

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ»

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ  
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  
ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΟ STRABON RDF STORE

SEMANTICALLY ENRICHED MOBILITY  
DATA MANAGEMENT IN STRABON RDF  
STORE

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΑΡΚΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ν. ΠΕΛΕΚΗΣ, ΔΕΚΤΟΡΑΣ

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Νικόλαος Πελέκης  
Λέκτορας

Ιωάννης Θεοδωρίδης  
Καθηγητής

Γεώργιος Βούρος  
Καθηγητής

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
ABSTRACT .....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ .....</b>	<b>9</b>
1.1 - ΧΩΡΙΚΑ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	9
1.2 - ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ .....	9
1.3 - ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ .....	10
1.3.1 - Αναπαράσταση τροχιάς κινητού αντικειμένου .....	11
1.4 - ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ .....	11
1.4.1 – Ακατέργαστες τροχιές .....	11
1.4.2 – Σημασιολογικές τροχιές .....	12
1.4.3 – Διαδικασία εμπλουτισμού τροχιών .....	13
1.5 - ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ, ΚΙΝΗΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ – ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ .....	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – RDF, RDF STORES, SPARQL ΚΑΙ STRABON .....</b>	<b>16</b>
2.1 RDF – RESOURCE DESCRIPTION FRAMEWORK .....	16
2.1.1 – Επισκόπηση .....	16
2.1.2 – RDF Λεξικό .....	17
2.1.3 – Αναγνωριστικό Πόρων .....	18
2.1.4 - Πλαίσιο Πραγμοποίησης Εκφράσεων .....	19
2.1.5 – Ερωτήματα στο Triple Store .....	20
2.1.6 – Παραδείγματα .....	20
2.2 – RDF TRIPLE STORES .....	22
2.2.1 – Υλοποίηση .....	23
2.3 – SPARQL .....	23
2.3.1 – Πλεονεκτήματα .....	23
2.3.2 – Μορφές Ερωτημάτων .....	25
2.4 - STRABON .....	26
2.5 – BAQUARA ONTOLOGY .....	30
2.5.1 – Ορισμοί για Places, Events και Moving Objects .....	31
2.5.2 – Μοντέλο κίνησης και εκφράσεις περιγραφής .....	32
2.6 – ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ .....	35
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 –ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ BAQUARA* ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ .....</b>	<b>36</b>
3.1 ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΙΝΗΣΗΣ .....	37
3.2 Η ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ BAQUARA* .....	41
3.2.1 – Ορισμοί για Places, Events και Moving Objects .....	41
3.3 - ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ N3 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ BAQUARA* .....	54
3.4 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ STRABON .....	56
3.6 – ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΣΤΟ STRABON .....	57
Ερώτημα 0 .....	57
Ερώτημα 1 .....	57
Ερώτημα 2 .....	58
Ερώτημα 3 .....	58
Ερώτημα 4 .....	59
Ερώτημα 5 .....	60
Ερώτημα 6 .....	60

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 7) απεικονίζεται η σημασιολογική τροχιά του κινούμενου αντικειμένου 0 (MO_0) . Το MBR των επεισοδίων της κίνησης του καθώς επίσης και τα σημεία ενδιαφέροντος που βρίσκονται μέσα σε αυτό .....	61
Ερώτημα 7.....	61
Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 8) απεικονίζεται η απόσταση των σημείων ενδιαφέροντος του MO_0 μέσω της <i>strdf:distance</i> συνάρτησης, μέσα στο MBR του επεισοδίου3 (EP_0_3).....	62
Ερώτημα 8.....	62
Ερώτημα 9.....	63
Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 9) απεικονίζονται οι διαδρομές των Episode του MO_1 μέσω των ιδιοτήτων <i>hasMBR</i> και <i>hasLine</i> , που είναι τύπου <i>SemanticTrajectory</i> .....	64
Ερώτημα 10.....	64
Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 10) απεικονίζεται ένα Episode ενός <i>Semantic Trajectory</i> που συμβαίνει στο χρονικό διάστημα 2013-05-08T05:10:00, 2013-05-08T18:00:00 έχοντας ως <i>annotation</i> το σχόλιο <i>studying</i> στο <i>place School</i> . .....	66
Ερώτημα 11.....	66
Ερώτημα 12.....	67
Ερώτημα 13.....	68
Ερώτημα 14.....	69
Ερώτημα 15.....	70
Ερώτημα 16.....	71
Ερώτημα 17.....	72
Ερώτημα 18.....	73
Ερώτημα 19.....	73
3.6 – ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ .....	75
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>76</b>
4.1 – ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ .....	76
4.2 – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ.....	76
4.3 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	77
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>	<b>81</b>
1.Εγκατάσταση του STRABON σε υπολογιστή. ....	81
2.Διαδικασία εγκατάστασης STRABON.....	82
3.Κώδικας Διαμόρφωσης Δεδομένων (N3CR).....	86

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διαχείριση σημασιολογικά εμπλουτισμένων δεδομένων κίνησης και η κατάλληλη μετατροπή τους για χρήση με το STRABON RDF store καθώς και τα αποτελέσματα που λαμβάνουμε από ερωτήματα πάνω σε αυτά τα δεδομένα.

Πιο συγκεκριμένα τα σημασιολογικά εμπλουτισμένα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούνε στην κίνηση και τις δραστηριότητες κινούμενων αντικειμένων και δίνουν πληροφορίες για την θέση, το χρόνο, και συγκεκριμένες ενέργειες που αυτά εκτελούν. Επίσης αυτά τα δεδομένα σχετίζονται και με χωρικά δεδομένα που σχετίζονται με σημεία ενδιαφέροντος.

Τα δεδομένα έπειτα τροποποιήθηκαν κατάλληλα με βάση μία κατάλληλα προσαρμοσμένη έκδοση της οντολογίας Baquara, την Baquara\* και στη συνέχεια εισάχθηκαν στο STRABON RDF store με σκοπό να διενεργηθούν ερωτήματα σε γλώσσα stSPARQL, που είναι μια παραλλαγή της SPARQL που χρησιμοποιείται από το Strabon.

## ABSTRACT

The objective of this thesis is the management of mobility data and their transformation for use at the STRABON RDF store, followed by the results of queries applied at the platform.

To be more specific the semantically-enriched mobility data describe the movement and activities of moving objects during a specific period and give information regarding the time, place and the specific activities they perform. Additionally the data above are related to area and point of interest data.

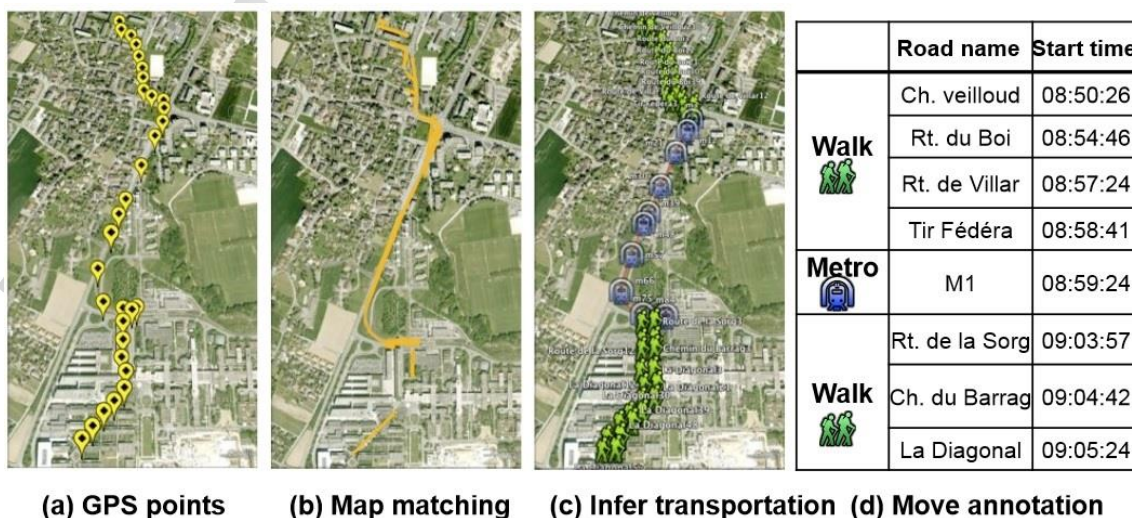
Afterwards the data were transformed according to an appropriately adapted version of the Baquara ontology, the Baquara\*, in order to be included in the STRABON RDF store and allow the execution of stSPARQL queries, which is SPARQL variant used by Strabon.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα, η εκούσια ή ακούσια χρήση αισθητήρων από χρήστες κυρίως έξυπνων τηλεφώνων αλλά και άλλων συσκευών μπορεί να μας δώσει πάρα πολλές χωρικές, χρονικές και σημασιολογικές πληροφορίες. Τέτοιοι αισθητήρες μπορεί είναι εντοπισμού θέσης, γυροσκοπικοί, θερμοκρασίας εγγύτητας και πολλοί άλλοι. Κατά συνέπεια είναι δεδομένος ο πολλαπλασιασμός των πληροφοριών που μπορούν να ληφθούν για τις κινήσεις κινούμενων αντικειμένων καθώς και τον περιβάλλοντα χώρο τους. Επίσης η συγκέντρωση μεγάλου όγκου τέτοιων πληροφοριών δίνει τη δυνατότητα σημασιολογικής ερμηνείας των δεδομένων.

Η κίνηση των αντικειμένων μελετάται σε δύο διαστάσεις, το χώρο και το χρόνο (Macedo et al., 2008). Στα δεδομένα λοιπόν δημιουργούνται διαδρομές (ονομάζονται και τροχιές (trajectories)) από τα αντικείμενα οι οποίες μπορεί να αφορούνε στάση ή κίνηση. Αυτές οι διαδρομές, όταν έχουνε μόνο χωροχρονικά δεδομένα ονομάζονται ακατέργαστες τροχιές (raw trajectories) ενώ όταν εμπλουτιστούν με πληροφορίες σχετιζόμενες με τις ενέργειες του αντικειμένου τότε αποκτούνε σημασιολογική έννοια (semantic trajectories) και δίνουν τη δυνατότητα για εξαγωγή πληροφοριών, διενέργεια προβλέψεων και άλλων ενεργειών που σχετίζονται με την κίνηση αντικειμένων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο έλεγχος του κυκλοφοριακού σε πόλεις με κυκλοφοριακά προβλήματα, τα δρομολόγια του μετρό, η διαχείριση πτήσεων από τις αεροπορικές εταιρίες και άλλα.



Εικόνα 1: Παράδειγμα σημασιολογικής τροχιάς

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 1) απεικονίζεται ένα τμήμα μιας σημασιολογικής τροχιάς ενός αντικειμένου, τα σημεία δηλαδή που επισκέφτηκε το εν λόγω αντικείμενο κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος όπως φαίνονται τα δεδομένα από έναν δεκτη GPS(a) καθώς και οι κινήσεις οι οποίες έκανε περπατώντας ή χρησιμοποιώντας το μετρό (c).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με τέτοιου τύπου σημασιολογικά εμπλουτισμένα δεδομένα κίνησης τα οποία αφού πρώτα τροποποιήθηκαν κατάλληλα (rdf , N3), στη συνέχεια εισήχθησαν στο λογισμικό Strabon και με τη χρήση της οντολογίας Baquara\* έγιναν τα ερωτήματα τα οποία μας παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες.

Η δομή της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια του χωροχρόνου, των κινούμενων αντικειμένων, της τροχιάς αντικειμένου, ακατέργαστης και εμπλουτισμένης με σημασιολογικές έννοιες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προδιαγραφές RDF, τα triple stores και συγκεκριμένα το STRABON, η γλώσσα st-SPARQL καθώς και η οντολογία Baquara και ο ρόλος της.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Baquara\* η οποία είναι η τροποποιημένη οντολογία Baquara καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ούτως ώστε να μετατραπούν τα δεδομένα στην επιθυμητή μορφή για να εισαχθούν στο STRABON και μετά παρουσιάζονται ερωτήματα που δείχνουν τί ενδιαφέρουσες αναλύσεις μπορούμε να κάνουμε με αυτό σε τέτοια δεδομένα.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια ανασκόπηση όλης της διαδικασίας, αναφορά σε μελλοντικές ενέργειες και στα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν. Επιπλέον συνοψίζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εργασία.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ

## ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

Ο κόσμος αποτελείται από αντικείμενα. Μπορεί να είναι στατικά, κινούμενα, συμπαγή, ρευστά, αέρια. Όλα τα αντικείμενα πλαισιώνονται από τις έννοιες του χώρου και του χρόνου, υπάρχουν και μεταβάλλονται μέσα σε αυτές και από αυτές, άλλα σε μεγάλο βαθμό και άλλα σε μικρότερο. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με αντικείμενα που κινούνται και μέσα στο χώρο και μέσα στο χρόνο.

Οι κινήσεις αυτών των αντικειμένων τους ονομάζονται τροχιές και λαμβάνουν χώρα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Πιο απλά, περιγράφονται από χωρικά και χρονικά δεδομένα (χωροχρονικά). Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η έννοια του χωροχρόνου και των δεδομένων του καθώς και οι τροχιές των κινούμενων αντικειμένων, ακατέργαστες ή/και σημασιολογικές.

### 1.1 - Χωρικά και χρονικά δεδομένα

Όπως αναφέρεται και στην εισαγωγή, η χρήση έξυπνων τηλεφώνων και γενικά συσκευών με πληθώρα αισθητήρων έχει κάνει δυνατή τη συλλογή τεράστιου όγκου δεδομένων, κυρίως χωροχρονικών. Πιο συγκεκριμένα σχεδόν κάθε έξυπνο τηλέφωνο που κυκλοφορεί, διαθέτει αισθητήρα εντοπισμού θέσης, και ρολόι. Έτσι έχει τη δυνατότητα να καταγράφει χωρικά (συντεταγμένες) και χρονικά δεδομένα (χρονικές στιγμές) με πολύ μεγάλη συχνότητα δειγματοληψίας, περιγράφοντας έτσι την έννοια της κίνησης καθώς καταγράφει την αλλαγή θέσης μεταξύ χρονικών στιγμών.

Τα χωροχρονικά δεδομένα μπορούν να είναι είτε στατικά είτε να περιλαμβάνουν την έννοια της κίνησης. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται και των δύο μορφών δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από τεχνολογίες εντοπισμού θέσης, όπως είναι το GPS.

### 1.2 - Κίνηση και αντικείμενα

Σημαντικό αντικείμενο μελέτης αποτελούν τα αντικείμενα που κινούνται στον κόσμο μας. Αυτά δημιουργούν κίνηση και ίσως να παράγονται και μοτίβα από αυτή την κίνηση. Τα μοτίβα αυτά και η μελέτη τους μπορεί να οδηγήσει στην εξαγωγή

συμπερασμάτων για διάφορους τομείς.

Αυτό συμβαίνει γιατί σε όλες τις εφαρμογές που υπάρχουν αισθητήρες θέσης, ενώ γίνεται καταγραφή, δεν υπάρχει γνώση ή πρόβλεψη για τις μελλοντικές τιμές που θα πάρει ο αισθητήρας.

Έτσι, χρησιμοποιώντας τα μοτίβα, δίνεται η δυνατότητα πρόβλεψης βασισμένης σε παρελθοντικές κινήσεις.

Η μελέτη των χωροχρονικών βάσεων δεδομένων έχει οδηγήσει σε συμπεράσματα σε σχέση με τη διαχείριση της κίνησης αντικειμένων. (Koubarakis et al., 2003). Πιο συγκεκριμένα το ερευνητικό πρόγραμμα CHOROCHRONOS οδήγησε στη διατύπωση μιας άλγεβρας για κινούμενα αντικείμενα, όσον αφορά τη μοντελοποίηση της κίνησης (Erwig et al., 1998), και το ερευνητικό πρόγραμμα DOMINO διερεύνησε την πρόβλεψη των θέσεων των αντικειμένων στο μέλλον μέσω της χρήσης προσχεδίων κίνησης (Trajcevski et al., 2002).

### **1.3 - Τροχιές κινούμενων αντικειμένων**

Από τη συλλογή δεδομένων κίνησης μέσω αισθητήρων παράγονται χωροχρονικά δεδομένα που αφορούνε κινούμενα αντικείμενα. Εστιάζοντας σε ένα κινούμενο αντικείμενο, η κίνηση του μπορεί να περιγραφεί με την τροχιά του σε τρεις διαστάσεις που περιγράφονται από το δισδιάστατο σύστημα αξόνων και τον χρόνο. Μέσω των στοιχείων της τροχιάς μπορούν να προσδιοριστούν και άλλα στοιχεία όπως ο χώρος στον οποίο κινείται το αντικείμενο και η ταχύτητα του. Πώς όμως γίνεται αυτό στα χωροχρονικά συστήματα, δεδομένου ότι τα δεδομένα που λαμβάνονται από το GPS δεν είναι συνεχή αλλά διακριτά και κατά συνέπεια δεν περιγράφουν την κίνηση απόλυτα σωστά; Χρησιμοποιούνται τεχνικές παρεμβολής για να δημιουργηθεί μια τροχιά από τα σημεία της δειγματοληψίας και παρουσιάζεται ως μια τεθλασμένη γραμμή που απαρτίζεται από πολλά ευθύγραμμα τμήματα που ενώνουν το κάθε ένα σημείο με το επόμενο. Για την ομαλοποίηση της καμπύλης τροχιάς μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολυωνυμική συνάρτηση η οποία όσο πιο μεγάλο βαθμό έχει τόσο καλύτερα προσεγγίζει την πραγματική τροχιά. Φυσικά δεν μπορούν να αποτυπωθούν με ακρίβεια οι απότομες στροφές και επειδή η δειγματοληψία γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα και δεν είναι συνεχής, η κίνηση δεν μπορεί να αποτυπωθεί γραμμικά παρά μόνο σημείο - σημείο. Τέλος μπορεί να υπολογιστεί μαθηματικά η μέση ταχύτητα όλης της τροχιάς

καθώς επίσης και οι επιταχύνσεις και οι επιβραδύνσεις του κινούμενου αντικειμένου.

### **1.3.1 - Αναπαράσταση τροχιάς κινητού αντικειμένου**

Η τροχιά ενός κινητού πρακτικά είναι η καταγραφή των θέσεων του ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε ένα γεωγραφικό χώρο. Η καμπύλη της δημιουργείται με την εφαρμογή των μεθόδων παρεμβολής και των συναρτήσεων που αναφέρονται παραπάνω. Φυσικά από αυτές τις τροχιές δεν βγαίνει κανένα σημασιολογικό συμπέρασμα και ουσιαστικά το μόνο που προσφέρουν είναι η μελέτη της κίνησης ενός αντικειμένου στο χωροχρόνο. Όταν όμως τα δεδομένα που συλλέγονται για να δημιουργηθούν οι τροχιές περιλαμβάνουν και επιπλέον πληροφορίες τότε οι δυνατότητες που δημιουργούνται αυξάνονται. Αυτές οι τροχιές που περιλαμβάνουν και επιπλέον πληροφορίες ονομάζονται σημασιολογικές.

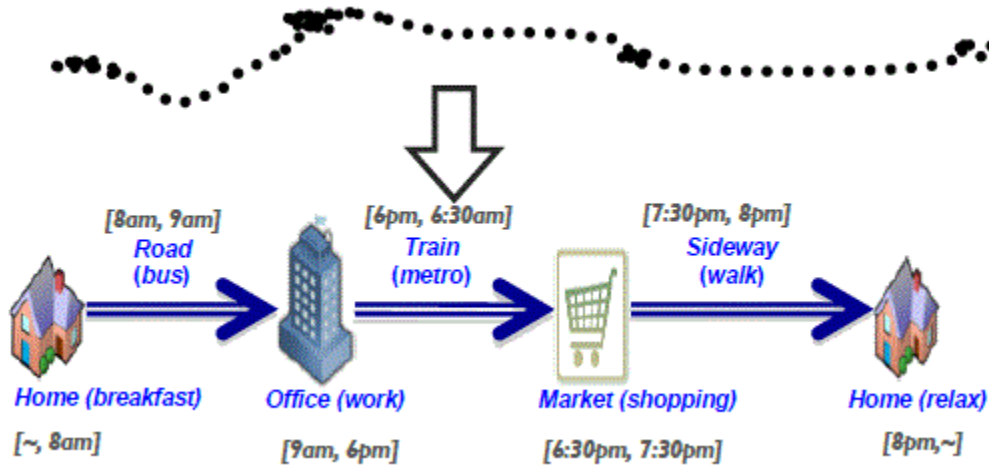
## **1.4 - Σημασιολογικές τροχιές**

Με βάση τα παραπάνω έχουν γίνει εργασίες πάνω στο αντικείμενο και με δεδομένη την εξέλιξη της τεχνολογίας που είναι σχετική με τα GPS όπως επίσης και με τις δυνατότητες γεωγραφικής σήμανσης, τα δεδομένα που συλλέγονται περιέχουν πληροφορίες που με τους κατάλληλους χειρισμούς και την κατάλληλη μετατροπή αποκτούνε σημασιολογική μορφή. Από αυτό δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για σημεία ενδιαφέροντος, συνήθειες αντικειμένων και ανθρώπων, κίνηση αυτοκινήτων και άλλα, βοηθώντας στην αντιμετώπιση προβλημάτων αλλά και στην βελτίωση υποδομών ώστε να λειτουργεί πιο σωστά μια κοινωνία.

### **1.4.1 – Ακατέργαστες τροχιές**

Η τροχιά, σαν έννοια βασίζεται στην καταγραφή της κίνησης ενός αντικειμένου για κάποιο χρονικό διάστημα. Αυτή η καταγραφή αποτελείται από δεδομένα θέσης και χρόνου, χρονικά ταξινομημένα, και ανάλογα με τις δυνατότητες της συσκευής καταγραφής, μπορεί να συνοδεύονται και από άλλες πληροφορίες όπως πχ η ταχύτητα, ή η κατεύθυνση και άλλα. Αυτά τα δεδομένα είναι ακατέργαστα και ουσιαστικά αποτελούν την ακατέργαστη τροχιά. Επίσης, ενώ η κίνηση είναι συνεχής, τα δεδομένα παρουσιάζουν μία προσέγγιση της καθώς ανάλογα με το ρυθμό δειγματοληψίας λαμβάνονται και τα αντίστοιχα σημεία. Ένα παράδειγμα ακατέργαστης τροχιάς φαίνεται

στην εικόνα 2. Στο επάνω μέρος της εικόνας βλέπουμε την αναπαράσταση μιας ακατέργαστης τροχιάς ενός αντικειμένου όπως απεικονίζεται στις δορυφορικές εγγραφές (GIS records) με μαύρα στίγματα. Αντίθετα στο κάτω μέρος της εικόνας υπάρχει η σημασιολογική αναπαράσταση της τροχιάς του άνωθεν αντικειμένου η οποία μας παρέχει χρήσιμες και ευνόητες περιληπτικές πληροφορίες για τα δεδομένα κίνησης του αντικειμένου.

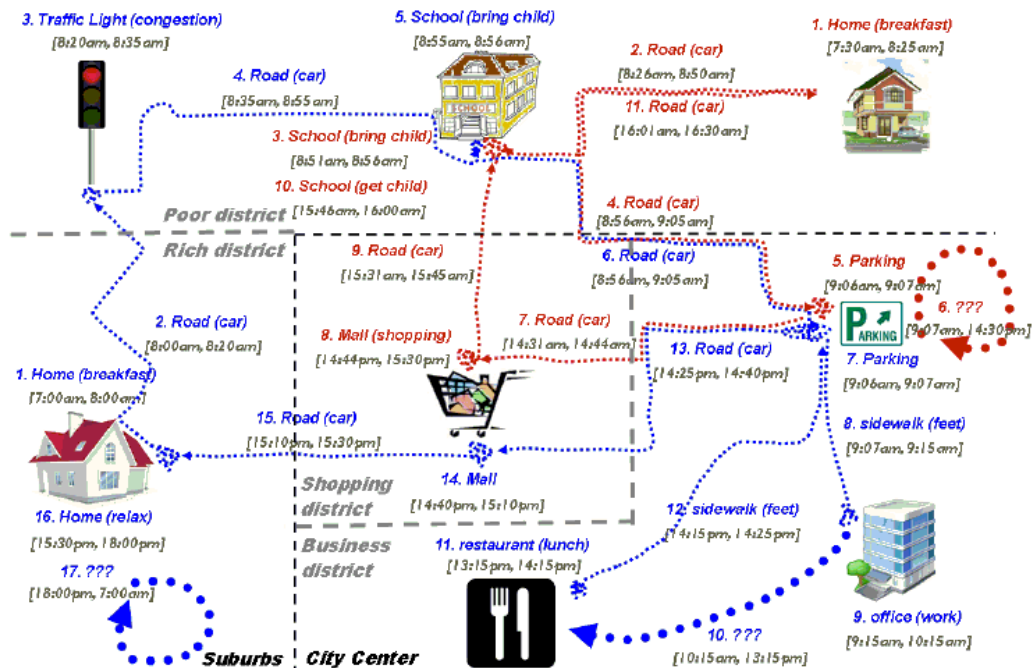


Εικόνα 2: Ακατέργαστη και Σημασιολογική τροχιά.

