ανάπτυξης οντολογιών. Χαρακτηρίζεται από το ανεξάρτητο ως προς τη γραμματική συντακτικού περιβάλλον διεπαφής με το χρήστη και την εσωτερική δομή που επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωσή του σε εφαρμογές. Είναι βολικό για ανεξάρτητη ανάπτυξη οντολογιών και χρησιμοποιείται από μεγάλη κοινότητα χρηστών.

Πιο συγκεκριμένα, το Protégé 2000 αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο του Stanford και πρόκειται για λογισμικό ανοικτού κώδικα. Στον πυρήνα του περιβάλλοντός του υπάρχει ένας editor, ο οποίος συνοδεύεται από μια σειρά plug-ins (μικρά προγράμματα δηλαδή), τα οποία προσθέτουν μεγάλη λειτουργικότητα στο πακέτο. Η εισαγωγική οθόνη του προγράμματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 12: Protégé

Το εργαλείο **SWOOP** αξιοποιεί τόσο το Protégé όσο και το Ontolingua, (ένα περιβάλλον για την επεξεργασία, δημοσίευση και διαμοιρασμό οντολογιών ανεπτυγμένων πριν από την εμφάνιση του Σημασιολογικού Ιστού) και παρέχει μια βασισμένη στο Διαδίκτυο διεπαφή χρήστη για την φυλλομέτρηση, επεξεργασία, αποσφαλμάτωση και δημοσίευση οντολογιών.

Το εργαλείο **SMORE** είναι σχεδιασμένο ώστε να επιτρέπει τη συγγραφή OWL εγγράφων ταυτόχρονα με τη σχεδίαση ιστοσελίδων καθώς διαθέτει ενσωματωμένο και τον Ekit HTML Editor. Μπορεί ο χρήστης να σχεδιάσει έναν δικτυακό τόπο και να δημιουργήσει μια ολοκληρωμένη, σημασιολογικά τεκμηριωμένη σελίδα. Είναι, επομένως, ένα ισχυρό εργαλείο το οποίο αποτελεί στην ουσία επέκταση του SWOOP. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνει το SMORE στην υποστήριξη της OWL. Ενώ οι υπόλοιποι editors υποστηρίζουν την RDF κατά κύριο λόγο, ο SMORE είναι προσανατολισμένος στην επεξεργασία OWL εγγράφων.

Γλώσσες Οντολογιών

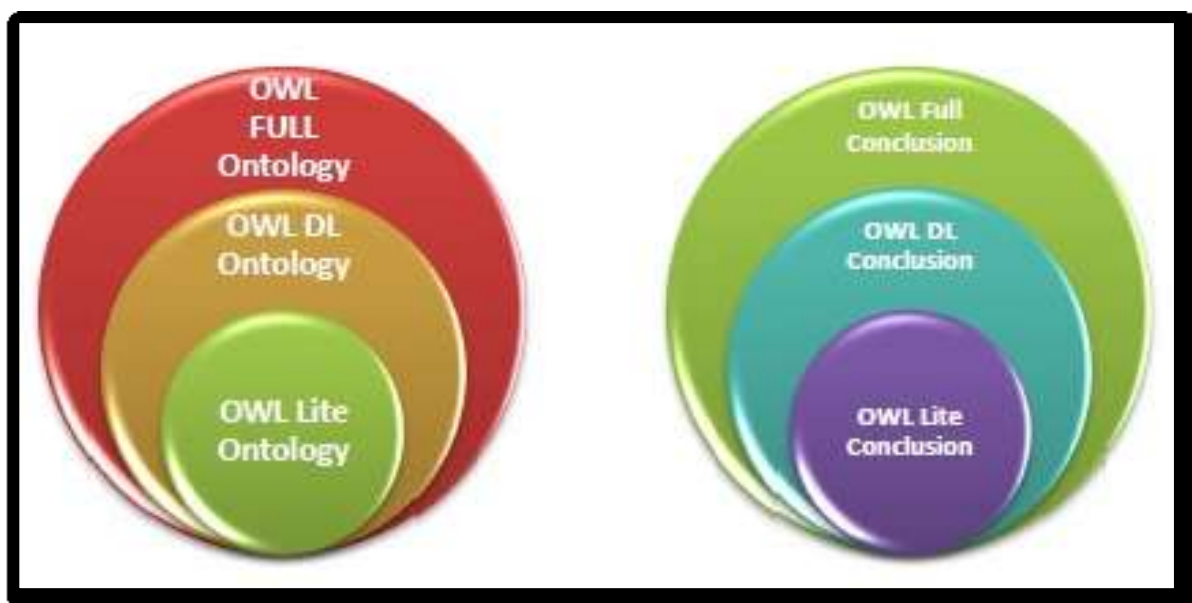
Η ερευνητική προσπάθεια για την δημιουργία γλωσσών καταλλήλων για την μοντελοποίηση και περιγραφή οντολογιών άρχισε το 1990 με την εισαγωγή του όρου οντολογία στα πεδία των Knowledge Engineering, Natural-language Processing Knowledge Representation κ.α. Έκτοτε προτάθηκαν διάφορες γλώσσες οι οποίες είχαν σύντομη ιστορία ή που εξελίχθηκαν και υπάρχουν έως σήμερα με κάποια μορφή [62]. Ακολουθεί μία παράθεση των κυριοτέρων από αυτές: KIF, ONTOLINGUA, LOOM (1992), OCML (1993), FLogic(1995), SHOE (1996), OKBC protocol (Open Knowledge Base Connectivity) (1997), RDF (1999), DAML (1999), OIL (2001), DAML+OIL (2002), OWL (2004), RDF Schema (2004), OWL2 (2007).

Οι περισσότερες από τις παραπάνω γλώσσες έχουν τρόπο σύνταξης βασισμένο στο συντακτικό της XML και η διαχρονική εξέλιξη τους είναι συνδεδεμένη με την εξέλιξη του ΣΙ. Επιπλέον οι γλώσσες RDF, RDFS, και OWL έχουν ιδιαίτερη σημασία, δεδομένου ότι έχουν αποτελέσει και σχετικά "Recommendation" του W3C, σε ότι αφορά την πορεία προς την υλοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού [65] [66], όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



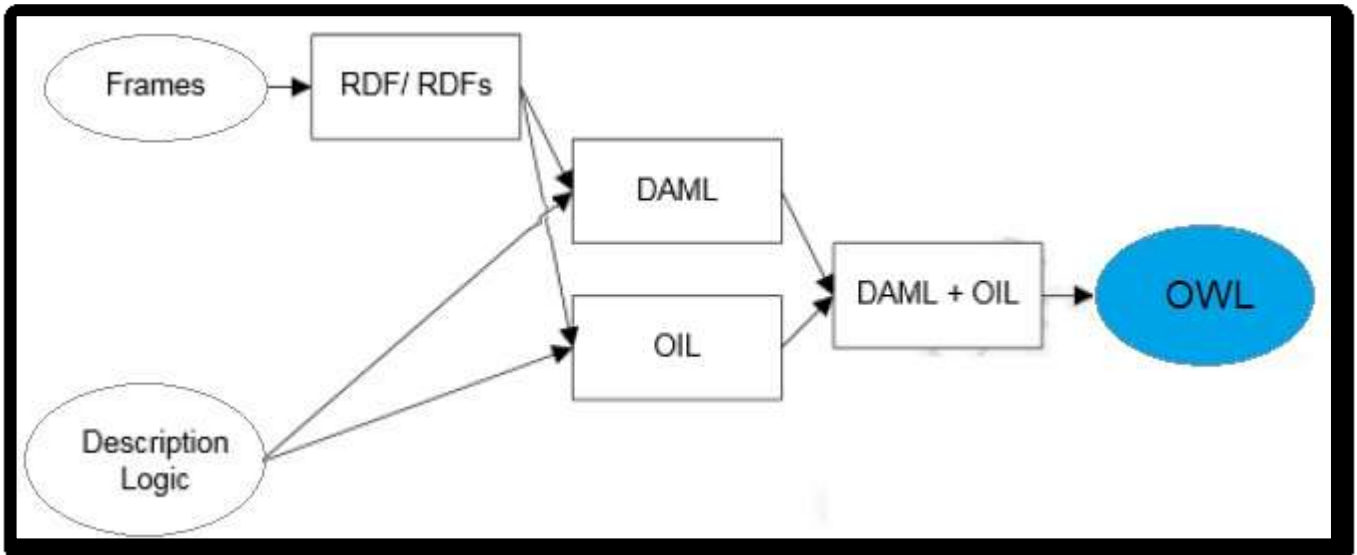
Εικόνα 13: Γλώσσες Οντολογιών

Η γλώσσα OWL επεκτείνει την ικανότητα των XML, RDF και RDF Schema στην αναπαράσταση των οντολογιών του παγκόσμιου ιστού. Έρχεται σαν αναθεώρηση της DAML+OIL και έχει τρεις διαφορετικές εκδοχές - υπογλώσσες, τις OWL Lite, OWL DL, και OWL Full με αυξανόμενη ικανότητα έκφρασης οντολογιών, αντιστοίχως. Υπάρχουν τρεις εκδόσεις της OWL η OWL Lite, η OWL DL (περιέχει την Lite) και η OWL Full (περιέχει την DL), όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 14: Η γλώσσα OWL

Η OWL είναι μία γλώσσα οντολογιών που είναι βασισμένη στις γνωστές μας RDF και RDFS, τα αρχικά της σημαίνουν Web Ontology Language και δημιουργήθηκε, όπως και η RDF για να μπορεί να ερμηνεύεται από τους υπολογιστές. Η διαφορά της με την RDF είναι ότι πρόκειται για μία πολύ πιο πλούσια γλώσσα με πολύ μεγαλύτερο λεξιλόγιο και με πολύ καλύτερη δυνατότητα ερμηνείας από τους υπολογιστές. Οι πρόγονοι της OWL φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 15: Πρόγονοι της OWL

Η OWL δημιουργήθηκε για να καλύψει την ανάγκη για μια γλώσσα οντολογίας Ιστού κι αποτελεί μια από τις προτάσεις του οργανισμού W3C για τον Σημασιολογικό Ιστό. Η γλώσσα έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές που πρέπει να επεξεργαστούν το περιεχόμενο των πληροφοριών αντί να παρουσιάσουν τις πληροφορίες στους ανθρώπους. Σύμφωνα με το W3C, ο σκοπός της OWL είναι να παρασχεθεί ένα τυποποιημένο σχήμα που είναι συμβατό με την αρχιτεκτονική του Διαδικτύου και του Σημασιολογικού Ιστού. Η τυποποίηση των οντολογιών σε γλώσσα OWL θα κάνει τα δεδομένα στο Web περισσότερο επεξεργάσιμα από μηχανές και επαναχρησιμοποιήσιμα από εφαρμογές. Έτσι η διαλειτουργικότητα, η επεκτασιμότητα και η μετατρεψιμότητα κατέχουν υψηλή προτεραιότητα στο σχεδιασμό της γλώσσας.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της σύνταξης μια OWL οντολογίας είναι: η κεφαλίδα, τα στοιχεία κλάσεων, τα στοιχεία ιδιοτήτων, τα στιγμιότυπα των κλάσεων και η κεφαλίδα (header). Η κεφαλίδα είναι ουσιαστικά η ρίζα της οντολογίας και ορίζεται ως ένα στοιχείο rdf:RDF το οποίο καθορίζει έναν αριθμό από χώρους ονομάτων. Οι χώροι ονομάτων που χρησιμοποιούνται στα rdf:RDF tags υπάρχουν για να προσδιορίσουν το λεξιλόγιο άλλων tags που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα μέσα στην οντολογία.

Η γλώσσα χρησιμοποιεί αναφορές URI ως ονόματα και κατασκευάζει τις αναφορές αυτές με τον τρόπο που χρησιμοποιείται στο RDF. Έτσι χρησιμοποιούνται προσδιορισμένα ονόματα σαν συντομογραφίες για τις αναφορές URI, όπως για το προσδιορισμένο όνομα owl:Thing για την αναφορά URI <http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing>. Επιπλέον η γλώσσα χρησιμοποιεί αυτοματοποιημένο συλλογιστή (reasoner) για τον έλεγχο ορθότητας και την εξαγωγή επιπρόσθετης πληροφορίας από την οντολογία. Ουσιαστικά χρησιμοποιεί τη γνώση που έχει οριστεί από το χρήστη και μέσω αυτής σε συνδυασμό με τα αξιώματα, εξάγει νέα γνώση που βασίζεται στα αξιώματα που έχουν δοθεί.

Σήμερα έχουμε στην διάθεσή μας και την **OWL2** μια γλώσσα οντολογιών που προσθέτει "profiles" (EL, RL, QL). Η εννοιολογική δομή των οντολογιών ορίζεται στο έγγραφο OWL 2 Structural Specification. Αυτό το έγγραφο χρησιμοποιεί UML για να καθορίσει τα δομικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα στο OWL 2, εξηγώντας τους ρόλους και τις λειτουργικότητες τους σε αφηρημένους όρους και χωρίς αναφορά σε κάποια συγκεκριμένη σύνταξη. Οποιαδήποτε οντολογία OWL 2 μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως γράφημα RDF.

Στο κεφάλαιο αυτό θα δημιουργήσουμε μια οντολογία για τα Μουσικά Σχολεία και πιο συγκεκριμένα για τα μουσικά όργανα που διαθέτουν. Στην αρχή του κεφαλαίου γίνεται μια εισαγωγή στο θέμα για την κατάσταση που επικρατεί στο χώρο και για τις ανάγκες δημιουργίας μιας οντολογίας και τους πιθανούς χρήστες. Κατόπιν γίνεται η ανάλυση της οντολογίας και η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί. Τέλος με την βοήθεια της εφαρμογής Protégé γίνεται η υλοποίηση της οντολογίας και η διαχείρισή της.

4.1 Εισαγωγή

Ο 21^{ος} αιώνας αποκαλείται ο αιώνας της πληροφορίας καθώς πολλά τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν πραγματοποιηθεί. Το μεγαλύτερο ρίσκο, που μπορεί να πάρει ένας οργανισμός είναι να μένει ανεπηρέαστος από τις αλλαγές, που συμβαίνουν στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Διάφοροι σημαντικοί παράγοντες, όπως οι συνεχόμενες εξελίξεις στις τεχνολογίες της πληροφορίας, η ανταλλαγή της πληροφορίας, οι αυξανόμενες απαιτήσεις της κοινωνίας, οι σύγχρονες διοικητικές αντιλήψεις οδηγούν τους οργανισμούς σε παγκόσμια κλίμακα να αναπτύσσουν νέες λειτουργίες προκειμένου να επιβιώσουν. Ως εκ τούτου, οι τεχνολογίες της πληροφορίας αποτελούν υψηλή προτεραιότητα και στον χώρο της εκπαίδευσης.

Στις μέρες μας το εκπαιδευτικό σύστημα έχει να αντιμετωπίσει ποικίλες προκλήσεις, όπως τις διεθνείς και τοπικές αλλαγές που συμβαίνουν διαρκώς, αλλά και την θεαματική επέκταση της γνώσης και της πληροφορίας. Ο μόνος και ενδεδειγμένος τρόπος προκειμένου να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις είναι η τεχνολογία γεγονός που μαρτυρείται από διάφορες έρευνες, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο της εκπαίδευσης, όπου παρατηρείται βελτίωση στην διοικητική αποτελεσματικότητα και επάρκεια διαμέσου της χρήσης των ΤΠΕ. [42]

Οι υπολογιστές, συγκεκριμένα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντατικά στη διαδικασία της εκπαιδευτικής διοίκησης, όπως για παράδειγμα, στη διαχείριση μιας εκπαιδευτικής μονάδας, στη διευθέτηση των οικονομικών θεμάτων, στη διαχείριση των δεδομένων των μαθητών (βαθμοί, βραβεία), στη διατήρηση των προσωπικών δεδομένων των μαθητών, του εκπαιδευτικού και διοικητικού προσωπικού, στη διαχείριση της λειτουργίας της βιβλιοθήκης κ.α.

Καθώς η χρήση της τεχνολογίας έχει πολύ μεγάλες επιπτώσεις στην καθημερινή εργασιακή πρακτική, τα πληροφοριακά συστήματα είναι στρατηγικής σημασίας για τον οργανισμό/επιχείρηση γενικότερα, γι' αυτό και η εποχή που διανύουμε αποκαλείται εποχή των πληροφοριακών συστημάτων και ειδικότερα των στρατηγικών πληροφοριακών συστημάτων. Στρατηγικά πληροφοριακά συστήματα είναι και τα πληροφοριακά συστήματα διοίκησης, τα οποία αποτελούν ολοκληρωμένα συστήματα χρηστών-μηχανών με σκοπό την υποστήριξη των διοικητικών και λειτουργικών δραστηριοτήτων και των διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε έναν οργανισμό.

Απαραίτητα συστατικά για την υλοποίηση ενός πληροφοριακού συστήματος είναι η ύπαρξη ενός υπολογιστικού συστήματος, μιας βάσης δεδομένων, μοντέλων για ανάλυση, προγραμματισμό, έλεγχο και υποστήριξη αποφάσεων. Τόσο η επίλυση προβλημάτων όσο και η ανάλυση αποφάσεων απαιτούν την ύπαρξη πληροφορίας. Η συγκέντρωση της κατάλληλης πληροφορίας, η αποθήκευσή της με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να επεξεργαστεί, όποτε κρίνεται σκόπιμο, καθώς και η χρήση της με σκοπό να βοηθήσει στην επίτευξη των στόχων αποτελούν τα κλειδιά της επιτυχίας για κάθε οργανισμό/επιχείρηση. Ο σκοπός λοιπόν, των πληροφοριακών συστημάτων είναι η υποστήριξη αυτών των δραστηριοτήτων.[43]

Με τη βοήθεια των πληροφοριακών συστημάτων η σχολική ηγεσία μπορεί να διαχειριστεί πακέτα, που αφορούν μισθοδοσίες, να δημιουργήσει και να διαχειριστεί βάση για την λειτουργία των βιβλιοθηκών και να έχει πρόσβαση σε ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό, να δημιουργήσει και να διαχειριστεί βάση για την ταξινόμηση και διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού, να συμπληρώνει φόρμες και να αποστέλλει στατιστικά στοιχεία, που αφορούν στο σχολείο, ώστε στην κεντρική υπηρεσία του Υπουργείου Παιδείας να υπάρχει αναλυτική εικόνα του μαθητικού και εκπαιδευτικού προσωπικού της σχολικής μονάδας, να δημιουργεί και να λειτουργεί ιστοσελίδα του σχολείου με αναφορά στην ταυτότητά του, στις εκδηλώσεις και τα εκπαιδευτικά προγράμματα, να έχει άμεση πρόσβαση στις υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας μέσω του Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου.

Αποτελεί κοινή διαπίστωση, ότι τα πληροφοριακά συστήματα διοίκησης σχολικών μονάδων παρέχουν στους διευθυντές τη δυνατότητα για καλύτερη διαχείριση των καθημερινών διοικητικών διαδικασιών· καθιστούν τα προγράμματα πιο αποτελεσματικά, κάνουν την εκπαιδευτική διαδικασία και τις αλλαγές στο μαθησιακό περιβάλλον πιο επαγγελματικές, βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να ανταλλάσσουν τις εμπειρίες τους με έναν πιο συστηματικό τρόπο, να δουλεύουν σε ομάδες, να προσδιορίζουν καλύτερα τις ανάγκες των μαθητών, διευκολύνουν τους σχολικούς διευθυντές καθώς και το υπόλοιπο προσωπικό στην ολοκλήρωση των καθηκόντων τους εξελίσσοντας έτσι τις αποδόσεις τους, την επάρκεια και την αποτελεσματικότητά τους. Με άλλα λόγια, τα σχολικά πληροφοριακά συστήματα αυξάνουν την αποτελεσματικότητα και την επάρκεια εξοικονομώντας χρόνο και διευκολύνοντας την ανάπτυξη εναλλακτικών λύσεων για περίπλοκα προβλήματα.