#### 1.4.2 – Σημασιολογικές τροχιές

Μελετώντας τα δεδομένα και χρησιμοποιώντας επιπλέον πηγές πληροφόρησης σχετικές με σημεία ενδιαφέροντος, επισημάνσεις του κινούμενου αντικειμένου σχετικά με τον περιβάλλοντα χώρο, εκδηλώσεις και άλλα, δίνεται η δυνατότητα αυτά τα δεδομένα των ακατέργαστων τροχιών να εμπλουτιστούν με πληροφορίες, σχόλια, ακόμα και δεδομένα τα οποία απορρέουν από την ίδια την ακατέργαστη τροχιά. Έτσι είναι εφικτή η εξαγωγή σημασιολογικών συμπερασμάτων σχετικά με τη συμπεριφορά των αντικειμένων, σχετιζόμενη με τα χωροχρονικά δεδομένα πάντα. Ένα παράδειγμα σημασιολογικής τροχιάς φαίνεται στην εικόνα 3 όπου παρουσιάζεται η απεικόνιση των τροχιών δύο αντικειμένων (κόκκινα και μπλέ σημεία, κατά τη διάρκεια της ημέρας). Τόσο οι ακατέργαστες όσο και οι σημασιολογικές τροχιές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα. Παρατηρούμε τις κινήσεις των αντικειμένων συλλέγοντας πληροφορίες για τις δραστηριότητες και τις συνήθειές τους κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Επιπρόσθετα στη συγκεκριμένη εικόνα παρατηρούμε τη λογική διαφορά ενός Stop (στάσης) από ένα Activity Stop (στάση δραστηριότητας). Η στάση μπορεί να είναι αναγκαστική ( κάποιος φωτεινός σηματοδότης ) ή απλά ο ορισμός του τέλους μιας κίνησης του αντικειμένου. Από την άλλη πλευρά σε μια στάση δραστηριότητας υπάρχει ένας σκοπός. Στα δεδομένα της εικόνας μας υπάρχει ένα Activity Stop όταν τα αντικείμενα πηγαίνουν στο σχολείο για να αφήσουν τα παιδιά τους (bring child).



Εικόνα 3: Ακατέργαστες και σημασιολογικές τροχιές

### 1.4.3 – Διαδικασία εμπλουτισμού τροχιών

Η διαδικασία για την μετάβαση μιας τροχιάς από την ακατέργαστη μορφή στην σημασιολογική είναι σχετικά σύνθετη καθώς τα δεδομένα από τις διάφορες πηγές πληροφόρησης, πρέπει να συσχετιστούν με τα δεδομένα των ακατέργαστων τροχιών.

Επιπλέον μελετώντας τις ακατέργαστες τροχιές πρέπει να γίνει αναγνώριση των τμημάτων της τροχιάς σε στάσεις και κινήσεις. Αυτό είναι εφικτό είτε μέσω της συσκευής καταγραφής είτε μέσω μελέτης μετά τη συλλογή των δεδομένων.

Όταν τελειώσει και αυτή η διαδικασία τότε είναι έτοιμο ένα αρχείο δεδομένων σημασιολογικών τροχιών το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

## 1.5 - Σημαιολογικές τροχιές, κίνηση αντικειμένων – Σχετικές εργασίες

Η κινητικότητα (mobility) είναι μία από τις πιο σημαντικές έννοιες που χαρακτηρίζουν την τρέχουσα εξέλιξη της κοινωνίας μας. Οι εξελίξεις της πληροφορικής και οι διάφορες υπηρεσίες έχουν υποστηρίξει πολύ την ανθρώπινη κινητικότητα. Τα GPS και άλλες συσκευές εντοπισμού επιτρέπουν την καταγραφή της γεωγραφικής θέσης διαφόρων κινούμενων αντικειμένων. Ένας τεράστιος αριθμός δεδομένων παρακολούθησης έχει δημιουργηθεί, προς όφελος των νέων εφαρμογών που βασίζονται στη γνώση αυτής της κίνησης. Ερευνητές που ασχολούνται με τον χώρο των βάσεων δεδομένων, GIS, απεικόνισης και εξόρυξης δεδομένων έχουν αναπτύξει μοντέλα και τεχνικές για την ανάλυση της κινητικότητας. Τα αποτελέσματά που έχουν εξάγει αποτελούν ένα σημαντικό βήμα σε σχέση με προηγούμενες εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί, όπως για παράδειγμα το έργο EE Χωρόχρονος (Koubarakis et al., 2003) σε χωροχρονικά δεδομένα, και οι εργασίες των N. Pelekis, et al., 2014 όσο και σε ανάλυση των κινούμενων αντικειμένων [1].

Συγκεκριμένα, οι N. Pelekis et al., στην εργασία τους “On the Support of Mobility in ORDBMS” [2], παρουσιάζουν ένα σύστημα βάσεων δεδομένων και γλώσσα επερωτήσεων, με τα οποία μπορούν τόσο να εξάγουν δεδομένα κίνησης όσο και να χειρίζονται τις γεωμετρίες που εξαρτώνται από τον χρόνο, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αλλάζουν συνεχώς, δηλαδή αυτών που περιγράφουν κινούμενα αντικείμενα.

Μια λεπτομερής έρευνα σε σημαιολογικά εμπλουτισμένα κινούμενα αντικείμενα έχει δημοσιευθεί στο (N. Pelekis et al, 2013). Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η κατασκευή διαφόρων μεθόδων οι οποίες είναι σε θέση να μετασχηματίσουν τις σημαιολογικές τροχιές σε χρονοδιαγράμματα κινητικότητας, αλλά και στη δημιουργία ολόκληρων δικτύων με χωροχρονικές πληροφορίες αποσκοπώντας στο να παρέχει εφαρμογές με πλουσιότερη και πιο ουσιαστική γνώση για την κίνηση. Αυτό επιτυγχάνεται συνδυάζοντας τις ακατέργαστες κινούμενες διαδρομές (raw mobility tracks) (π.χ. δεδομένα GPS) με τα συναφή συμφραζόμενα δεδομένα (related contextual data). Αυτές οι εμπλουτισμένες εγγραφές διαδρομών ονομάζονται σημαιολογικές τροχιές (semantic trajectories).

Η ιδέα της τροχιάς προέρχεται από την ικανότητα να καταγράφει (capture) την κίνηση ενός αντικειμένου που κινείται στο γεωγραφικό χώρο για κάποιο χρονικό διάστημα. Η καταγραφή της κίνησης γίνεται για κάθε κινούμενο αντικείμενο και για κάθε διαδρομή κίνησής του. Μία διαδρομή κίνησης (movement track) αποτελείται βασικά από μία χρονική ακολουθία χωροχρονικών θέσεων - δηλαδή ζεύγη (χρονικό στίγμα, σημείο) – που καταγράφονται για το κινούμενο αντικείμενο. Ωστόσο, ανάλογα με τις δυνατότητες της συσκευής, συμπληρωματικά στοιχεία, π.χ. η στιγμιαία ταχύτητα ή ακινησία, η επιτάχυνση, η κατεύθυνση και η περιστροφή, μπορούν να συμπληρώνουν τα ζεύγη (χρονικό στίγμα, σημείο). Τα δεδομένα που καταγράφονται από τη συσκευή αποκαλούνται ακατέργαστα δεδομένα (raw data). Οι ακατέργαστες κινούμενες διαδρομές (raw movement tracks) μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως είναι, για περαιτέρω ανάλυση ή να μετατραπούν σε άλλα είδη που αναπαριστούν κίνηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – RDF, RDF STORES, SPARQL και

### STRABON

Στο πρώτο κεφάλαιο περιεγράφηκαν τα βασικά στοιχεία για την παρούσα εργασία και ουσιαστικά ποια θα είναι τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν. Που όμως θα χρησιμοποιηθούν αυτά τα δεδομένα και πως; Παρακάτω παρουσιάζονται οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν μέσω του STRABON ενός χωροχρονικού RDF Store.

#### 2.1 RDF – Resource Description Framework

RDF ονομάζεται μια οικογένεια W3C προδιαγραφών [8], η οποία πρώτα σχεδιάστηκε αρχικά ως ένα μοντέλο μετάδεδομένων και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε σαν μια γενική μέθοδος περιγραφής ή μοντελοποίησης πληροφοριών. Αυτή εφαρμόζεται στα web resources χρησιμοποιώντας ένα πλήθος από σημειογραφίες και πρότυπα μορφοποίησης δεδομένων. Επίσης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές διαχείρισης γνώσης.

##### 2.1.1 – Επισκόπηση

Το μοντέλο δεδομένων RDF [9] μοιάζει με τις κλασσικές τεχνικές μοντελοποίησης όπως οι τεχνικές οντοτήτων - σχέσεων ή τα διαγράμματα κλάσεων, καθώς βασίζεται στην ιδέα δημιουργίας προτάσεων της μορφής Υποκείμενο - Κατηγορημα - Αντικείμενο που αφορούν την πληροφορίας. Αυτές οι εκφράσεις είναι γνωστές και ως τριπλέτες στην ορολογία του RDF. Το υποκείμενο και το αντικείμενο δηλώνουν την πληροφορία και το κατηγορημα δηλώνει ιδιότητες ή πράξεις του υποκειμένου και εκφράζει μια σχέση μεταξύ του υποκειμένου και του αντικειμένου. Για παράδειγμα, ένας τρόπος για να δηλωθεί η έκφραση «Ο ουρανός έχει μπλε χρώμα» ως τριπλέτα σε μορφή RDF, «Ο ουρανός» θα είναι το υποκείμενο, το «έχει» είναι το κατηγορημα και το «μπλε χρώμα» είναι το αντικείμενο. Εν προκειμένω το RDF πρότυπο σε σχέση με τον αντικειμενοστραφή σχεδιασμό αντικαθιστά το αντικείμενο με το υποκείμενο και την τιμή και την ιδιότητα με το αντικείμενο και προσθέτει το κατηγορημα, δίνοντας μια μορφή φυσικής γλώσσας στην τριπλέτα. Για παράδειγμα ο αντικειμενοστραφής σχεδιασμός θα υποδείκνυε την εξής χρήση: Αντικείμενο («Ο ουρανός») – Ιδιότητα



(«χρώμα») – Τιμή («μπλε»).

Ο μηχανισμός για την περιγραφή των πληροφοριών είναι πολύ σημαντικό κεφάλαιο στις ενέργειες της W3C για τον Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web), που έχει σαν στόχο το εξής: Μια εξελιγμένη μορφή του παγκόσμιου ιστού, στην οποία αυτοματοποιημένο λογισμικό θα μπορεί να αποθηκεύει και να ανταλλάσσει πληροφορίες οι οποίες είναι διάσπαρτες στο διαδίκτυο και μπορούν να διαβαστούν από μηχανή, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους χρήστες να διαχειριστούν τις πληροφορίες με μεγαλύτερη σιγουριά και αποτελεσματικότητα [9].

Μια συλλογή από RDF εκφράσεις εγγενώς αναπαριστά ένα σημασμένο κατευθυνόμενο πολυγράφο. Ως τέτοιος, ένα μοντέλο δεδομένων βασισμένο σε RDF, είναι πιο ταιριαστός σε συγκεκριμένους τύπους αναπαράστασης γνώσης από ότι το σχετικιστικό μοντέλο και άλλα οντολογικά μοντέλα. Παρόλα αυτά, στην πράξη, τα RDF δεδομένα, διατηρούνται σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων ή άλλες πιο σχετικές υλοποιήσεις που ονομάζονται Triplestores ή Quadstores εάν υπάρχει περιγραφή για κάθε RDF τριπλέτα [10]. Όπως επιδεικνύεται στις RDFS και OWL, υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθούν γλώσσες οντολογίας μέσω του RDF.

### 2.1.2 – RDF Λεξικό

Η RDF ορίζει ένα λεξικό [13] μέσω του οποίου μπορούν να μοντελοποιηθούν τα RDF δεδομένα. Αυτό περιλαμβάνει χαρακτηριστικά για κλάσεις και ιδιότητες. Όταν τα δεδομένα διαμορφωθούν σύμφωνα με τον επιθυμητό τρόπο, μορφοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής μέσω των παρακάτω μορφών.

- Turtle [6], μια συμπαγής, φιλική προς το χρήστη μορφή.
- N-Triples [7], μια πολύ απλή, εύκολη στην ανάγνωση από μηχανή μορφή που δεν είναι τόσο συμπαγής όσο η Turtle.
- N-Quads [8], ένα υπερσύνολο της N-Triples για τη μορφοποίηση πολλαπλών RDF γράφων.
- JSON-LD [9], μια μορφοποίηση βασισμένη στην περιγραφική γλώσσα JSON.
- N3 ή Notation 3 [10], μια μορφή παρόμοια με την Turtle αλλά με κάποια εξτρά χαρακτηριστικά όπως η δυνατότητα προσθήκης συμπερασματικών.
- RDF/XML [11], μια μορφή βασισμένη στην περιγραφική γλώσσα XML που

ήταν και η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε για την μορφοποίηση RDF δεδομένων.

Εδώ να σημειωθεί ότι η RDF/XML δεν είναι ίδια με το RDF μοντέλο και πολλές φορές συγχέεται λανθασμένα. Ειδικότερα το RDF/XML δεν χρησιμοποιείται πλέον καθώς οι άλλες μορφοποιήσεις είναι πιο σύγχρονες και περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα δεδομένα.

### 2.1.3 – Αναγνωριστικό Πόρων

Το υποκείμενο (subject) κάθε RDF πρότασης είναι είτε ένα URI [12] ή ένας κενός κόμβος. Και τα δύο καταδεικνύουν ένα πόρο. Οι πόροι που περιγράφονται από κενούς κόμβους ονομάζονται ανώνυμοι και δεν είναι άμεσα αναγνωρίσιμοι από την RDF πρόταση. Το κατηγορημα (predicate) είναι ένα URI που επίσης υποδηλώνει έναν πόρο που αντιπροσωπεύει μια σχέση. Τέλος το αντικείμενο κάθε RDF πρότασης είναι είτε ένα URI είτε ένας κενός κόμβος είτε σκέτο κείμενο σε μορφή Unicode [13].

Στις εφαρμογές του σημασιολογικού ιστού, και στις σχετικά δημοφιλείς εφαρμογές του RDF όπως είναι το RSS [14] και το FOAF [15] (Friend of a Friend), οι πόροι συνηθίζεται να έχουν σαν αναγνωριστικό ένα URI που υποδηλώνει - και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόσβαση σε - δεδομένα του διαδικτύου. Γενικά όμως το RDF δεν περιορίζεται σε περιγραφή πόρων του διαδικτύου. Για την ακρίβεια το URI που ονομάζει ένα πόρο δεν χρειάζεται να οδηγεί σε κάποιο δεδομένο. Για παράδειγμα ένα URI που ξεκινά με τον όρο “http:” και χρησιμοποιείται ως το αντικείμενο σε μια έκφραση RDF δεν χρειάζεται να αντιπροσωπεύει μια διεύθυνση προσβάσιμη μέσω του HTTP πρωτοκόλλου, ούτε χρειάζεται να αντιπροσωπεύει γενικά έναν υπαρκτό, προσβάσιμο από το δίκτυο πόρο. Ένα τέτοιο URI μπορεί να αντιπροσωπεύει οτιδήποτε. Παρόλα αυτά, υπάρχει η κοινή παραδοχή ότι ένα κενό URI (χωρίς το σύμβολο #) που επιστρέφει τον έναν κωδικό επιπέδου 300 μετά από μια αίτηση HTTP GET πρέπει να αντιμετωπίζεται ως η επιβεβαίωση ότι ο διαδικτυακός πόρος υπάρχει.

Για αυτό το λόγο, οι δημιουργοί και οι χρήστες των RDF εκφράσεων πρέπει να συμφωνούν στα σημασιολογικά ζητήματα των αναγνωριστικών των πόρων. Μια τέτοια συμφωνία δεν συμπεριλαμβάνεται στο RDF, παρά το ότι υπάρχουν κάποια τυποποιημένα και ελεγχόμενα λεξικά όπως το τα Dublin Core [16] μεταδεδομένα που αντιστοιχούν μερικώς σε ένα URI για τη χρήση στο RDF. Ο σκοπός έκδοσης στο διαδίκτυο, οντολογιών βασισμένων στο RDF, συχνά είναι η επεξήγηση των

αναγνωριστικών των πόρων που χρησιμοποιούνται για την έκφραση RDF.

Για παράδειγμα το URI

<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#Merlot>

αναφέρεται στην κλάση όλων των κόκκινων οίνων Merlot ενός παραγωγού. Αυτό είναι ένας ορισμός που περιγράφεται από την αντίστοιχη OWL οντολογία, η οποία είναι ένα RDF έγγραφο. Χωρίς προσεκτική ανάλυση του ορισμού, είναι εύκολη η λάθος ερμηνεία του παραπάνω URI ως κάτι πραγματικό, αντί για ένα τύπο οίνου.

Εδώ να σημειωθεί το URI αυτό δεν είναι ένα κενό URI αλλά ένα URI αναφοράς που περιέχει τον ειδικό χαρακτήρα “#” και τελειώνει με το κομμάτι του αναγνωριστικού, “Merlot”.

#### 2.1.4 - Πλαίσιο Πραγμοποίησης Εκφράσεων

Το σύνολο της γνώσης που μοντελοποιείται από μια συλλογή εκφράσεων μπορεί να υποστεί πραγμοποίηση με βάση την οποία σε κάθε έκφραση (δηλαδή κάθε triple που απαρτίζεται από υποκείμενο – κατηγορημα – αντικείμενο) ανατίθεται ένα URI και έτσι αντιμετωπίζεται ως ένας πόρος για τον οποίο μπορούν να δημιουργηθούν επιπλέον εκφράσεις. Η διαδικασία της πραγμοποίησης είναι σημαντική γιατί μέσω αυτής συμπεραίνεται ο βαθμός εμπιστοσύνης ή χρησιμότητας της κάθε έκφρασης.

Σε μια πραγμοποιημένη RDF βάση δεδομένων κάθε αρχική έκφραση, αφού είναι πόρος, έχει τουλάχιστον τρεις επιπλέον εκφράσεις που την αφορούν:

- Μία για την επιβεβαίωση ότι το υποκείμενο είναι κάποιος πόρος
- Μία για την επιβεβαίωση ότι το κατηγορημα είναι κάποιος πόρος
- Μία για την επιβεβαίωση ότι το υποκείμενο είναι κάποιος πόρος ή κάποια τιμή

Επίσης, υπάρχει η περίπτωση να υπάρχουν περισσότερες εκφράσεις που αφορούνε την αρχική έκφραση, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής.

Χρησιμοποιώντας τα ίδια πλαίσια με την επιστήμη της λογικής [17] κάποιες εφαρμογές RDF μοντέλων αναγνωρίζουν ότι είναι χρήσιμη η ομαδοποίηση εκφράσεων ανάλογα με διάφορα κριτήρια, τα οποία ονομάζονται καταστάσεις, πλαίσια, ή πεδία. Για παράδειγμα μια έκφραση μπορεί να σχετίζεται με ένα πλαίσιο και να ονοματίζεται από ένα URI ώστε να επιβεβαιωθεί μια σχέση αληθείας. Σε ένα άλλο παράδειγμα, είναι

βολική η ομαδοποίηση εκφράσεων ανάλογα με την πηγή τους, η οποία μπορεί να αναγνωριστεί από το URI. Τέτοιο είναι το URI ενός RDF/XML εγγράφου. Με αυτό τον τρόπο, όταν γίνονται αλλαγές στην πηγή, αντίστοιχες εκφράσεις υπόκεινται σε αλλαγές και στο μοντέλο.

Εν γένει η υιοθέτηση των πεδίων δεν είναι απαιτεί πλήρως πραγματοποιημένες εκφράσεις. Κάποιες υλοποιήσεις επιτρέπουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό να σχετίζεται με μια έκφραση η οποία δεν έχει αντιστοιχηθεί με ένα URI. Παρομοίως σε ένα ονοματισμένο γράφο [18], ένα σετ από triples που αντιστοιχίζεται σε ένα URI μπορεί να εκφράζει ένα πλαίσιο χωρίς την ανάγκη πραγματοποίησης των triples.

### 2.1.5 – Ερωτήματα στο Triple Store

Η κυρίαρχη γλώσσα ερωτημάτων στους RDF γράφους και κατ' επέκταση στα Triple Stores είναι η SPARQL. Μία SQL-like γλώσσα και στάνταρ της W3C από την 15<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2008. Παρακάτω είναι ένα παράδειγμα ερωτήματος σε SPARQL για την εύρεση των πρωτευουσών στην Αφρική, χρησιμοποιώντας μια υποθετική οντολογία.

```
PREFIX abc: <nul://sparql/exampleOntology#> .
SELECT ?capital ?country
WHERE {
  ?x abc:cityname ?capital ;
  abc:isCapitalOf ?y.
  ?y abc:countryname ?country ;
  abc:isInContinent abc:Africa.
}
```

### 2.1.6 – Παραδείγματα

#### Παράδειγμα 1: RDF περιγραφή ενός προσώπου Eric Miller

Εδώ περιγράφεται ένας πόρος με τις εκφράσεις «Υπάρχει ένα άτομο που έχει αναγνωριστικό το <http://www.w3.org/People/EM/contact#me>, το όνομα του οποίου είναι Eric Millers, το email του είναι e.miller123(at)example και ο τίτλος του είναι DR».

Ο πόρος «<http://www.w3.org/People/EM/contact#me>» είναι το υποκείμενο.

Τα αντικείμενα είναι τα

- "Eric Miller" (με κατηγορία το "whose name is"),
- mailto:e.miller123(at)example (με κατηγορία το "whose email address is"), and
- "Dr." (με κατηγορία το "whose title is").

Το υποκείμενο είναι ένα URI.

Τα κατηγορήματα επίσης έχουν URI. Για παράδειγμα το URI κάθε κατηγορήματος είναι:

- "whose name is" is <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#fullName>,
- "whose email address is" is <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#mailbox>,
- "whose title is" is <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#personalTitle>.

Επιπρόσθετα το υποκείμενο έχει ένα τύπο (με URI το <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>), ο οποίος είναι το άτομο (person, με URI το

<http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person>).