Ανακεφαλαιώνοντας, η εισαγωγή των πληροφοριακών συστημάτων διοίκησης στις σχολικές μονάδες έχει συμβάλει στην αλλαγή της διοίκησης στα πεδία της διαχείρισης, της λήψης αποφάσεων, στην καλύτερη διεύθυνση του φόρτου εργασίας, στη διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού, στην επικοινωνία, στη δημιουργία μακροπρόθεσμων προγραμμάτων καθώς και στον καθορισμό των αποδόσεων των εκπαιδευτικών και της επιτυχίας του σχολείου.[44]

Ωστόσο, παρά την αξιοσημείωτη συμβολή των πληροφοριακών συστημάτων διοίκησης στις σχολικές μονάδες, όπως προαναφέρθηκε, οι υποδομές των υπαρχόντων πληροφοριακών συστημάτων είναι ασύμβατες και δεν εξυπηρετούν τη διαλειτουργικότητα καθώς και την διασυνδεσιμότητα με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη για πιο εξελιγμένες μορφές συστημάτων, που θα προωθούν την καλύτερη και ποιοτικότερη ανταλλαγή πληροφοριών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σύστημα ταξινόμησης του Dewey που χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των υπηρεσιών στο δημόσιο τομέα, το οποίο δεν παρέχει ακριβή αριθμό για την έννοια π.χ. «άδεια γάμου» και το παραπέμπει στην κατηγορία «θρησκεία» με αποτέλεσμα να υφίσταται σύγχυση κατά την αναζήτηση των απαραίτητων δικαιολογητικών αλλά και σπατάλη πολύτιμου χρόνου. Αυτό που απαιτείται είναι η δημιουργία οντολογιών σε όλους τους τομείς του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, διότι η οντολογία περιγράφει έννοιες με στόχο τη διευκόλυνση της ανάκτησης της πληροφορίας. Η δημιουργία οντολογίας παρέχει ένα άρτιο πλαίσιο για την διαχείριση της συνεχώς διογκούμενης πληροφορίας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, πραγματοποιείται επαρκής ανταλλαγή πληροφοριών καθώς και υψηλής ποιότητας ανάκτηση αυτών.

Πιο συγκεκριμένα, η δημιουργία οντολογίας στα μουσικά όργανα των μουσικών σχολείων, που θα αναπτυχθεί στο επόμενο κεφάλαιο ανήκει στην κατηγορία της οντολογίας περιγραφής πεδίου. Η δημιουργία οντολογίας σε ένα τέτοιο γνωστικό πεδίο συμβάλλει στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων αναζήτησης σε βάσεις γνώσης καθώς οι οντολογίες παρέχουν ελεγχόμενα λεξιλόγια για τις έννοιες με βάση τις οποίες γίνεται η αναζήτηση και έτσι τα αποτελέσματα της αναζήτησης δεν εξαρτώνται από τον τρόπο, που γράφτηκε η έννοια αλλά από την ίδια την έννοια. Επιπλέον, δίνει δυνατότητες επαναπροσδιορισμού των ερωτημάτων, που τίθενται σε μια εφαρμογή με αξιοποίηση των ιεραρχικών σχέσεων ανάμεσα στις κλάσεις της οντολογίας από την οποία προέρχονται τα μεταδεδομένα.

4.2 Σκοπός της Οντολογίας

Σκοπός ανάπτυξης της προτεινόμενης οντολογίας είναι η μοντελοποίηση και αναπαράσταση όλων των στοιχείων που περιλαμβάνονται στην αποθήκη μουσικών οργάνων ενός μουσικού σχολείου καθώς και των στοιχείων των υπεύθυνων εκπαιδευτικών. Το μοντέλο επιδιώκεται να είναι περισσότερο γενικό και να περιγράφει «σαφώς» τον τομέα της γνώσης που αναπαριστά. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο στοχεύει να έχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογής που να περιλαμβάνει το σύνολο των καθημερινών συναλλαγών της αποθήκης ενός μουσικού σχολείου.

Από την ύπαρξη ενός τέτοιου μοντέλου οι εμπλεκόμενοι φορείς που επωφελούνται είναι αρκετοί και πιο συγκεκριμένα:

- ❖ Σχολικές Μονάδες: Η ύπαρξη μοντέλων και προτύπων συμβάλλει στην ανάπτυξη, αφού ένα ορθά και αποδοτικά δομημένο μοντέλο αποτελεί και τη βάση για την ανάπτυξη «χρήσιμων» πληροφοριακών συστημάτων. Μάλιστα, το μεγαλύτερο όφελος προστίθεται στα Μουσικά σχολεία, ώστε να μπορούν να γίνουν πιο ανταγωνιστικά στο σύνολο των δραστηριοτήτων, ιδιαίτερα στην σημερινή εποχή όπου λόγω της οικονομικής κρίσης το δημόσιο σχολείο έχει πληγεί και φαίνεται να χάνει την αίγλη του.
- ❖ Δημόσιος τομέας: Η παρούσα οντολογία θέτει ως στόχο τη σωστή και πλήρη μοντελοποίηση της αποθήκης οργανογράμματος ενός Μουσικού Σχολείου. Κάτι τέτοιο από τη στιγμή που περιλαμβάνει και το δημόσιο τομέα αποτελεί εφαλτήριο για την εμπλοκή των δημόσιων υπηρεσιών, και κυρίως αυτών που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τον εκπαιδευτικό τομέα, και την ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων ως προς αυτή την κατεύθυνση.
- ❖ Εκπαιδευτική/Παιδαγωγική Έρευνα: Η έρευνα και τα αντίστοιχα Ινστιτούτα θα επωφεληθούν του νέου μοντέλου καθώς η έρευνα για την επίτευξη διαλειτουργικότητας στον τομέα των διοικητικών/οργανωτικών εφαρμογών αποτελεί σημαντικό κομμάτι της έρευνας με ηχηρά πλεονεκτήματα για φοιτητές, επιστήμονες, διδακτικό και διοικητικό προσωπικό.

4.3 Μεθοδολογία Ανάπτυξης της Οντολογίας

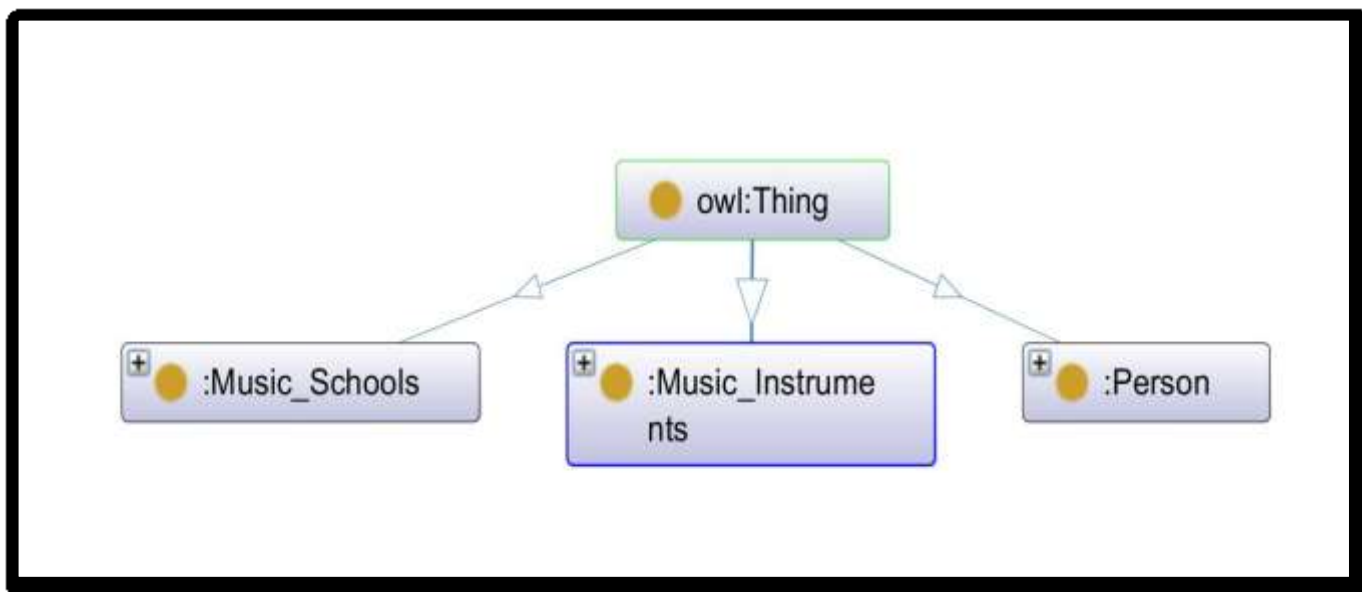
Πρώτα απ' όλα, θα πρέπει να επισημανθεί σε αυτό το σημείο ότι, δεν υπάρχουν τυποποιημένες μεθοδολογίες για τη ανάπτυξη οντολογιών παρὰ μόνο εμπειρικοί κανόνες. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία η κωδικοποίηση της οντολογίας θα γίνει αξιοποιώντας την ιδιαίτερα διαδεδομένη open source πλατφόρμα Protégé (<http://protege.stanford.edu/>) και τη γλώσσα αναπαράστασης OWL. Ενώ η «μεθοδολογία», που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι στα πρότυπα αυτής, που προτείνουν στην εργασία τους οι M. Uschold & M. Gruninger (1996)[45] και η οποία περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις:

- ❖ Προσδιορισμός σκοπιμότητας και πεδίου εφαρμογής
- ❖ Κατασκευή της οντολογίας
 - Σύλληψη (capture)
 - Κωδικοποίηση (coding)
 - Ενοποίηση (integration) υπαρχουσών οντολογιών.
- ❖ Αξιολόγηση (evaluation)
- ❖ Τεκμηρίωση (documentation)

Αναφορικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας, αυτές επικεντρώθηκαν κυρίως στην επικοινωνία με τα αρμόδια άτομα. Λαμβάνοντας υπόψη το φόρτο εργασίας των διευθυντικών στελεχών των σχολικών μονάδων, δεν ήταν δυνατή η επικοινωνία μαζί τους πολλές φορές, ενώ οι υπεύθυνοι των αποθηκών μουσικών οργάνων των μουσικών οργάνων βοήθησαν αρκετά με την παροχή πληροφοριών.

4.4 Ανάλυση της Οντολογίας

Η οντολογία έχει δημιουργηθεί με την εφαρμογή Protégé και αποτελείται συνολικά από τρεις κλάσεις. Οι κλάσεις που υπάρχουν είναι: **Music_Schools**, **Music_Instruments**, **Person** και φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

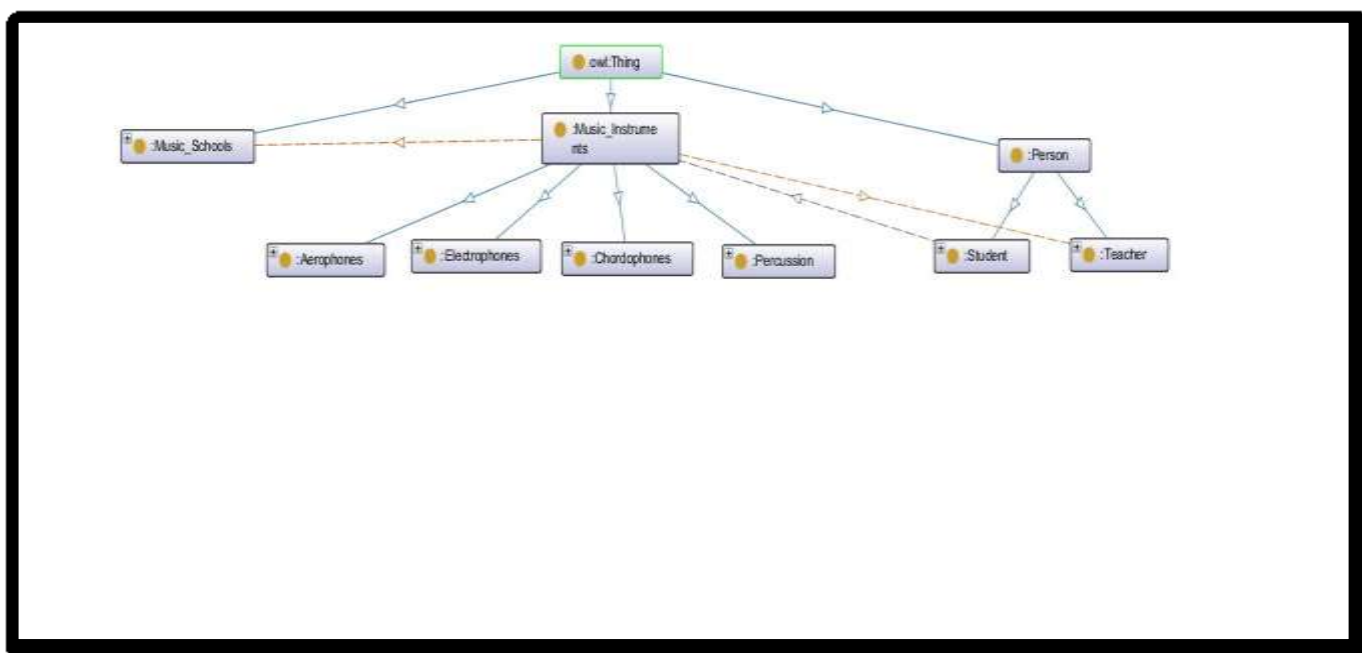


Εικόνα 16: Κλάσεις της Οντολογίας

Οι υποκλάσεις που έχουν δύο από τις παραπάνω κλάσεις είναι οι:

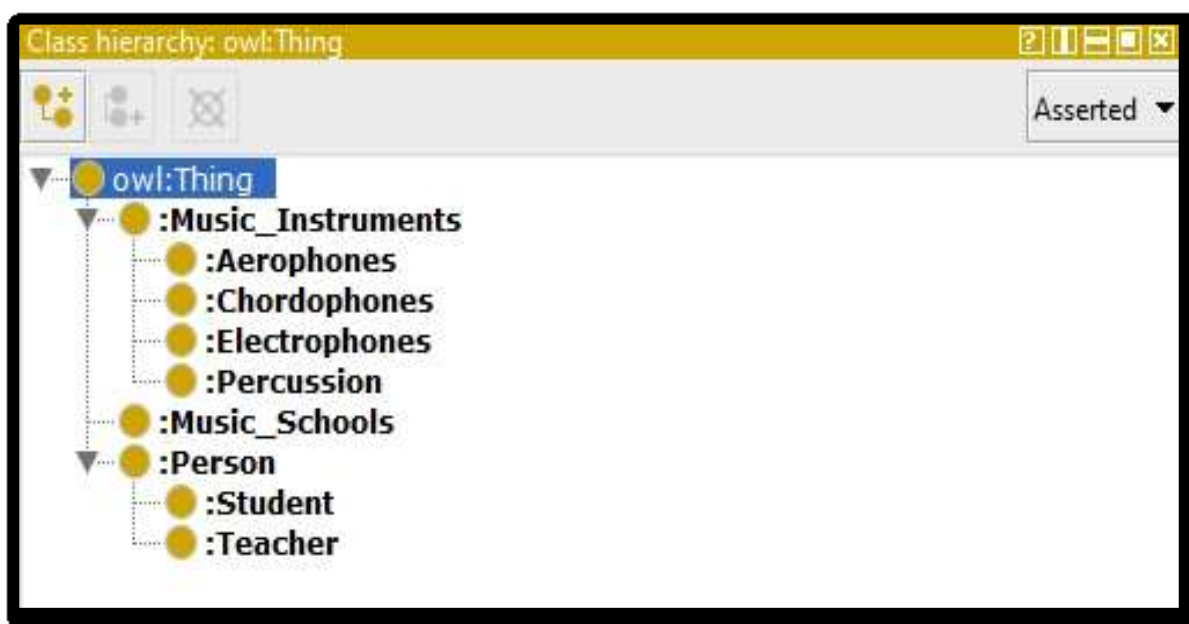
- ❖ **Music_Instruments** : έχει τις υποκλάσεις «Aerophones», «Electrophones», «Chordophones», «Percussion»
- ❖ **Person** : έχει τις υποκλάσεις «Student», «Teacher».

και φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 15: Κλάσεις και υποκλάσεις

Η οντολογία σε πρώτη προσέγγιση αποτελείται από τρεις βασικές κλάσεις, οι οποίες αποτελούν το πρώτο επίπεδο και όλες είναι παιδιά της γενικής κλάσης owl: Thing (Αντικείμενο) και συνδέονται με αυτήν με την σχέση **είναι (is_a)**. Όλες οι βασικές κλάσεις κληρονομούν τις ιδιότητές τους από την γενική κλάση Thing. Ας ριζούμε μια ματιά και στις υπόλοιπες κλάσεις και να δούμε τις ιδιότητες που έχουν.



Εικόνα 18: Οι τρεις βασικές κλάσεις της Οντολογίας

Κλάση Music Instruments

Η κλάση Music_Instruments σχετίζεται με τα Μουσικά όργανα που έχουν στην αποθήκη τους τα Μουσικά Σχολεία και μας δίνει την δυνατότητα να παίρνουμε πληροφορίες γι' αυτά. Έχει επτά ιδιότητες δεδομένων που έχουν την κλάση αυτή ως πεδίο ορισμού τους (Domain) και περιοχή τιμών (Range) όπως φαίνεται παρακάτω:

- ❖ **Amount_Instrument:** αναφέρεται στο ποσό που δαπανήθηκε για την απόκτηση ενός μουσικού οργάνου και θεωρείται ότι περιέχει αριθμητικά δεδομένα με δεκαδικά ψηφία (float).
- ❖ **Bar_Code_Music_Instrument:** αναφέρεται στο Bar Code ενός μουσικού οργάνου το οποίο είναι μοναδικό και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (string).
- ❖ **Date_Delivery:** αναφέρεται στην ημερομηνία χρέωσης ενός μουσικού οργάνου από έναν μαθητή ή έναν καθηγητή και θεωρείται ότι περιέχει δεδομένα ημερομηνίας (xsd:dateTime).
- ❖ **Date_Delivery_Instrument:** αναφέρεται στην ημερομηνία παραλαβής ενός μουσικού οργάνου από τον υπεύθυνο καθηγητή της αποθήκης και θεωρείται ότι περιέχει δεδομένα ημερομηνίας (xsd:dateTime).
- ❖ **Date_Return:** αναφέρεται στην ημερομηνία επιστροφής στην αποθήκη ενός μουσικού οργάνου από έναν μαθητή ή έναν καθηγητή και θεωρείται ότι περιέχει δεδομένα ημερομηνίας (xsd:dateTime).
- ❖ **Description_Instrument:** αναφέρεται στην περιγραφή ενός μουσικού οργάνου και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (string).
- ❖ **Name_Music_Instrument:** αναφέρεται στην ονομασία ενός μουσικού οργάνου και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (string).

Κλάση Music_Schools

Η κλάση Music_Schools σχετίζεται με τα Μουσικά Σχολεία που λειτουργούν στην χώρα και μας δίνει την δυνατότητα να παίρνουμε πληροφορίες που αφορούν τα Μουσικά Σχολεία. Έχει δύο ιδιότητες δεδομένων που έχουν την κλάση αυτή ως πεδίο ορισμού τους (Domain) και περιοχή τιμών (Range) όπως φαίνεται παρακάτω:

- ❖ **Name_Music_School:** αναφέρεται στην ονομασία του Μουσικού Σχολείου και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (string).
- ❖ **Url_Music_School:** αναφέρεται στον ιστότοπο του Μουσικού Σχολείου και θεωρείται ότι περιέχει ως δεδομένα διευθύνσεις ιστοσελίδων (anyURI).

Κλάση Person

Η κλάση Person σχετίζεται με τους μαθητές που φοιτούν σε ένα Μουσικό Σχολείο και τους καθηγητές μουσικής παιδείας που δανείζονται μουσικά όργανα από την αποθήκη του σχολείου για τα μουσικά σύνολα ή για να τα δώσουν στους μαθητές τους για εξάσκηση. Περιέχει δύο υποκλάσεις: «Student» και «Teacher».