Με βάση τα παραπάνω, τα triples «υποκείμενο, κατηγορία, αντικείμενο» είναι τα παρακάτω:

- <http://www.w3.org/People/EM/contact#me>, <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#fullName>, "Eric Miller"
- <http://www.w3.org/People/EM/contact#me>, <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#mailbox>, mailto:em@w3.org
- <http://www.w3.org/People/EM/contact#me>, <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#personalTitle>, "Dr."
- <http://www.w3.org/People/EM/contact#me>, <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>, <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person>

Ο παραπάνω RDF πόρος, σε επεξεργασίμες μορφές από ένα Triple Store, γράφεται ως εξής:

Σε N-Triples μορφή

```
<http://www.w3.org/People/EM/contact#me> <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#fullName>
"Eric Miller" .
<http://www.w3.org/People/EM/contact#me> <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#mailbox>
<mailto:em@w3.org> .
<http://www.w3.org/People/EM/contact#me>
<http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#personalTitle> "Dr." .
<http://www.w3.org/People/EM/contact#me> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type>
<http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person> .
```

## Σε Turtle μορφή

```
@prefix eric: <http://www.w3.org/People/EM/contact#> .
@prefix contact: <http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
eric:me contact:fullName "Eric Miller" .
eric:me contact:mailbox <mailto:e.miller123(at)example> .
eric:me contact:personalTitle "Dr." .
eric:me rdf:type contact:Person .
```

## Σε RDF/XML μορφή

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:contact="http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#" xmlns:eric="http://www.w3.org/People/EM/contact#" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
    <contact:fullName>Eric Miller</contact:fullName>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
    <contact:mailbox rdf:resource="mailto:e.miller123(at)example"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
    <contact:personalTitle>Dr.</contact:personalTitle>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/People/EM/contact#me">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/10/swap/pim/contact#Person"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

## 2.2 – RDF Triple Stores

Τα RDF δεδομένα αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων που ονομάζονται RDF Triple Stores. Ένα RDF Triple Store είναι ένα εξειδικευμένος τύπος βάσης δεδομένων για την αποθήκευση και την ανάκτηση triples, που όπως αναφέρεται και στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι δεδομένα της μορφής «υποκείμενο, κατηγορημα, αντικείμενο» όπως για παράδειγμα «Ο Γιάννης είναι 35» ή «Ο Γιάννης ξέρει τον Κώστα».

Περίπου όπως και σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων, τα δεδομένα αποθηκεύονται στο RDF Triple Store και ανακτώνται μέσω μιας γλώσσας ερωτημάτων. Σε αντίθεση όμως με μια σχεσιακή βάση δεδομένων, ένα RDF Triple Store είναι βελτιστοποιημένο για την αποθήκευση και ανάκτηση triples. Παράλληλα με την λειτουργία των ερωτημάτων, τα triples μπορούν να εισαχθούν και να εξαχθούν χρησιμοποιώντας το RDF ή άλλες μορφές.

### 2.2.1 – Υλοποίηση

Κάποια RDF Triple Stores έχουν δημιουργηθεί από την αρχή σαν βάσεις δεδομένων ενώ κάποια άλλα είναι για παράδειγμα βασισμένα στην SQL και έχουν δημιουργηθεί πάνω σε ήδη υπάρχουσες λύσεις εμπορικών βάσεων δεδομένων [19]. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει σε μεγάλες και πολύ ισχυρές μηχανές βάσεων δεδομένων να δημιουργηθούν με πολύ μικρή προγραμματιστική προσπάθεια, τουλάχιστον στα αρχικά στάδια ανάπτυξης ενός RDF Triple Store. Μακροπρόθεσμα όμως υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ένα αυτόνομο RDF Triple Store να είναι πιο γρήγορο. Μια δυσκολία στην υλοποίηση ερωτημάτων μέσω SQL είναι ότι παρότι τα triples είναι αποθηκευμένα, η υλοποίηση αποτελεσματικών ερωτημάτων πάνω σε ένα RDF μοντέλο βασισμένο σε γράφο, με SQL γλώσσα είναι πολύ δύσκολη [20].

### 2.3 – SPARQL

Η SPARQL είναι μια γλώσσα ερωτημάτων για RDF βάσεις δεδομένων, δηλαδή RDF Stores, μέσω της οποίας δίνεται η δυνατότητα ανάκτησης και χειρισμού δεδομένων σε μορφή RDF. Προτυποποιήθηκε από την W3C και αναγνωρίστηκε ως μια από τις τεχνολογίες κλειδιά του Σημαιολογικού Ιστού. Στις 15 Ιανουαρίου 2008 η SPARQL 1.0 έγινε επίσημο πρότυπο της W3C και η SPARQL 1.1 το 2013.

Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στο ερώτημα να απαρτίζεται από triples, λογικές συζεύξεις, λογικές διαζεύξεις και άλλα μοτίβα. Υπάρχουν υλοποιήσεις σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού και σύμφωνα με τον Sir Tim Berners Lee η SPARQL θα καταστήσει το διαδίκτυο ικανό να γίνει κατανοητό να διαβαστεί από έναν υπολογιστή.

Επίσης υπάρχουν εργαλεία που επιτρέπουν την σύνδεση και την αυτοματοποιημένη δημιουργία SPARQL ερωτημάτων σε μια βάση που υποστηρίζει τη γλώσσα.

#### 2.3.1 – Πλεονεκτήματα

Η SPARQL προσφέρει ένα πλήρες σύνολο από λειτουργίες ερωτημάτων σε ένα RDF store, τα δεδομένα του οποίου περιέχουν το σχήμα της βάσης, το οποίο δεν δηλώνεται ξεχωριστά. Τέτοιες λειτουργίες είναι οι JOIN, SORT και AGGREGATE. Οι πληροφορίες του σχήματος (η οντολογία) συνήθως παρέχονται σε ξεχωριστό αρχείο επιτρέποντας έτσι τη χρήση του σε διαφορετικού τύπου δεδομένα. Τέλος κάποιες

υλοποιήσεις προσφέρουν επιπλέον ιδιότητες στα Triples των δεδομένων όπως τα timestamps οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα περαιτέρω ανάλυσης των δεδομένων.

Ένα παράδειγμα ερωτήματος που χρησιμοποιεί την πολύ γνωστή οντολογία “foaf” – (Friend of a Friend). Συγκεκριμένα, το ερώτημα επιστρέφει τα ονόματα και τα e-mail από κάθε άτομο της βάσης δεδομένων.

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?person ?name ?email
WHERE {
  ?person a foaf:Person.
  ?person foaf:name ?name.
  ?person foaf:mbox ?email.
}
```

Το παραπάνω ερώτημα εκτελεί ένα JOIN όλων των triples του τύπου person (foaf:person) (το «a» είναι δεσμευμένη λέξη για τον τύπο του triple) και έχει ένα η περισσότερα ονόματα (foaf:name) και e-mail (foaf:mbox). Το ?person ορίζει το όνομα της μεταβλητής για λόγους κατανόησης. Ουσιαστικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε όνομα μεταβλητής, αλλά όποιο και να ήτανε, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί το ίδιο σε κάθε γραμμή του ερωτήματος για να δηλώσει το JOIN στα triples με το ίδιο υποκείμενο.

Το αποτέλεσμα είναι ένα σύνολο γραμμών της μορφής ?person, ?name, ?email. Στην προκειμένη περίπτωση το ?person είναι ένα URI και τα ?name και ?email είναι literals. Επίσης, τα ?person και ?name μπορεί να εμφανίζονται παραπάνω από μια φορά, ανάλογα με το πλήθος των e-mail που έχουν.

Ένα πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να διανεμηθεί σε διάφορα SPARQL endpoints [21], να υπολογιστεί και να επιστραφεί το συνολικό αποτέλεσμα στο χρήστη. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται και federated query.

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης επιπλέον ορισμούς από triples στο ερώτημα και έτσι να γίνει δυνατό το JOIN διάφορων θεμάτων επεκτείνοντας την δυναμικότητα των ερωτημάτων. Για παράδειγμα αν προστεθούν ορισμοί σχετικά με οχήματα, θα ήταν δυνατή η ανάκτηση μιας λίστας από ονόματα και email από άτομα που οδηγούν οχήματα μεγαλύτερα από 4 μέτρα.



### 2.3.2 - Μορφές Ερωτημάτων

Τα ερωτήματα μπορούν να γίνουν με 4 διαφορετικές μορφές, για διαφορετικούς σκοπούς:

#### 1. SELECT

Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή μη μορφοποιημένων τιμών από ένα SPARQL endpoint, σε μορφή πίνακα

#### 2. CONSTRUCT

Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή τιμών από ένα SPARQL endpoint και την μορφοποίηση τους σε RDF δεδομένα.

#### 3. ASK

Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή δεδομένων αληθείας (επιστρέφει true ή false) από ένα SPARQL endpoint

#### 4. DESCRIBE

Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή RDF γράφου από το SPARQL endpoint, τα περιεχόμενα του οποίου σχετίζονται απόλυτα με το ότι έχει δηλώσει ο χρήστης ότι θεωρεί ως χρήσιμη πληροφορία.

Κάθε μια από τις παραπάνω μορφές ερωτημάτων, έχει ένα σκέλος WHERE για να περιοριστεί το εύρος του ερωτήματος, εκτός από την περίπτωση του DESCRIBE που δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει.

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης επεκτάσεων που δίνουν τη δυνατότητα στη SPARQL να διαχειριστεί χρονικά και χωρικά δεδομένα (GeoSPARQL).

## 2.4 - STRABON

Το STRABON [22] είναι ένα σημασιολογικό, χωροχρονικό RDF Store. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση συνδεδεμένων χωροχρονικών δεδομένων τα οποία μεταβάλλονται στην πάροδο του χρόνου. Δίνει τη δυνατότητα διενέργειας ερωτημάτων χρησιμοποιώντας 2 πολύ δημοφιλείς επεκτάσεις της SPARQL.

Το STRABON υποστηρίζει χωρικούς τύπους δεδομένων κάνοντας δυνατή την μετατροπή γεωγραφικών δεδομένων σε κατάλληλη μορφή, βασισμένη στα πρότυπα WKT(Well Known Text) [23] και GML(Geography Markup Language) [24] της OGC [25].

Επίσης προσφέρει χωρικά και χρονικά SELECT, JOIN, μια πλούσια συλλογή από χωρικές συναρτήσεις παρόμοιες με αυτές που υποστηρίζονται από τις χωροχρονικές σχεσιακές βάσεις δεδομένων καθώς και υποστήριξη για πολλαπλά συστήματα αναφοράς γεωγραφικών συντεταγμένων.

Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση χρονικών δεδομένων και concept όπως είναι μια εκδήλωση, ένα γεγονός, αλλαγές στο πέρασμα του χρόνου και άλλα, κάνοντας χρήση του χρόνου στα triples και ένα πλήρες σύνολο από χρονικές συναρτήσεις.

Έχει δημιουργηθεί επεκτείνοντας το πολύ γνωστό RDF Store, Sesame και επεκτείνει τα συστατικά του Sesame ώστε να μπορεί να διαχειριστεί θεματικά, χωρικά και χρονικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων.

Η γλώσσα που υποστηρίζεται από το STRABON είναι η stSPARQL [26], η οποία λέγεται έτσι γιατί χρησιμοποιείται από το Strabon (strabon Sparql), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση δεδομένων της μορφής stRDF που είναι μια επέκταση του RDF. Πρόκειται για μια επέκταση της γλώσσας επερωτήσεων SPARQL, με συναρτήσεις που δέχονται σαν επιχειρήματα χωρικούς όρους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα SELECT, FILTER και HAVING της SPARQL. Ένας χωρικός όρος (spatial term) είναι είτε μια spatial literal ή το αποτέλεσμα μιας γεωμετρικής λειτουργίας σε χωρικούς όρους. Στην stSPARQL χρησιμοποιούνται συναρτήσεις από το "OpenGIS Simple Feature Access- Part 2: SQL Option" πρότυπο της OGC-SFA για

διεξαγωγή ερωτημάτων σε stRDF δεδομένα.

Το πρότυπο αυτό ορίζει τα σχεσιακά σχήματα που υποστηρίζουν την αποθήκευση, ανάκτηση, επερώτηση και ενημέρωση των συνόλων απλών λειτουργιών που χρησιμοποιούν SQL.

Ένα γνώρισμα (feature) είναι μια οντότητα τομέα (domain entity) που μπορεί να έχει διάφορα γνωρίσματα που περιγράφουν χωρικά και μη-χωρικά (θεματικά) χαρακτηριστικά. Τα χωρικά χαρακτηριστικά ενός γνωρίσματος αναπαριστώνται χρησιμοποιώντας γεωμετρίες όπως σημεία, γραμμές, πολύγωνα, κ.λπ. Κάθε γεωμετρία συνδέεται με ένα CRS. Ένα απλό γνώρισμα είναι ένα γνώρισμα με όλες τις χωρικές ιδιότητες να περιγράφονται τμηματικά με μία ευθεία γραμμή ή μια επίπεδη παρεμβολή μεταξύ των συνόλων των σημείων. Το πρότυπο OGC-SFA ορίζει τις λειτουργίες για την υποβολή ειδικής παρουσίασης της γεωμετρίας (πχ. η συνάρτηση ST\_AsText επιστρέφει την WKT παρουσίαση μιας γεωμετρίας), συναρτήσεις για έλεγχο πότε κάποιες συνθήκες είναι ιδανικές για μια γεωμετρία (πχ. η συνάρτηση ST\_IsEmpty επιστρέφει "αληθής" (true) αν η γεωμετρία είναι κενή) και συναρτήσεις για την επιστροφή των ιδιοτήτων της γεωμετρίας (πχ. η συνάρτηση ST\_Dimension επιστρέφει την εγγενή διάσταση της). Σε αντίθεση, το πρότυπο ορίζει τις λειτουργίες για τη δοκιμή ονομαζόμενων χωρικών σχέσεων μεταξύ δύο γεωμετριών (πχ. η συνάρτηση ST\_Overlaps) και συναρτήσεις για την κατασκευή νέων γεωμετριών από υπάρχουσες γεωμετρίες (πχ. η συνάρτηση ST\_Envelope που επιστρέφει το MBB μιας γεωμετρίας).

Η νέα έκδοση της stSPARQL επεκτείνει την SPARQL 1.1 χρησιμοποιώντας το πρότυπο OGC-SFA. Αυτό επιτεύχθηκε ορίζοντας ένα URI για κάθε μια από τις συναρτήσεις της SQL που ορίζονται στο πρότυπο και χρησιμοποιούνται στα ερωτήματα της SPARQL. Για παράδειγμα, για τη συνάρτηση ST-IsEmpty παρουσιάζεται η επεκτάσιμη συνάρτηση της SPARQL `xsd:boolean strdf:isEmpty(strdf:geometry g)` η οποία παίρνει σαν όρισμα ένα χωρικό όρο `g` και επιστρέφει "αληθής" αν το `g` είναι η κενή γεωμετρία. Οι επεκτάσιμες συναρτήσεις της stSPARQL μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην επιλογή SELECT ενός ερωτήματος SPARQL. Σαν αποτέλεσμα, νέες χωρικές λεκτικές μπορούν να παραχθούν κατά τη διάρκεια ενός ερωτήματος βασισμένο χρονικά σε προ υπάρχοντες χρονικές λεκτικές.

Στην stSPARQL έχουμε επίσης τις ακόλουθες χωρικές συναρτήσεις συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων:

`strdf:geometry strdf:union(set of strdf:geometry a)`, επιστρέφει μια γεωμετρία που είναι η συννέωση του συνόλου των γεωμετριών που έχουμε σαν είσοδο.

`strdf:geometry strdf:intersection(set of strdf:geometry a)`, επιστρέφει μια γεωμετρία που είναι η τομή του συνόλου των γεωμετριών που έχουμε σαν είσοδο.

`strdf:geometry strdf:extent(set of strdf:geometry a)`, επιστρέφει μια γεωμετρία που είναι το MBB των γεωμετριών που έχουμε σαν είσοδο.

Η stSPARQL επίσης υποστηρίζει λειτουργίες ενημέρωσης (εισαγωγή, διαγραφή και ενημέρωση των τριπλετών stRDF) σύμφωνα με τη δηλωτική γλώσσα ενημέρωσης για την SPARQL, SPARQL Update 1.1, που είναι πρόταση της W3C.

Τα παρακάτω παραδείγματα επιδεικνύουν τη λειτουργικότητα της stSPARQL.

Παράδειγμα 1: Επέστρεψε τα ονόματα των πόλεων που έχουν επηρεαστεί από φωτιές.

```
SELECT ?name
WHERE { ?t a dbpedia:Town; geonames:name ?name; strdf:hasGeometry ?tGeo.
?ba a noa:BurntArea; strdf:hasGeometry ?baGeo.
FILTER(strdf:intersects(?tGeo,?baGeo))}
```

Το παραπάνω ερώτημα αποδεικνύει τη χρήση μια τοπολογικής συνάρτησης σε ένα υπερώτημα. Το αποτέλεσμα του ερωτήματος είναι τα ονόματα των πόλεων των οποίων οι γεωμετρίες "χωρικά επικαλυμένες" οι γεωμετρίες αντιστοιχούν στις περιοχές που έχουν καεί.

Παράδειγμα 2: Απομονώστε τα τμήματα των καμένων περιοχών που βρίσκονται σε δάση κωνοφόρων.