Υποκλάση Student

Η υποκλάση Student σχετίζεται με τους μαθητές ενός Μουσικού Σχολείου και διατηρεί πληροφορίες για αυτούς. Έχει δύο ιδιότητες δεδομένων που έχουν την κλάση αυτή ως πεδίο ορισμού τους (Domain) και περιοχή τιμών (Range) όπως φαίνεται παρακάτω:

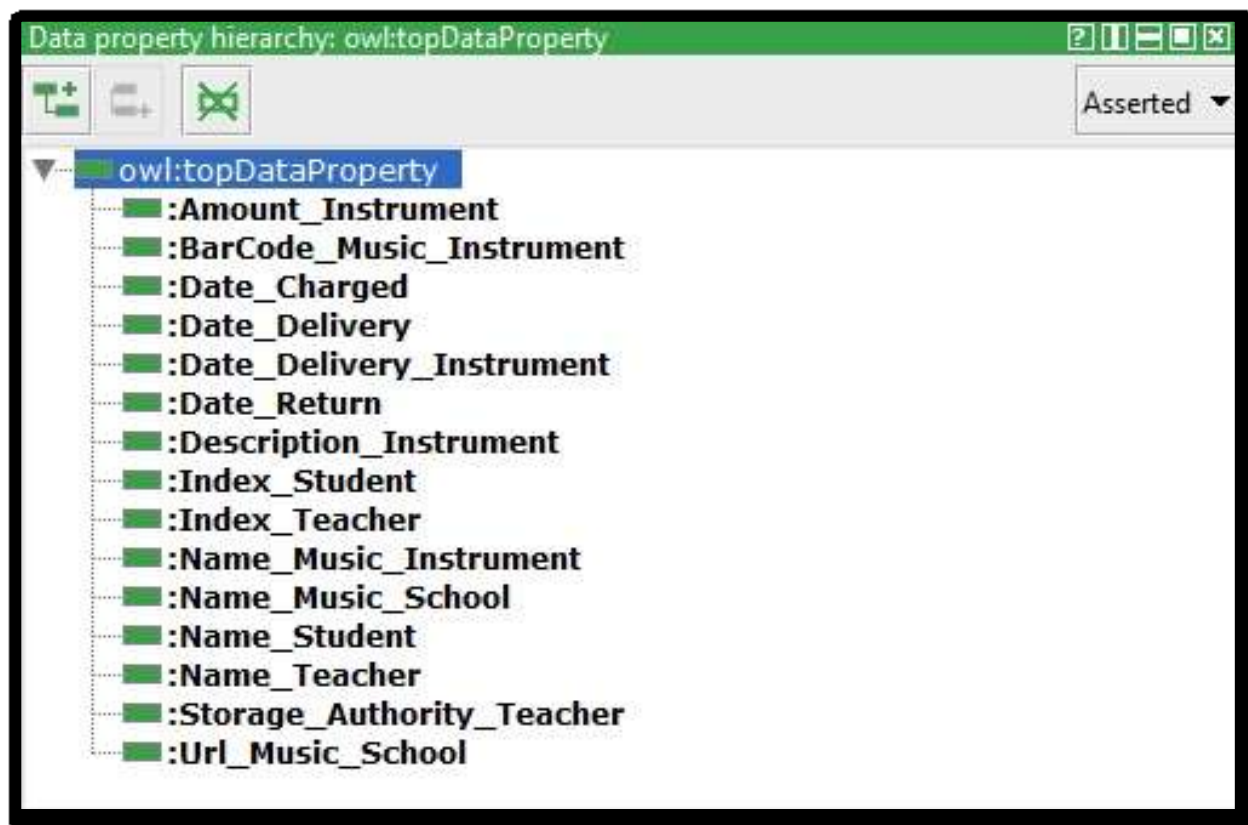
- ❖ **Index_Student:** αναφέρεται στον Α.Μ. ενός μαθητή ονομασία του Μουσικού Σχολείου και θεωρείται ότι περιέχει αριθμητικά δεδομένα (xsd:int).
- ❖ **Name_Student:** αναφέρεται στο όνομα ενός μαθητή και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (xsd:string).

Υποκλάση Teacher

Η υποκλάση Teacher σχετίζεται με τους καθηγητές ενός Μουσικού Σχολείου που δανείζονται μουσικά όργανα για την εξάσκηση των μαθητών τους αλλά και για τα μουσικά σύνολα που δημιουργούν. Έχει δύο ιδιότητες δεδομένων που έχουν την κλάση αυτή ως πεδίο ορισμού τους (Domain) και περιοχή τιμών (Range) όπως φαίνεται παρακάτω:

- ❖ **Date_Charged:** αναφέρεται στην ημερομηνία χρέωσης ενός μουσικού οργάνου από έναν καθηγητή και θεωρείται ότι περιέχει δεδομένα ημερομηνίας (xsd:dateTime).
- ❖ **Index_Teacher:** αναφέρεται στον Α.Μ. ενός καθηγητή του Μουσικού Σχολείου και θεωρείται ότι περιέχει αριθμητικά δεδομένα (xsd:int).
- ❖ **Name_Teacher:** αναφέρεται στο όνομα ενός καθηγητή και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (xsd:string).
- ❖ **Storage_Authority_Teacher:** αναφέρεται στο όνομα του καθηγητή μουσικής παιδείας που είναι υπεύθυνος για την αποθήκη μουσικών οργάνων και θεωρείται ότι περιέχει αλφαριθμητικά δεδομένα (xsd:string).

Όλες οι ιδιότητες δεδομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω, εμφανίζονται συγκεντρωμένες και ταξινομημένες κατά αλφαβητική σειρά στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 19: Ιδιότητες Δεδομένων

Η οντολογία περιλαμβάνει και πέντε ιδιότητες αντικειμένων, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

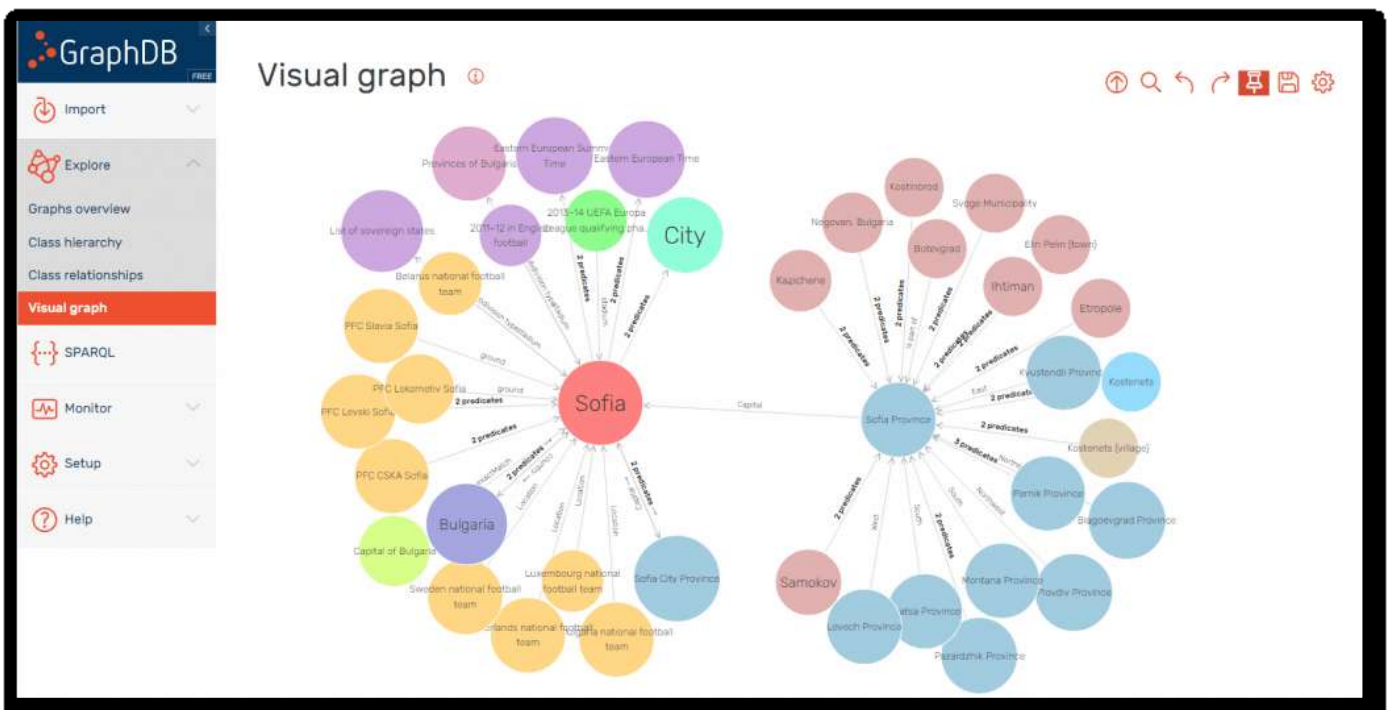
Πίνακας 5: Ιδιότητες Αντικειμένων της Οντολογίας			
Ιδιότητα	Σημασία	Πεδίο Ορισμού	Πεδίο Τιμών
:Borrows_a	Ένας μαθητής μπορεί να δανειστεί ένα μουσικό όργανο.	:Student	:Music_Instruments
:Charged_at	Ένα μουσικό όργανο είναι χρεωμένο σε έναν καθηγητή.	:Music_Instruments	:Teacher
:Has_a	Ένας μαθητής έχει έναν καθητή μουσικής για το αντίστοιχο μουσικό όργανο.	:Student	:Teacher
:Stored_in	Ένα μουσικό όργανο είναι αποθηκευμένο σε ένα Μουσικό Σχολείο.	:Music_Instruments	:Music_Schools
:Studies_at	Ένας μαθητής φοιτά σε ένα Μουσικό Σχολείο.	:Student	:Music_Schools

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αξιοποίηση της οντολογίας και τίθενται ερωτήματα που χρήζουν απαντήσεων. Αρχικά γίνεται οπτικοποίηση των Δεδομένων με χρήση της εφαρμογής GraphDB, παρουσίαση της οντολογίας σε μορφή Turtle και σε μορφή τριάδων (N-triples). Κατόπιν γίνεται δημοσίευση της οντολογίας με την εφαρμογή Virtuoso Conductor και χρήση της γλώσσας SPARQL για την διατύπωση ερωτημάτων και την λήψη απαντήσεων από τα δεδομένα της οντολογίας.

5.1 Οπτικοποίηση Δεδομένων - GraphDB

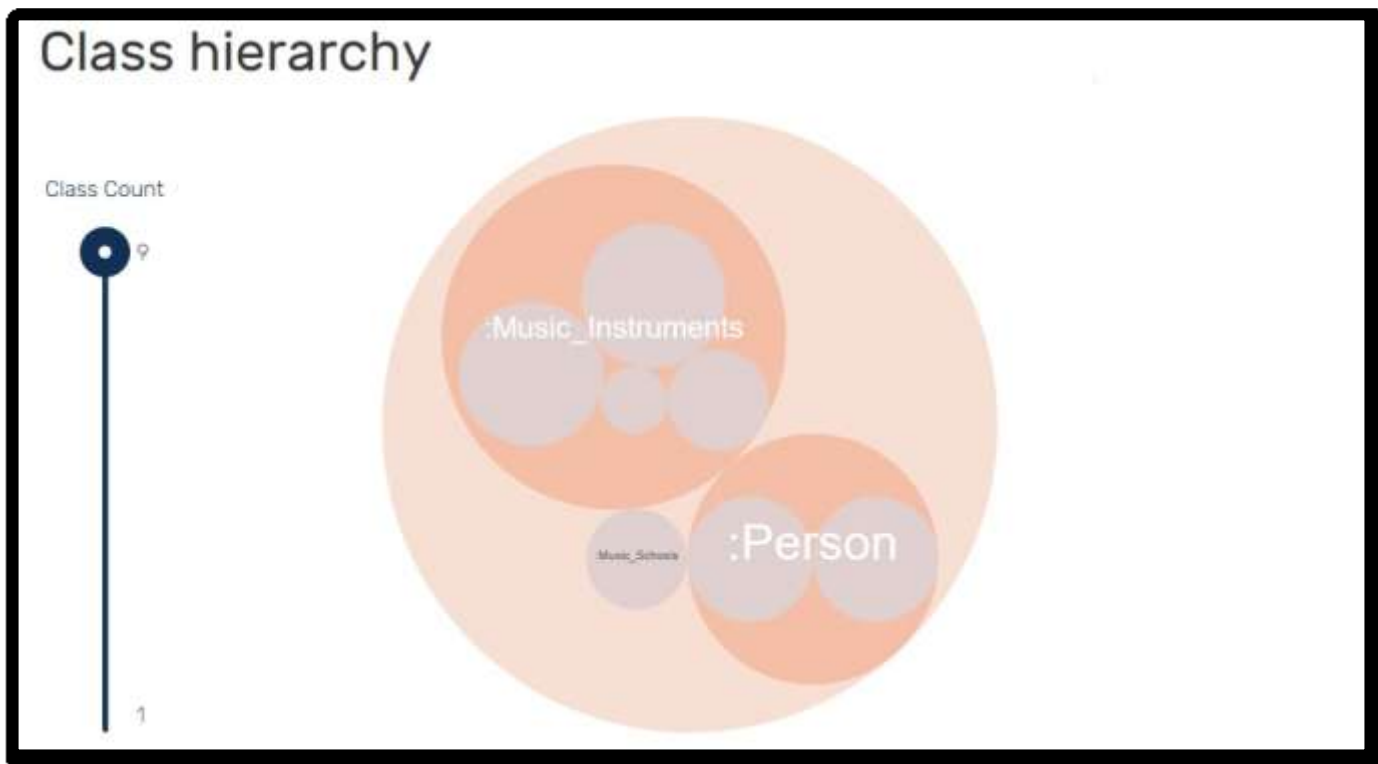
Η οπτικοποίηση των δεδομένων έγινε με την βοήθεια της εφαρμογής GraphDB Free, μια εφαρμογή της Ontotext που ανήκει στην οικογένεια GraphDB που μας επιτρέπει να συνδέουμε δεδομένα οποιουδήποτε τύπου, από οποιαδήποτε πηγή και να τα διαχειριζόμαστε, να τα αποθηκεύουμε και να τα εκμεταλλευόμαστε ως Συνδεδεμένα Δεδομένα. Ως βάση δεδομένων σημασιολογικών γραφημάτων, η GraphDB Free έκδοση κλιμακώνει έως και 10 δισεκατομμύρια δηλώσεις RDF σε ένα μόνο διακομιστή με ένα όριο δύο ταυτόχρονων ερωτημάτων, με δυνατότητες όπως αυτές φαίνονται παρακάτω:

- ❖ Να αποκτήσουμε μια πραγματική αίσθηση της δύναμης του RDF.
- ❖ Να εξερευνήσουμε τα Ανοικτά Συνδεδεμένα Δεδομένα.
- ❖ Να δημιουργήσουμε τα δικό μας γραφήματα γνώσεων.
- ❖ Να ανακαλύψουμε κρυφές σχέσεις σε συγκεκριμένα σύνολα δεδομένων.
- ❖ Να ενσωματώσουμε ιδιωτικά, δημόσια και τρίτα μέρη δεδομένων.
- ❖ Να δημιουργήσουμε οπτικοποιήσεις δεδομένων.



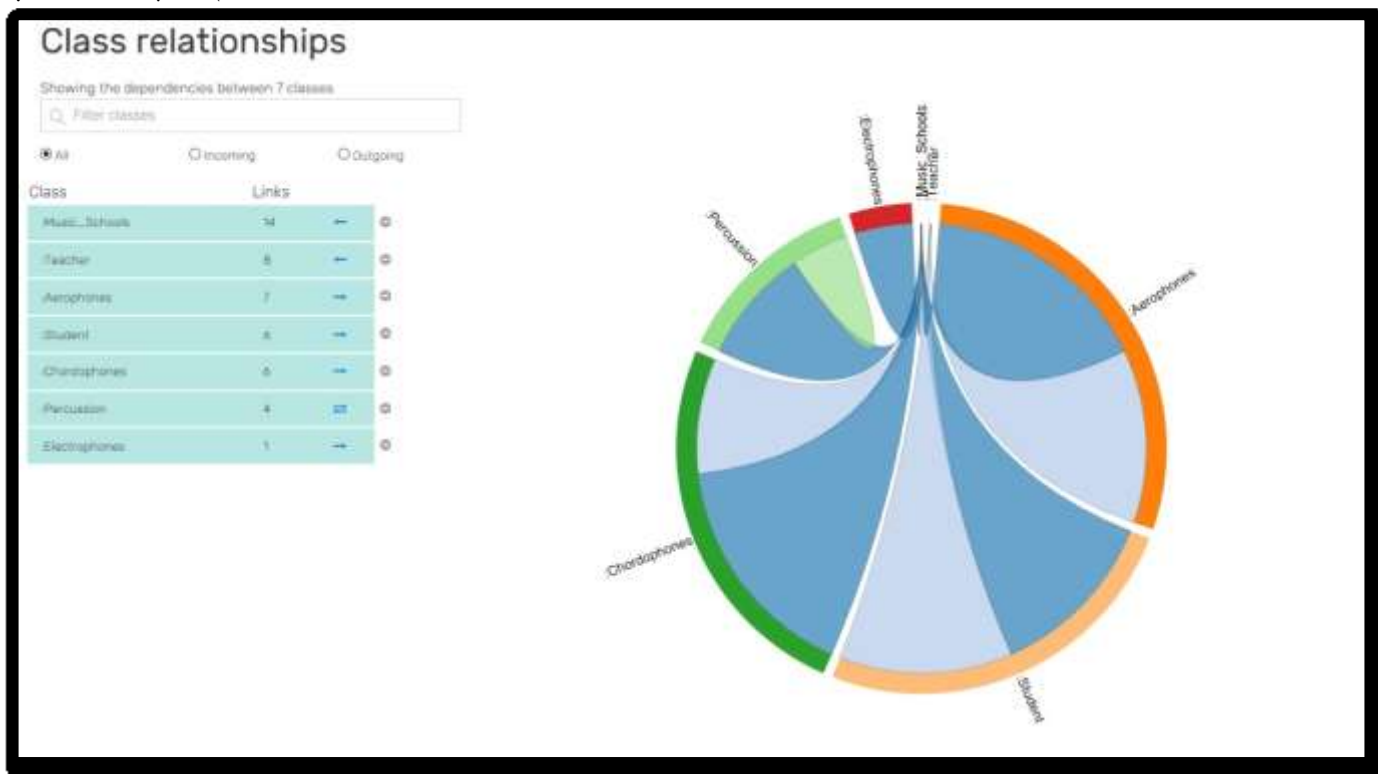
Εικόνα 2160: Η εφαρμογή GraphDB

Με χρήση της εφαρμογής GraphDB δημιουργούμε ένα γράφημα με την ιεραρχία των κλάσεων, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 21: Ιεραρχία Κλάσεων

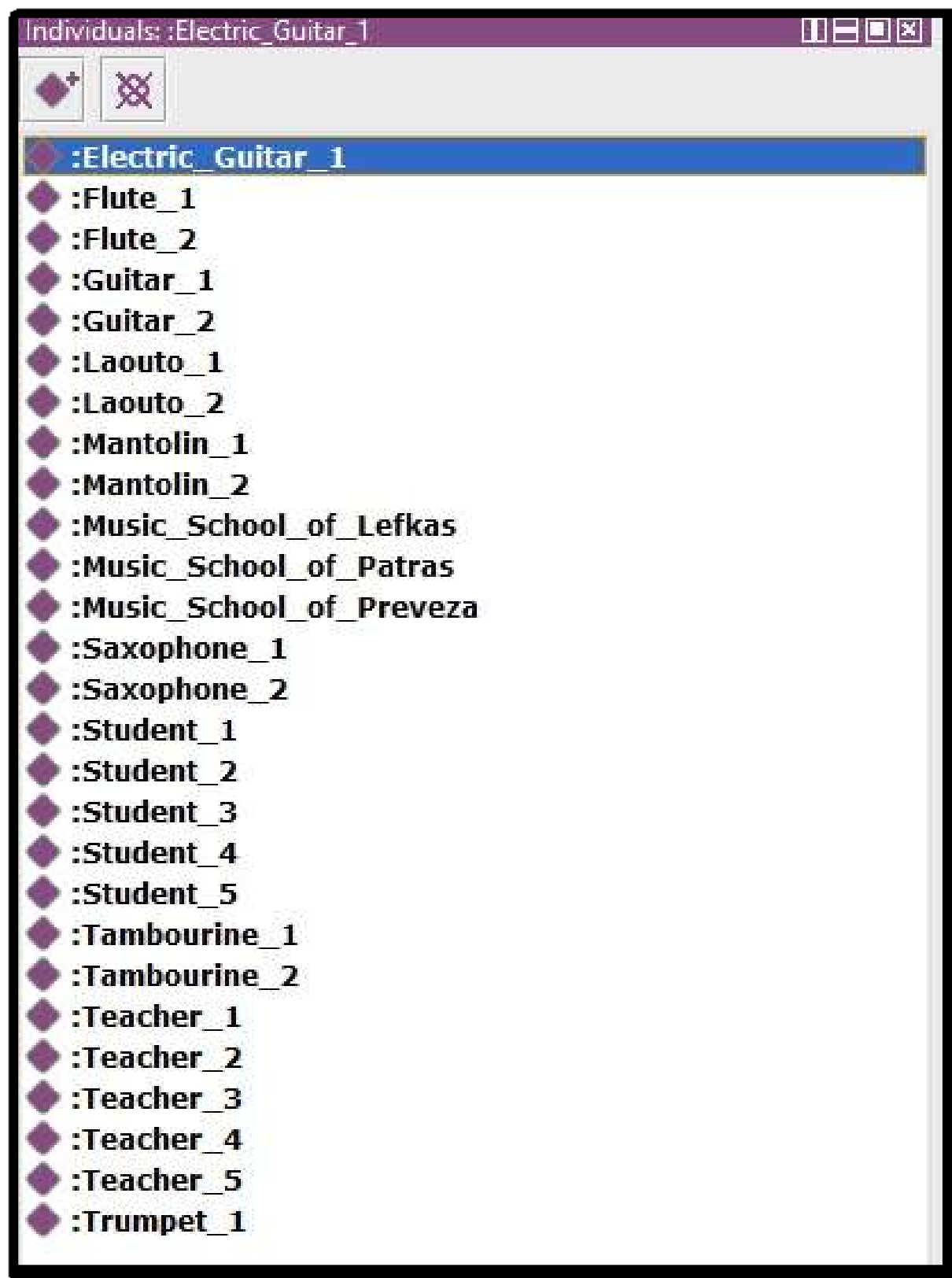
Επίσης με χρήση της εφαρμογής GraphDB δημιουργούμε ένα γράφημα με τις σχέσεις των κλάσεων όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 22: Σχέσεις Κλάσεων

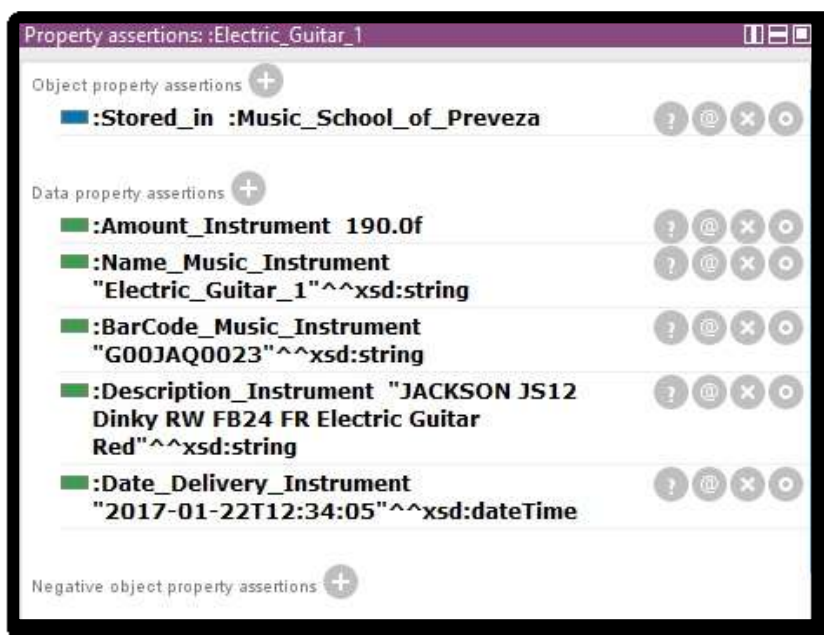
5.2 Χρήση της Εφαρμογής

Με την βοήθεια της εφαρμογής Protégé δημιουργήθηκαν στιγμιότυπα για την χρήση της οντολογίας όπως παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα:

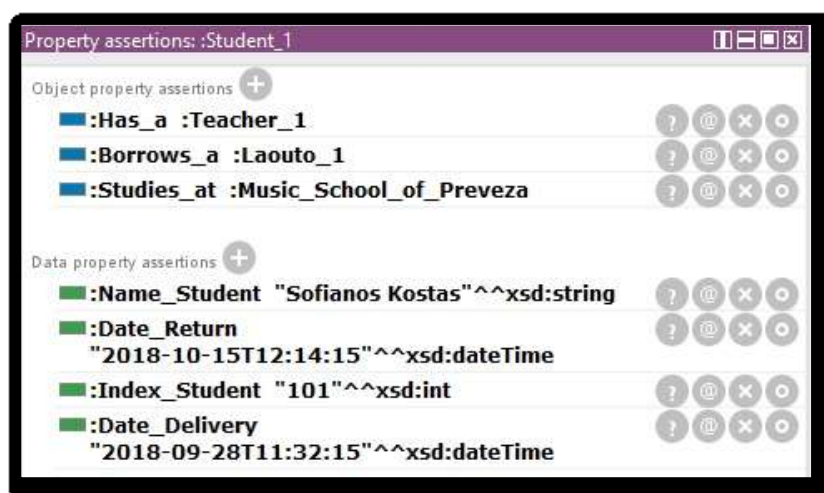


Εικόνα 23: Στιγμιότυπα της Οντολογίας

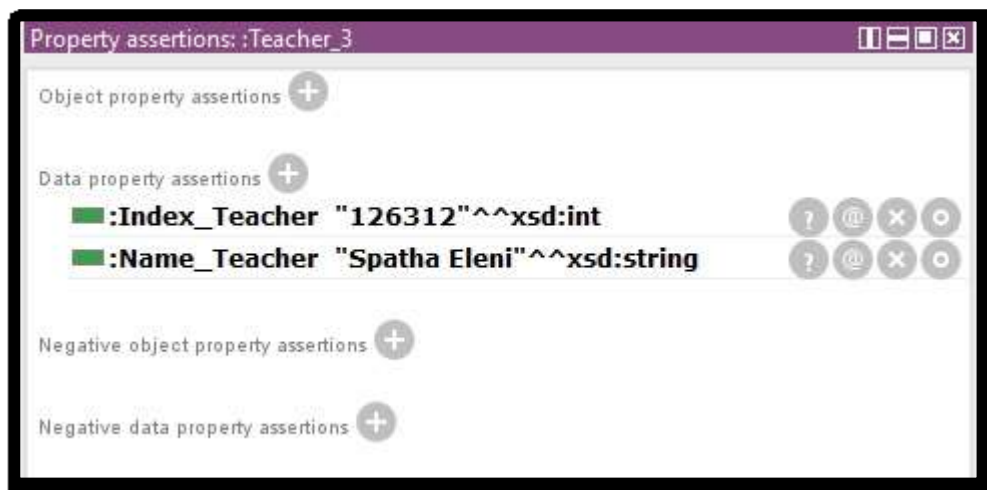
Με την βοήθεια της εφαρμογής Protégé αποδώθηκαν τιμές στα παραπάνω στιγμιότυπα, όπως εμφανίζονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 24: Στιγμιότυπο :Electric_Guitar_1



Εικόνα 25: Στιγμιότυπο :Student_1



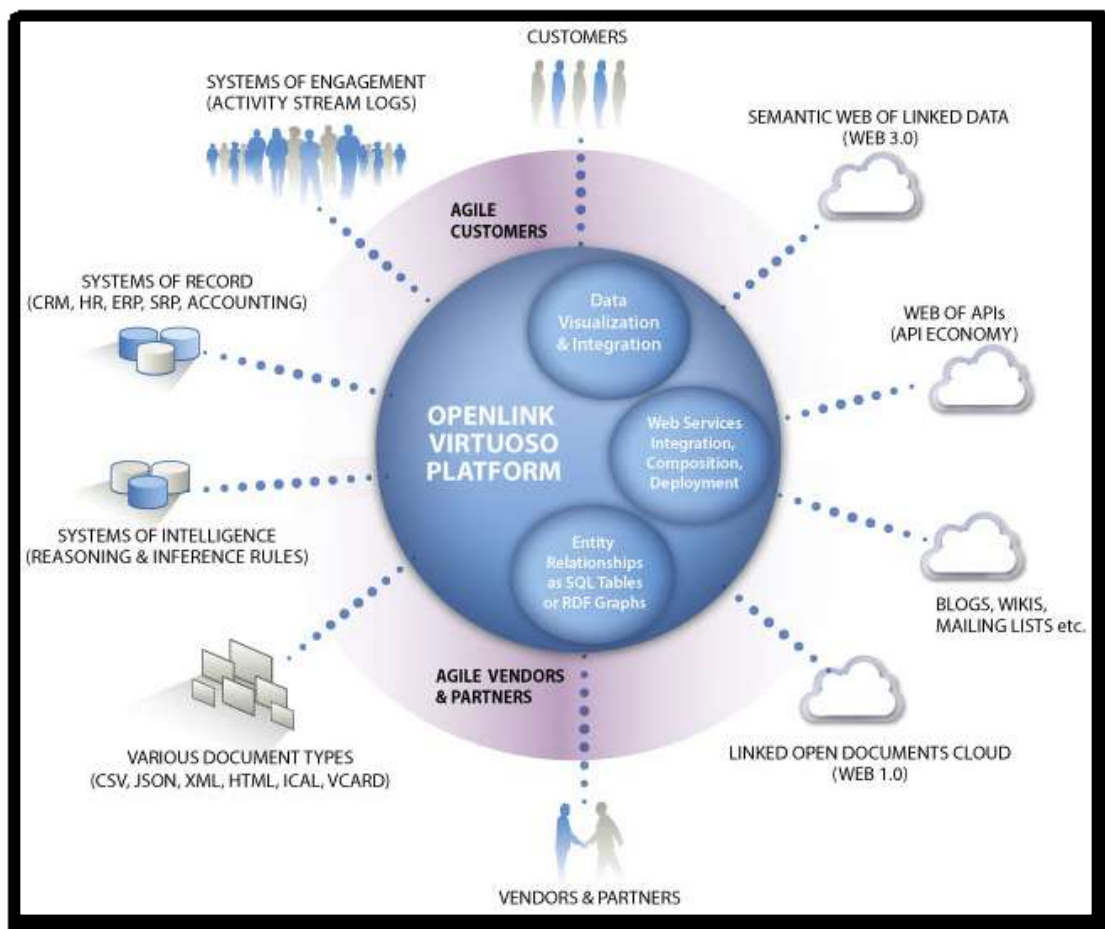
Εικόνα 26: Στιγμιότυπο :Teacher_3

5.3 Virtuoso Conductor

Η ολοκληρωμένη πλατφόρμα Virtuoso Open-Source είναι η επιλογή μας, για την υλοποίηση του SPARQL Endpoint. Υπάρχουν αρκετές εκδόσεις είτε εμπορικές είτε ανοικτού κώδικα. Οι διαφορές μεταξύ εμπορικής και μη έκδοσης, βρίσκονται σε συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως τα ερωτήματα XML σε συνδυασμό με τη λειτουργία διασύνδεσης της πλατφόρμας με άλλα DBMS για database-federation (Virtual Database Functionality). Συνεπώς η έκδοση ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιήσαμε δε περιλαμβάνει ορισμένες λειτουργίες που δίνονται με την εμπορική έκδοση του Virtuoso Universal Server. Οι βασικές συνιστώσες της αρχιτεκτονικής περιγράφονται ως :

- I. Relational Data Management
- II. RDF Data Management
- III. XML Data Management
- IV. Free Text Content Management & Full Text Indexing
- V. Document Web Server
- VI. Linked Data Server
- VII. Web Application Server
- VIII. Web Services Deployment

Η διαφοροποίηση στις λειτουργίες μεταξύ ανοικτού κώδικα και μη, δεν επηρεάζει την αρχιτεκτονική της συνολικής πλατφόρμας, όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.



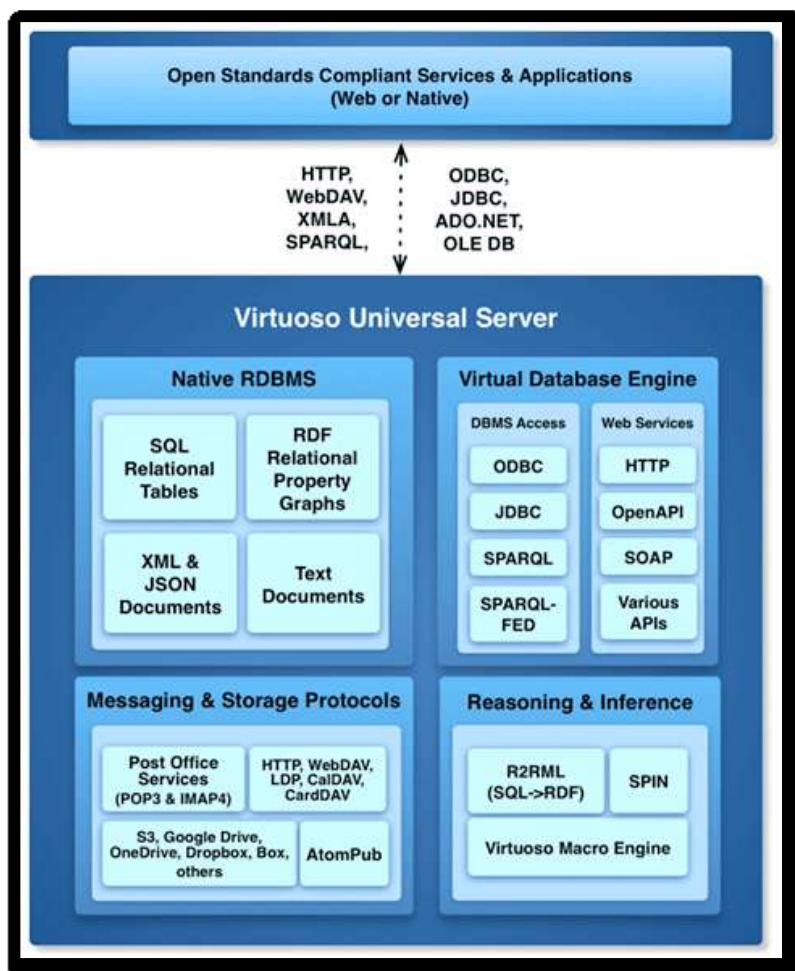
Εικόνα 177: Opelink Virtuoso Platform

Αναλύοντας το Virtuoso Universal Server, θα μπορούσαμε να το χαρακτηρίσουμε ως ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα διαφόρων συνεργαζόμενων υπηρεσιών με απώτερο σκοπό την παροχή πληροφορίας στην ψηφιακή εποχή και ιδιαίτερα στον σημασιολογικό ιστό. Αναλυτικότερα πρόκειται για μια πλατφόρμα (middleware) υπηρεσιών ανεξαρτήτου λειτουργικού συστήματος που ονομάζεται Universal Server. Το OpenLink Universal Server (middleware) υλοποιεί σε ένα και μοναδικό εξυπηρετητή τους ακόλουθους διακριτούς servers:

- I. Web Server (HTTP 1.0/1.1)
- II. WebDAV/File Server
- III. Database Server (ORDBMS)
- IV. Web Services Generator με τεχνολογίες SOAP, UDDI.
- V. Mail Server SMTP, POP3, IMAP4
- VI. NNTP Server (Network News Transfer Protocols)

Καθόνας από τους παραπάνω servers, διαθέτει χαρακτηριστικά εφάμιλλα των πλέον αναγνωρίσιμων server όπως Apache2, MySQL και όλα αυτά μαζί ενώνονται με ένα μαγικό τρόπο και μας δίνουν τον πολύ ξεχωριστό οικουμενικό server. Ένα από κύρια πλεονεκτήματά του είναι η παραγωγή XML/DTD/RDF δυναμικά από τα υπάρχοντα ομογενή ή ετερογενή δεδομένα (δομημένα ή αδόμητα) όπως XML, HTML, SQL ερωτημάτων.

Το Virtuoso μας παρέχει δύναμη και πλεονέκτημα έναντι των άλλων που δεν την κατέχουν. Με την ικανότητα του Virtuoso να συνδυάζει όλες τις παραδοσιακές πηγές data όπως XML, DB, text, html, αδόμητο κείμενο και άλλες σε μια κατανοητή μορφή RDF/ OWL για το σημασιολογικό ιστό, γίνεται ο πλέον αναγκαίος server για την παροχή της πληροφορίας στην νέα εποχή της κατανεμημένης πληροφορίας. Το Virtuoso SPARQL Endpoint είναι ο κύριος εκφραστής αυτής της ικανότητας του universal server. Η ενοποίηση όλων των παραπάνω τεχνολογιών και η αξιοποίηση των διαθέσιμων εργαλείων του virtuoso το καθιστά ισχυρό σύμμαχο στη εποχή της πληροφορίας, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



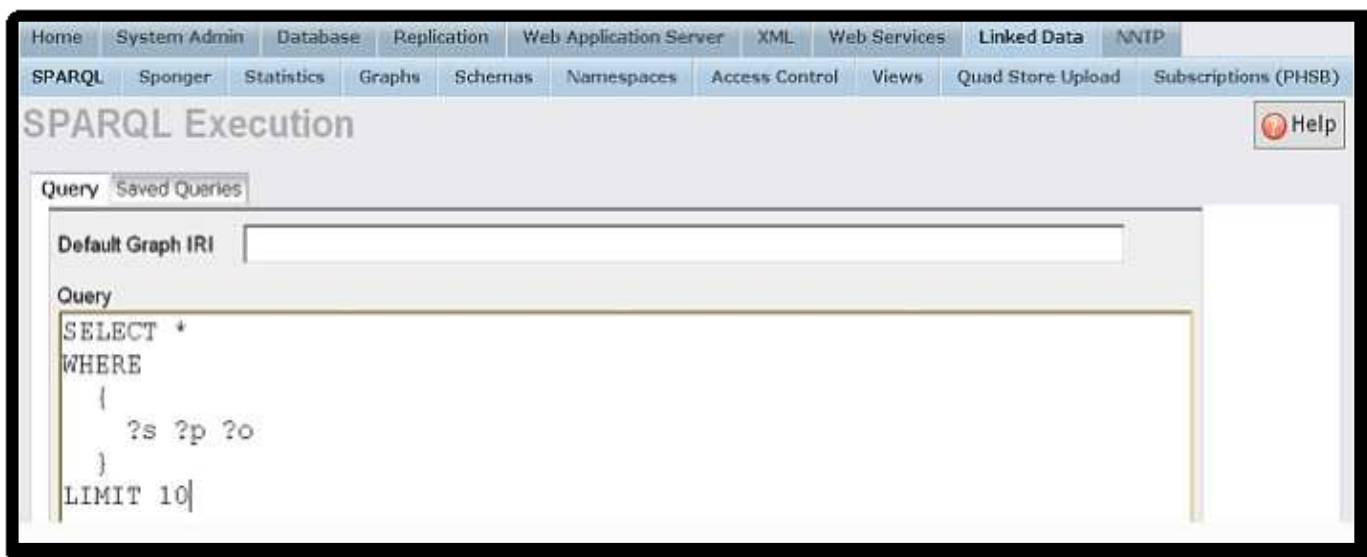
Εικόνα 28: Virtuoso Universal Server

Ο Virtuoso Universal Server συνδυάζει αρκετές τεχνολογίες από τις παραδοσιακές RDBMS, ORDBMS, virtual database, RDF, XML, free text - αδόμητη μορφή, web server και file server. Πρόκειται για μια πλατφόρμα λογισμικού που αποτελείται από τον openlink universal server, και μπορούμε να ενσωματώσουμε διάφορα εργαλεία και να δημιουργήσουμε το Endpoint. Ο Conductor, είναι το web interface που επιτρέπει να διαμορφώσουμε τη συμπεριφορά του SPARQL Endpoint, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 29: Virtuoso Conductor

Από την καρτέλα "Linked Data" μπορούμε να εκτελέσουμε/αποθηκεύσουμε/ανακτήσουμε ερωτήματα SPARQL όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 30: Μορφή Ερωτημάτων σε SPARQL

5.4 Η γλώσσα SPARQL – Ερωτήσεις

Η γλώσσα ερωτημάτων SPARQL (Simple Protocol And RDF Query Language) αποτελεί ένα πρότυπο του οργανισμού W3C το οποίο δίνει την δυνατότητα δημιουργίας ερωτημάτων και ανάκτησης πληροφοριών από δεδομένα RDF [46]. Μοιάζει αρκετά με την γλώσσα ερωτημάτων σχεσιακών βάσεων δεδομένων, την SQL και εφαρμόζεται σε RDF δεδομένα. Είναι μια γλώσσα ερωτημάτων Σημασιολογικού Ιστού, με σκοπό την δημιουργία, την αναζήτηση, την ενημέρωση και την διαγραφή δεδομένων RDF.