```
SELECT ?ba (strdf:intersection(?baGeom,strdf:union(?fGeom)) AS ?burnt)
WHERE { ?ba a noa:BurntArea. ?ba strdf:hasGeometry ?baGeom.
?f a noa:Area. ?f noa:hasLandCover noa:ConiferousForest.
?f strdf:hasGeometry ?fGeom.
FILTER(strdf:intersects(?baGeom,?fGeom)) }
GROUP BY ?ba ?baGeom
```

Στο παραπάνω ερώτημα ερευνάτε πότε μια καμένη έκταση διασταυρώνεται με ένα δάσος κωνοφόρων. Σε αυτή την περίπτωση, η ομοδοποιήσεις γίνονται εξαρτώμενες από τις καμμένες περιοχές. Οι γεωμετρίες των δασών αντιστοιχούν μοναδικά σε κάθε καμένη περιοχή και η τομή τους με την καμένη περιοχή υπολογίζεται και επιστρέφεται στον χρήστη.

Η stSPARQL και το stRDF έχουν σχεδιαστεί για την απεικόνιση και την ανάκτηση χωρικών δεδομένων που μεταβάλλονται με το χρόνο, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη μιας πόλης στο πέρασμα των χρόνων, εξαιτίας νέων τεχνολογιών, αύξηση του πληθυσμού και άλλα. Οι εκφραστικές δυνατότητες της stSPARQL καθιστούν το STRABON το μοναδικό RDF Store με πλήρεις χωρικές και χρονικές δυνατότητες.

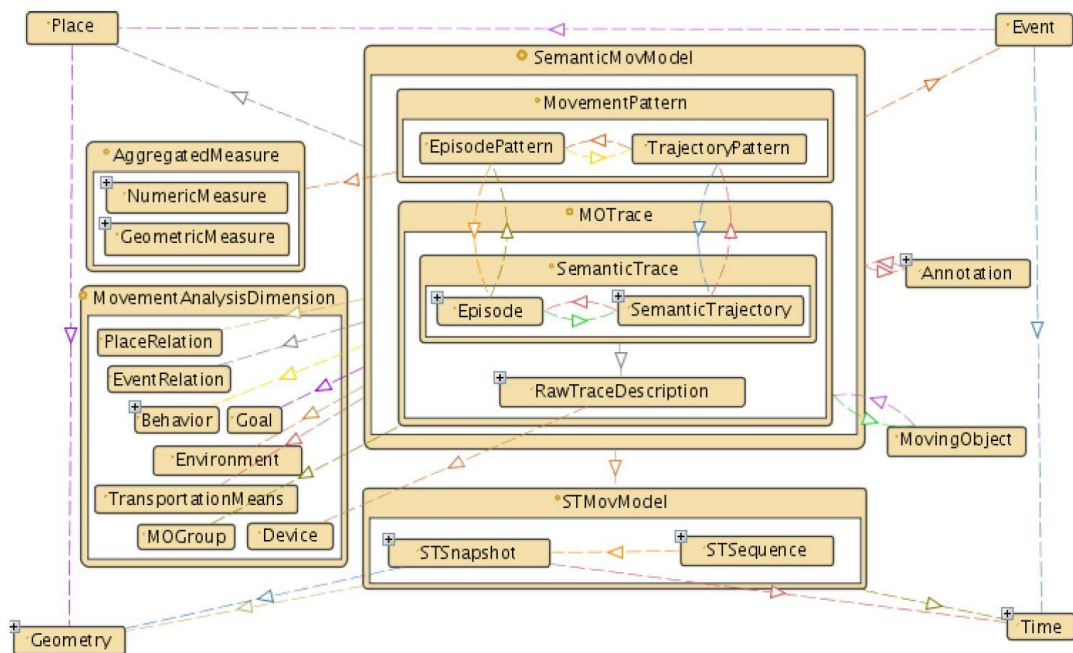
Η stSparql έχει ένα νέο είδος μεταβλητών που ονομάζονται χωρικές μεταβλητές (spatial variables) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βασικά μοτίβα γραφήματος με σκοπό να αναφέρονται σε χωρικές ημιγραμμικές δηλώσεις συνόλων σημείων.

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε χωρικά φίλτρα, ένα νέο είδος έκφρασης φίλτρων που εισήγαγε η stSparql αποσκοπώντας στην σύγκριση χωρικών όρων χρησιμοποιώντας χωρικά κατηγορήματα.

Τέλος το STRABON υποστηρίζει την ανάκτηση στατικών γεωγραφικών δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα υποσύνολο της GeoSPARQL ενώ είναι σε συνεχή εξέλιξη και υλοποίηση νέων δυνατοτήτων.

## 2.5 – Baquara Ontology

Η οντολογία Baquara [27] είναι σχεδιασμένη για τον σημασιολογικό εμπλουτισμό ακατέργαστων τροχιών. Στην εικόνα 1 φαίνονται οι υψηλού επιπέδου έννοιες (κλάσεις) που περιγράφονται στην οντολογία καθώς και οι κύριες σημασιολογικές σχέσεις μεταξύ τους. Κάθε τετράγωνο αναπαριστά μία έννοια. Η ενθυλάκωση δηλώνει υπαγωγή (σχέση είναι IS-A). Δηλαδή μια εμφωλευμένη έννοια (πχ Episode) είναι υποκλάση της έννοιας που την περικλείει (πχ SemanticTrace). Το σύμβολο της πρόσθεσης στην πάνω αριστερή γωνία του τετραγώνου δηλώνει ότι η συγκεκριμένη έννοια εξειδικεύεται ακόμα περισσότερο στην Baquara. Η μπλε διακεκομμένη γραμμή δηλώνει μια σημασιολογική σχέση, όπως είναι η σύνθεση (PART\_OF) ή μια συγκεκριμένη σχέση, (πχ. μεταξύ ενός γεγονότος και του μέρους στο οποίο συμβαίνει). Οι γραμμές που συνδέουν δύο έννοιες σε αντίθετη κατεύθυνση, δηλώνουν αντίστροφες σχέσεις.



Εικόνα 4: Γενική άποψη της οντολογίας Baquara

Η οντολογία Baquara έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθεί σαν ένα εννοιολογικό πλαίσιο περιγραφής σημασιολογικών τροχιών σε πολλαπλούς τομείς που κυμαίνονται από τα MM εντός πόλης μέχρι την οικολογία του ζωικού βασιλείου. Η παρούσα έκδοση έχει πάνω από 200 κλάσεις και πάνω από 200 ιδιότητες. Περιλαμβάνει όλες της βασικές δομές για την περιγραφή και την ανάλυση τροχιών. Παρόλα αυτά μπορεί να προσαρμοστεί σε πιο συγκεκριμένα πεδία, προσθέτοντας εξειδικευμένες κλάσεις και

ιδιότητες αντικειμένων.

Παρακάτω αναλύεται περαιτέρω η οντολογία.

### 2.5.1 – Ορισμοί για Places, Events και Moving Objects.

Η οντολογία χρησιμοποιεί την οντολογία Time [28] της W3C ως σύλληψη της έννοιας του χρόνου (Time), και μια σύλληψη γεωμετρίας (Geometry) συμβατή με τα χωρικά πρότυπα [29] της OGC. Αυτές οι οντολογίες χρησιμοποιούνται για τους ορισμούς των Place και Event. Αυτές οι έννοιες που αναλύονται παρακάτω χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το χωροχρονικό πλαίσιο των δεδομένων της κίνησης καθώς και τα σημεία και τα γεγονότα ενδιαφέροντος για κάθε πεδίο εφαρμογής της οντολογίας.

Η κλάση Place (Ορισμός 1) περιγράφει ένα χωρικό δεδομένο που χρησιμοποιείται στην ανάλυση της κίνησης. Η γεωμετρία του, όπως ορίζεται από τα χωρικά πρότυπα της OGC, μπορεί να είναι απλά (σημείο, γραμμή ή περιοχή) ή σύνθετα (σύνολο σημείων, γραμμών ή περιοχών).

Παραδείγματα της κλάσης Place για το χώρο του τουρισμού είναι η Πόλη, το Αεροδρόμιο, το Ξενοδοχείο, το Εστιατόριο και το μνημείο.

**Ορισμός 1: Ένα Place αποτελείται από μια γεωμετρία (Geometry) και τουλάχιστον ένα όνομα (Name).**

Η κλάση Event (Ορισμός 2) περιγράφει ένα γεγονός που διαρκεί για ένα χρονικό διάστημα και χρησιμοποιείται στην ανάλυση της κίνησης στο πεδίο εφαρμογής. Μπορεί να είναι απλή (στιγμή ή περίοδος) ή σύνθεση (σύνολο σημείων ή περιόδων), όπως ορίζονται από την Time οντολογία της W3C. Υποκατηγορίες της κλάσης σχετικές με τον τουρισμό μπορεί να είναι η εποχή και το κοσμικό γεγονός. Τέτοιες κατηγορίες μπορούν να εξειδικευτούν περαιτέρω, πχ το κοσμικό γεγονός να είναι ένα πάρτι ή μια συγκέντρωση. Ένα Event μπορεί να συσχετιστεί με ένα Place, όπως φαίνεται και από τη διακεκομμένη γραμμή στην εικόνα 1. Έτσι μια πόλη το όνομα της οποίας είναι «Αθήνα» μπορεί να συσχετιστεί σημασιολογικά με ένα γεγονός όπως είναι «Οι Ολυμπιακοί Αγώνες του 2004» ή «Η εξέγερση του Πολυτεχνείου την 17<sup>η</sup> Νοεμβρίου του 1973». Από την άλλη, γεγονότα όπως είναι οι διακοπές του Πάσχα, ή η Πρωτοχρονιά δεν μπορούν να συσχετισθούν με ένα μέρος καθώς συμβαίνουν σε πολλά μέρη ταυτόχρονα.

**Ορισμός 2:** Ένα Event αποτελείται από ένα χρόνο (Time), τουλάχιστον ένα όνομα (Name) και ίσως μια συσχέτιση με ένα μέρος/τόπο (Place).

Η κλάση MovingObject (Ορισμός 3) είναι οτιδήποτε κινείται και μπορεί να διαχωριστεί από τα υπόλοιπα κινητά αντικείμενα μέσω του MOid (moving object identifier). Στην οντολογία Baquara ένα MovingObject μπορεί να είναι ένα άτομο, ένα ζώο, ένα όχημα, ακόμα και μια καταγίδα, που μπορεί να αναπαρασταθεί σαν κινούμενη περιοχή.

**Ορισμός 3:** Ένα MovingObject αποτελείται από ένα MOid και συλλογές από RawTraceDescription και SemanticTrajectories.

Τα βασικά αυτά στοιχεία θα αναλυθούν λεπτομερώς παρακάτω.

### 2.5.2 – Μοντέλο κίνησης και εκφράσεις περιγραφής.

Οι οντότητες που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της κίνησης στην οντολογία Baquara είναι υποκλάσεις των κλάσεων STMovModel και SemanticMovModel. Ένα STMoveModel (Spatiotemporal Model of Movement – Χωροχρονικό μοντέλο κίνησης) περιγράφει χωροχρονικές αναπαραστάσεις της κίνησης. Μπορεί να αναφέρεται σε ανεπεξέργαστα γεωγραφικά ίχνη, επεξεργασμένα γεωγραφικά ίχνη (που είναι αποτέλεσμα εκκαθάρισης δεδομένων και ταύτισης με χάρτη) ακόμα και σημασιολογικές τροχιές ή και πρότυπα τροχιών που έχουνε χωροχρονικές αντιστοιχίες. Τέτοια δεδομένα διαχειρίζονται αποτελεσματικά από συστήματα διαχείρισης δεδομένων κινούμενων αντικειμένων όπως είναι το Hermes και το Strabon.

Η αφηρημένη κλάση STMovModel έχει δύο ορισμένες υποκλάσεις, τις STSnapshot και STSequence. Ένα STSnapshot αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χωροχρονική κατάσταση και αποτελείται από ένα Time και ένα Geometry. Ένα STSequence είναι μια συλλογή από STSnapshot, ταξινομημένα με βάση τις μη αλληλοκαλυπτόμενες χρονικές τιμές τους.

Ένα SemanticMovModel μπορεί να είναι ένα MOTrace ή ένα MovementPattern. Ένα MOTrace (Moving Object Trace) είναι μια αφηρημένη κλάση η οποία περιγράφει την κίνηση που εκτελέστηκε από ένα συγκεκριμένο MovingObject. Μπορεί να είναι ένα RawTraceDescription από ανεπεξέργαστα δεδομένα συλλεγμένα από μια συσκευή ή να είναι ένα SemanticTrace φτιαγμένο δημιουργημένο από την επεξεργασία των δεδομένων.



Ένα RawTraceDescription (Ορισμός 4) χρησιμοποιείται για την σημασιολογική περιγραφή των δεδομένων της κίνησης. Για παράδειγμα, να δείξει πληροφορίες για την συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή του ίχνους και άλλες σχετικές πληροφορίες, όπως η χωροχρονική ακρίβεια και ο ρυθμός δειγματοληψίας. Η χωροχρονική αποτύπωση ενός επεισοδίου, μπορεί να διαφέρει από αυτή των ανεπεξέργαστων δεδομένων, λόγω των απαραίτητων μορφοποιήσεων που περιλαμβάνουν ξεκαθάρισμα των δεδομένων, δείγματα που παρεμβάλλονται και αντιστοίχιση στο χάρτη. Για αυτό κάθε κλάση, Episode και RawTraceDescription, έχει το δικό της STMovModel.

**Ορισμός 4: Ένα RawTraceDescription περιλαμβάνει ένα STMovModel και μια ένδειξη της συσκευής που χρησιμοποιήθηκε για να συλλέξει τα χωροχρονικά δεδομένα.**

Η SemanticTrace είναι μια αφηρημένη κλάση της οποίας οι υποκλάσεις είναι οι SemanticTrajectory (Ορισμός 5) και Episode (Ορισμός 6). Ένα Episode είναι οποιοδήποτε αξιοσημείωτο γεγονός σε ένα σημείο της τροχιάς, όπως για παράδειγμα μια κίνηση ή μια παύση, το οποίο μπορεί να εντοπιστεί από τη διαδικασία τμηματοποίησης μιας τροχιάς. Για παράδειγμα μια παύση μπορεί να εντοπιστεί εάν το τμήμα αυτό υπερβαίνει κάποιες οριακές τιμές των χαρακτηριστικών της κίνησης. Ένα SemanticTrajectory αποτελείται από χρονικά ταξινομημένα επεισόδια. Ένα episode, ανάλογα με το αν είναι κίνηση η παύση, έχει και τις αντίστοιχες ιδιότητες.

**Ορισμός 5: Ένα SemanticTrajectory αποτελείται από ένα id και σύνολο από χρονικά ταξινομημένα Episode.**

**Ορισμός 6: Ένα Episode αποτελείται από ένα STMoveModel και ιδιότητες που το περιγράφουν**

Αντίθετα με το MOTrace, ένα MovementPattern περιγράφει μια έννοια κίνησης η οποία δεν είναι συσχετισμένη με ένα MovingObject. Μπορεί να συμβεί ή όχι σε μια βάση δεδομένων κίνησης (πχ η κίνηση που ξεκινά από το σπίτι και καταλήγει στην δουλειά ενός κινητού αντικειμένου). Ένα MovementPattern είναι μια αφηρημένη κλάση που γενικεύει τις κλάσεις TrajectoryPattern(Ορισμός 7) και EpisodePattern (Ορισμός 8).

**Ορισμός 7:** Ένα **TrajectoryPattern** αποτελείται από ένα σύνολο από χρονικά ταξινομημένα **EpisodePattern** και ένα αόριστο αριθμό από συσχετισμένες σημασιολογικές τροχιές καθώς και συγκεντρωτικές μετρήσεις σχετικά με αυτές τις τροχιές.

**Ορισμός 8:** Ένα **EpisodePattern** αποτελείται από αόριστο αριθμό από συσχετισμένα **Episodes** και συγκεντρωτικές μετρήσεις σχετικές με αυτά τα **Episodes**.

Ένα **MovementPattern** (είτε **TrajectoryPattern** είτε **EpisodePattern**) αναφέρεται στα συμβατά **SemanticTraces** (είτε **SemanticTrajectories** ή συλλογές από **Episodes** αντίστοιχα) δηλαδή αυτά που έχουνε συμβατά γνωρίσματα (πχ, τροχιές που το πρώτο τους επεισόδιο είναι μια στάση στην Αγορά). Ένα **MovementPattern** μπορεί να έχει συγκεντρωτικές μετρήσεις των συμβατών συνόλων από **SemanticTraces**. Αυτές οι μετρήσεις μπορεί να είναι αριθμητικές (πχ η συνολική απόσταση που διανύθηκε και ο χρόνος που καταναλώθηκε από όλα τα συμβατά ίχνη) ή γεωμετρικές (πχ η συνολική γεωμετρία από όλα τα συμβατά ίχνη).

Τέλος, περιγραφικές εκφράσεις (Ορισμός 9) επιτρέπουν την σημασιολογική εμπλούτιση των οντοτήτων του **SemanticMovModel** που περιεγράφηκαν προηγουμένως, με συνδεδεμένα δεδομένα.

**Ορισμός 9:** Ένα **Description Statement** (Περιγραφική έκφραση) για ένα στιγμιότυπο  $r$  μιας κλάσης  $R$  είναι μια τριπλέτα από  $DS(r, P, V)$ , όπου το  $P$  αναφέρεται στην ιδιότητα που ορίζεται για τα στιγμιότυπα της  $R$  και  $V$  είναι η τιμή που μπορεί να είναι ένα *literal* (string ή αριθμός), ένα στιγμιότυπο μιας κλάσης ή μια ολόκληρη κλάση.

Οποιοδήποτε στιγμιότυπο  $r$  της κλάσης  $R$  που υπάγεται στο **SemanticMovModel** μπορεί να έχει αόριστο αριθμό από περιγραφικές εκφράσεις  $DS(r, P, V)$ . Η γενική ιδιότητα **has Annotation** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για γενική περιγραφή οπουδήποτε. Για παράδειγμα ένα **Episode** μπορεί να σχετίζεται με ένα σχόλιο που έχει την τιμή “bus”. Παρόλα αυτά, ένα τέτοιο σχόλιο δεν έχει συγκεκριμένη σημασιολογία. Δεν καθορίζει παραδείγματος χάριν αν το συγκεκριμένο “bus” έχει το ρόλο ενός μέσου μεταφοράς ή είναι απλά κάτι που τράβηξε την προσοχή του κινούμενου αντικειμένου στο επεισόδιο.

Υπάρχουν και άλλες κλάσεις και ιδιότητες που είναι ορισμένες στην Baquara, για την δημιουργία Description Statements με συγκεκριμένη σημασιολογία. Για παράδειγμα ένα Episode μπορεί εναλλακτικά να περιγραφεί με την προκαθορισμένη ιδιότητα usesTransportationMeans δηλώνοντας έτσι ότι η κλάση Bus ανήκει στην κλάση TransportationMeans. Οι τιμές συγκεκριμένων ιδιοτήτων μπορούν να ανακληθούν από την κλάση SemanticAnalysisDimensions, για παράδειγμα ιεραρχίες σημασιολογικά σχετιζόμενων εννοιών ή στιγμιότυπων. Παράδειγμα τέτοιων, μεταξύ άλλων, είναι οι κλάσεις Goal και Behaviour, που ορίζονται σε άλλες οντολογίες. Η Baquara ορίζει συγκεκριμένες ιδιότητες για αυτές καθώς και για άλλες απόψεις όπως είναι η MOGroup (Moving Objects Group), η EventRelation και η PlaceRelation. Η πρώτη επιτρέπει την ανάλυση της κίνησης με βάση γενικά χαρακτηριστικά των κινούμενων αντικειμένων (πχ τις κλάσεις τους, όπως είναι το Vehicle ή το Person) χωρίς τον σαφή προσδιορισμό τους. Η τελευταία, αφορά τα είδη των σχέσεων ενός MovementModel με ένα Event ή ένα Place. Για παράδειγμα ένα Episode μπορεί να συμβεί σε ένα συγκεκριμένο Place κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου Event. Εναλλακτικά, ένα Episode μπορεί να συμβεί όταν το κινούμενο αντικείμενο παρατηρεί ένα Place. Έτσι, διακριτές ιδιότητες μπορούν να συνδέσουν ένα MovementModel με ένα Place ή ένα Event.

## 2.6 – Σύνοψη κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκε το RDF τα Triple Stores και συγκεκριμένα το STRABON, η γλώσσα ερωτημάτων SPARQL και τέλος η οντολογία Baquara. Αυτά, στο επόμενο κεφάλαιο θα χρησιμοποιηθούν για τον μετασχηματισμό των δεδομένων και την τροποποίηση της οντολογίας αποσκοπώντας στην κατάλληλη χρήση τους στο STRABON.

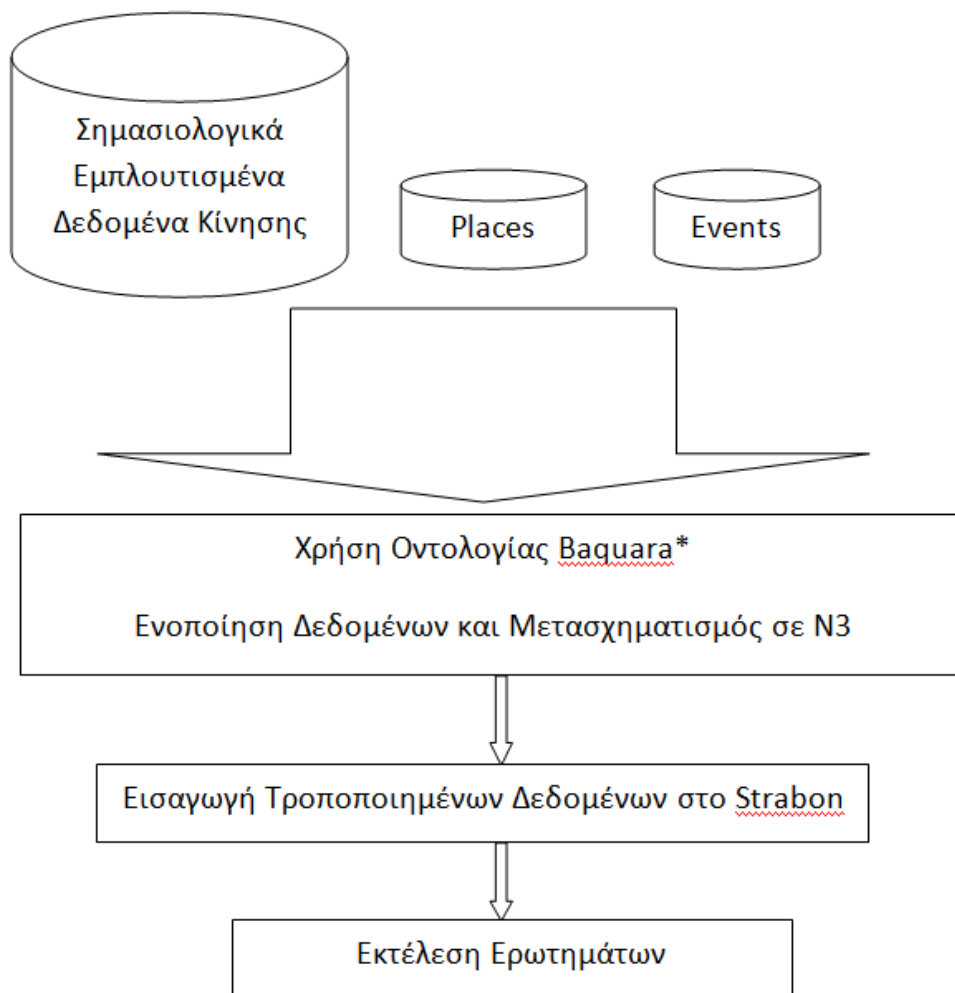
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 –ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ

## ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ

### BAQUARA\* ΟΝΤΟΛΟΓΙΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η διαχείριση σημασιολογικά εμπλουτισμένων δεδομένων κίνησης με την χρήση της οντολογίας Baquara\* και του Strabon rdf Store.

Ένα συνοπτικό διάγραμμα των διαδικασιών που απαιτούνται παρουσιάζεται στην εικόνα 5. Η κάθε διαδικασία αναλύεται παρακάτω.



Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής διαδικασιών του STRABON RDF STORE

Στην εικόνα 5 απεικονίζονται οι διαδικασίες που απαιτούνται ώστε να γίνει η εισαγωγή των δεδομένων στην κατάλληλη αποδεκτή μορφή από το Strabon, έχοντας σαν αποτέλεσμα την υλοποίηση ερωτημάτων. Έχουμε τα δεδομένα, δημιουργούμε κάποια events τα οποία είναι συνδεδεμένα μέσω των συντεταγμένων τους με κάποια Places τα οποία έχουμε από μία online βάση δεδομένων. Στη συνέχεια ενοποιούμε τα δεδομένα αυτά μαζί με την οντολογία Baquara\* με τη χρήση του αλγορίθμου N3CR (πλήρης κώδικας στο section 3 στο παράρτημα). Τα δεδομένα μας τροποποιούνται κατάλληλα και μετασχηματίζονται σε αποδεκτή μορφή για εισαγωγή στο Strabon (N3). Καταλήγοντας, τα τροποποιημένα δεδομένα εισάγονται στο Strabon για την διεξαγωγή ερωτημάτων.

Παρακάτω σε όλα τα παραδείγματα τα δεδομένα απεικονίζονται σε μορφή rdf/xml έχοντας σαν μοναδικό σκοπό την κατανόηση από τον αναγνώστη. Επιπρόσθετα, αμέσως μετά παρατίθενται τα δεδομένα στην κανονική επεξεργασμένη-τροποποιημένη τους μορφή N3. Ο αλγόριθμος μετατροπής των δεδομένων σε μορφή N3 παρουσιάζεται και αναλύεται στην παράγραφο 3.3 αυτού του κεφαλαίου.

### 3.1 Σημασιολογικά Εμπλουτισμένα Δεδομένα Κίνησης

Μετά την εγκατάσταση του Strabon (η οποία περιγράφεται αναλυτικά στο παράρτημα) πρέπει να γίνει η επεξεργασία και ενοποίηση των διαφορετικών ειδών δεδομένων που παρουσιάζονται στην εικόνα 5. Τα δεδομένα είναι τριών ειδών:

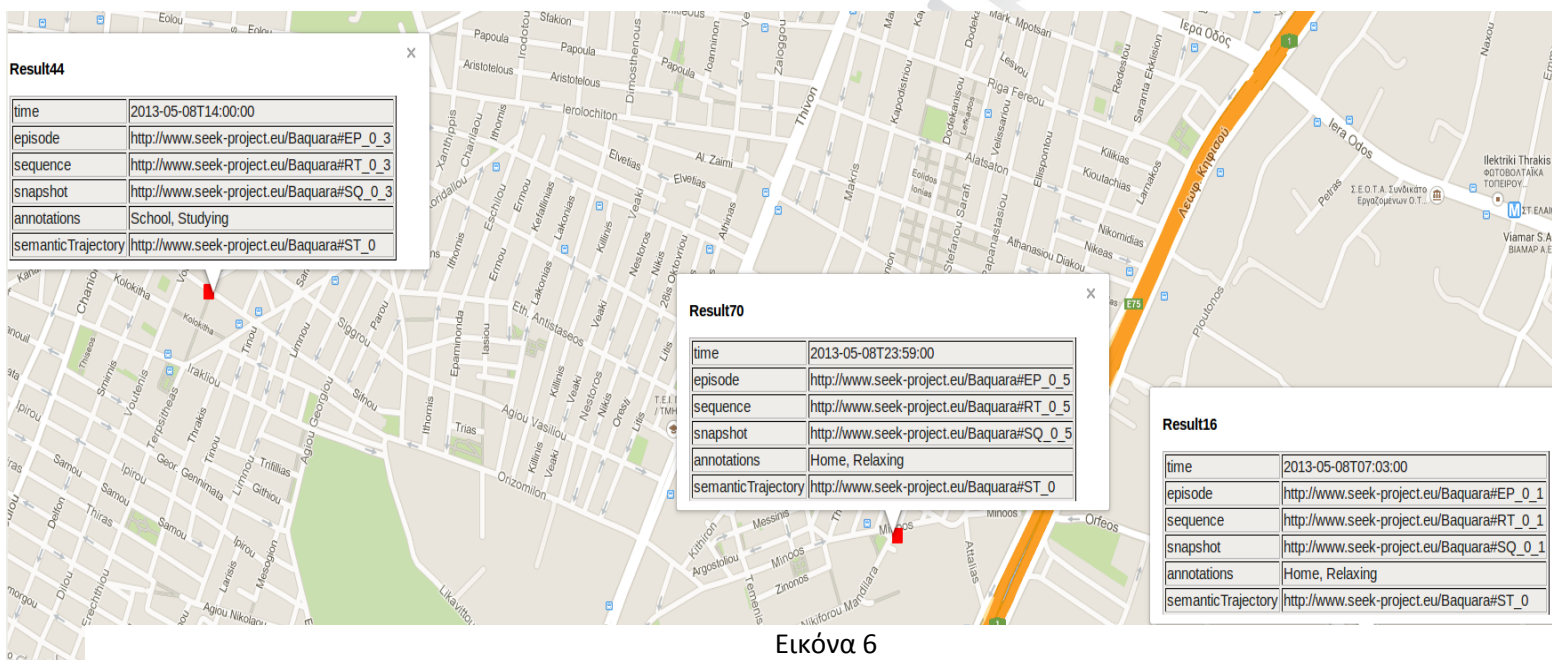
1. Σημασιολογικά εμπλουτισμένα δεδομένα κίνησης που είναι της παρακάτω μορφής.

Στον παρακάτω πίνακα δεδομένων απεικονίζονται τα εξής πεδία:

- obj\_id: είναι το id του αντικειμένου.
- traj\_id: είναι το id της τροχιάς.
- subtraj\_id: είναι το id της υποτροχιάς που αντιστοιχεί σε τεμαχισμό (segmentation) της αρχικής τροχιάς από κάποιο αλγόριθμο σημασιολογικού εμπλουτισμού. Δηλαδή το subtraj\_id αντιστοιχεί στο episode\_id σύμφωνα με την ορολογία που χρησιμοποιήσαμε νωρίτερα.
- t: είναι η χρονική στιγμή λήψης του στιγμιοτύπου.
- lon - lat : είναι το ζεύγος συντεταγμένων του στιγμιοτύπου.

- episode: είναι ο τύπος του επεισοδίου.
- tag: είναι τα σχόλια (annotations) του στιγμιότυπου.

Παρατίθεται ένα παράδειγμα μίας σημασιολογικής τροχιάς ενός κινούμενου αντικειμένου με πέντε επεισόδια, κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε τρεις εγγραφές στον παρακάτω πίνακα. Το trajectory δεν βοηθάει στην κατανόησή των επεισοδίων του, των MBRs του και των αντίστοιχων raw subtrajectories καθώς και αυτά πρέπει να φαίνονται, έτσι παρακάτω στην Εικόνα 6 γίνεται η απεικόνιση της σημασιολογικής τροχιάς, των stops επεισοδίων ( MBRs, time periods, raw subtrajectories και tags ) και όχι τα μοναχικά επεισόδια.



Εικόνα 6

obj_id	traj_id	subtraj_id	t	lon	lat	episode	tag	Tag
0	1	1	2013-05-08 00:00:00	23.6897933358127	37.9811857060104	STOP	HOME	RELAXING
0	1	1	2013-05-08 03:08:00	23.6897943358127	37.9811867060104	STOP	HOME	RELAXING
0	1	1	2013-05-08 07:03:00	23.6897923358127	37.9811847060104	STOP	HOME	RELAXING
0	1	2	2013-05-08 07:50:00	23.6896565431701	37.9812213966023	MOVE	TRANSPORTATION	WALKING
0	1	2	2013-05-08 08:04:00	23.6677469097825	37.9840366504333	MOVE	TRANSPORTATION	WALKING
0	1	2	2013-05-08 08:09:00	23.6619158788877	37.9866788232034	MOVE	TRANSPORTATION	WALKING
0	1	3	2013-05-08 08:10:00	23.6618707009175	37.9865975778096	STOP	SCHOOL	STUDYING
0	1	3	2013-05-08 11:05:00	23.6618717009175	37.9865965778096	STOP	SCHOOL	STUDYING
0	1	3	2013-05-08 14:00:00	23.6618727009175	37.9865985778096	STOP	SCHOOL	STUDYING
0	1	4	2013-05-08 14:00:00	23.6618706595574	37.9866065905279	MOVE	TRANSPORTATION	WALKING
0	1	4	2013-05-08 14:17:00	23.6763487666016	37.9830241553838	MOVE	TRANSPORTATION	WALKING
0	1	4	2013-05-08 14:19:00	23.6783644634306	37.9829846199293	MOVE	TRANSPORTATION	WALKING
0	1	5	2013-05-08 14:20:00	23.6784772941182	37.9829929439670	STOP	HOME	RELAXING
0	1	5	2013-05-08 21:05:00	23.6784782941182	37.9829939439670	STOP	HOME	RELAXING
0	1	5	2013-05-08 23:59:00	23.6784792941182	37.9829949439670	STOP	HOME	RELAXING

Πίνακας 1: Σημαιολογικά εμπλουτισμένα δεδομένα κίνησης

2. Δεδομένα σημείων ενδιαφέροντος (Places) τα οποία έχουμε πάρει από κάποια open source πηγή. Στην προκειμένη περίπτωση λήφθηκαν δεδομένα από το OpenStreetMap τα οποία μπορεί να είναι μορφοποιημένα σε XML ή σε OSM αρχεία.

Αυτά τα δεδομένα περιέχουν πληροφορίες για σημεία ενδιαφέροντος όπως είναι σχολεία, τράπεζες, χώροι διασκέδασης, στάσεις λεωφορείων, πιάτσες ταξί, μνημεία, πλατείες και άλλα. Τέτοιες πληροφορίες είναι το όνομα και οι συντεταγμένες του σημείου ενδιαφέροντος, στοιχεία που απαιτούνται στον ορισμό του Place (Ορισμός 1) από την οντολογία Baquara\*. Ένα παράδειγμα σημείου ενδιαφέροντος είναι το παρακάτω, και αφορά στην εκκλησία «Άγιοι Ταξιάρχες»

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:bq="http://www.seek-project.eu/Baquara#">
  <bq:place rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#PLACE_OF_WORSHIP_2">
    <bq:name>Άγιοι Ταξιάρχες</bq:name>
    <bq:hasAnnotation>place_of_worship</bq:hasAnnotation>
    <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.7147367
38.0087713); http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326</bq:hasGeometry>
  </bq:place></rdf:RDF>