Μας δίνει την δυνατότητα να κάνουμε ερωτήσεις και ενημερώσεις και σε δεδομένα άλλης μορφής που μπορούν να αναπαρασταθούν ως τριάδες, χωρίς απαραίτητα να είναι δεδομένα RDF, όπως δεδομένα από σχεσιακές βάσεις, δεδομένα σε μορφή spreadsheet και οτιδήποτε άλλο περικλείει σημασιολογική πληροφορία.

Για να μπορέσουμε να υλοποιήσουμε ένα ερώτημα SPARQL θα πρέπει να υπάρχει το πρόγραμμα πελάτη και ένας εξυπηρετητής που θα υποστηρίζει τη γλώσσα. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει και μια Βάση Δεδομένων, όπου τα δεδομένα θα είναι αποθηκευμένα έτσι ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία και η ανάκτησή τους. Η Βάση αυτή θα πρέπει να έχει την κατάλληλη μορφή ώστε να βοηθά στην αποθήκευση των δεδομένων RDF και ονομάζεται RDF store ή αλλιώς triplestore. Η εκτέλεση των ερωτημάτων γίνονται σε τερματικά (endpoints), τα οποία δέχονται τα ερωτήματα και στέλνουν τα αποτελέσματα μέσω του HTTP πρωτοκόλλου.

Η SPARQL, είναι η τυπική γλώσσα και πρωτόκολλο επερωτήσεων για τα ανοιχτά διασυνδεδεμένα δεδομένα στον ιστό ή για μια βάση δεδομένων σημασιολογικών γραφημάτων (που ονομάζεται επίσης triples RDF). Η SPARQL, επιτρέπει στους χρήστες να αναζητούν πληροφορίες από βάσεις δεδομένων ή οποιαδήποτε άλλη πηγή δεδομένων που μπορεί να αντιστοιχιστεί στο RDF. Το πρότυπο SPARQL σχεδιάστηκε και εγκρίθηκε από το W3C και βοηθά τους χρήστες και τους προγραμματιστές να επικεντρωθούν σε αυτό που θα ήθελαν να μάθουν.

Ακριβώς όπως η SQL επιτρέπει στον χρήστη να ανακτά και να τροποποιεί δεδομένα σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων, το SPARQL παρέχει την ίδια λειτουργικότητα για τις NoSQL βάσεις δεδομένων γραφημάτων ως GraphDB. Σε αντίθεση με την SQL, τα ερωτήματα SPARQL δεν περιορίζονται να λειτουργούν σε μία βάση δεδομένων: Τα ομοιόμορφα ερωτήματα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πολλές αποθήκες δεδομένων. Η SPARQL ξεπερνά τους περιορισμούς που θέτει η τοπική αναζήτηση. Η δύναμη της SPARQL, μαζί με την ευελιξία του RDF, μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερο κόστος ανάπτυξης.

Η SPARQL έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει τη σύνδεση δεδομένων για τον Σημασιολογικό Ιστό. Στόχος είναι να βοηθήσει τους ανθρώπους να εμπλουτίσουν τα δεδομένα τους, συνδέοντάς τα με άλλους παγκόσμιους σημασιολογικούς πόρους, μοιράζοντας, συγχωνεύοντας και επαναχρησιμοποιώντας τα δεδομένα με πιο ουσιαστικό τρόπο. Αντίστοιχα, ένα ερώτημα SPARQL αποτελείται από ένα σύνολο τριπλών μοτίβων στα οποία κάθε στοιχείο μπορεί να είναι μια μεταβλητή. Με την τεχνολογία αναζήτησης SPARQL, οι άνθρωποι μπορούν να επικεντρωθούν σε αυτό που θέλουν να ξέρουν αντί την τεχνολογία βάσης δεδομένων στη μορφή δεδομένων που χρησιμοποιούνται παρασκηνακά για την αποθήκευση δεδομένων. Επειδή οι αναζητήσεις SPARQL εκφράζουν στόχους υψηλού επιπέδου, είναι ευκολότερο να τις επεκτείνουμε σε μη αναμενόμενους πόρους δεδομένων, ή ακόμα να τις εισάγουμε σε νέες εφαρμογές.

Η γλώσσα αποτελεί μια οικογένεια προδιαγραφών για αλληλεπίδραση πάνω σε δεδομένα RDF. Πιο συγκεκριμένα, αυτές οι προδιαγραφές δίνουν τη δυνατότητα της ανάκτησης και της διαχείρισης των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε αποθετήρια τριάδων RDF. Θα μπορούσαμε να πούμε πως η SPARQL είναι ό,τι η SQL για τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων (RDBMS).

Η SPARQL εστιάζει στην αναζήτηση μοντέλων δεδομένων κι αυτό γλιτώνει χρόνο για τους κατασκευαστές. Δεν υπάρχει ανάγκη για μικρές υπηρεσίες του Παγκόσμιου Ιστού για να βρίσκουν διαφορετικές πλευρές του συστήματος. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη της SPARQL να κάνει οποιαδήποτε ερώτηση και είναι σαν να σχεδιάζαν τη δική τους διεπαφή, αντί να πρέπει να δουλέψουν με ένα περιορισμένο σύνολο προκατασκευασμένων υπηρεσιών.

Η προδιαγραφή SPARQL ορίζει μια γλώσσα αναζήτησης και ένα πρωτόκολλο και συνεργάζεται με άλλες κεντρικές τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού από το W3C, τις: Resource Description Framework (RDF) για αναπαράσταση δεδομένων, RDF Schema, Web Ontology Language (OWL) για τη δημιουργία λεξιλογίων και Gleaning Resource Descriptions from Dialects of Languages (GRDDL), για αυτόματη εξαγωγή δεδομένων Σημασιολογικού Ιστού από έγγραφα. Επίσης η SPARQL χρησιμοποιεί άλλα πρότυπα του W3C που βρίσκονται σε εφαρμογές του Παγκόσμιου Ιστού όπως τη γλώσσα Web Services Description Language (WSDL).

Χαρακτηριστικά της SPARQL

Ως προς την σύνταξή της, η SPARQL βασίζεται στην Turtle , μια γλώσσα περιγραφής γραφημάτων RDF. Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιεί κεφαλίδες ως βάσεις(header bases), προθέματα (prefixes) και την απλοποιημένη μέθοδο της N-Triples για τις περιγραφές RDF. Για την σύνταξη των ερωτημάτων χρησιμοποιούνται προκαθορισμένοι όροι οι οποίοι αναλύονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6: SPARQL Όροι	
PREFIX	Χρησιμοποιείται για την ανάθεση κάποιου προθέματος συντόμευσης.
SELECT	Χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις μεταβλητές μέσω των οποίων θα εμφανιστούν τα αποτελέσματα των ερωτημάτων.
FROM	Χρησιμοποιείται για να καθορίσει την πηγή προέλευσης των δεδομένων.
WHERE	Χρησιμοποιείται για να καθορίσει τη λογική συνθήκη που πρέπει να ισχύει για να υπολογιστεί το αποτέλεσμα του ερωτήματος.
LIMIT	Χρησιμοποιείται για να καθορίσει το όριο του αριθμού των αποτελεσμάτων τα οποία θα εμφανίσει το ερώτημα.
GROUP BY	Χρησιμοποιείται για να ομαδοποιεί τα αποτελέσματα του ερωτήματος.
DISTINCT	Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το SELECT για να επιστραφούν μοναδικά αποτελέσματα.
FILTER	Χρησιμοποιείται για να φιλτράρει τα αποτελέσματα βάση κάποιου κριτηρίου.

Για την βασική δομή των ερωτημάτων της SPARQL χρησιμοποιούνται RDF δηλώσεις που μας βοηθούν να πάρουμε τα αποτελέσματα που θέλουμε και οι όροι μπορούν να γραφούν είτε με κεφαλαία ή πεζά. Η βασική δομή ενός ερωτήματος φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

```
1  #prefix declarations
2  PREFIX ms: <http://example.com/resources/>
3  .....
4  #dataset definition
5  FROM ...
6  #result clause
7  SELECT ...
8  #query pattern
9  WHERE {
10     ...
11 }
12 #query modifiers
13 GROUP BY ...
14
```

Εικόνα 31: Δομή ερωτήματος SPARQL

Κάθε ερώτημα ξεκινά με το PREFIX, όπου αναθέτουμε τα προθέματα συντόμευσης που αφορούν τους γράφους με όνομα (named graphs), στους οποίους έχει δοθεί ένα όνομα στη μορφή URI. Έπειτα έχουμε τον όρο FROM που χρησιμοποιείται για να καθορίσει την πηγή προέλευσης των δεδομένων. Κατόπιν έχουμε τον όρο SELECT που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τις μεταβλητές μέσω των οποίων θα εμφανιστούν τα αποτελέσματα των ερωτημάτων.

Με τον όρο WHERE καθορίζεται ποιες τριπλέτες θα χρησιμοποιηθούν και με το GROUP BY έχουμε την δυνατότητα να ομαδοποιήσουμε τα αποτελέσματα. Μια μεταβλητή της SPARQL αποτελεί μια συμβολοσειρά, η οποία ξεκινά με το σύμβολο του Αγγλικού ερωτηματικού «?» και περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα γράμματα. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα ερώτημα:

```

1  SELECT ?s ?p ?o
2  WHERE {
3      ?s ?p ?o .
4  }
5

```

Εικόνα 32: Απλό Ερώτημα σε SPARQL

Σε αντίθεση με την SQL, τα ερωτήματα SPARQL δεν περιορίζονται να λειτουργούν σε μία βάση δεδομένων: Τα ομοιόμορφα ερωτήματα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πολλές αποθήκες δεδομένων. Η SPARQL ξεπερνά τους περιορισμούς που θέτει η τοπική αναζήτηση. Η δύναμη του SPARQL, μαζί με την ευελιξία του RDF, μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερο κόστος ανάπτυξης.

Η SPARQL έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει τη σύνδεση δεδομένων για τον Σημασιολογικό Ιστό. Στόχος του είναι να βοηθήσει τους ανθρώπους να εμπλουτίσουν τα δεδομένα τους, συνδέοντάς τον με άλλους παγκόσμιους σημασιολογικούς πόρους, μοιράζοντας, συγχωνεύοντας και επαναχρησιμοποιώντας τα δεδομένα με πιο ουσιαστικό τρόπο. Αντίστοιχα, ένα ερώτημα SPARQL αποτελείται από ένα σύνολο τριπλών μοτίβων στα οποία κάθε στοιχείο μπορεί να είναι μια μεταβλητή. Η SPARQL έχει τέσσερις τύπους ερωτημάτων:

Πίνακας 7: Τύποι Ερωτημάτων SPARQL	
ASK	Εμφανίζει μια τιμή boolean που υποδεικνύει αν το πρότυπο ερωτήματος ταιριάζει ή όχι.
SELECT	Επιστρέφει τη λίστα των τιμών των μεταβλητών που δεσμεύονται σε ένα μοτίβο ερωτήματος.
CONSTRUCT	Επιστρέφει ένα γράφημα RDF που κατασκευάστηκε αντικαθιστώντας τις μεταβλητές στο μοτίβο ερώτησης.
DESCRIBE	Επιστρέφει ένα γράφημα RDF που περιγράφει τους πόρους που βρέθηκαν.

Φίλτρα στη SPARQL

Η λέξη FILTER επιτρέπει τη χρήση δυαδικών συνθηκών για το φιλτράρισμα μη επιθυμητών αποτελεσμάτων. Η SPARQL υποστηρίζει πλήθος συναρτήσεων, τις οποίες μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα:[47]

Πίνακας 8: Φίλτρα στην SPARQL	
Λογικές	!, &&,
Μαθηματικές	+, -, *, /, abs, round, ceil, floor, RAND
Συγκριτικές	=, !=, >, <, IN, NOT IN ...
Ελέγχου	isURI, isBlank, isLiteral, isNumeric, bound
Εκτίμησης	str, lang, datatype
Συνθήκης	IF, COALESCE, EXISTS, NOT EXISTS
Δημιουργίας	URI, BNODE, STRDT, STRLANG, UUID, STRUUID
Αλφαριθμητικές	STRLEN, SUBSTR, UCASE, LCASE, STRSTARTS, STREND, CONTAINS, STRBEFORE, STRAFTER, CONCAT, ENCODE_FOR_URI
Ημερομηνίας	now, year, month, day, hours, minutes, seconds, timezone, tz

Για παράδειγμα έστω ότι αναζητούμε όλες τις χώρες με πληθυσμό μεγαλύτερο των 15 εκατομμυρίων κατοίκων. Το ερώτημα σε SPARQL θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής:

```
#PREFIX rdfs: https://www.w3.org/2000/01/rdf-schema
```

```
#PREFIX type: http://dbpedia.org/class/yago/
```

```
PREFIX prop: http://dbpedia.org/property/
```

```
SELECT DISTINCT ?country_name ?population
```

```
WHERE {
```

```
    ?country a type:LandlockedCountries ;rdfs:label
```

```
    ?country_name ;prop:populationEstimate ?population .
```

```
    FILTER (?population > 15000000)
```

```
}
```

Σε γενικές γραμμές, το πρωτόκολλο της SPARQL καθορίζει τον τρόπο πρόσβασης στα τελικά σημεία SPARQL και τις μορφές αποτελεσμάτων και μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω για να αξιοποιήσει τη μοναδικότητα των διαφόρων τύπων δεδομένων. Οι τυποποιημένες επεκτάσεις περιλαμβάνουν το GeoSPARQL για την αναζήτηση γεωχωρικών δεδομένων. Η μεγάλη ποικιλία γραφικών που μπορούν να συνδυαστούν μέσω των ερωτημάτων SPARQL αντικατοπτρίζει τη μεγάλη ποικιλία των δεδομένων που σχεδιάστηκαν για την SPARQL, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για να εξάγει τις απαραίτητες πληροφορίες κρυμμένες σε μη ομοιόμορφα δεδομένα αποθηκευμένα σε διάφορες μορφές και πηγές.

Ο Tim Berners-Lee ισχυρίζεται ότι: "Το να προσπαθήσετε να χρησιμοποιήσετε τον Σημασιολογικό Ιστό χωρίς SPARQL είναι σαν να προσπαθείτε να χρησιμοποιήσετε μια σχεσιακή βάση δεδομένων χωρίς SQL. Η SPARQL καθιστά δυνατή την αναζήτηση πληροφοριών από βάσεις δεδομένων και άλλες ποικίλες πηγές, σε όλο τον ιστό."

Ερωτήσεις σε SPARQL

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται η πρακτική εφαρμογή της οντολογίας των Μουσικών Σχολείων με τη εγκατάστασή της σε online πλατφόρμα δημοσίευσης δεδομένων RDF, καθώς και η αξιοποίησή της μέσω ερωτημάτων SPARQL για την ανάκτηση δεδομένων κατά την εκτέλεση τυπικών διαδικασιών δανεισμού μουσικών οργάνων. Οι ερωτήσεις σε SPARQL έγιναν με την χρήση του Virtuoso Conductor και χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω προθέματα:

prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .

prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .

prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .

prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .

prefix ms: <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#> .

1. Ποια τα ονόματα των μαθητών και οι κωδικοί τους?

```
SELECT DISTINCT ?studnames ?studindexs
WHERE {
    ?student a ms:Student .
    ?student ms:Name_Student ?studnames .
    ?student ms:Index_Student ?studindexs .
}
```

studnames	studindexs
"Sofianos Kostas"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"101"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
"Sofou Eleni"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"102"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
"Foteinos Kostas"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"103"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
"Alexiou Maria"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"104"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
"Kontos Dimitris"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"105"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>

Εικόνα 33: Αποτελέσματα 1^{ου} Ερωτήματος

2. Πόσα πνευστά έχουν τα μουσικά σχολεία?

```
SELECT ( COUNT ( ?x ) AS ?Count_Aerophones )
WHERE {
    ?x rdf:type ms:Aerophones .
}
```

Count_Aerophones
5

Εικόνα 34: Αποτελέσματα 2^{ου} Ερωτήματος

3. Ποιό είναι το συνολικό ποσό για τα πνευστά?

```
SELECT ( SUM (?sum) AS ?total_sum )
WHERE {
    ?x a ms:Aerophones .
    ?x ms:Amount_Instrument ?sum .
}
```

total_sum
3677.0

Εικόνα 35: Αποτελέσματα 3^{ου} Ερωτήματος

4. Ποιά η ημερομηνία παραλαβής των μουσικών οργάνων και το Bar Code ?

```
SELECT DISTINCT ?dated ?barcode
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?x ms>Date_Delivery_Instrument ?dated .
    ?x ms:BarCode_Music_Instrument ?barcode .
}
```

dated	barcode
2017-01-22T12:34:05	"G00JAQ0023"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2017-10-18T13:13:10	"M110.3647"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2017-05-26T12:34:12	"M11JU00002"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-11-12T14:14:18	"M014600010"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-02-12T10:10:18	"M024600031"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2018-09-18T12:20:23	"M367.00409"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2017-04-21T11:12:13	"M354.0040"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-05-04T11:30:32	"M306500008"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-04-28T13:12:15	"M30PM00000"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2017-03-18T09:10:12	"M10JU00002"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-09-18T09:19:12	"M10GN00001"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-10-21T10:23:45	"M225200010"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2016-02-12T10:34:15	"M22ME00140"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
2018-02-18T10:36:20	"M13170012"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Εικόνα 36: Αποτελέσματα 4^{ου} Ερωτήματος

5. Ποιά είναι τα ονόματα των μουσικών οργάνων, η ημερομηνία παραλαβής και το Bar Code ταξινομημένα ως προς το όνομα?

```
SELECT DISTINCT ?namemus ?dated ?barcode
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    OPTIONAL {?x ms:Name_Music_Instrument ?namemus }
    OPTIONAL {?x ms:Date_Delivery_Instrument ?dated }
    OPTIONAL {?x ms:BarCode_Music_Instrument ?barcode }
}
ORDER BY ?namemus
```

namemus	dated	barcode
"Electric_Guitar_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2017-01-22T12:34:05	"G00JAQ0023"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Flute_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2017-10-18T13:13:10	"M110.3647"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Flute_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2017-05-26T12:34:12	"M11JU00002"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Guitar_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-11-12T14:14:18	"M014600010"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Guitar_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-02-12T10:10:18	"M024600031"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Laouto_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2018-09-18T12:20:23	"M367.00409"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Laouto_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2017-04-21T11:12:13	"M354.0040"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Mantolin_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-05-04T11:30:32	"M306500008"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Mantolin_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-04-28T13:12:15	"M30PM00000"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Saxophone_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2017-03-18T09:10:12	"M10JU00002"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Saxophone_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-09-18T09:19:12	"M10GN00001"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Tampourine_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-10-21T10:23:45	"M225200010"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Tampourine_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2016-02-12T10:34:15	"M22ME00140"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Trumpet_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2018-02-18T10:36:20	"M13170012"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Εικόνα 37: Αποτελέσματα 5^{ου} Ερωτήματος

6. Ποιά είναι η ημερομηνία παραλαβής των μουσικών οργάνων, όπου είναι μεγαλύτερη από 01-01-2017 και μικρότερη ή ίση από 01-01-2018?

```
SELECT DISTINCT ?dated
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?x ms:Date_Delivery_Instrument ?dated .
    FILTER ( ?dated > "2017-01-01T00:00:00"^^xsd:dateTime
            && ?dated <= "2018-01-01T00:00:00"^^xsd:dateTime )
}
```



dated
2017-01-22T12:34:05
2017-10-18T13:13:10
2017-05-26T12:34:12
2017-04-21T11:12:13
2017-03-18T09:10:12