```

3. Δεδομένα εκδηλώσεων σε μορφή XML. Αυτά τα δεδομένα περιέχουν πληροφορίες σχετικά με εκδηλώσεις και καταστάσεις που λαμβάνουν χώρα στον χώρο που κινούνται τα αντικείμενα των δεδομένων της περίπτωσης 1. Οι πληροφορίες είναι το όνομα, οι συντεταγμένες και ο χρόνος που συμβαίνει η εκδήλωση, το γεγονός ή η κατάσταση. Ένα παράδειγμα γεγονότος είναι το παρακάτω, και αφορά την διεξαγωγή αγώνα ποδοσφαίρου.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:bq="http://www.seek-project.eu/Baquara#">
  <bq:event rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SoccerTeamMatch">
    <bq:name>Soccer Team Match</bq:name>
    <bq:occursInPlace rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#CAFE_11"/>
    <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-05-
08T17:15:00,2013-05-08T20:00:00]</bq:occursInTime>
  </bq:event>
</rdf:RDF>

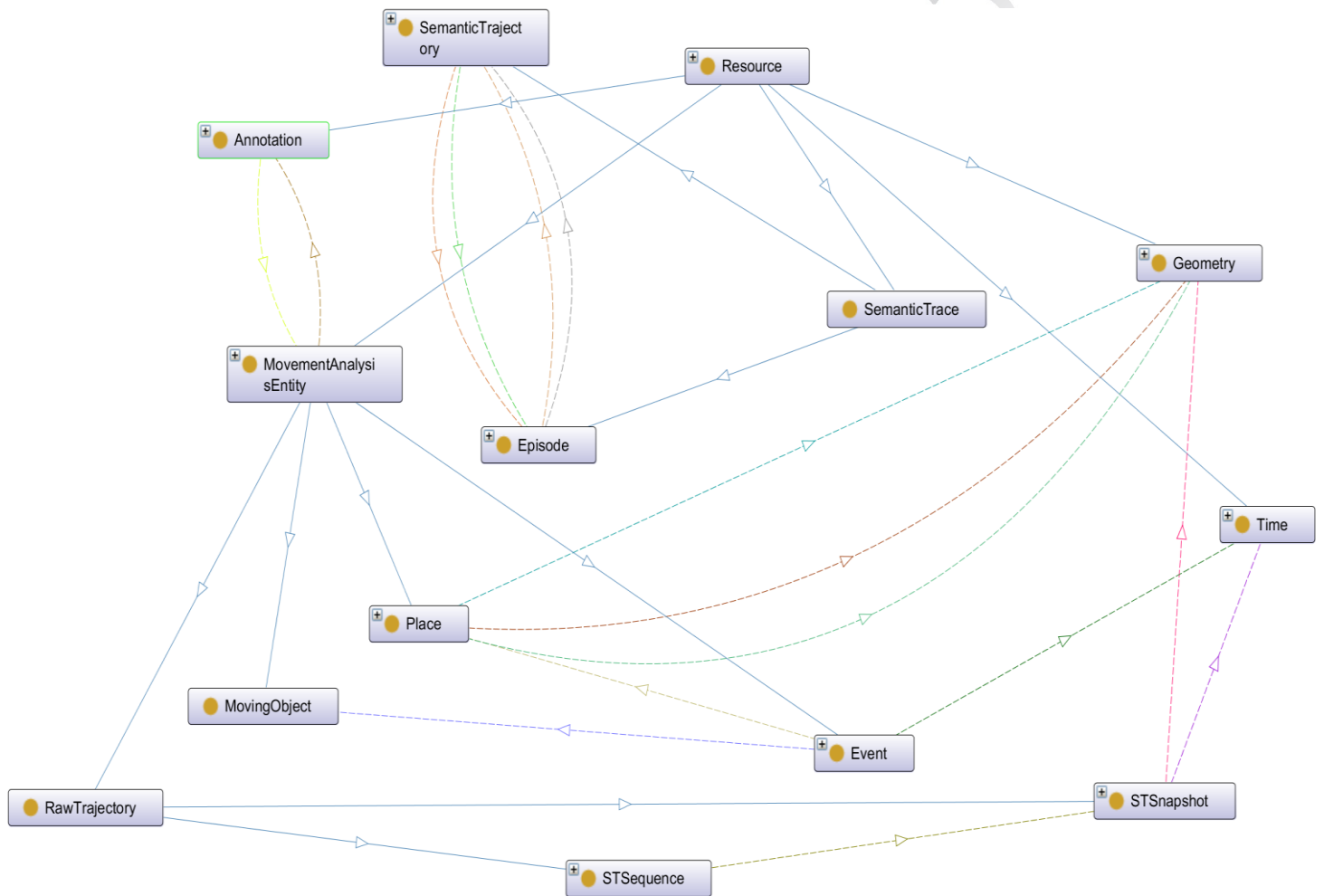
```

Όλα τα παραπάνω πρέπει να μορφοποιηθούν κατάλληλα με βάση την οντολογία Baquara\*, σε μορφή N3 και να συγκεντρωθούν σε ένα αρχείο μαζί με την οντολογία για να εισαχθούν στο STRABON. Αυτή η διαδικασία καθώς και η οντολογία Baquara\* περιγράφονται παρακάτω.



## 3.2 Η Τροποποιημένη Οντολογία Baquara\*

Η οντολογία Baquara\* είναι μια κατάλληλα τροποποιημένη έκδοση της Baquara για χρήση στο Strabon. Μία γενική της άποψη παρουσιάζεται στην εικόνα 6 και παρακάτω αναλύεται περαιτέρω η οντολογία.



Εικόνα 6: Γενική άποψη της οντολογίας Baquara\*

### 3.2.1 – Ορισμοί για Places, Events και Moving Objects.

Η κλάση Place (Ορισμός 1) περιγράφει ένα χωρικό δεδομένο που χρησιμοποιείται στην ανάλυση της κίνησης. Η γεωμετρία του, όπως ορίζεται από τα χωρικά πρότυπα της OGC, μπορεί να είναι απλά (σημείο, γραμμή ή περιοχή) ή σύνθετα (σύνολο σημείων, γραμμών ή περιοχών).

Παραδείγματα της κλάσης Place για το χώρο του τουρισμού είναι η Πόλη, το

Αεροδρόμιο, το Ξενοδοχείο, το Εστιατόριο και το μνημείο.

## Ορισμός 1. Place

Ένα Place σε μορφή RDF/XML έχει μια γεωμετρία, ένα όνομα και ένα ID. Εν προκειμένω το Id για το 1ο place είναι το SCHOOL\_1. Αυτό δίνει μια μοναδική διεύθυνση στην οποία παρουσιάζεται το place School\_1. Επίσης έχει ένα link σε resource του LinkedGeoData.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF
  xmlns:bq="http://www.seek-project.eu/Baquara#"
  xmlns:lgdo="http://linkedgedata.org/ontology#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#BANK_1" >
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#place"/>
    <lgdo:Amenity rdf:resource="http://linkedgedata.org/triplify/node854850510"/>
    <bq:name>Alpha Bank</bq:name>
    <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.7504948224679
37.9884773151136);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326<&gt;</bq:hasGeometry>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Παρακάτω φαίνεται το Place σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```
bq:BANK_1 a bq:place ;
lgdo:Amenity <http://linkedgedata.org/triplify/node854850510> ;
bq:hasGeometry "POINT (23.7504948224679
37.9884773151136);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326">^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ; bq:name "Alpha Bank" .
```

## Ορισμός 2. Event

Ένα Event έχει μια χρονική διάρκεια και ίσως μια συσχέτιση με ένα Place. Επίσης έχει ένα ID. Εν προκειμένω το Id για το 1ο event είναι το CelebrationoftheSchoolsBirthday. Αυτό δίνει μια μοναδική ηλεκτρονική διεύθυνση στην οποία φαίνεται το event και παράλληλα συνδέεται με το Place, λόγω της συσχέτισης.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq="http://www.seek-project.eu/Baquara#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#ChessContest" >
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#event"/>
    <bq:name>Chess Contest</bq:name>
    <bq:occursInPlace rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#CAFE_8"/>
    <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-05-
08T10:30:00,2013-05-08T13:30:00]</bq:occursInTime>
  </rdf:Description></rdf:RDF>
```

Παρακάτω φαίνεται το STSnapshot σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```
bq:ChessContest a bq:event ;
bq:name "Chess Contest" ;
bq:occursInPlace bq:CAFE_8 ;
bq:occursInTime "[2013-05-08T10:30:00,2013-05-08T13:30:00]"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period> .
```

## STSnapshot

Κάθε STSnapshot έχει το δικό του ID και συσχετίζεται με μια γεωμετρία και μια χρονική στιγμή. Επίσης αποτελεί μέρος ενός ST Sequence. Η μορφή των STSnapshot σε RDF/XML είναι η εξής :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq=http://www.seek-project.eu/Baquara# xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-
rdf-syntax-ns#>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_1_0">
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T00:00:00</bq:valTime>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6897933358127
37.9811857060104);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_1_1">
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6897943358127
37.9811857060104);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T03:08:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_1_2">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6897923358127
37.9811857060104);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T07:03:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_2_0">
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6896565431701
37.9812213966023);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T07:50:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_2_1">
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T08:04:00</bq:valTime>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6677469097825
37.9840366504333);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_2_2">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T08:09:00</bq:valTime>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6619158788877
37.9866788232034);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_3_0">
```

```

    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6618707009175
37.9865975778096);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T08:10:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_3_1">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T11:05:00</bq:valTime>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6618717009175
37.9865975778096);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_3_2">
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T14:00:00</bq:valTime>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6618727009175
37.9865975778096);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_4_0">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6618706595574
37.9866065905279);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T14:00:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_4_1">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6763487666016
37.9830241553838);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom><bq:valTime
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-08T14:17:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_4_2">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T14:19:00</bq:valTime>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6783644634306
37.9829846199293);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_5_0">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6784772941182
37.9829939439670);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T14:20:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_5_1">
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6784782941182
37.9829939439670);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T21:05:00</bq:valTime>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_5_2">
    <bq:geom rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POINT (23.6784792941182
37.9829939439670);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:geom>
    <bq:valTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-05-
08T23:59:00</bq:valTime>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSnapshot"/>
  </rdf:Description></rdf:RDF>

```

Παρακάτω φαίνεται το STSnapshot σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon:

```

@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

bq:SN_0_1_0 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6897923358127
37.9811857060104);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T00:00:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_1_1 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6897933358127
37.9811857060104);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T03:08:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_1_2 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6897943358127
37.9811857060104);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T07:03:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_2_0 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6896565431701
37.9812213966023);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T07:50:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_2_1 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6677469097825
37.9840366504333);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T08:04:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_2_2 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6619158788877
37.9866788232034);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T08:09:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_3_0 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6618707009175
37.9865975778096);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T08:10:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_3_1 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6618717009175
37.9865975778096);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T11:05:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_3_2 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6618727009175
37.9865975778096);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T14:00:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_4_0 a bq:STSnapshot ;
  bq:geom "POINT (23.6618706595574
37.9866065905279);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
  bq:valTime "2013-05-08T14:00:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_4_1 a bq:STSnapshot ;

```

```

    bq:geom "POINT (23.6763487666016
37.9830241553838);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326">^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
    bq:valTime "2013-05-08T14:17:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_4_2 a bq:STSnapshot ;
    bq:geom "POINT (23.6783644634306
37.9829846199293);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326">^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
    bq:valTime "2013-05-08T14:19:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_5_0 a bq:STSnapshot ;
    bq:geom "POINT (23.6784772941182
37.9829939439670);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326">^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
    bq:valTime "2013-05-08T14:20:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_5_1 a bq:STSnapshot ;
    bq:geom "POINT (23.6784782941182
37.9829939439670);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326">^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
    bq:valTime "2013-05-08T21:05:00"^^xsd:dateTime .

bq:SN_0_5_2 a bq:STSnapshot ;
    bq:geom "POINT (23.6784792941182
37.9829939439670);http://www.opengis.net/def/crs/EP
SG/0/4326">^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
WKT> ;
    bq:valTime "2013-05-08T23:59:00"^^xsd:dateTime .

```

## STSequence

Ένα STSequence έχει ένα ID και περιλαμβάνει πολλά STSnapshots τα οποία είναι χρονικά ταξινομημένα. Τα STSequence σε μορφή RDF/XML

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq=http://www.seek-project.eu/Baquara#
xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ_0_1">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSequence"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_1_0"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_1_1"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_1_2"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ_0_2">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSequence"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_2_0"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_2_1"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_2_2"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ_0_3">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSequence"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_3_0"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_3_1"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_3_2"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ_0_4">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSequence"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_4_0"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_4_1"/>
    <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_4_2"/>
  </rdf:Description>

```

```

<rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ_0_5">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#STSequence"/>
  <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_5_0"/>
  <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_5_1"/>
  <bq:STSnapshot rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SN_0_5_2"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Παρακάτω φαίνεται το STSequence σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```

@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

```

```

bq:SQ_0_1 a bq:STSequence ;
  bq:STSnapshot bq:SN_0_1_0,
  bq:SN_0_1_1,
  bq:SN_0_1_2 .

```

```

bq:SQ_0_2 a bq:STSequence ;
  bq:STSnapshot bq:SN_0_2_0,
  bq:SN_0_2_1,
  bq:SN_0_2_2 .

```

```

bq:SQ_0_3 a bq:STSequence ;
  bq:STSnapshot bq:SN_0_3_0,
  bq:SN_0_3_1,
  bq:SN_0_3_2 .

```

```

bq:SQ_0_4 a bq:STSequence ;
  bq:STSnapshot bq:SN_0_4_0,
  bq:SN_0_4_1,
  bq:SN_0_4_2 .

```

```

bq:SQ_0_5 a bq:STSequence ;
  bq:STSnapshot bq:SN_0_5_0,
  bq:SN_0_5_1,
  bq:SN_0_5_2 .

```

### Ορισμός 3. MovingObject

Ένα Moving Object σε μορφή RDF/XML το οποίο έχει συσχετίσεις με συλλογή από Semantic Trajectories. Επίσης έχει ένα ID (το MO\_0 στην προκειμένη περίπτωση).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq="http://www.seek-project.eu/Baquara#" xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-
rdf-syntax-ns#">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#MO_0">
    <bq:SemanticTrajectory rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#ST_0"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#MovingObject"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Παρακάτω φαίνεται το MovingObject σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```

@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

```

```
bq:MO_0 a bq:MovingObject ;
    bq:SemanticTrajectory bq:ST_0 .
```

#### Ορισμός 4. RawTrajectory

Τα RawTrajectory σε μορφή RDF/XML. Κάθε RawTrajectory έχει ένα ID (RT\_0\_1, RT\_0\_2...) και συσχετίζεται με ένα STSequence

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq=http://www.seek-project.eu/Baquara# xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT\_0\_1">
    <bq:STSequence rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ\_0\_1"/>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RawTrajectory"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT\_0\_2">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RawTrajectory"/>
    <bq:STSequence rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ\_0\_2"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT\_0\_3">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RawTrajectory"/>
    <bq:STSequence rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ\_0\_3"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT\_0\_4">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RawTrajectory"/>
    <bq:STSequence rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ\_0\_4"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT\_0\_5">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RawTrajectory"/>
    <bq:STSequence rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SQ\_0\_5"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Παρακάτω φαίνεται το RawTrajectory σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```
@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
```

```
bq:RT_0_1 a bq:RawTrajectory ;
    bq:STSequence bq:SQ_0_1 .
```

```
bq:RT_0_2 a bq:RawTrajectory ;
    bq:STSequence bq:SQ_0_2 .
```

```
bq:RT_0_3 a bq:RawTrajectory ;
    bq:STSequence bq:SQ_0_3 .
```

```
bq:RT_0_4 a bq:RawTrajectory ;
    bq:STSequence bq:SQ_0_4 .
```

```
bq:RT_0_5 a bq:RawTrajectory ;
    bq:STSequence bq:SQ_0_5 .
```



## Ορισμός 5. SemanticTrajectory

Ένα Semantic Trajectory (ST<sub>0</sub>) έχει ένα ID και συσχετίζεται με πολλά χρονικά ταξινομημένα Episodes τα οποία έχουνε και αυτά το δικό τους ID. Το Semantic Trajectory σε μορφή RDF/XML.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq=http://www.seek-project.eu/Baquara# xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#ST\_0">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#SemanticTrajectory" />
    <bq:Episode rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP\_0\_1" />
    <bq:Episode rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP\_0\_2" />
    <bq:Episode rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP\_0\_3" />
    <bq:Episode rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP\_0\_4" />
    <bq:Episode rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP\_0\_5" />
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Παρακάτω φαίνεται το SemanticTrajectory σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```
@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

bq:ST_0 a bq:SemanticTrajectory ;
  bq:Episode bq:EP_0_1,
  bq:EP_0_2,
  bq:EP_0_3,
  bq:EP_0_4,
  bq:EP_0_5 .
```

## Ορισμός 6. Episode

Ένα episode έχει το δικό του ID (EP<sub>0\_1</sub>, EP<sub>0\_2</sub>,...), annotations, ένα raw trajectory, ένα MBR, ένα hasLine και χρονική διάρκεια (occursInTime). Τα Episode σε μορφή RDF/XML

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:bq=http://www.seek-project.eu/Baquara# xmlns:rdf=http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP\_0\_1">
    <bq:hasMBR rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
    ((23.6897923358127 37.9811867060104, 23.6897943358127 37.9811867060104,
    23.6897943358127 37.9811847060104, 23.6897923358127 37.9811847060104,
    23.6897923358127
    37.9811867060104));http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4326&gt;</bq:hasMBR>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#Stop" />
    <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-
    05-08T00:00:00,2013-05-08T07:03:00]</bq:occursInTime>
    <bq:RawTrajectory rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT\_0\_1" />
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

```

    <bq:hasAnnotation>Relaxing</bq:hasAnnotation>
    <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6897923358127 37.9811847060104, 23.6897943358127 37.9811867060104,
23.6897933358127 37.9811857060104, 23.6897923358127
37.9811847060104));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasGeometry
>
    <bq:hasLine rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">LINESTRING
(23.6897933358127 37.9811857060104, 23.6897943358127 37.9811867060104,
23.6897923358127
37.9811847060104);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasLine>
    <bq:hasAnnotation>Home</bq:hasAnnotation>
  </rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP_0_2">
  <bq:hasAnnotation>Transportation</bq:hasAnnotation>
  <bq:hasLine rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">LINESTRING
(23.6896565431701 37.9812213966023, 23.6677469097825 37.9840366504333,
23.6619158788877
37.9866788232034);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasLine>
  <bq:RawTrajectory rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT_0_2"/>
  <bq:hasAnnotation>Walking</bq:hasAnnotation>
  <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6896565431701 37.9812213966023, 23.6619158788877 37.9866788232034,
23.6677469097825 37.9840366504333, 23.6896565431701
37.9812213966023));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasGeometry>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#Move"/>
  <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-05-
08T07:50:00,2013-05-08T08:09:00]</bq:occursInTime>
  <bq:hasMBR rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6619158788877 37.9866788232034, 23.6896565431701 37.9866788232034,
23.6896565431701 37.9812213966023, 23.6619158788877 37.9812213966023,
23.6619158788877
37.9866788232034));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasMBR>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP_0_3">
    <bq:hasAnnotation>Studying</bq:hasAnnotation>
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#Stop"/>
    <bq:RawTrajectory rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT_0_3"/>
    <bq:hasMBR rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6618707009175 37.9865985778096, 23.6618727009175 37.9865985778096,
23.6618727009175 37.9865965778096, 23.6618707009175 37.9865965778096,
23.6618707009175
37.9865985778096));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasMBR>
    <bq:hasLine rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">LINESTRING
(23.6618707009175 37.9865975778096, 23.6618717009175 37.9865965778096,
23.6618727009175
37.9865985778096);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasLine>
    <bq:hasAnnotation>School</bq:hasAnnotation>
    <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-
05-08T08:10:00,2013-05-08T14:00:00]</bq:occursInTime>
    <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6618717009175 37.9865965778096, 23.6618727009175 37.9865985778096,
23.6618707009175 37.9865975778096, 23.6618717009175
37.9865965778096));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasGeometry
>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP_0_4">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#Move"/>
    <bq:RawTrajectory rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT_0_4"/>
    <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6783644634306 37.9829846199293, 23.6618706595574 37.9866065905279,
23.6763487666016 37.9830241553838, 23.6783644634306
37.9829846199293));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasGeometry>
    <bq:hasMBR rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6618706595574 37.9866065905279, 23.6783644634306 37.9866065905279,

```

```

23.6783644634306 37.9829846199293, 23.6618706595574 37.9829846199293,
23.6618706595574
37.9866065905279));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasMBR>
  <bq:hasLine rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">LINESTRING
(23.6618706595574 37.9866065905279, 23.6763487666016 37.9830241553838,
23.6783644634306
37.9829846199293));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasLine>
  <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-05-
08T14:00:00,2013-05-08T14:19:00]</bq:occursInTime>
  <bq:hasAnnotation>Walking</bq:hasAnnotation>
  <bq:hasAnnotation>Transportation</bq:hasAnnotation>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.seek-project.eu/Baquara#EP_0_5">
  <bq:hasGeometry rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6784772941182 37.9829929439670, 23.6784792941182 37.9829949439670,
23.6784782941182 37.9829939439670, 23.6784772941182
37.9829929439670));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasGeometry
>
  <bq:hasLine rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">LINESTRING
(23.6784772941182 37.9829929439670, 23.6784782941182 37.9829939439670,
23.6784792941182
37.9829949439670));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasLine>
  <bq:occursInTime rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period">[2013-
05-08T14:20:00,2013-05-08T23:59:00]</bq:occursInTime>
  <bq:RawTrajectory rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#RT_0_5"/>
  <bq:hasAnnotation>Relaxing</bq:hasAnnotation>
  <bq:hasAnnotation>Home</bq:hasAnnotation>
  <bq:hasMBR rdf:datatype="http://strdf.di.uoa.gr/ontology#WKT">POLYGON
((23.6784772941182 37.9829949439670, 23.6784792941182 37.9829949439670,
23.6784792941182 37.9829929439670, 23.6784772941182
37.9829949439670));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326&gt;</bq:hasMBR>
  <rdf:type rdf:resource="http://www.seek-project.eu/Baquara#Stop"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Παρακάτω φαίνεται το Episode σε μορφή N3, κατάλληλη για εισαγωγή στο Strabon

```

@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

bq:EP_0_1 a bq:Stop ;
  bq:RawTrajectory bq:RT_0_1 ;
  bq:hasAnnotation "Home",
    "Relaxing" ;
  bq:hasGeometry "POLYGON ((23.6897923358127 37.9811847060104, 23.6897943358127
37.9811867060104, 23.6897933358127 37.9811857060104, 23.6897923358127
37.9811847060104));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>^^strdf:WKT ;
  bq:hasLine "LINESTRING (23.6897933358127 37.9811857060104, 23.6897943358127
37.9811867060104, 23.6897923358127
37.9811847060104));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>^^strdf:WKT ;
  bq:hasMBR "POLYGON ((23.6897923358127 37.9811867060104, 23.6897943358127
37.9811867060104, 23.6897933358127 37.9811847060104, 23.6897923358127
37.9811847060104));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>^^strdf:WKT ;
  bq:occursInTime "[2013-05-08T00:00:00,2013-05-08T07:03:00]"^^strdf:period .

bq:EP_0_2 a bq:Move ;
  bq:RawTrajectory bq:RT_0_2 ;
  bq:hasAnnotation "Transportation",
    "Walking" ;

```

```

    bq:hasGeometry "POLYGON ((23.6896565431701 37.9812213966023, 23.6619158788877
37.9866788232034, 23.6677469097825 37.9840366504333, 23.6896565431701
37.9812213966023));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology
#wkt> ;
    bq:hasLine "LINESTRING (23.6896565431701 37.9812213966023, 23.6677469097825
37.9840366504333, 23.6619158788877
37.9866788232034);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
wkt> ;
    bq:hasMBR "POLYGON ((23.6619158788877 37.9866788232034, 23.6896565431701 37.9866788232034,
23.6896565431701 37.9812213966023, 23.6619158788877 37.9812213966023, 23.6619158788877
37.9866788232034));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology
#wkt> ;
    bq:occursInTime "[2013-05-08T07:50:00,2013-05-
08T08:09:00]"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period> .

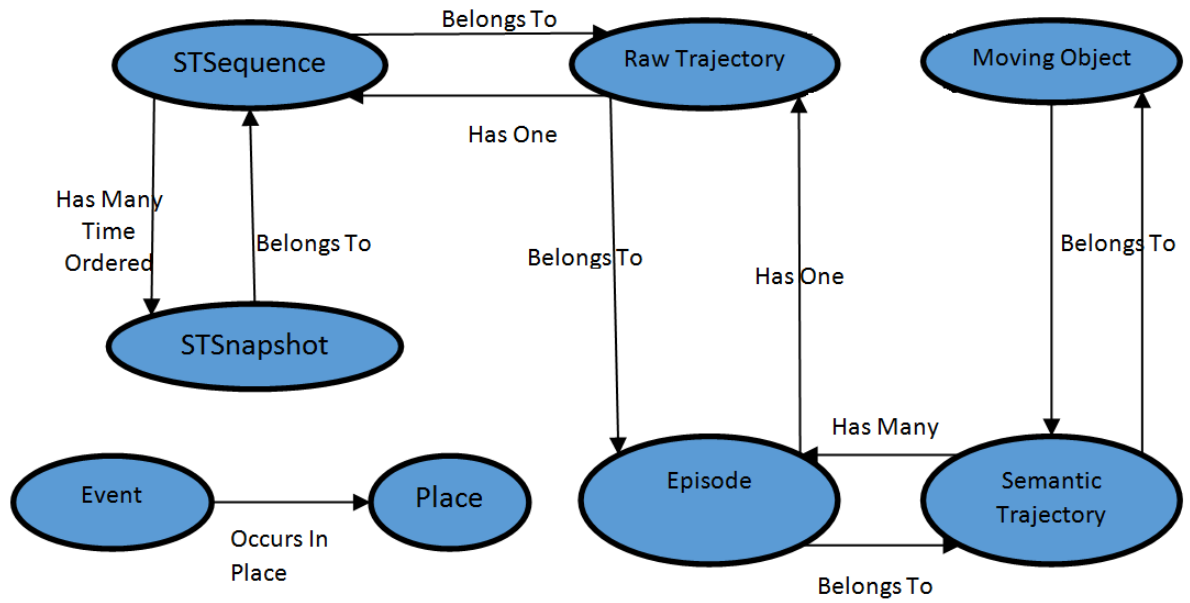
bq:EP_0_3 a bq:Stop ;
    bq:RawTrajectory bq:RT_0_3 ;
    bq:hasAnnotation "School",
        "Studying" ;
    bq:hasGeometry "POLYGON ((23.6618717009175 37.9865965778096, 23.6618727009175
37.9865985778096, 23.6618707009175 37.9865975778096, 23.6618717009175
37.9865965778096));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^strdf:wkt ;
    bq:hasLine "LINESTRING (23.6618707009175 37.9865975778096, 23.6618717009175
37.9865965778096, 23.6618727009175
37.9865985778096);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^strdf:wkt ;
    bq:hasMBR "POLYGON ((23.6618707009175 37.9865985778096, 23.6618727009175
37.9865985778096, 23.6618727009175 37.9865965778096, 23.6618707009175
37.9865965778096));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^strdf:wkt ;
    bq:occursInTime "[2013-05-08T08:10:00,2013-05-08T14:00:00]"^^strdf:period .

bq:EP_0_4 a bq:Move ;
    bq:RawTrajectory bq:RT_0_4 ;
    bq:hasAnnotation "Transportation",
        "Walking" ;
    bq:hasGeometry "POLYGON ((23.6783644634306 37.9829846199293, 23.6618706595574
37.9866065905279, 23.6763487666016 37.9830241553838, 23.6783644634306
37.9829846199293));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology
#wkt> ;
    bq:hasLine "LINESTRING (23.6618706595574 37.9866065905279, 23.6763487666016
37.9830241553838, 23.6783644634306
37.9829846199293);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#
wkt> ;
    bq:hasMBR "POLYGON ((23.6618706595574 37.9866065905279, 23.6783644634306 37.9866065905279,
23.6783644634306 37.9829846199293, 23.6618706595574 37.9829846199293, 23.6618706595574
37.9866065905279));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology
#wkt> ;
    bq:occursInTime "[2013-05-08T14:00:00,2013-05-
08T14:19:00]"^^<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#period> .

bq:EP_0_5 a bq:Stop ;
    bq:RawTrajectory bq:RT_0_5 ;
    bq:hasAnnotation "Home",
        "Relaxing" ;
    bq:hasGeometry "POLYGON ((23.6784772941182 37.9829929439670, 23.6784792941182
37.9829949439670, 23.6784782941182 37.9829939439670, 23.6784772941182
37.9829929439670));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^strdf:wkt ;
    bq:hasLine "LINESTRING (23.6784772941182 37.9829929439670, 23.6784782941182
37.9829939439670, 23.6784792941182
37.9829949439670);http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^strdf:wkt ;
    bq:hasMBR "POLYGON ((23.6784772941182 37.9829949439670, 23.6784792941182
37.9829949439670, 23.6784782941182 37.9829929439670, 23.6784772941182
37.9829929439670));http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>"^^strdf:wkt ;
    bq:occursInTime "[2013-05-08T14:20:00,2013-05-08T23:59:00]"^^strdf:period .

```

Συγκεντρωτικά οι παραπάνω ορισμοί και οι σχέσεις τους, περιγράφονται από το παρακάτω σχεδιάγραμμα



Πανεπιστήμιο

### 3.3 - Αλγόριθμος μετατροπής δεδομένων σε N3 με βάση την οντολογία

#### Baquara\*

Ο παρακάτω αλγόριθμος μετατρέπει τα δεδομένα στην επιθυμητή μορφή(N3) ώστε να μπορούν να εισαχθούν στο Strabon. Σαν είσοδο δέχεται τα Events και τα Places σε μορφή xml καθώς και τα σημασιολογικά εμπλουτισμένα δεδομένα κίνησης, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, μαζί με την οντολογία Baquara\*. Όλα τα παραπάνω δεδομένα των παραδειγμάτων έχουν μετασχηματιστεί με την χρήση του παρακάτω αλγορίθμου N3CR (αναλυτικά ο κώδικας του N3CR βρίσκεται στο παράρτημα 3).

Η λειτουργία του είναι η εξής:

Δέχεται σαν είσοδο τα Δεδομένα Κίνησης (MovData), τα Event (EventsData) και τα Places (PlacesData) , τα οποία διαβάζει από τα αντίστοιχα αρχεία. Επιπρόσθετα σαν είσοδο δέχεται και την τροποποιημένη οντολογία Baquara\*( ONT ). Τάξινομεί τα δεδομένα κατά object id (obj\_id) και χρόνο (time), άρα σαν αποτέλεσμα και ανά episode – trajectory.

Στη συνέχεια ανά επεισόδιο αναγνωρίζει τον τύπο του και ορίζει τα snapshots και τα sequence.

Έπειτα διαβάζει όλα τα snapshots. Μετά, για κάθε υποσύνολο snapshots που έχουν κοινό obj\_id δημιουργεί τα N3 δεδομένα για τις κλάσεις STSnapshot, STSequence, RawTrajectory, Episode, SemanticTrajectory, MovingObject, όπως αυτές αναφέρονται στην οντολογία Baquara\*.

Τέλος τα γράφει όλα σειριακά σε ένα αρχείο με σκοπό την εισαγωγή στο STRABON.

N3CR

INPUT: MovData, EventsData, PlacesData, ONT

READ MovData, EventsData, PlacesData, ONT

FOR EACH p IN PlacesData DO

    CREATE Place

    ADD Place TO Places[]

END FOR

FOR EACH e IN EventsData DO

    CREATE Event

    ADD Event TO Events[]

END FOR

MovData = SORT(MovData [obj\_id, traj\_id, ep\_id, time]);

```
FOR EACH d IN MovData DO
```

```
    IF EndOfEpisode
    CREATE Sequence
    ADD Sequence TO Sequences[]
    CREATE RawTrajectory
    ADD RawTrajectory TO RawTrajectories[]
    CREATE Episode
    ADD Episode TO Episodes[]
    ELSE
        Create Snapshot
        ADD Snapshot TO Snapshots[]
    END IF
```

```
FOR EACH s IN Episodes[] DO
```

```
    FIND_MATCHES (obj_id, s.obj_id)
    Create SemanticTrajectory[]
    ADD s TO SemanticTrajectory[]
    ADD SemanticTrajectory[] to SemanticTrajectories[]
    Create MovingObject
    ADD MovingObject to MovingObjects[]
    END FOR
```

```
WRITE ONT, Places[], Events[], Snapshots[], Sequences[], RawTrajectories[], Episodes[],
SemanticTrajectories[], MovingObjects[] TO FILE
```

OUTPUT FILE with semantically enriched data and ontology

Μια υλοποίηση του αλγορίθμου σε C # για τα την παρούσα μορφή δεδομένων βρίσκεται στο παράρτημα 3. Μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου τα δεδομένα μετατρέπονται σε μορφή N3 και είναι έτοιμα προς εισαγωγή στο Strabon.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία των τροποποιημένων δεδομένων μετά την εισαγωγή τους στο Strabon είναι η προσθήκη στην κονσόλα ερωτημάτων των παρακάτω prefixes.

```
@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .
@prefix lgdo: <http://linkedgedata.org/ontology#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
```

### 3.4 – Εισαγωγή δεδομένων στο STRABON

Μετά την κατάλληλη μορφοποίηση των δεδομένων, το παραγόμενο αρχείο είναι έτοιμο για εισαγωγή στο STRABON.

Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική αξιολόγηση εξήχθησαν από το Hermaopolis [3] γεννήτορα συνθετικών σημασιολογικών τροχιών. Το συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων είναι περίπου 150MB. Μετά την τροποποίηση και τον σημασιολογικό εμπλουτισμό σε μορφή N3 το σύνολο των δεδομένων ξεπερνά τα 400 MB. Το πλήθος των δεδομένων δεν άλλαξε πριν και μετά τον μετασχηματισμό. Μόνο ο όγκος τους.

Όσο αφορά το πλήθος των δεδομένων τα στοιχεία είναι τα εξής:

Places	10391
Events	24
Nodes	4160
Semantic Trajectory	4160
Episodes	23736
Raw Trajectory	23736
Episodes ανά Semantic Trajectory	5,7
$\langle x, y, t \rangle$	1450738
$\langle x, y, t \rangle$ ανά Raw Trajectory	61,12

Όπως αναφέρθηκε, το σύνολο των δεδομένων είναι άνω των 400MB. Ενώ δεν φαντάζει μεγάλο μέγεθος για τα σημερινά στάνταρ, και πράγματι η εισαγωγή τους στο STRABON γίνεται χωρίς προβλήματα.

Μετά από πειράματα το μέγεθος των δεδομένων που είναι δυνατό να γίνουν ερωτήματα χωρίς προβλήματα, μειώθηκε περίπου στα 50 MB. Βέβαια, μέσα σε αυτά παρέμεινε η οντολογία και όλα τα άλλα μειώθηκαν.



### 3.6 – Ερωτήματα στο STRABON

Μετά την επιτυχημένη εισαγωγή των δεδομένων, δίνεται η δυνατότητα να διενεργηθούν ερωτήματα στο STRABON. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα ερωτημάτων που αναδεικνύουν το σημασιολογικά πλούσιο τρόπο με τον οποίο μπορούμε να ρωτάμε τέτοια.

Σημείωση: Σε όποιο χαρακτήρα/λέξη προηγείται ερωτηματικό, υποδηλώνεται μεταβλητή και όχι φυσική γλώσσα. Επίσης όλες οι εικόνες που συνοδεύουν τα ερωτήματα είναι από το Strabon.

#### Ερώτημα 0

**Περιγραφή:** Εύρεση του αριθμού των χρηστών

**Κώδικας:**

```
SELECT
(COUNT(?Users) as ?Users)
WHERE
{
?Users rdf:type bq:MovingObject .
}
```

**Επεξήγηση:** Εύρεση όλων των ?Users που είναι τύπου MovingObject και καταμέτρηση του πλήθους των ?Users

**Αποτέλεσμα:**

Users
"4160"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>

#### Ερώτημα 1

**Περιγραφή:** Εύρεση του αριθμού των παύσεων.

**Κώδικας:**

```
SELECT
(COUNT(?stops) as ?Stops)
WHERE
{
?stops rdf:type bq:Stop .
}
```

**Επεξήγηση:** Εύρεση όλων των ?stops που είναι τύπου Stop και καταμέτρηση του πλήθους των ?stops

**Αποτέλεσμα:**

```
Stops
"13799"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
```

## Ερώτημα 2

**Περιγραφή:** Εύρεση του αριθμού των κινήσεων.

**Κώδικας:**

```
SELECT
(COUNT(?moves) as ?Moves)
WHERE
{
?moves rdf:type bq:Move .
}
```

**Επεξήγηση:** Εύρεση όλων των ?moves που είναι τύπου Move και καταμέτρηση του πλήθους των ?moves

**Αποτέλεσμα:**

```
Moves
"9937"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
```

## Ερώτημα 3

**Περιγραφή:** Εύρεση των καταστάσεων κατά τις παύσεις.

**Κώδικας:**

```
SELECT DISTINCT
(CONCAT(?Annot1, " ", ?Annot2) as ?annot)
WHERE
{
?stops rdf:type bq:Stop ;
bq:hasAnnotation ?Annot2 ;
bq:hasAnnotation ?Annot1 .
Filter (?Annot1 > ?Annot2)
```

}

**Επεξήγηση:** Εύρεση όλων των ?stops που είναι τύπου Stop. Από αυτά τα ?stops εύρεση όλων των ?Annot1. Από αυτά τα ?stops εύρεση όλων των ?Annot2. Φιλτράρισμα διπλών αποτελεσμάτων. Τέλος συνένωση και φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων των ?Annot1 και ?Annot2.

**Αποτέλεσμα:**

annot
"Relaxing Home"
"Studying School"
"Banking Bank"
"Socializing Cafe"
"Working Bank"
"Village Shopping"

#### Ερώτημα 4

**Περιγραφή:** Εύρεση των καταστάσεων κατά τις κινήσεις.

**Κώδικας:**

```
SELECT DISTINCT
(CONCAT(?Annot1, " ", ?Annot2) as ?annot)
WHERE
{
?moves rdf:type bq:Move ;
bq:hasAnnotation ?Annot2 ;
bq:hasAnnotation ?Annot1 .
Filter (?Annot1 > ?Annot2)
}
```

**Επεξήγηση:** Εύρεση όλων των ?moves που είναι τύπου Move. Από αυτά τα ?moves εύρεση όλων των ?Annot1 .Από αυτά τα ?moves εύρεση όλων των ?Annot2. Φιλτράρισμα διπλών αποτελεσμάτων. Τέλος συνένωση και φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων των ?Annot1 και ?Annot2

**Αποτέλεσμα:**

annot
"Walking Transportation"
"Transportation Bus"
"Transportation Car"

## Ερώτημα 5

**Περιγραφή:** Εύρεση του αριθμού των Places.

**Κώδικας:**

```
SELECT
(count(?places) as ?Places)
WHERE
{
?places rdf:type bq:place .
}
```

**Επεξήγηση:** Καταμέτρηση του πλήθους των ?places και εύρεση όλων των ?places που είναι τύπου place

**Αποτέλεσμα:**

Places
"1325"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>

## Ερώτημα 6

**Περιγραφή:** Εύρεση των σημείων ενδιαφέροντος μέσα στη σημασιολογική τροχιά του 1ου κινούμενου αντικειμένου, όταν αυτό κινείται.

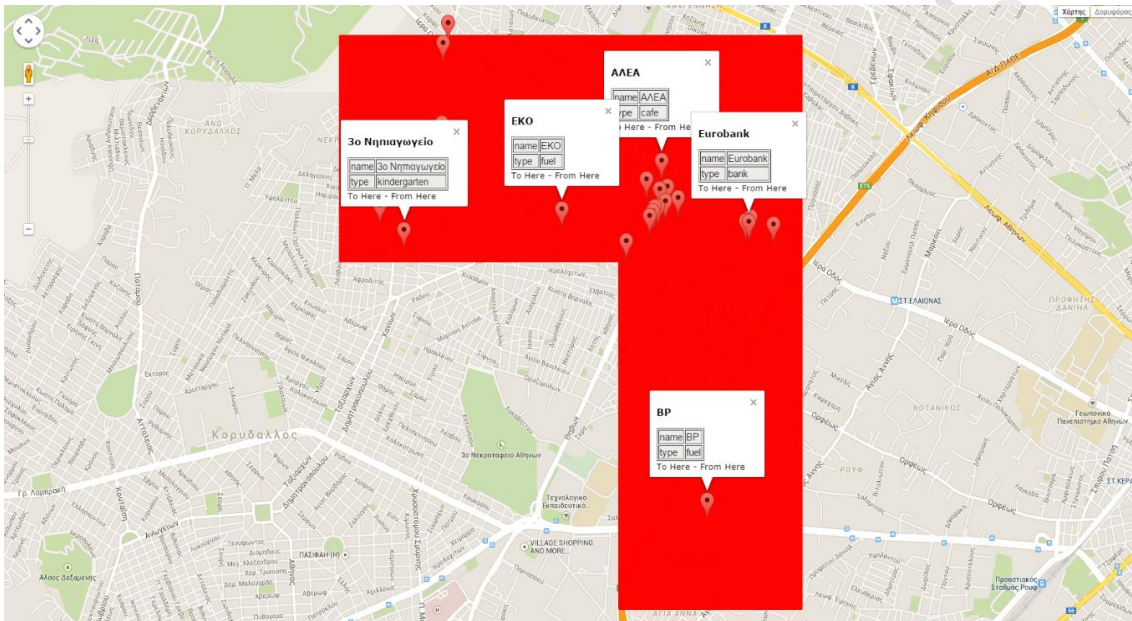
**Κώδικας:**

```
SELECT ?mbr ?name ?type ?place
WHERE
{
bq:MO_0 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
?episode rdf:type bq:Move ;
bq:hasMBR ?mbr .
?p rdf:type bq:place ;
bq:hasGeometry ?place ;
bq:name ?name ;
bq:hasAnnotation ?type .
Filter(strdf:contains(?mbr, ?place))
}
```

**Επεξήγηση:** Επιλογή των ?mbr, ?name, ?type, ?place. Από το MO\_0 επιλογή του ?semanticTrajectory που είναι τύπου SemanticTrajectory. Από το ?semanticTrajectory επιλογή του ?episode που είναι τύπου Episode. Από το ?episode επιλογή του ?mbr που είναι τύπου hasMBR όλων των δεδομένων που είναι τύπου Move (Μέχρι εδώ λαμβάνονται τα δεδομένα που αφορούνε τα episodes). Εύρεση των ?place ?name ?type όλων των ?p που είναι τύπου place. (Εδώ λαμβάνονται και οι πληροφορίες για τα

places). Εύρεση όλων των ?place που βρίσκονται μέσα στα ?mbr. (Εδώ γίνεται η σύγκριση των γεωγραφικών συντεταγμένων των ?places και ?mbr, μέσω της συνάρτησης strdf:contains)

### Αποτέλεσμα:



Εικόνα 6: Αποτέλεσμα ερωτήματος 6

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 7) απεικονίζεται η σημασιολογική τροχιά του κινούμενου αντικειμένου 0 (MO\_0). Το MBR των επεισοδίων της κίνησης του καθώς επίσης και τα σημεία ενδιαφέροντος που βρίσκονται μέσα σε αυτό

### Ερώτημα 7

**Περιγραφή:** Εύρεση της απόστασης των σημείων ενδιαφέροντος μέσα στο Minimum Bounding Rectangle του επεισοδίου EP\_0\_3, που είναι επόμενο του επεισοδίου πάυσης EP\_0\_2.