Εικόνα 38: Αποτελέσματα 6ου Ερωτήματος

7. Ποια τα ονόματα των μαθητών που δεν έχουν επιστρέψει μουσικά όργανα?

```
SELECT DISTINCT ?namestudent ?datereturn
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?y a ms:Student .
    OPTIONAL { ?y ms:Name_Student ?namestudent }
    OPTIONAL { ?y ms:Date_Return ?datereturn }
    FILTER (!bound (?datereturn))
}
ORDER BY ?namestudent
```

namestudent	datereturn
"Foteinos Kostas"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	
"Kontos Dimitris"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	

Εικόνα 39: Αποτελέσματα 7^{ου} Ερωτήματος

8. Ποια τα ονόματα των μαθητών που έχουν επιστρέψει μουσικά όργανα?

```
SELECT DISTINCT ?namestudent ?datereturn
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?y a ms:Student .
    OPTIONAL {?y ms:Name_Student ?namestudent }
    OPTIONAL {?y ms>Date_Return ?datereturn }
    FILTER (bound (?datereturn))
}
ORDER BY ?namestudent
```

namestudent	datereturn
"Alexiou Maria"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2017-12-18T13:26:18
"Sofianos Kostas"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2018-10-15T12:14:15
"Sofou Eleni"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	2018-09-28T12:16:20

Εικόνα 40: Αποτελέσματα 8^{ου} Ερωτήματος

9. Ποια τα ονόματα των μουσικών σχολείων και τα URL?

```
SELECT DISTINCT ?namems ?uri
WHERE {
    ?x a ms:Music_Schools .
    OPTIONAL {?y ms:Name_Music_School ?namems }
    OPTIONAL {?y ms:Url_Music_School ?uri }
}
ORDER BY ?namems
```

namems	uri
"Music School of Lefkas"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"http://gym-mous-lefkad.sch.gr"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
"Music School of Patras"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"http://lyk-mous-patras.ach.sch.gr"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
"Music School of Preveza"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	"http://gym-mous-prevez.pre.sch.gr"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>

Εικόνα 41: Αποτελέσματα 9ου Ερωτήματος

10. Ποιο είναι το συνολικό κόστος των οργάνων?

```
SELECT (SUM (?sum) AS ?sum_music)
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?x ms:Amount_Instrument ?sum .
}
```

sum_music
7041.0

Εικόνα 42: Αποτελέσματα 10ου Ερωτήματος

11. Ποιά μουσικά όργανα είναι δωρεά?

```
SELECT DISTINCT ?names ?mus_amount
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?x ms:Name_Music_Instrument ?names .
    ?x ms:Amount_Instrument ? mus_amount .
    FILTER (?mus_amount = 0.0 )
}
```

names
"Flute_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Εικόνα 183: Αποτελέσματα 11ου Ερωτήματος

12. Ποιά μουσικά όργανα δεν είναι δωρεά?

```
SELECT DISTINCT ?names ?amount
WHERE {
    ?x rdf:type ?Class .
    ?Class rdfs:subClassOf ms:Music_Instruments .
    ?x ms:Name_Music_Instrument ?names .
    ?x ms:Amount_Instrument ?amount .
    FILTER (?amount != 0.0)
}
```

names	amount
"Electric_Guitar_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	190.0
"Flute_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	506.0
"Guitar_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	355.0
"Guitar_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	519.0
"Laouto_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	625.0
"Laouto_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	856.0
"Mantolin_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	272.0
"Mantolin_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	176.0
"Saxophone_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	878.0
"Saxophone_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	593.0
"Tampourine_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	261.0
"Tampourine_2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	110.0
"Trumpet_1"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	1700.0

Εικόνα 44: Αποτελέσματα 12^{ου} Ερωτήματος

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αξιολόγηση της οντολογίας και παρατίθενται προτάσεις και συμπεράσματα από την αξιολόγηση της εφαρμογής, μελλοντικά σχέδια, η βιβλιογραφία σε επίπεδο πηγών και σε επίπεδο Διαδικτύου και τέλος δύο παραρτήματα με τα αρχεία της οντολογίας σε μορφή Turtle και N-triples.

6.1 Αξιολόγηση της Οντολογίας

Από την βιβλιογραφική αναζήτηση που έγινε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, διαπιστώθηκε το έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για την χρήση των οντολογιών και των τεχνολογιών του Σημαιολογικού Ιστού, ως εργαλεία αναπαράστασης και διαχείρισης γνώσης σε πολλές επιστημονικές περιοχές. Η εκπαίδευση είναι ένας από τους επιστημονικούς τομείς, όπου έχει εκδηλωθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη οντολογιών και αντίστοιχων έργων και εργαλείων για την διαχείρισή τους, τα οποία θα κάνουν χρήση των διαθέσιμων μηχανισμών εξόρυξης και δικτυακού διαμοιρασμού της οντολογικής πληροφορίας.

Η οντολογία που αναπτύχθηκε, αποτελεί μια πρακτική εφαρμογή πελάτη-εξυπηρετητή για αναζήτηση σημασιολογικής πληροφορίας από τον χρήστη που είναι αποθηκευμένη εντός της οντολογίας. Μέσα από την ανάπτυξη μιας τέτοιας εφαρμογής γίνεται φανερό το πώς μπορούν οι κλάσεις μιας οντολογίας να απεικονιστούν ως εγγραφές σε έναν πίνακα και οι συσχετισμοί μεταξύ των κλάσεων ως γνωρίσματα στον πίνακα αυτό, και στην συνέχεια το πώς μπορεί ο κάθε χρήστης να αναζητήσει και πώς τελικά θα λάβει την πληροφορία από τον server. Επιπλέον, είναι στην ευχέρεια του κάθε προγραμματιστή ο τρόπος με τον οποίο θα οργανωθούν οι εγγραφές και τα γνωρίσματα, έτσι ώστε η πληροφορία που θα προκύπτει κατά την αναζήτηση από τον χρήστη να είναι η καλύτερη δυνατή, όσον αφορά στην ποσότητα και στην πληρότητά της.

Με βάση τον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας μιας αποθήκης μουσικών οργάνων ενός Μουσικού Σχολείου και αναγνωρίζοντας την ανάγκη για περιεκτικότερη, πληρέστερη και ορθά ορισμένη περιγραφή λαμβανομένων πληροφοριών από το περιβάλλον σχεδιάστηκε ένα μοντέλο που αποτελείται από πληθώρα αντικειμένων που αντικατοπτρίζουν την παρούσα οργάνωση και διοίκηση μίας αποθήκης μουσικών οργάνων. Κύριος στόχος αυτής της δημιουργίας ήταν αφενός η πολύπλευρη οργάνωση και λειτουργία του σχολείου και αφετέρου η εξόρυξη νέων πληροφοριών για την περαιτέρω βελτίωση της οργάνωσης και διαχείρισης αυτής.

Η συγκεκριμένη οντολογία αποτελεί τη βάση και μία πρώτη προσπάθεια για την δημιουργία πιο εξελιγμένων οντολογιών, οι οποίες θα είναι σχετικές τόσο με το ανθρώπινο δυναμικό όσο και με τις λειτουργίες-συναλλαγές που πραγματοποιούνται σε μια σχολική μονάδα γενικότερα. Εν ολίγοις, μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο θα μπορούν να χρησιμοποιούν όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς. Έτσι, γίνεται η μετάβαση από ένα αφηρημένο μοντέλο σε ένα σύστημα, το οποίο με την ενσωμάτωση των χαρακτηριστικών του μοντέλου δίνει τη δυνατότητα στις σχολικές μονάδες να εμπλακούν στην πράξη στις διαδικασίες της οργάνωσης και διαχείρισης αποθήκης μουσικών οργάνων.

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα ωφέλιμη για τις εκπαιδευτικές μονάδες. Τα οφέλη τους προέρχονται:

- ❖ Από τη σημαντική μείωση της απαιτούμενης προσπάθειας και χρόνου για τον έλεγχο, την εισαγωγή, την επαλήθευση και την ολοκλήρωση των συναλλαγών. Παράλληλα, η ανταγωνιστικότητα της σχολικής μονάδας αυξάνεται από το γεγονός ότι ο χρόνος για την πραγματοποίηση μιας συναλλαγής μειώνεται από μέρες σε δευτερόλεπτα.

- ❖ Η διαδικασία μοντελοποίησης της οργάνωσης και διαχείρισης μιας αποθήκης μουσικών οργάνων βοηθάει στην πλήρη κατανόηση όλων των εννοιών, των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους. Η χρήση της οντολογίας επιτρέπει την αναπαράσταση γνώσης και βοηθάει τα διευθυντικά στελέχη μιας σχολικής μονάδας να εκφράσουν και να μεταδώσουν με απτό τρόπο (στο εκπαιδευτικό-διοικητικό προσωπικό, στους γονείς-κηδεμόνες, στους μαθητές καθώς και στην κοινωνία γενικότερα) την πληροφορία που αυτό περιέχει για την αποτελεσματικότερη και ποιοτικότερη οργάνωση των λειτουργιών.
- ❖ Η οντολογία μπορεί να διευκολύνει τη γραφειοκρατία του σχολείου· δύναται, επιπλέον, να αποτελέσει και ένα πολύ χρήσιμο στατιστικό εργαλείο στα χέρια εκείνου που θα θελήσει να το αξιοποιήσει κατάλληλα προς την κατεύθυνση της χαρτογράφησης της ισχύουσας κατάστασης και της λήψης του παλμού της ελληνικής εκπαίδευσης για ένα μελλοντικό σχεδιασμό προς μια ουσιαστική αναβάθμιση του εκπαιδευτικού μας συστήματος.
- ❖ Με την εφαρμογή του συστήματος της οντολογίας η Κεντρική Διοίκηση του Υπουργείου Παιδείας δύναται να έχει πρόσβαση ανά πάσα στιγμή στα δεδομένα των σχολικών μονάδων ανά την επικράτεια. Η τεχνολογία, λοιπόν, του δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο (real time) τι συμβαίνει σε κάθε σχολείο, σε κάθε μισθοδοτούμενο υπάλληλό του, στο κάθε «κύτταρό» του που δεν είναι άλλο από τον ίδιο τον μαθητή.
- ❖ Από την αυξημένη ασφάλεια, την ορθότητα των συναλλασσόμενων δεδομένων και από το μειωμένο κόστος κατοχής πολλών πληροφοριακών συστημάτων.
- ❖ Επιπλέον, εάν εφαρμοζόταν ένα σύστημα οντολογίας, δε θα χρειαζόταν η απογραφή των μουσικών οργάνων, γεγονός που συνεπάγεται κόπο και χρόνο από την πλευρά των εκπαιδευτικών σε ένα ήδη επιβαρυνμένο ωρολόγιο πρόγραμμα εντός κι εκτός σχολικής μονάδας και αφετέρου το ίδιο το κράτος δε θα χρειαζόταν να ξοδέψει μεγάλα χρηματικά ποσά για την κατασκευή για μια ακόμη φορά νέου πληροφοριακού συστήματος, ικανού να στηρίξει τη συγκεκριμένη διαδικασία. Αν εφαρμοζόταν το συγκεκριμένο μοντέλο όλα τα στοιχεία του ανθρώπινου δυναμικού που διαθέτει μια σχολική μονάδα θα ήταν διαθέσιμα σε πραγματικό χρόνο (real time).

Η εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων θα μπορούσε να επιτευχθεί εάν εφαρμοζόταν ένα σύστημα οντολογίας άπαξ, το οποίο θα έδινε τη δυνατότητα για περαιτέρω εξέλιξη και επέκταση. Στην περίπτωση αυτή, δε θα χρειαζόταν όλο αυτό το πλήθος πληροφοριακών συστημάτων, γεγονός που θα εξασφάλιζε πόρους ικανούς προκειμένου να διατεθούν για άλλους τομείς στον χώρο της εκπαίδευσης που σήμερα πάσχουν και μένουν στάσιμοι λόγω έλλειψης υλικών και άϋλων πόρων.

Η βασική καινοτομία του συστήματος που περιγράφεται στην παρούσα εργασία έγκειται ακριβώς σε αυτό που περιγράφεται παραπάνω. Τα οφέλη που προσφέρει το κάθε πληροφοριακό σύστημα χωριστά, θα μπορούσαν να προσφέρονται συγκεντρωμένα σε μια οντολογία και κατ' επέκταση να είχαμε στοχευμένη ανάκτηση πληροφορίας. Τι καλύτερο από το να μπορούσαν τα χρήματα που θα εξοικονομούνταν να επενδυθούν στον ποιοτικότερο εξοπλισμό των σχολικών μονάδων και στις υλικές υποδομές καθώς και στο ανθρώπινο δυναμικό μέσω της διαδικασίας πρόσληψης περισσότερου προσωπικού με στόχο την αναβάθμιση της δημόσιας παιδείας.

Το μοντέλο, εφόσον υιοθετηθεί από τις σχολικές μονάδες με την αρωγή βέβαια της κεντρικής εξουσίας, έτσι ώστε να εξασφαλίζει γενικότητα και να μην περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο, θα ωθήσει το δημόσιο σχολείο να γίνει πιο ανταγωνιστικό στο σύνολο των δραστηριοτήτων του, έναντι των ιδιωτικών εκπαιδευτικών μονάδων, αν «μεταφράσει» το μοντέλο σε λειτουργικό σύστημα.

Πιθανή εφαρμογή της οντολογίας θα μπορούσε να είναι η αξιοποίησή της σ' ένα ευρύτερο σύστημα ανίχνευσης λειτουργικών, οργανωτικών και διοικητικών αναγκών σε δημόσια σχολεία. Επίσης, θα μπορούσε να υποστηρίξει έναν μηχανισμό αναζήτησης στο Υπουργείο Παιδείας, στις Διευθύνσεις Β/θμιας Εκπαίδευσης που θα περιέχει το σύνολο των Μουσικών Σχολείων σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Έχοντας αυτό το πρότυπο, η κατάλληλη εφαρμογή της παραγόμενης πληροφορίας και η αξιοποίηση της προκύπτουσας γνώσης, δύναται να επιφέρουν εντυπωσιακές αλλαγές.

6.2 Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται ως «εποχή της πληροφορίας» και οι γνώσεις διαδίδονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Αυτό κάνει αναγκαίο την χρήση συστημάτων διαχείρισης γνώσεων από διάφορους οργανισμούς για να μπορεί να γίνει ουσιαστική και αποδοτική διαχείριση του μεγάλου όγκου πληροφοριών που εισρέουν σε καθημερινή βάση σε αυτούς.

Στην αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος ουσιαστική βοήθεια μπορούν να προσφέρουν οι οντολογίες, οι οποίες εκφράζονται σε μια γλώσσα βασισμένη στην λογική. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να γίνουν σαφείς και ακριβείς διακρίσεις μεταξύ των κλάσεων, των ιδιοτήτων και των σχέσεων, δομικά συστατικά μιας οντολογίας. Επί πλέον μερικά εργαλεία οντολογίας μπορούν να εκτελέσουν αυτοματοποιημένους συλλογισμούς και να παρέχουν ποικίλες προηγμένες υπηρεσίες σε ευφυείς εφαρμογές όπως: πράκτορες λογισμικού, ομιλία και φυσική κατανόηση γλώσσας, διαχείριση γνώσης και σημασιολογική αναζήτηση – ανάκτηση πληροφορίας.

Χρησιμοποιώντας τις οντολογίες, οι μελλοντικές εφαρμογές μπορούν να είναι «ευφυείς» υπό το πρίσμα ότι μπορούν να λειτουργήσουν ακριβέστερα στο εννοιολογικό επίπεδο. Ένα Πληροφοριακό Σύστημα που στηρίζεται σε τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού είναι σε θέση να εξάγει πληροφορία από την ήδη υπάρχουσα. Επιπλέον, οι οντολογίες μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμες σε μια κοινότητα ως τρόπος δόμησης και ορισμού της έννοιας των μετα-δεδομένων που συλλέγονται και τυποποιούνται.

Ο σκοπός του Σημασιολογικού Ιστού είναι να βοηθήσει τον άνθρωπο να έχει πρόσβαση σε έναν ενιαίο Ιστό Δεδομένων, όπου οι πληροφορίες θα περιέχουν μετα-δεδομένα τα οποία θα είναι κοινά για όλους κι αυτό είναι πολύ κοντά στις νέες απαιτήσεις της τεχνολογίας και της πληροφορίας.

Αν για παράδειγμα το σύστημά μας γνωρίζει ότι «Ο Σωκράτης είναι άνθρωπος» και ότι «Όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί», θα μπορέσει να συμπεράνει ότι «Ο Σωκράτης είναι θνητός», χωρίς να απαιτείται να το έχουμε καθορίσει ρητά. Αυτό το παράδειγμα επαγωγής δηλώνει μια από τις πολλές δυνατότητες των τεχνολογιών που προσφέρει ο Σημασιολογικός Ιστός. Πιο γενικά, ένα Πληροφοριακό Σύστημα θα είναι σε θέση να συμπεράνει περισσότερα, έχοντας δηλώσει μόνο μερικά γεγονότα στο Πληροφοριακό Σύστημα.

Ας έλθουμε τώρα στο πεδίο της εκπαίδευσης όπου θα λέγαμε ότι οι οντολογίες μπορούν να προσφέρουν σημαντική βοήθεια και να ενισχύσουν την λειτουργία των σχολικών μονάδων, αφενός σε επίπεδο οργάνωσης και διοίκησης και αφετέρου σε επίπεδο επικοινωνίας της σχολικής μονάδας με εξωτερικούς φορείς. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβάλλει στην ποιοτικότερη εξυπηρέτηση πολιτών(εκπαιδευτικοί, γονείς/κηδεμόνες, μαθητές), ταχύτητας συναλλαγών, αποτελεσματικότερης επικοινωνίας και εύρεσης πληροφοριών, αλλά και εξοικονόμηση χρημάτων και χρόνου.

Η συμβολή των οντολογιών στην εξοικονόμηση χρόνου και κατ' επέκταση του Σημασιολογικού Ιστού μπορεί να αποδειχθεί ζωτικής σημασίας για τον εκσυγχρονισμό του χώρου της εκπαίδευσης. Η διοικητική/ εκπαιδευτική γνώση που αναβλύζει από την λειτουργία μιας σχολικής μονάδας και τις δραστηριότητες στις οποίες αυτή συμμετέχει, απαιτεί μοντελοποίηση και δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης. Με τον τρόπο αυτό οι σχολικές μονάδες θα μπορέσουν να εκμεταλλευτούν με ουσιαστικό τρόπο τα οφέλη που προέρχονται από τον Σημασιολογικό Ιστό.

Επιπλέον, χρειάζεται μια κοινώς αποδεκτή και αυστηρή μοντελοποίηση των ενδοσχολικών συναλλαγών, η οποία θα απαντά σε μια σειρά σχεδιαστικά ερωτήματα, όπως ποιοι φορείς εμπλέκονται, ποια έγγραφα θα χρησιμοποιηθούν, ποια είναι η νομοθεσία, ενθαρρύνοντας τον χώρο της εκπαίδευσης να χρησιμοποιήσει τέτοιες εφαρμογές.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας των Συνδεδεμένων Δεδομένων, πρότυπα και εφαρμογές που χρησιμοποιούνται, καθώς και εργαλεία για την δημιουργία ερωτημάτων και την λήψη κατάλληλων απαντήσεων. Το αντικείμενο της εργασίας είναι η αξιοποίηση τεχνολογιών, εργαλείων, υπηρεσιών του Διαδικτύου για την μελέτη, την οργάνωση και την διαχείριση του χώρου αποθήκευσης των μουσικών οργάνων ενός Μουσικού Σχολείου.

Αρχικά έγινε μια ιστορική αναδρομή και μια γνωριμία με βασικές έννοιες του Διαδικτύου και του Σημασιολογικού Ιστού, με σκοπό να σχηματίσει ο αναγνώστης μια σφαιρική εικόνα για τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα και ορισμένων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον. Κατόπιν έγινε παρουσίαση του σκοπού της οντολογίας που πρόκειται να σχεδιαστεί, της μεθοδολογίας της οντολογίας και η ανάλυσή της. Τέλος έγινε χρήση της οντολογίας με οπτικοποίηση των δεδομένων και ερωτήσεων στο σύνολο των δεδομένων.