### Κώδικας:

```
SELECT DISTINCT
(strdf:distance(?place, ?point, dist:metre) as ?dist) ?mbr ?place ?point
WHERE
{
  bq:MO_0 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
  ?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
  bq:EP_0_2 rdf:type bq:Move ;
  bq:hasMBR ?mbr .
  bq:MO_0 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
```

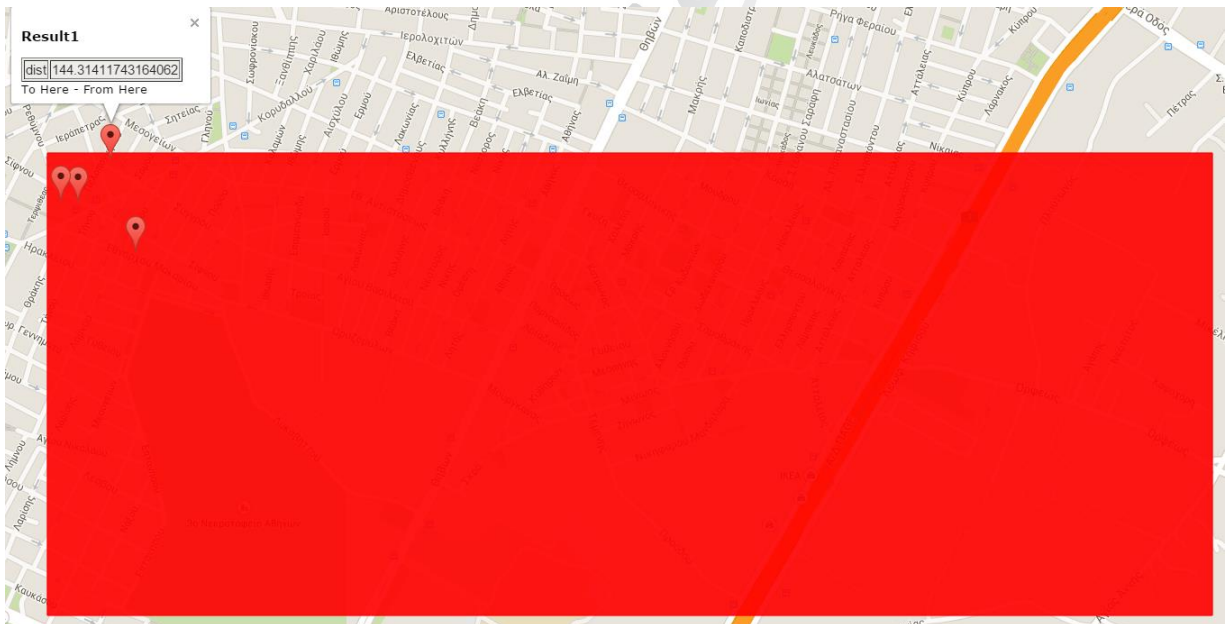
```

?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
bq:EP_0_3 rdf:type bq:Stop ;
bq:hasGeometry ?point .
?p rdf:type bq:place ;
bq:hasGeometry ?place ;
bq:name ?name ;
bq:hasAnnotation ?type .
Filter(strdf:contains(?mbr, ?place))
}

```

**Επεξήγηση:** Επιλογή των ?mbr, ?point, ?place και υπολογισμός του ?dist Μέσω της strdf:distance συνάρτησης. Το ?mbr του EP\_0\_2 που είναι Episode τύπου Move, του MO\_0 που είναι Semantic Trajectory. Το ?point του EP\_0\_3 που είναι Episode τύπου STOP, του MO\_0 που είναι Semantic Trajectory. Το ?p των δεδομένων που είναι τύπου Place, έχουν hasGeometry, hasName και hasAnnotation. Φιλτράρισμα μέσω της συνάρτησης strdf:contains.

### Αποτέλεσμα:



Εικόνα 7: Αποτέλεσμα Ερωτήματος 7

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 8) απεικονίζεται η απόσταση των σημείων ενδιαφέροντος του MO\_0 μέσω της strdf:distance συνάρτησης, μέσα στο MBR του επεισοδίου3 (EP\_0\_3).

### Ερώτημα 8

**Περιγραφή:** Εύρεση του αριθμού των παύσεων και των κινήσεων των Semantic Trajectories.

### Κώδικας:

```
SELECT
(count(?StopOrMove) as ?Stops_Or_Moves)
WHERE
{
?st rdf:type bq:SemanticTrajectory.
?st bq:Episode ?StopOrMove
}
```

**Επεξήγηση:** Καταμέτρηση του ?StopOrMove όλα τα Episode των SemanticTrajectories

**Αποτέλεσμα:** Ακέραιος Αριθμός

```
Stops_Or_Moves
"23736"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
```

### Ερώτημα 9

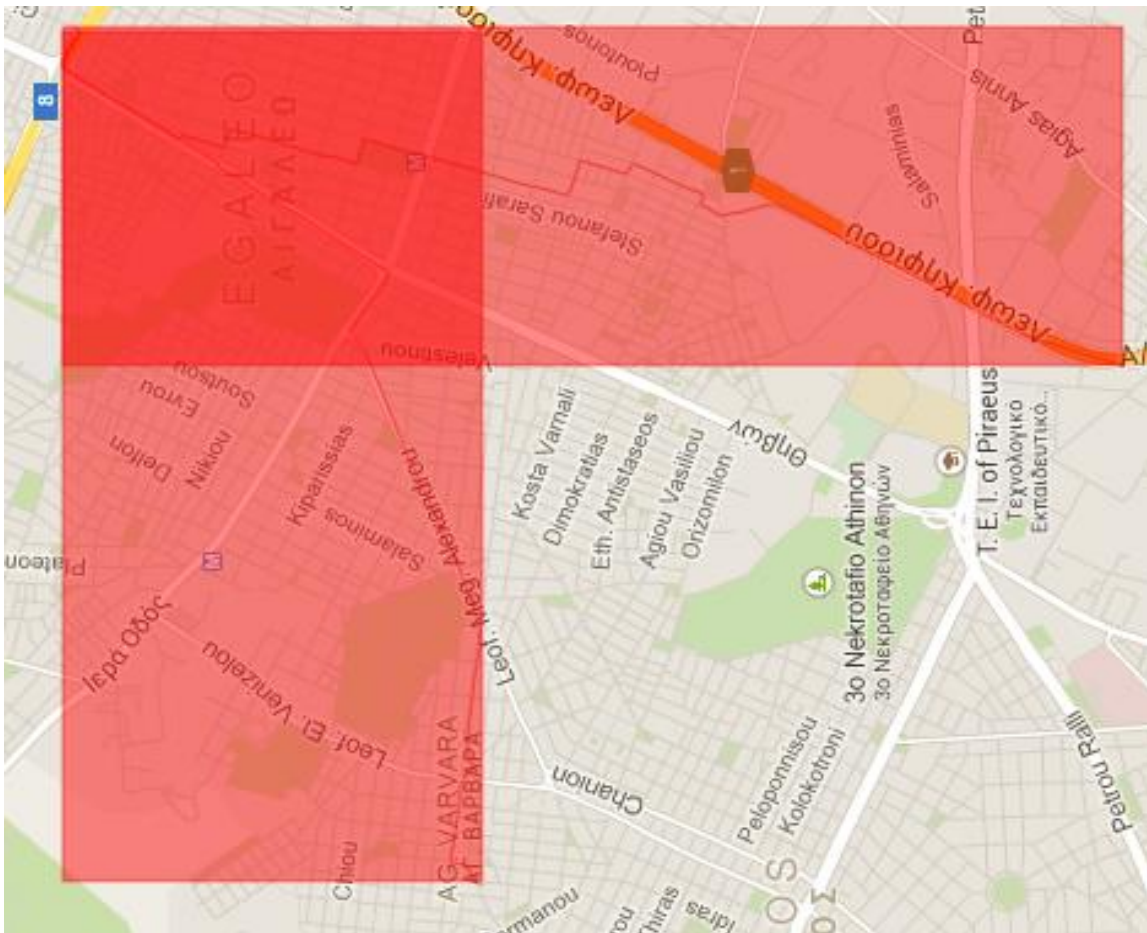
**Περιγραφή:** Εμφάνιση των διαδρομών και του MBR ενός Semantic Trajectory.

### Κώδικας:

```
SELECT DISTINCT
?line ?mbr WHERE
{
bq:MO_0 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
?episode bq:hasMBR ?mbr ;
bq:hasLine ?line .
}
```

**Επεξήγηση:** Επιλογή των ?line και ?mbr μέσω των ιδιοτήτων hasMBR και hasLine των Episode του MO\_1 που είναι τύπου SemanticTrajectory.

## Αποτέλεσμα:



Εικόνα 8: Αποτέλεσμα Ερωτήματος 9

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 9) απεικονίζονται οι διαδρομές των Episode του MO\_1 μέσω των ιδιοτήτων hasMBR και hasLine, που είναι τύπου SemanticTrajectory

## Ερώτημα 10

**Περιγραφή:** Εύρεση ενός Episode ενός Semantic Trajectory που συμβαίνει σε ένα χρονικό διάστημα και ικανοποιεί ένα σχόλιο (διάστημα = 2013-05-08T05:10:00,2013-05-08T18:00:00 και σχόλιο = «studying»).

## Κώδικας:

```
SELECT (Concat(?annotation1 , ", ", ?annotation2) as ?annotations) ?episode
?place WHERE {
  bq:MO_0 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
  ?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
  ?episode rdf:type bq:Stop ;
  bq:hasAnnotation 'Studying' ;
```



```

bq:hasAnnotation ?annotation1,?annotation2 ;
bq:hasGeometry ?place;
bq:occursInTime ?duration .
Filter(strdf:during(?duration, "[2013-05-08T05:10:00,2013-05-
08T18:00:00]"^^strdf:period))
Filter(?annotation1 > ?annotation2) }

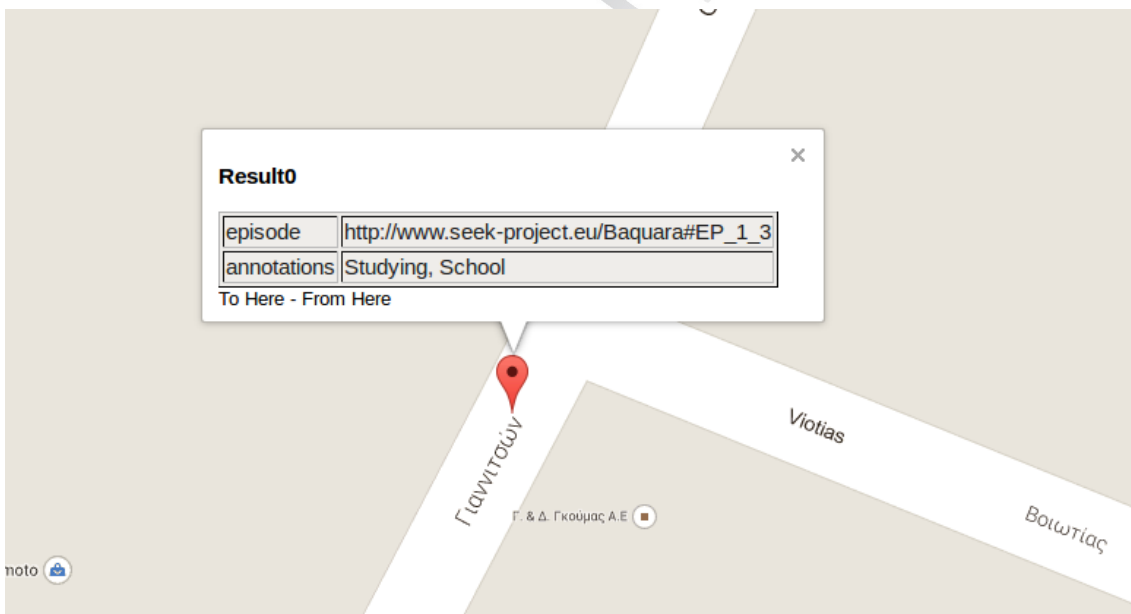
```

**Επεξήγηση:** Επιλογή των ?episode και ?place και επιλογή και συνδιασμός των ?annotation1 και ?annotation2.

Εύρεση των ?duration που είναι τύπου occursInTime, ?place που είναι τύπου hasGeometry, ?annotation1 και ?annotation2 που είναι τύπου ?hasAnnotation και τέλος ?episode που είναι τύπου Episode, από το MO\_0 που είναι τύπου SemanticTrajectory

Στη συνέχεια φιλτράρισμα της διάρκειας με τη συνάρτηση strdf:during και των διπλών αποτελεσμάτων λόγω των ίδιων τιμών για τα ?annotation1 και ?annotation2

**Αποτέλεσμα:**



Εικόνα 9: Αποτέλεσμα ερωτήματος 10

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 10) απεικονίζεται ένα Episode ενός Semantic Trajectory που συμβαίνει στο χρονικό διάστημα 2013-05-08T05:10:00, 2013-05-08T18:00:00 έχοντας ως annotation το σχόλιο studying στο place School.

### **Ερώτημα 11**

**Περιγραφή:** Εύρεση όλων των σημείων που συμβαίνει μια συγκεκριμένη δραστηριότητα από κινούμενο αντικείμενο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

**Κώδικας:**

```
SELECT DISTINCT ?name ?position WHERE {
  ?mo bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
  ?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
  ?episode bq:hasGeometry ?place;
  bq:hasAnnotation "Studying";
  bq:occursInTime ?duration .
  ?school rdf:type bq:place ;
  bq:name ?name ;
  bq:hasGeometry ?position .
  Filter(?position = ?place)
  Filter(strdf:during(?duration, "[2013-05-08T05:10:00,2013-05-08T18:00:00]"^^strdf:period))
}
```

**Επεξήγηση:** Επιλογή των ?name και ?position από τα δεδομένα τα οποία αποτελούνται από την ιδιότητα occursInTime και την ιδιότητα hasGeometry ενός episode και από τις ιδιότητες name hasGeometry ενός place. Έπειτα βρίσκονται τα κοινά σημεία των Place και Episode και φιλτράρονται χρονικά με την συνάρτηση strdf:During

**Αποτέλεσμα:**



Εικόνα 10: Αποτέλεσμα ερωτήματος 11

## Ερώτημα 12

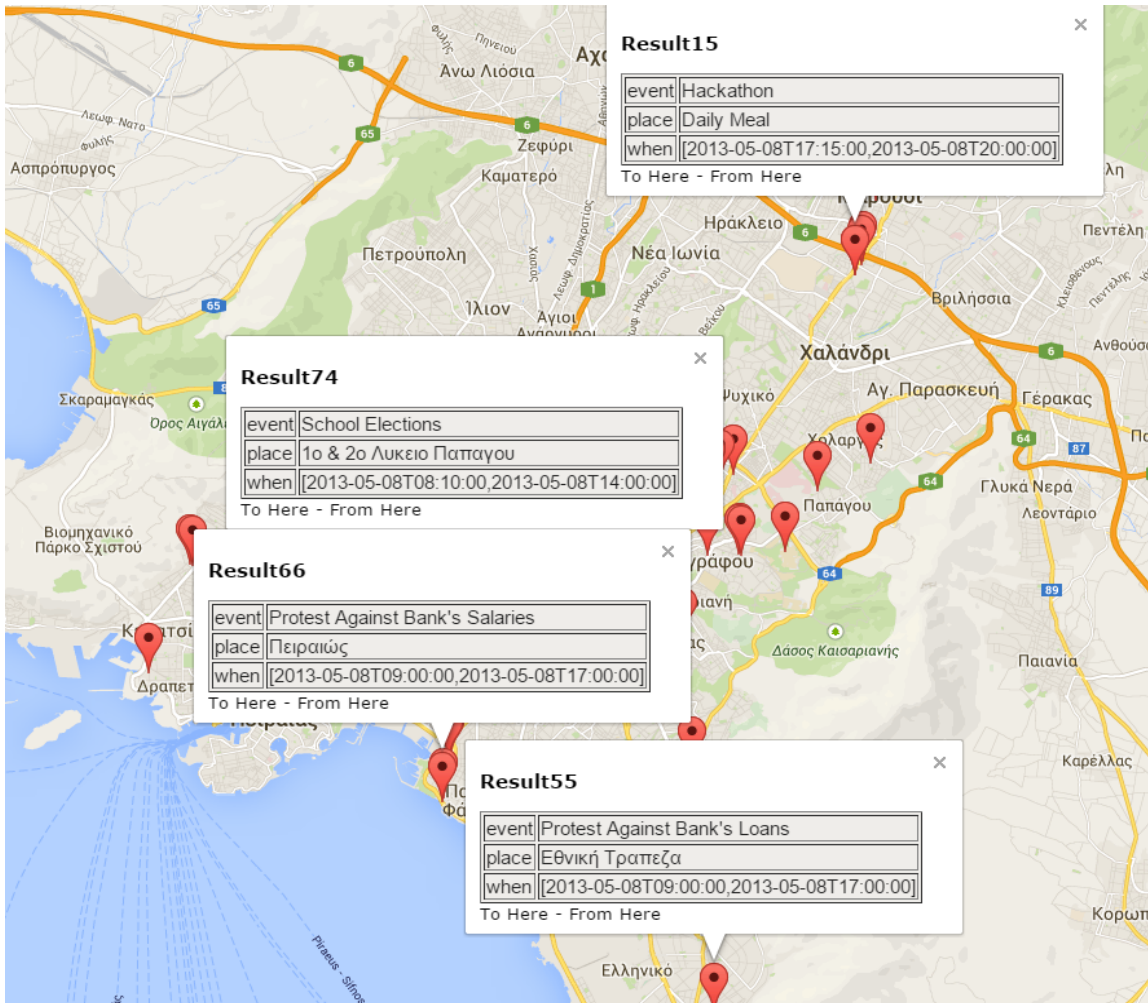
**Περιγραφή:** Εύρεση του ονόματος, του τύπου διεξαγωγής και του χρόνου διεξαγωγής όλων των Event και παρουσίαση τους στο χάρτη.

**Κώδικας:**

```
SELECT
?event ?place ?when ?mapdata
WHERE
{
?subject rdf:type bq:event ;
bq:name ?event ;
bq:occursInPlace ?where ;
bq:occursInTime ?when .
?where bq:name ?place ;
bq:hasGeometry ?mapdata .
}
```

**Επεξήγηση:** Επιλογή των ?event ?place ?when ?mapdata μέσω των ιδιοτήτων name, occursInPlace, occursInTime, των event και των ιδιοτήτων name και hasGeometry των Place.

**Αποτέλεσμα:**



Εικόνα 11: Αποτέλεσμα Ερωτήματος 12

### **Ερώτημα 13**

**Περιγραφή:** Εύρεση όλων των γεωγραφικών σημείων που έχει επισκεφθεί ένα κινούμενο αντικείμενο κατά τη διάρκεια μιας κίνησης. Ουσιαστικά είναι ολόκληρη η σημασιολογική τροχιά.

**Κώδικας:**

```

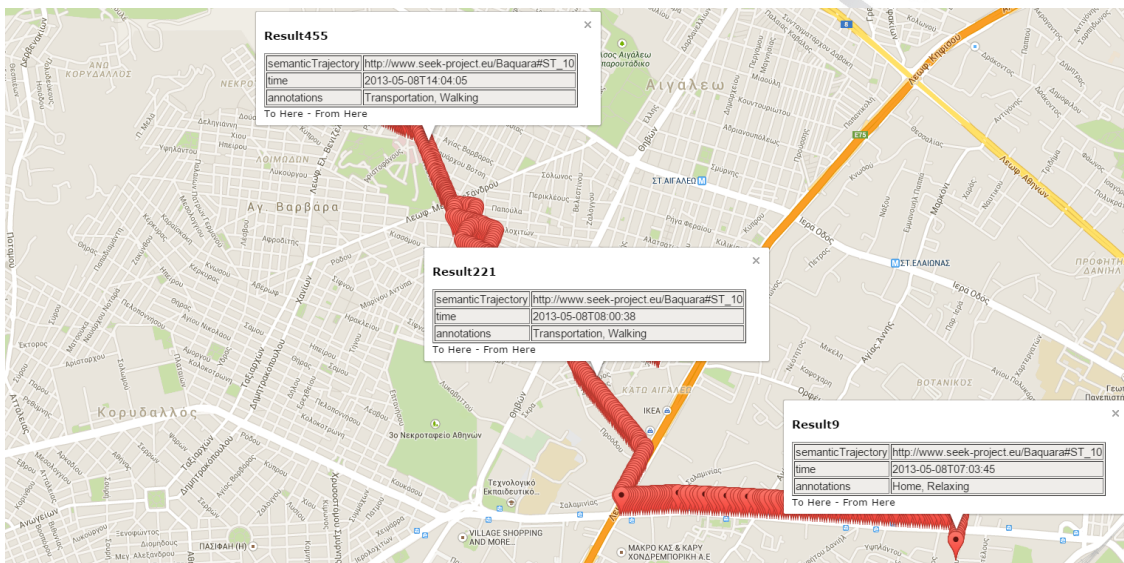
SELECT DISTINCT
?visited ?time (CONCAT(?annotation1, ", ", ?annotation2) as ?annotations)
WHERE
{
  bq:MO_00 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
  ?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
  ?episode rdf:type ?x ;
  bq:hasAnnotation ?annotation1, ?annotation2;
  bq:RawTrajectory ?sequence .
  ?sequence bq:STSequence ?snapshot .
  ?snapshot bq:STSnapshot ?geometry .
  ?geometry bq:geom ?visited ;
  bq:valTime ?time .
  FILTER(?annotation1 < ?annotation2)

```

}

**Επεξήγηση:** Επιλογή όλων των δεδομένων που αφορούν τα σημεία μιας σημασιολογικής τροχιάς. Δυστυχώς το STRABON δεν επιτρέπει τη δημιουργία γραμμής και έτσι παρουσιάζονται σημείο σημείο. Επίσης η συνάρτηση `strdf:PeriodContains` που ελέγχει αν μια χρονική στιγμή (?time στην προκειμένη περίπτωση) ανήκει σε μία χρονική περίοδο, δεν επιστρέφει αποτελέσματα ώστε να περιοριστεί το Ερώτημα σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

### Αποτέλεσμα:



Εικόνα 12: Αποτέλεσμα ερωτήματος 13

### Ερώτημα 14

**Περιγραφή:** Εύρεση των σημείων και των χρονικών στιγμών που τα κινούμενα αντικείμενα πηγαίνουν στο σχολείο. Επίσης γίνεται εύρεση και το ποια κινούμενα αντικείμενα πάνε σχολείο.

### Κώδικας:

```
SELECT DISTINCT
?mo ?place ?name ?when
WHERE
{
?mo bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
?episode rdf:type bq:Stop ;
bq:hasAnnotation ?annotation ;
bq:occursInTime ?when ;
bq:RawTrajectory ?sequence .
?sequence bq:STSequence ?snapshot .
?snapshot bq:STSnapshot ?geometry .
?geometry bq:geom ?place .
?amenity rdf:type bq:place ;
```

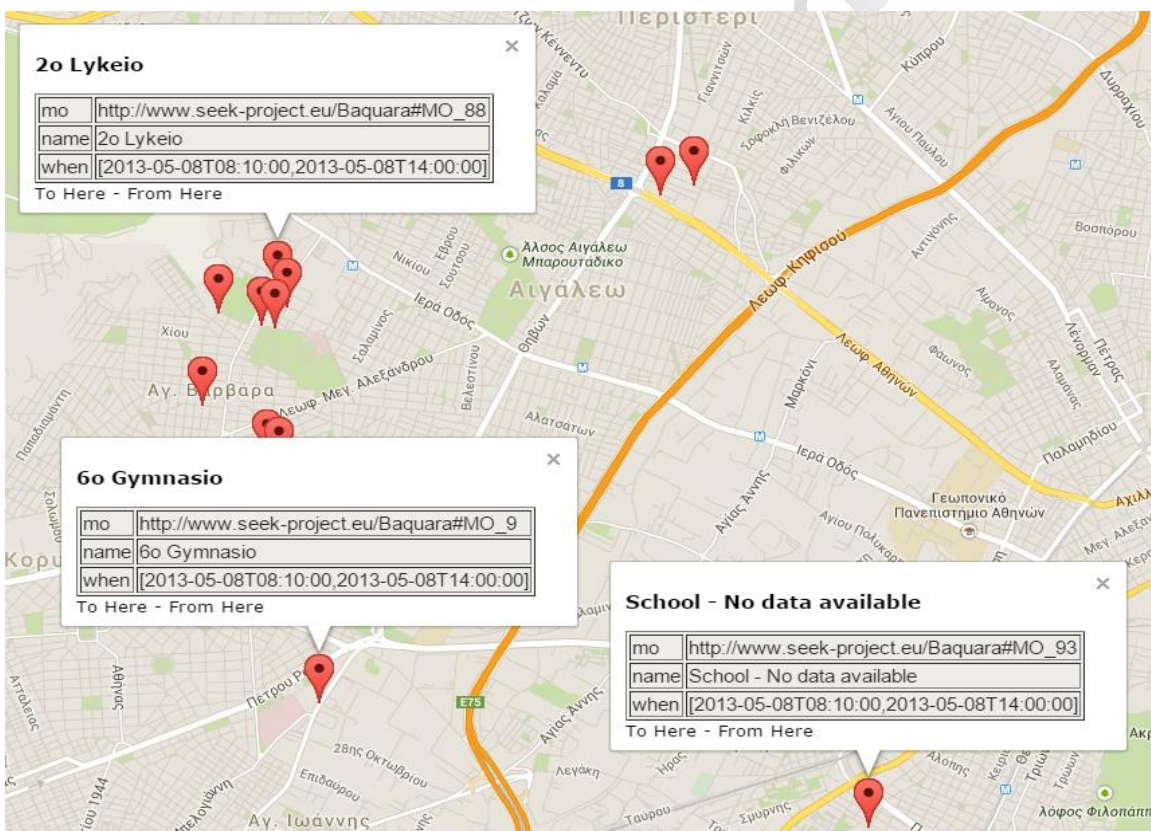
```

bq:hasGeometry ?place ;
bq:name ?name .
FILTER(?annotation = "Studying") .
}
ORDER BY ?mo

```

**Επεξήγηση:** Σε αυτό το Ερώτημα βρίσκονται πρώτα όλα τα κινούμενα αντικείμενα που πηγαίνουν στο σχολείο. Έπειτα συλλέγονται οι πληροφορίες της τοποθεσίας που πηγαίνουν στο σχολείο και αντιστοιχίζονται με τις πληροφορίες για τις τοποθεσίες. Έτσι το αποτέλεσμα μας δίνει, ποια κινούμενα αντικείμενα πάνε, σε ποιο σχολείο και τι ώρες κάθονται εκεί.