Στόχοι που επιτεύχθηκαν είναι η απόκτηση γνώσεων σχετικά με τον Παγκόσμιο Πληροφοριακό Ιστό και τον Σημασιολογικό Ιστό, ο τρόπος αντιμετώπισης μεγάλου όγκου δεδομένων, η σχεδίαση μιας εφαρμογής για την καλύτερη διαχείριση του όγκου δεδομένων και πληροφοριών που αφορούν την αποθήκη μουσικών οργάνων των Μουσικών Σχολείων και τέλος η κατανόηση σημαντικών θεωρητικών εννοιών και εφαρμογών.

Όσον αφορά στην σχεδίαση και την υλοποίηση της εφαρμογής έγινε μια αναζήτηση πληροφοριών για την διαχείριση και την αποθήκευση των μουσικών οργάνων ενός Μουσικού Σχολείου και η χρήση τους από καθηγητές, μαθητές και διάφορα μουσικά σχήματα. Έγινε μια μελέτη οντολογιών σχετικών με τα μουσικά όργανα, όπως η Music Ontology κ.α. Στην συνέχεια σχεδιάστηκε η οντολογία με τους κανόνες μεθοδολογίας οντολογιών και δημιουργήθηκαν στιγμιότυπα. Τέλος εγκατάστασή της σε online πλατφόρμα δημοσίευσης δεδομένων RDF, καθώς και η αξιοποίησή της μέσω ερωτημάτων SPARQL για την ανάκτηση δεδομένων κατά την εκτέλεση τυπικών διαδικασιών δανεισμού μουσικών οργάνων.

Πάρα πολύ σημαντικό σε μια τέτοια προσπάθεια είναι η όσον το δυνατόν μεγαλύτερη αποδοχή κοινών προτύπων, για να αποφευχθούν με αυτόν τον τρόπο περιττές διαδικασίες μετατροπών. Κατά αυτή την έννοια, μια οντολογία ως προσπάθεια μοντελοποίησης ενός πεδίου γνώσης, δύναται να είναι χρήσιμη και κοινά αποδεκτή. Αντιδιαμετρικά, αν το Πληροφοριακό Σύστημα κάθε εμπλεκόμενου φορέα χρησιμοποιεί διαφορετικά πρότυπα, τότε το επόμενο στάδιο θα είναι να δημιουργηθούν «υπερ-οντολογίες», των οποίων τα στοιχεία θα είναι διαφορετικές μεταξύ τους οντολογίες και με τον τρόπο αυτό να καταλήξουμε σε έναν φαύλο κύκλο.

Κατά την γνώμη μου, σημαντικά εμπόδια στην εξέλιξη της τεχνολογίας του Σημασιολογικού Ιστού αποτελούν αφενός το γεγονός ότι ερευνητές και επιστήμονες κρατούν τα δεδομένα για τον εαυτό τους και δεν τα διαμοιράζονται και αφετέρου η ύπαρξη αυστηρών νομικών προϋποθέσεων σχετικά με την προστασία των δεδομένων, που πρέπει να ξεπεραστούν για να ανοίξει ο δρόμος για μια παγκόσμια επεξεργασία δεδομένων από την οποία θα προκύψει η παραγωγή νέας επιστημονικής γνώσης που θα καλυτερεύσει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων.

Συμπερασματικά, η τεχνολογία των Συνδεδεμένων Δεδομένων αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον σύγχρονο άνθρωπο. Είτε αυτός είναι απλός άνθρωπος που μπορεί να έχει πρόσβαση σε διάφορες πηγές δεδομένων και να μειώνει με τον τρόπο αυτό τις γραφειοκρατικές διαδικασίες, εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα τόσο για τον ίδιο όσο και για το κράτος. Είτε αυτός είναι επιστήμονας και μπορεί να διασυνδέει πληροφορίες και να παράγει με τον τρόπο αυτό νέα επιστημονική γνώση που θα αξιοποιηθεί προς όφελος της ανθρωπότητας.

6.3 Μελλοντικά Σχέδια

Ο χώρος ανάπτυξης της οντολογίας αποτελεί κατάλληλο έδαφος για εξέλιξη της παρούσας εργασίας και για περαιτέρω έρευνα. Όσον αφορά τις προτάσεις μου για τη βελτίωση της υφιστάμενης οντολογίας έχουν να κάνουν με διαφορετικές μορφές μοντελοποίησης και λαμβάνουν χώρα στην περιοχή της Σχολικής ηγεσίας. Συνεπώς ως μελλοντική έρευνα πάνω στον συγκεκριμένο τομέα θα μπορούσε να αποτελέσει η μοντελοποίηση διαφόρων διοικητικών διαδικασιών που υλοποιούνται στα πλαίσια λειτουργίας μιας σχολικής μονάδας, με τη βοήθεια του προτύπου BPMN (Business Process Modeling Notation), το οποίο έχει ως σκοπό την παροχή μιας σημειογραφίας η οποία είναι ιδιαίτερα κατανοητή από όλους τους συμμετέχοντες σε μια διαδικασία.[48]

Με τη μοντελοποίηση διαδικασιών πολλά προβλήματα στην οργάνωση και διοίκηση των Σχολικών Μονάδων μπορούν να αποφευχθούν. Η προτεινόμενη οντολογία αποτελεί τη βάση, προκειμένου οι σχολικές μονάδες να εμπλακούν στη διαδικασία ανάπτυξης μιας οντολογίας. Η κάθε εκπαιδευτική μονάδα μπορεί να τροποποιήσει την προτεινόμενη οντολογία και να την προσαρμόσει στις ανάγκες της. Αυτό σημαίνει ότι μια συγκεκριμένη σχολική μονάδα χρησιμοποιεί το μοντέλο και εισάγει δεδομένα σε αυτό, ώστε το μοντέλο να εξυπηρετεί τις ανάγκες της σχολικής μονάδας.

Μερικές προτάσεις σχετικά με τον εμπλουτισμό και την επέκταση της υπάρχουσας οντολογίας έχουν να κάνουν με τη δημιουργία νέων κλάσεων, τον διαχωρισμό κλάσεων και των εμπλουτισμό των υπάρχουσών κλάσεων με καινούργιες ιδιότητες. Μια τέτοια πρόταση θα ήταν η δημιουργία μιας νέας κλάσης σχετικά με τις παρτιτούρες μουσικών κομματιών που διαθέτει ένα Μουσικό Σχολείο και η δημιουργία μιας ψηφιακής μουσικής βιβλιοθήκης.

Μια ακόμη πρόταση θα ήταν το μοντέλο της οντολογίας να περιλαμβάνει μια επιπλέον κλάση, η οποία να αναφέρεται σ' έναν αριθμό διοικητικών πράξεων που υλοποιούνται καθημερινά από τον Διευθυντή ενός Μουσικού Σχολείου, αλλά και από το εκπαιδευτικό προσωπικό του σχολείου και έχουν να κάνουν με την επικοινωνία της σχολικής μονάδας με εξωτερικούς και εσωτερικούς φορείς. Προτείνεται η εισαγωγή ενός στιγμιότυπου που θα έχει να κάνει με τις διαδικασίες μεταξύ της σχολικής μονάδας και του Δήμου στον οποίο ανήκει η σχολική μονάδα. Επίσης προτείνεται η εισαγωγή ενός στιγμιότυπου που θα έχει να κάνει με την επικοινωνία της σχολικής μονάδας με τους γονείς/ κηδεμόνες των μαθητών.

Η παρούσα εργασία επιτυγχάνει την ενσωμάτωση μεταδομένων με την άντληση στοιχείων μέσα από μια RDF βάση δεδομένων (triplestore), η οποία αναπτύσσεται παράλληλα με την παρούσα εργασία, με τη χρήση της γλώσσας ερωτημάτων SPARQL και με τη βοήθεια της εφαρμογής Virtuoso Conductor. Η άντληση στοιχείων μέσα από τη βάση γίνεται με όχι ιδιαίτερα φιλικό τρόπο για έναν απλό χρήστη, πρέπει κάποιος να διαθέτει γνώσεις προγραμματιστικές για να μπορέσει να εξάγει τα συμπεράσματα που επιθυμεί. Για το λόγο αυτό μια ακόμη πρόταση θα ήταν η δημιουργία ενός φιλικού γραφικού περιβάλλοντος επικοινωνίας ανάμεσα στους απλούς χρήστες και τα δεδομένα της οντολογίας.

Ο κλάδος του Σημασιολογικού Ιστού έχει σημειώσει αριετά μεγάλη πρόοδο από τότε που ξεκίνησε, ωστόσο εμφανίζονται ακόμα πολλές δυσκολίες στην εύρεση ενός εργαλείου που να είναι πλήρως λειτουργικό. Παρόλα αυτά, γίνεται μεγάλη προσπάθεια από την κοινότητα του Σημασιολογικού Ιστού για παραγωγή όλο και καλύτερων εργαλείων, και γίνονται ήδη βήματα ενσωμάτωσης μεταδεδομένων στο Διαδίκτυο και ταυτόχρονα δημιουργία συλλογιστικών μηχανών αναζήτησης, που θα έχουν τη δυνατότητα να εκμεταλλευτούν ποικιλοτρόπως τα μεταδεδομένα.

Υπάρχει μεγάλο περιθώριο μελλοντικής εξέλιξης του πεδίου, ιδιαίτερα όσον αφορά τα επίπεδα Εμπιστοσύνης και Απόδειξης του Σημασιολογικού Ιστού. Ήδη γίνονται προσπάθειες δημιουργίας ευφών πρακτόρων για τη βέλτιστη εξόρυξη και επεξεργασία μεταδεδομένων. Σε κάθε περίπτωση, η ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού προβλέπεται να προκαλέσει μεγάλες αλλαγές στον τρόπο αναζήτησης και διαχείρισης πληροφοριών στο μέλλον, αλλάζοντας πιθανώς σημαντικά τη χρήση του Διαδικτύου, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούμε και οργανώνουμε τις καθημερινές μας ασχολίες.

6.4 Βιβλιογραφία - Παραρτήματα

- [1] Bizer, Christian, Heath, Tom and Berners-Lee, Tim (2009) Linked Data - the story so far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 5 (3), 1-22.
- [2] Devedzic, V. (2004). *Education and the Semantic Web*. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 14, pp. 39-65.
- [3] Aroyo, L. & Dicheva, D. (2004). *The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web*. *Educational Technology & Society*, 7 (4), pp. 59-69.
- [4] Hendler, J. (2001). *Agents and the Semantic Web*. *IEEE Intelligent Systems*, 16 (2), pp. 30-37.
- [5] Tim Berners – Lee, James Hendler and Ora Lassila.(2001). *The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities*. *Scientific American*
- [6] O'Reilly, T. (2005). *What Is Web 2.0 Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
- [7] Allan M. Collins, A; M.R. Quillian (1969). «Retrieval time from semantic memory». *Journal of verbal learning and verbal behavior* 8 (2): 240–247.
- [8] Σημασιολογικός Ιστός και Web 3.0
https://el.wikipedia.org/wiki/Σημασιολογικός_Ιστός
- [9] Klyne, G., Carroll, J. (2004). *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax* - W3C Recommendation.
- [10] Hendler, J., (2001), Agents and the Semantic Web, *IEEE Intelligent Systems*, vol. 16, no. 2, Mar./Apr. 2001, pp. 30–37
- [11] Cory Janssen, “Definition of Software Agent” (<http://www.techopedia.com/definition/24595/software-agent>).
- [12] Sauermann, L., & Cyganiak, R. (n.d.). *Cool URIs for the Semantic Web*. Ανάκτηση Δεκέμβριος, 2018, από <https://www.w3.org/TR/cooluris/>
- [13] Ora Lassila, Ralph R. Swick (1999). *Resource Description Framework: (RDF) Model and Syntax Specification*. W3C Recommendation 22 February 1999.
- [14] Dan Brickley, R.V. Guha. (2002). *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*. W3C Recommendation. W3C Working Draft 30 April 2002.
- [15] Grigoris Antoniou & Frank van Harmelen (2009). *Εισαγωγή στο Σημασιολογικό Ιστό*. Αθήνα - Εκδόσεις Κλειδάριθμος – Δεύτερη Αμερικανική Έκθεση
- [16] Tim Berners-Lee. (2006). *Linked Data*. Ανάκτηση Δεκέμβριος, 2018, από <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- [17] Sauermann, L., Cyganiak, R., Ayers, D., Völkel, M. Cool . (2007). *URIs for the Semantic Web*. <http://www.w3.org/TR/cooluris/>
- [18] Γιατσώνη Γ., Βασιλειάδης Ν. (2009). *Εφαρμογή Τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού στη Διαχείριση Γνώσης στα Πλαίσια της ηλεκτρονικής Τραπεζικής*. Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- [19] Μπαγιαμπού, Μ. & Καμέας, Α. (2011). *Χρήση οντολογιών για την περιγραφή και τη διαχείριση μαθησιακών στόχων και μαθησιακών αντικειμένων*. 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ενταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία».

- [20] T. R. Gruber (1993). *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing*. International Journal of Human and Computer Studies 43, (1993), pp. 908.
- [21] W3C. *What is a Vocabulary?* Ανάκτηση Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.w3.org/standards/semanticweb/ontology>
- [22] Gruber, T. (1993). *A translation approach to portable ontologies*. Knowledge Acquisition, 5(2), pp.200-201.
- [23] Guarino, N. (1998). *Formal Ontology and Information Systems*. In: N. Guarino, ed. Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS '98, Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, p. 6.
- [24] Fensel D., (2000). *The semantic web and its languages*. IEEE Computer Society 15, 6 (November/December), pp. 67-73.
- [25] Fonseca, F. Egenhofer M., Agouris, P., Camara G. (2002). *Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems*. Transactions in GIS 6(3): pp. 231-257.
- [26] Gomez-Perez A., Benjamins V.R. (1999). *Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: ontologies and problem-solving methods*. In: Proc. of the Netherlands/Belgium Conference on Artificial Intelligence (BNAIC), University of Amsterdam, pp.242-256.
- [27] Noy N.F., McGuinness D.L, *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, pp. 1-2. Available at www.protege.stanford.edu.
- [28] T. R. Gruber (1993). *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing*. International Journal of Human and Computer Studies 43, pp. 909-910
- [29] Gomez-Perez A., Fernandez-Lopez M., Corcho O. (2004). *Ontological Engineering*. London, Springer
- [30] N. Guarino (1998). *Some ontological principles for designing upper level lexical resources*. In Proceedings of the First International Conference on Language Resources and Evaluation.
- [31] W.N. Borst, J.M. Akkermans (1997). *Engineering ontologies*. Journal of Human-Computer Studies 46 (2/3), pp. 365-406.
- [32] G. van Heijst, A. T. Schreider and B. J. Wielinga (1997). *Using explicit ontologies in KBS development*. International Journal of Human-Computer Studies, 46 (2/3):183-292.
- [33] B. Chandrasekaran, J.R. Josephson and V.R. Benjamins (1999). *Ontologies: What are they? Why do we need them?*. IEEE Intelligent Systems and Their Applications, 14 (1): 20-26.
- [34] J.H. Gennari, S.W. Tu, T.E. Rothenfluh, M.A. Musen (1994). *Mappings domains to methods in support of reuse*. Journal of Human-Computer Studies 41, pp. 399-424.
- [35] V.R. Benjamins, D. Fensel, A.G. Perez (29-30 Oct. 1998). *Knowledge Management through Ontologies*. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management (PAKm98), Basel, Switzerland.
- [36] Davies J., Fensel D. and Harmelen V.F, (2003). *Towards the Semantic Web*. John Wiley & Sons, LTD.
- [37] Fensel D., McGuinness D.L., Schulten E., Wee Keong Ng, Ge Peng Lim, Guanghao Yan (Jan.-Feb. 2001). *Ontologies and Electronic Commerce*. Intelligent Systems, IEEE, vol. 16, Issue:1, pp.8-14.
- [38] Pisanelli D.M. (2004). *Ontologies in Medicine. Studies in Health Technologies and Informatics*, Volume 102, IOS Press.
- [39] Αντωνάκης &, Μητρέλης Α., Παπουτσής Κ.Θ., Σιώχος Β. (1-3 Νοεμβρίου 2006). Οντολογία Ψηφιακής Βιβλιοθήκης. 15ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

- [40] Fonseca F., Egenhofer M., Agouris P. and Camara G. (2002). *Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems*. Transactions in GIS 6(3): pp. 231-257.
- [41] N.F. Noy, R.W. Fergerson, M.A. Musen (2000). *The knowledge model of protégé-2000: combining interoperability and flexibility*. In: 12th International Conference in Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW'00), Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 1937, Springer, Berlin, pp. 17-32.
- [42] Dr.R. Krishnaveni and J. Meenakumari (August 2010). *Usage of ICT for Information Administration in Higher Education Institutions – A study*. International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 1, No. 3, , p. 283.
- [43] Effy Oz & Andy Jones (2008). *Management Information Systems*. 1st Edition, Cengage Learning EMEA, p. 9.
- [44] K. Demir (April 2006). *School Management Information Systems in Primary Schools*. The Turkish Online Journal of Educational Technology, TOJET, ISSN: 1303-6521, Vol. 5, Issue 2, Article 6.
- [45] M. Uschold & M. Gruninger (1996). *ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications*. The Knowledge Engineering Review, 11 (2), pp. 93-155.
- [46] W3C Recommendation (2008). *SPARQL Query Language for RDF*. Ανάκτηση Δεκεμβρίου 2018 από <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query>
- [47] Μ. Στεφανιδάκης, Ι. Παπαδάκης, Θ. Ανδρόνικος (2015). *ΑΝΟΙΚΤΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - Μία Πρακτική Προσέγγιση στον Σημασιολογικό Ιστό*. p 201.
- [48] Διαθέσιμο στο: <http://www.omg.org/spec/bpmn/2.0>

Ηλεκτρονικές Πηγές

1. <http://en.wikipedia.org>
2. <http://el.wikipedia.org>
3. <http://lod-cloud.net>
4. <http://www.w3c.gr>
5. <http://www.musicontology.com/>
6. <http://www.foaf-project.org>
7. <https://github.com>
8. <http://linkeddata.org/home>
9. <http://www.w3.org>
10. <http://www.unicode.org/>

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται δύο αρχεία δεδομένων με τα στοιχεία της οντολογίας σε μορφή Turtle και σε μορφή τριάδων (N-triples)

A. Αρχείο δεδομένων με τα στοιχεία της οντολογίας σε μορφή Turtle.

@prefix : <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#> .

@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .

@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .

@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .

@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .

@base <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018> rdf:type owl:Ontology .

#####

Datatypes

#####

http://www.w3.org/2002/07/owl#rational

owl:rational owl:equivalentClass xsd:dateTime .

#####

Object Properties

#####

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a

:Borrows_a rdf:type owl:ObjectProperty ;

rdfs:domain :Student ;

rdfs:range :Music_Instruments .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at

:Charged_at rdf:type owl:ObjectProperty ;

rdfs:domain :Music_Instruments ;

rdfs:range :Teacher .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a

:Has_a rdf:type owl:ObjectProperty ;

rdfs:domain :Student ;

rdfs:range :Teacher .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in

:Stored_in rdf:type owl:ObjectProperty ;

rdfs:domain :Music_Instruments ;

rdfs:range :Music_Schools .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at

:Studies_at rdf:type owl:ObjectProperty ;

rdfs:domain :Student ;

rdfs:range :Music_Schools .

```
#####
# Data properties
#####
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument
:Amount_Instrument rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Music_Instruments ;
    rdfs:range xsd:float ;
    rdfs:label "Amount Instrument"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument
:BarCode_Music_Instrument rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Music_Instruments ;
    rdfs:range xsd:string ;
    rdfs:label "Bar Code Instrument"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Charged
:Date_Charged rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Teacher ;
    rdfs:range xsd:dateTime ;
    rdfs:label "Date Charged Instrument"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery
:Date_Delivery rdf:type owl:DatatypeProperty ,
    owl:FunctionalProperty ;
    rdfs:domain :Music_Instruments ;
    rdfs:range xsd:dateTime .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument
:Date_Delivery_Instrument rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Music_Instruments ;
    rdfs:range xsd:dateTime ;
    rdfs:label "Date Delivery Instrument"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return
:Date_Return rdf:type owl:DatatypeProperty ,
    owl:FunctionalProperty ;
    rdfs:domain :Music_Instruments ;
    rdfs:range xsd:dateTime .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument
:Description_Instrument rdf:type owl:DatatypeProperty ;
    rdfs:domain :Music_Instruments ;
    rdfs:range xsd:string ;
    rdfs:label "Description Instrument"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student
:Index_Student rdf:type owl:DatatypeProperty ,
    owl:FunctionalProperty ;
    rdfs:domain :Student ;
    rdfs:range xsd:int .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher
:Index_Teacher rdf:type owl:DatatypeProperty ,
                owl:FunctionalProperty ;
                rdfs:domain :Teacher ;
                rdfs:range xsd:int .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument
:Name_Music_Instrument rdf:type owl:DatatypeProperty ,
                        owl:FunctionalProperty ;
                        rdfs:domain :Music_Instruments ;
                        rdfs:range xsd:string ;
                        rdfs:label "Name Instrument"^^xsd:string .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School
:Name_Music_School rdf:type owl:DatatypeProperty ;
                   rdfs:domain :Music_Schools ;
                   rdfs:range xsd:string ;
                   rdfs:label "Name of Music School"^^xsd:string .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student
:Name_Student rdf:type owl:DatatypeProperty ,
               owl:FunctionalProperty ;
               rdfs:domain :Student ;
               rdfs:range xsd:string ;
               rdfs:label "Name Student" .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher
:Name_Teacher rdf:type owl:DatatypeProperty ,
                  owl:FunctionalProperty ;
                  rdfs:domain :Teacher ;
                  rdfs:range xsd:string ;
                  rdfs:label "Name Teacher"^^xsd:string .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher
:Storage_Authority_Teacher rdf:type owl:DatatypeProperty ;
                           rdfs:domain :Teacher ;
                           rdfs:range xsd:string ;
                           rdfs:label "Storage Authority Teacher"^^xsd:string .
```

```
### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School
:Url_Music_School rdf:type owl:DatatypeProperty ;
                  rdfs:domain :Music_Schools ;
                  rdfs:range xsd:anyURI ;
                  rdfs:label "Url of Music School"^^xsd:string .
```

```
#####
#   Classes
#####

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones
:Aerophones rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf :Music_Instruments ;
    rdfs:label "Music Instruments - Aerophones"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones
:Chordophones rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf :Music_Instruments ;
    rdfs:label "Music Instruments - Chordophones"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones
:Electrophones rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf :Music_Instruments ;
    rdfs:label "Music Instruments - Electrophones"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments
:Music_Instruments rdf:type owl:Class ;
    rdfs:label "Music Instruments"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools
:Music_Schools rdf:type owl:Class ;
    rdfs:label "Music Schools"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion
:Percussion rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf :Music_Instruments ;
    rdfs:label "Music School - Percussion"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Person
:Person rdf:type owl:Class ;
    rdfs:label "Persons"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student
:Student rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf :Person ;
    rdfs:label "Students"^^xsd:string .

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher
:Teacher rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf :Person ;
    rdfs:label "Teachers"^^xsd:string .
```

#####

Individuals

#####

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1

:Electric_Guitar_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
:Electraphones ;
:Stored_in :Music_School_of_Preveza ;
:Amount_Instrument "190.0"^^xsd:float ;
:BarCode_Music_Instrument "G00JAQ0023"^^xsd:string ;
:Date_Delivery_Instrument "2017-01-22T12:34:05"^^xsd:dateTime ;
:Description_Instrument "JACKSON JS12 Dinky RW FB24 FR Electric Guitar Red"^^xsd:string ;
:Name_Music_Instrument "Electric_Guitar_1"^^xsd:string .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1

:Flute_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
:Aerophones ;
:Charged_at :Teacher_2 ;
:Stored_in :Music_School_of_Lefkas ;
:Amount_Instrument "0.0"^^xsd:float ;
:BarCode_Music_Instrument "M110.3647"^^xsd:string ;
:Date_Delivery_Instrument "2017-10-18T13:13:10"^^xsd:dateTime ;
:Description_Instrument "YAMAHA YFL-382"^^xsd:string ;
:Name_Music_Instrument "Flute_1"^^xsd:string .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2

:Flute_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
:Aerophones ;
:Charged_at :Teacher_3 ;
:Stored_in :Music_School_of_Preveza ;
:Amount_Instrument "506.0"^^xsd:float ;
:BarCode_Music_Instrument "M11JU00002"^^xsd:string ;
:Date_Delivery_Instrument "2017-05-26T12:34:12"^^xsd:dateTime ;
:Description_Instrument "JUPITER JFL-5095 Waveline"^^xsd:string ;
:Name_Music_Instrument "Flute_2"^^xsd:string .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1

:Guitar_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
:Chordophones ;
:Charged_at :Teacher_4 ;
:Stored_in :Music_School_of_Patras ;
:Amount_Instrument "355.0"^^xsd:float ;
:BarCode_Music_Instrument "M014600010"^^xsd:string ;
:Date_Delivery_Instrument "2016-11-12T14:14:18"^^xsd:dateTime ;
:Description_Instrument "ALHAMBRA Appalachian W-100 Acoustic guitar Natural"^^xsd:string ;
:Name_Music_Instrument "Guitar_1"^^xsd:string .

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2
:Guitar_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Chordophones ;
    :Charged_at :Teacher_5 ;
    :Stored_in :Music_School_of_Lefkas ;
    :Amount_Instrument "519.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M024600031"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2016-02-12T10:10:18"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "ALHAMBRA Iberia Classic Guitar 4/4 50th Anniversary"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Guitar_2"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1
:Laouto_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Chordophones ;
    :Charged_at :Teacher_1 ;
    :Stored_in :Music_School_of_Preveza ;
    :Amount_Instrument "625.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M367.00409"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2018-09-18T12:20:23"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "Λαούτο Στεργιανό"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Laouto_1"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2
:Laouto_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Chordophones ;
    :Charged_at :Teacher_3 ;
    :Stored_in :Music_School_of_Preveza ;
    :Amount_Instrument "856.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M354.0040"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2017-04-21T11:12:13"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "Λαούτο Κρητικό"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Laouto_2"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1
:Mantolin_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Chordophones ;
    :Stored_in :Music_School_of_Lefkas ;
    :Amount_Instrument "272.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M306500008"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2016-05-04T11:30:32"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "PRIVITERA Mod.1 Mantolin Sergio Capecchi"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Mantolin_1"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2
:Mantolin_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Chordophones ;
    :Stored_in :Music_School_of_Lefkas ;
    :Amount_Instrument "176.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M30PM00000"^^xsd:string ;

```

:Date_Delivery_Instrument "2016-04-28T13:12:15"^^xsd:dateTime ;
:Description_Instrument "PRIMAVERA P-20 A Mantolin"^^xsd:string ;
:Name_Music_Instrument "Mantolin_2"^^xsd:string .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas
:Music_School_of_Lefkas rdf:type owl:NamedIndividual ,
 :Music_Schools ;
 :Name_Music_School "Music School of Lefkas"^^xsd:string ;
 :Storage_Authority_Teacher "Kolovos Nikos"^^xsd:string ;
 :Url_Music_School "http://gym-mous-lefkad.sch.gr"^^xsd:anyURI .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras
:Music_School_of_Patras rdf:type owl:NamedIndividual ,
 :Music_Schools ;
 :Name_Music_School "Music School of Patras"^^xsd:string ;
 :Storage_Authority_Teacher "Xytos Vagelis"^^xsd:string ;
 :Url_Music_School "http://lyk-mous-patras.ach.sch.gr"^^xsd:anyURI .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza
:Music_School_of_Preveza rdf:type owl:NamedIndividual ,
 :Music_Schools ;
 :Name_Music_School "Music School of Preveza"^^xsd:string ;
 :Storage_Authority_Teacher "Sofianos Kostas"^^xsd:string ;
 :Url_Music_School "http://gym-mous-prevez.pre.sch.gr"^^xsd:anyURI .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1
:Saxophone_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
 :Aerophones ;
 :Stored_in :Music_School_of_Lefkas ;
 :Amount_Instrument "878.0"^^xsd:float ;
 :BarCode_Music_Instrument "M10JU00002"^^xsd:string ;
 :Date_Delivery_Instrument "2017-03-18T09:10:12"^^xsd:dateTime ;
 :Description_Instrument "JUPITER JAS500 Alto Saxophone"^^xsd:string ;
 :Name_Music_Instrument "Saxophone_1"^^xsd:string .

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2
:Saxophone_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
 :Aerophones ;
 :Charged_at :Teacher_5 ;
 :Stored_in :Music_School_of_Patras ;
 :Amount_Instrument "593.0"^^xsd:float ;
 :BarCode_Music_Instrument "M10GN00001"^^xsd:string ;
 :Date_Delivery_Instrument "2016-09-18T09:19:12"^^xsd:dateTime ;
 :Description_Instrument "Prestige TS-10 L Tenoro Saxophone"^^xsd:string ;
 :Name_Music_Instrument "Saxophone_2"^^xsd:string .

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1
:Student_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Student ;
    :Borrows_a :Laouto_1 ;
    :Has_a :Teacher_1 ;
    :Studies_at :Music_School_of_Preveza ;
    :Date_Delivery "2018-09-28T11:32:15"^^xsd:dateTime ;
    :Date_Return "2018-10-15T12:14:15"^^xsd:dateTime ;
    :Index_Student "101"^^xsd:int ;
    :Name_Student "Sofianos Kostas"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2
:Student_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Student ;
    :Borrows_a :Laouto_2 ;
    :Has_a :Teacher_2 ;
    :Studies_at :Music_School_of_Preveza ;
    :Date_Delivery "2018-09-21T09:55:36"^^xsd:dateTime ;
    :Date_Return "2018-09-28T12:16:20"^^xsd:dateTime ;
    :Index_Student "102"^^xsd:int ;
    :Name_Student "Sofou Eleni"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3
:Student_3 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Student ;
    :Has_a :Teacher_3 ;
    :Studies_at :Music_School_of_Lefkas ;
    :Index_Student "103"^^xsd:int ;
    :Name_Student "Foteinos Kostas"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4
:Student_4 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Student ;
    :Borrows_a :Saxophone_1 ;
    :Has_a :Teacher_4 ;
    :Studies_at :Music_School_of_Patras ;
    :Date_Delivery "2017-11-09T13:14:29"^^xsd:dateTime ;
    :Date_Return "2017-12-18T13:26:18"^^xsd:dateTime ;
    :Index_Student "104"^^xsd:int ;
    :Name_Student "Alexiou Maria"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5
:Student_5 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Student ;
    :Has_a :Teacher_5 ;
    :Studies_at :Music_School_of_Lefkas ;
    :Index_Student "105"^^xsd:int ;
    :Name_Student "Kontos Dimitris"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1
:Tambourine_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Percussion ;
    :Stored_in :Music_School_of_Preveza ;
    :Amount_Instrument "261.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M225200010"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2016-10-21T10:23:45"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "SAZ 310C Tambourine Professional"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Tampourine_1"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2
:Tambourine_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Percussion ;
    :Stored_in :Music_School_of_Lefkas ;
    :Amount_Instrument "110.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M22ME00140"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2016-02-12T10:34:15"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "HEINL HE - 3000"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Tampourine_2"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1
:Teacher_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Teacher ;
    :Index_Teacher "172918"^^xsd:int ;
    :Name_Teacher "Μιχάλης Στεφανιδάκης"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2
:Teacher_2 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Teacher ;
    :Index_Teacher "218512"^^xsd:int ;
    :Name_Teacher "Κολοβός Μάριος"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3
:Teacher_3 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Teacher ;
    :Index_Teacher "126312"^^xsd:int ;
    :Name_Teacher "Σπαθιά Ελένη"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_4
:Teacher_4 rdf:type owl:NamedIndividual ;
    :Index_Teacher "203458"^^xsd:int ;
    :Name_Teacher "Μανιάκης Πέτρος"^^xsd:string .

```

```

### https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5
:Teacher_5 rdf:type owl:NamedIndividual ;
    :Index_Teacher "243018"^^xsd:int ;
    :Name_Teacher "Γερμανού Χριστίνα"^^xsd:string .

```

https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1

```
:Trumpet_1 rdf:type owl:NamedIndividual ,
    :Aerophones ;
    :Charged_at :Teacher_1 ;
    :Stored_in :Music_School_of_Preveza ;
    :Amount_Instrument "1700.0"^^xsd:float ;
    :BarCode_Music_Instrument "M13170012"^^xsd:string ;
    :Date_Delivery_Instrument "2018-02-18T10:36:20"^^xsd:dateTime ;
    :Description_Instrument "VINCENT BACH VBS1"^^xsd:string ;
    :Name_Music_Instrument "Trumpet_1"^^xsd:string .
```

#####

Annotations

#####

```
owl:Thing rdfs:label "Thing"^^xsd:string .
```

#####

General axioms

#####

```
[ rdf:type owl:AllDisjointClasses ;
```

```
  owl:members ( :Aerophones
```

```
    :Chordophones
```

```
    :Electrophones
```

```
    :Percussion
```

```
    :Student
```

```
    :Teacher
```

```
  )
```

```
] .
```

```
[ rdf:type owl:AllDifferent ;
```

```
  owl:distinctMembers ( :Saxophone_1
```

```
    :Saxophone_2
```

```
  )
```

```
] .
```

Generated by the OWL API (version 4.2.8.20170104-2310) <https://github.com/owlcs/owlapi>

B. Αρχείο δεδομένων με τα στοιχεία της οντολογίας σε μορφή σε μορφή τριάδων (N-triples) το οποίο δημιουργήθηκε με τη βοήθεια της εφαρμογής GraphDB:

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Ontology> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Charged> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Person> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Class> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> .
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

_:node1
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#AllDisjointClasses> .

_:node8
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#AllDisjointClasses> .

_:node15
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#AllDisjointClasses> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_4> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
 <http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual> .

_:node22
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#AllDisjointClasses> .

_:node29
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://www.w3.org/2002/07/owl#AllDifferent> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Person> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Person> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#subClassOf> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Charged> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#domain> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Charged> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
 <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
 <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
 <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range>
 <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#range> <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1> <http://www.w3.org/2002/07/owl#sameAs>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2> .

<http://www.w3.org/2002/07/owl#rational> <http://www.w3.org/2002/07/owl#equivalentClass>
 <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .

_:node2
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones>
 .

_:node3
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

_:node4
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> .

_:node5
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> .

_:node6
 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

_:node7

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

_:node9

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones>

.

_:node10

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

_:node11

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> .

_:node12

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> .

_:node13

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

_:node14

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

_:node16

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones>

.

_:node17

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

_:node18

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> .

_:node19

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> .

_:node20

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

_:node21

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

_:node23

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones>

.

_:node24

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> .

_:node25

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> .

_:node26

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> .

_:node27

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> .

_:node28

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> .

_:node30

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1> .

_:node31

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#first>

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2> .

_:node2 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node3 .

_:node3 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node4 .

_:node4 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node5 .

_:node5 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node6 .

_:node6 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node7 .

_:node7

<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil> .

_:node9 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node10 .

_:node10 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node11 .

_:node11 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node12 .

_:node12 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node13 .

_:node13 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node14 .

_:node14 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil> .

_:node16 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node17 .

_:node17 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node18 .

_:node18 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node19 .

_:node19 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node20 .

_:node20 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node21 .

_:node21 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil> .

_:node23 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node24 .

_:node24 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node25 .

_:node25 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node26 .

_:node26 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node27 .

_:node27 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node28 .

_:node28 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil> .

_:node30 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> _:node31 .

_:node31 <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#rest> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#nil> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Students" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Instruments> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Music Instruments" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Teachers" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_Schools> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Music Schools" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Amount Instrument" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Bar Code Insrument" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Charged> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Date Charged Instrument" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Date Delivery Instrument" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Description Instrument" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Name Instrument" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Name of Music School" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Name Student" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Name Teacher" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Storage Authority Teacher" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-
schema#label> "Url of Music School" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Aerophones> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Music Instruments - Aerophones" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Chordophones> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Music Instruments - Chordophones" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electrophones> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Music Instruments - Electrophones" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Percussion> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label>
"Music School - Percussion" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Person> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label> "Persons"
.
<http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing> <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label> "Thing" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a>
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Borrows_a>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_4> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Charged_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_4> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Has_a>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Stored_in>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Studies_at>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "190.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "0.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "506.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "625.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "856.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "272.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "176.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "878.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "261.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "110.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "1700.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "355.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "519.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Amount_Instrument>
 "593.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "G00J AQ0023" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M110.3647" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M11JU00002" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M367.00409" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M354.0040" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M306500008" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M30PM00000" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M10JU00002" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M225200010" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M22ME00140" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M13170012" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M014600010" .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M024600031" .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#BarCode_Music_Instrument> "M10GN00001" .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery>	"2018-09-
28T11:32:15"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery>	"2018-09-
21T09:55:36"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery>	"2017-11-
09T13:14:29"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2017-01-
22T12:34:05"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2017-10-
18T13:13:10"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2017-05-
26T12:34:12"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2018-09-
18T12:20:23"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2017-04-
21T11:12:13"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2016-05-
04T11:30:32"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2>	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument>	"2016-04-
28T13:12:15"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 18T09:10:12"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2017-03-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 21T10:23:45"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2016-10-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 12T10:34:15"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2016-02-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 18T10:36:20"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2018-02-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 12T14:14:18"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2016-11-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 12T10:10:18"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2016-02-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Delivery_Instrument> 18T09:19:12"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2016-09-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> 15T12:14:15"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2018-10-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> 28T12:16:20"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2018-09-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Date_Return> 18T13:26:18"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime> .	"2017-12-
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "JACKSON JS12 Dinky RW FB24 FR Electric Guitar Red" .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "YAMAHA YFL-382" .	
<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2> <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "JUPITER JFL-5095 Waveline" .	

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "Λαούτο Στεριανό" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "Λαούτο Κρητικό" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "PRIVITERA Mod.1 Mantolin Sergio Capecchi" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "PRIMAVERA P-20 A Mantolin" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "JUPITER JAS500 Alto Saxophone" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "SAZ 310C Tambourine Professional" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "HEINL HE - 3000" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "VINCENT BACH VBS1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "ALHAMBRA Appalachian W-100 Acoustic guitar Natural" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "ALHAMBRA Iberia Classic Guitar 4/4 50th Anniversary" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Description_Instrument> "Prestige TS-10 L Tenoro Saxophone" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student>
 "101"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student>
 "102"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student>
 "103"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student>
 "104"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Student>
 "105"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher>
 "218512"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher>
 "126312"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher>
 "172918"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_4>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher>
 "203458"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Index_Teacher>
 "243018"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Electric_Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Electric_Guitar_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Flute_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Flute_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Flute_2" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Laouto_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Laouto_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Laouto_2" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Mantolin_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Mantolin_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Mantolin_2" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Saxophone_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Tampourine_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Tambourine_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Tampourine_2" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Trumpet_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Trumpet_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Guitar_1" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Guitar_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Guitar_2" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Saxophone_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_Instrument> "Saxophone_2" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> "Music School of Preveza" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> "Music School of Lefkas" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Music_School> "Music School of Patras" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> "Sofianos Kostas" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> "Sofou Eleni" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_3>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> "Foteinos Kostas" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_4>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> "Alexiou Maria" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Student_5>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Student> "Kontos Dimitris" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Kolovos Marios" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_2>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Κολοβός Μάριος" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Spatha Eleni" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_3>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Σπαθά Ελένη" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_1>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Μιχάλης Στεφανιδάκης" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_4>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Μανιάκης Πέτρος" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Teacher_5>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Name_Teacher> "Γερμανού Χριστίνα" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> "Sofianos Kostas" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> "Kolovos Nikos" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Storage_Authority_Teacher> "Xytos Vagelis" .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Preveza>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> "http://gym-mous-
 prevez.pre.sch.gr"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Lefkas>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> "http://gym-mous-
 lefkad.sch.gr"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI> .

<https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Music_School_of_Patras>
 <https://sw1.lodbook.org/ontologies/2018#Url_Music_School> "http://lyk-mous-
 patras.ach.sch.gr"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI> .

_:node1 <http://www.w3.org/2002/07/owl#members> _:node2 .

_:node8 <http://www.w3.org/2002/07/owl#members> _:node9 .

_:node15 <http://www.w3.org/2002/07/owl#members> _:node16 .

_:node22 <http://www.w3.org/2002/07/owl#members> _:node23 .

_:node29 <http://www.w3.org/2002/07/owl#distinctMembers> _:node30 .