### Αποτέλεσμα:



Εικόνα 13: Αποτέλεσμα ερωτήματος 14

### Ερώτημα 15

**Περιγραφή:** Εύρεση του χώρου που περικλείεται από τις κινήσεις ενός κινούμενου αντικειμένου και παρουσίαση όλων των λεπτομερειών του στο χάρτη.

### Κώδικας:

```

SELECT
?occurs (CONCAT(?annotation1, ", ", ?annotation2) as ?annotations) ?geometry
WHERE
{
bq:MO_30 bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .

```

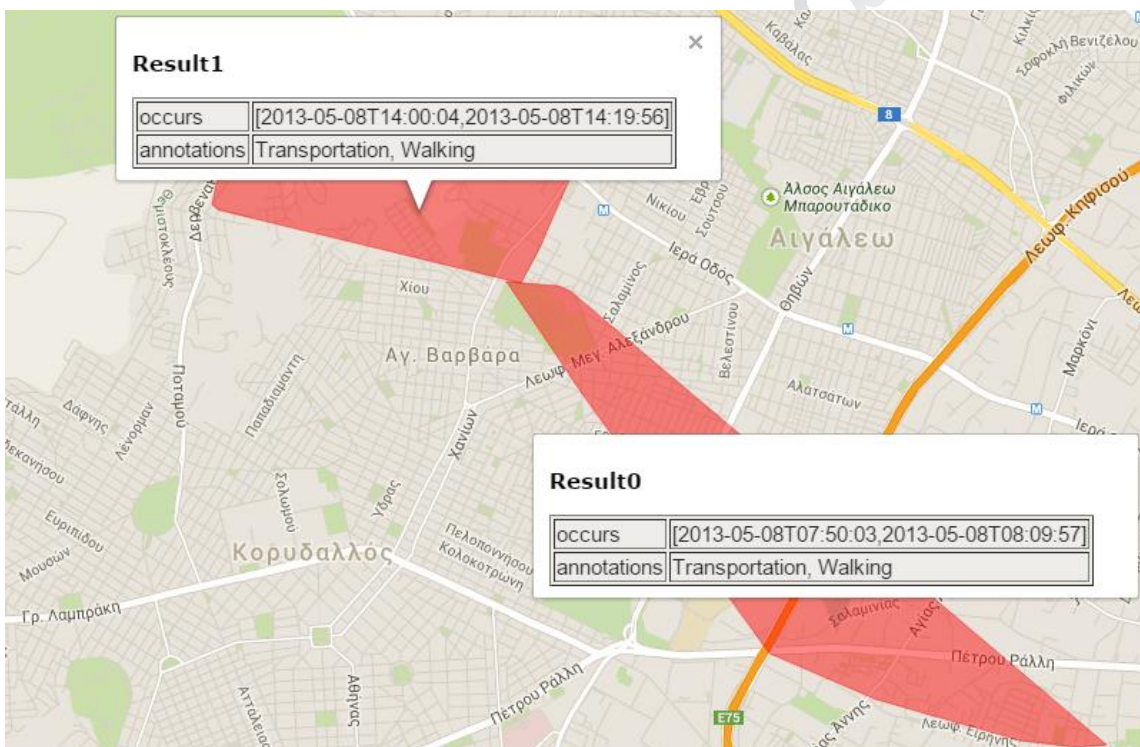
```

?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
?episode rdf:type bq:Move ;
bq:hasAnnotation ?annotation1, ?annotation2;
bq:hasGeometry ?geometry ;
bq:occursInTime ?occurs.
FILTER(?annotation1 < ?annotation2)
}

```

**Επεξήγηση:** Σε αυτό το Ερώτημα ανακτώνται οι πληροφορίες για το εύρος κίνησης του αντικειμένου (MO\_30 εν προκειμένω). Πιο συγκεκριμένα το hasGeometry και το occursInTime και παρουσιάζονται στο χάρτη. Αφορά αποκλειστικά επεισόδια που υπάρχει κίνηση. Όχι παύση.

**Αποτέλεσμα:**



Εικόνα 14: Αποτέλεσμα ερωτήματος 15

**Ερώτημα 16**

**Περιγραφή:** Μέσος αριθμός επεισοδίων ανά Semantic Trajectory

**Κώδικας:**

```

SELECT
((xsd:float(?e)/xsd:float(?s)) as ?avg) ?s ?e
WHERE
{
  {
    SELECT
    (COUNT(?semanticTrajectory) as ?s)
    WHERE
    {

```

```

        ?s bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
    }
}
{
SELECT
(COUNT(?episode) as ?e)
WHERE
{
    ?d bq:Episode ?episode .
}
}
}

```

**Επεξήγηση:** Σε αυτό το Ερώτημα μετράται το αριθμός των ?semanticTrajectory και ο αριθμός των ?episode. Έπειτα διαιρούνται για να βρεθεί ο μέσος αριθμός των επεισοδίων ανά σημασιολογική τροχιά. (4,87, για τα παρόντα δεδομένα)

**Αποτέλεσμα:** Δεκαδικός αριθμός

avg	s	e
"5.705769"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"4160"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>	"23736"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>

## Ερώτημα 17

**Περιγραφή:** Εύρεση του αριθμού των κινούμενων αντικειμένων που μετακινήθηκαν σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

**Κώδικας:**

```

SELECT (COUNT (DISTINCT ?mo) as ?ObjectsMoved)
WHERE
{
    ?mo bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
    ?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
    ?episode rdf:type bq:Move ;
    bq:occursInTime ?duration .
    Filter(strdf:during(?duration, "[2013-05-08T14:00:00,2013-05-08T16:00:00]"^^strdf:period))
}

```

**Επεξήγηση:** Σε αυτό το Ερώτημα βρίσκονται τα αντικείμενα που κινούνται από τις 14:00 έως τις 16:00. Έπειτα, αφού ξεχωρίζονται τα διπλά αποτελέσματα, μετριέται το πλήθος τους.

**Αποτέλεσμα:** Ακέραιος Αριθμός

ObjectsMoved
"462"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>



## Ερώτημα 18

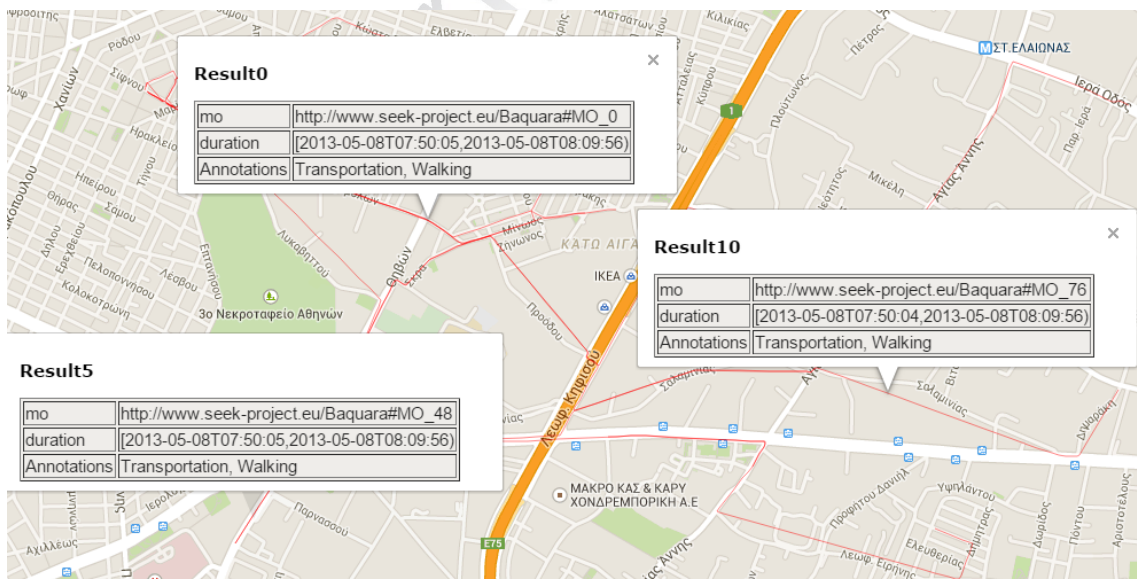
**Περιγραφή:** Εύρεση των σημασιολογικών τροχιών των κινούμενων αντικειμένων εντός μιας περιοχής και εντός μιας περιόδου.

### **Κώδικας:**

```
SELECT
?mo ?place ?duration (CONCAT(?annotation1, ", ", "?annotation2) as ?Annotations)
WHERE
{
?mo bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
?episode rdf:type bq:Move ;
bq:hasAnnotation ?annotation1, ?annotation2 ;
bq:hasLine ?place;
bq:occursInTime ?duration .
Filter(strdf:during(?duration, "[2013-05-07T05:10:00,2013-05-09T18:00:00]"^^strdf:period))
BIND (("POLYGON((23.70 37.97, 23.66 37.97, 23.66 37.99, 23.70 37.99, 23.70 37.97))"^^strdf:WKT) as ?area)
Filter(strdf:within(?place, ?area) && (?annotation1 < ?annotation2))
}
```

**Επεξήγηση:** Σε αυτό το Ερώτημα βρίσκονται οι σημασιολογικές τροχιές και έπειτα τα αποτελέσματα φιλτράρονται χρονικά με τη συνάρτηση `strdf:during` και φιλτράρονται γεωγραφικά με τη συνάρτηση `strdf:within`.

### **Αποτέλεσμα:**



Εικόνα 15: Αποτέλεσμα Ερωτήματος 18

## Ερώτημα 19

**Περιγραφή:** Εύρεση παύσεων των κινούμενων αντικειμένων εντός μιας περιοχής και

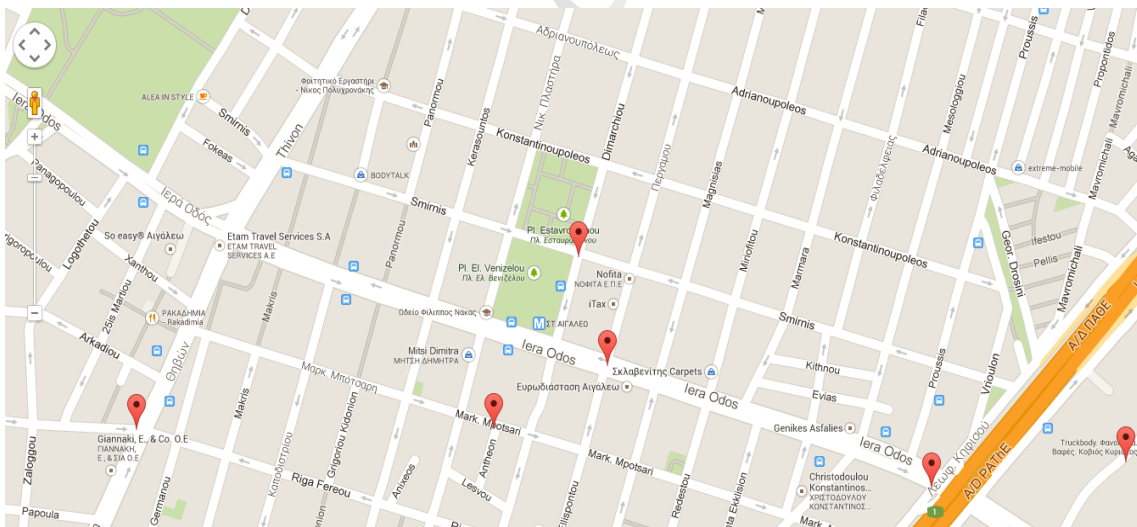
εντός μιας περιόδου.

### Κώδικας:

```
SELECT
?mo ?place ?duration (CONCAT(?annotation1, ", ", ?annotation2) as ?Annotations)
WHERE
{
?mo bq:SemanticTrajectory ?semanticTrajectory .
?semanticTrajectory bq:Episode ?episode .
?episode rdf:type bq:Stop ;
bq:hasAnnotation ?annotation1, ?annotation2 ;
bq:hasGeometry ?place;
bq:occursInTime ?duration .
Filter(strdf:during(?duration, "[2013-05-07T05:10:00,2013-05-
09T18:00:00]"^^strdf:period))
BIND (("POLYGON((23.69 37.99, 23.67 37.99, 23.67 38.00, 23.69 38.00, 23.69
37.99))"^^strdf:WKT) as ?area)
Filter(strdf:within(?place, ?area) && (?annotation1 < ?annotation2))
}
```

**Επεξήγηση:** Σε αυτό το Ερώτημα βρίσκονται οι παύσεις των κινούμενων αντικειμένων και έπειτα αποτελέσματα φιλτράρονται χρονικά με τη συνάρτηση `strdf:during` και φιλτράρονται γεωγραφικά με τη συνάρτηση `strdf:within`.

### Αποτέλεσμα:



Εικόνα 16: Αποτέλεσμα Ερωτήματος 19

### 3.6 – Σύνοψη κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάστηκε η κατάλληλα τροποποιημένη οντολογία Baquara\*, τα δεδομένα σε rdf/xml με βάση την τροποποιημένη οντολογία, ο αλγόριθμος μετατροπής των δεδομένων και η μετατροπή τους με βάση την Baquara\*.

Εν συνεχεία έγινε η εισαγωγή των κατάλληλα τροποποιημένων δεδομένων στο Strabon Triple Store και η διενέργεια ενδεικτικών ερωτημάτων με σκοπό την αποκόμιση αποτελεσμάτων από το Triple Store.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει μια ανασκόπηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα αναφερθούν μελλοντικά πεδία μελέτης και θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία, έγινε μια παρουσίαση και επίδειξη χρήσης του STRABON RDF Store σε συνδυασμό με την οντολογία BAQUARA.

### 4.1 – Διαδικασία

Η διαδικασία υλοποίησης εξελίχθηκε μέσα από τα παρακάτω βήματα.

- Συνδυασμός σημασιολογικών εμπλουτισμένων δεδομένων κίνησης και προσαρμογή τους στην οντολογία μέσω προγράμματος σε κώδικα C#, σε μορφή N3
- Εγκατάσταση STRABON σε Virtual Machine Ubuntu
- Εισαγωγή δεδομένων στο STRABON
- Διενέργεια ερωτημάτων στο STRABON σε γλώσσα SPARQL

### 4.2 – Προβλήματα

Τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν ήταν τα εξής.

Πρόβλημα 1<sup>ο</sup>:

Η διαδικασία εγκατάστασης του STRABON δεν είναι τυποποιημένη με αποτέλεσμα να είναι καταρχήν χρονοβόρα και κατά δεύτερον να μην είναι πάντα επιτυχής.

Πρόβλημα 2<sup>ο</sup>:

Το πρόβλημα της υπολογιστικής ισχύος, καθώς το σύστημα δεν ήταν αρκετό για την διενέργεια ερωτημάτων σε μεγάλο όγκο δεδομένων, κάτι που δεν έδωσε τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικών με την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα του STRABON

Πρόβλημα 3<sup>ο</sup>: Το STRABON δεν υποστηρίζει κάποιες συγκεκριμένες συναρτήσεις υπολογισμού της SPARQL (π.χ. period start, period end, duration), κάνοντας έτσι αδύνατη την εξαγωγή κάποιων συγκεκριμένων συμπερασμάτων.

### 4.3 - Συμπεράσματα

Με βάση την παρούσα εργασία το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι μέσω των συσκευών καταγραφής, της κατάλληλης μελέτης των δεδομένων που αυτές παρέχουν και τη χρήση κατάλληλων εφαρμογών, δίνεται η δυνατότητα για την εξαγωγή συμπερασμάτων που δύνανται να βοηθήσουν στην βελτίωση του τρόπου ζωής του ανθρώπου και στην επίλυση προβλημάτων που προκύπτουν από την μαζική κίνηση των αντικειμένων μελέτης. Επίσης δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για τις συμπεριφορές και τις προτιμήσεις των αντικειμένων σχετιζόμενα με το χώρο και το χρόνο.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## Βιβλιογραφία

- [1] N. Pelekis, Y. Theodoridis και D. Janssens, «On the management and analysis of our LifeSteps,» *SIGKDD Explorations*, pp. 23 - 32, Jun 2013.
- [2] N. Pelekis, E. Frentzos, N. Giatrakos και Y. Theodoridis, «On the Support of Mobility in ORDBMS,» *International Journal of Knowledge-based Organizations (IJKBO)*, 4 2014.
- [3] N. PELEKIS, C. NTRIGKOGIAS, P. TAMPAKIS, S. SIDERIDIS and Y. THEODORIDIS, “*Hermoupolis: A Trajectory Generator for Simulating Generalized Mobility Patterns*”, Prague: Proceedings of the European Conference on Machine Learning / Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases, , 2013.
- [4] W3C, «XML Semantic Web W3C Timeline,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.dblab.ntua.gr/~bikakis/XMLSemanticWebW3CTimeline.pdf>.
- [5] W3C, «Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/>.
- [6] L. Sikos, «Standard Websites,» 08 07 2011. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.lesliesikos.com/>.
- [7] S. D. Andreas Harth, «Optimized Index Structures for Querying RDF from the Web,» 2 Νοέμβριος 2005. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://sw.deri.org/2005/02/dexa/yars.pdf>.
- [8] W3C, «RDF Schema 1.1,» 25 Φεβρουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [9] W3C, «RDF 1.1 Turtle,» 25 Φεβρουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/turtle/>.
- [10] W3C, «RDF 1.1 N-Triples,» 25 Φεβρουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/n-triples/>.
- [11] W3C, «RDF 1.1 N-Quads,» 25 Φεβρουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/n-quads/>.
- [12] W3C, «JSON-LD 1.0,» 16 Ιανουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/json-ld/>.
- [13] W3C, «RDF 1.1 XML Syntax,» 25 Φεβρουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>.
- [14] W3C, «Notation3 (N3): A readable RDF syntax,» 28 Μάρτιος 2011. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TeamSubmission/n3/>.
- [15] Wikipedia, «URI - Uniform Resource Identifier,» 11 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Uniform\\_resource\\_identifier](http://en.wikipedia.org/wiki/Uniform_resource_identifier).

- [16] Wikipedia, «Unicode,» 20 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Unicode>.
- [17] Wikipedia, «RSS,» 17 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/RSS>.
- [18] Wikipedia, «FOAF (ontology),» 17 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/FOAF\\_\(ontology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/FOAF_(ontology)).
- [19] Wikipedia, «Dublin Core,» 24 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Dublin\\_Core](http://en.wikipedia.org/wiki/Dublin_Core).
- [20] Wikipedia, «Logic,» 03 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Logic>.
- [21] Wikipedia, «Named Graph,» 31 Δεκέμβριος 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Named\\_graph](http://en.wikipedia.org/wiki/Named_graph).
- [22] D. A. Peter, «Storage and management of semi-structured data». United States Of America Ευρεσιτεχνία US2003145022 (A1), 31 Ιούλιος 2003.
- [23] J. Broekstra, Interviewee, *The Importance of SPARQL cannot be overestimated*. [Συνέντευξη]. 06 Απρίλιος 2006.
- [24] W3C, «SPARQL Endpoint,» 10 Μάρτιος 2009. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/wiki/SparqlEndpointDescription>.
- [25] Strabon, «About Strabon,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.uth.gr/genannounce/2364-20140329-rms1>. [Πρόσβαση 10 Σεπτεμβρίου 2014].
- [26] Open Geospatial Consortium, «About OGC,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.opengeospatial.org/ogc>.
- [27] Open Geospatial Consortium, «Geography Markup Language (GML),» 05 Οκτώβριος 2007. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>.
- [28] Open Geospatial Consortium, «Well-known text,» 30 Σεπτέμβριος 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Well-known\\_text](http://en.wikipedia.org/wiki/Well-known_text).
- [29] R. Fileto, M. Krüger, N. Pelekis, Y. Theodoridis και C. Renso, «Baquara: A Holistic Ontological Framework for Movement Analysis using Linked Data,» Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [30] W3C, «W3C Time Ontology,» 27 Σεπτεμβρίου 2006. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.w3.org/TR/owl-time>.
- [31] Open Geospatial Consortium, «OGC Simple Feature Access,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/sfa>.
- [32] M. Koubarakis, K. Kyzirakos, M. Karpathiotakis, C. Nikolaou, M. Sioutis, G. Garbis και K. Bereta, «Introduction in stRDF and stSPARQL,» [Ηλεκτρονικό]. Available:

[http://www.strabon.di.uoa.gr/files/stSPARQL\\_tutorial.pdf](http://www.strabon.di.uoa.gr/files/stSPARQL_tutorial.pdf).

- [33] M. Koubarakis, T. Sellis, A. U. Frank, S. Grumbach, R. H. Güting, C. S. Jensen, N. Lorentzos, Y. Manolopoulos, E. Nardelli, B. Pernici, H.-J. Schek, M. Scholl, B. Theodoulidis και N. Tryfona, «Spatio-Temporal Databases: The Chorochronos Approach,» σε *28520: Lecture Notes in Computer Science Springer*, 2003.
- [34] N. Pelekis, I. Kopanakis, E. E. Kotsifakos, E. Frentzos και Y. Theodoridis, «Clustering Trajectories of Moving Objects in an Uncertain World,» σε *IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*, 2009.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1.Εγκατάσταση του STRABON σε υπολογιστή.

Το STRABON, όπως και όλα τα Triple Stores, σαν εφαρμογή, προορίζεται για εγκατάσταση και λειτουργία σε κάποιο Server του οποίου οι δυνατότητες είναι πολύ μεγαλύτερες από ένα προσωπικό υπολογιστή. Παρόλα αυτά για μικρό όγκο δεδομένων, είναι εφικτή η λειτουργία του ακόμα και σε Virtual Machine, που να τρέχει λειτουργικό Linux.

Τα χαρακτηριστικά που επιλέχθηκαν για την παρούσα εφαρμογή είναι μια Virtual Machine με 6GB RAM, 4 επεξεργαστές και 40 GB αποκλειστικό χώρο στο σκληρό δίσκο. Το λειτουργικό σύστημα είναι το Ubuntu 12.04 64bit.

Για την λειτουργία του STRABON, τα απαιτούμενα είναι τα:

- Maven 2 ή μεγαλύτερη έκδοση (Χρησιμοποιήθηκε το Apache Maven 3.0.4)
- Java 6 ή μεγαλύτερη έκδοση (Χρησιμοποιήθηκε η Java 7)
- Java JDK 1.6.0 ή μεγαλύτερη έκδοση (Χρησιμοποιήθηκε το JDK 1.7.0\_65)
- Mercurial (Χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 2.0.2)
- PostgreSQL 9 ή μεγαλύτερη (Χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 9.1.14)
- PostGIS για την έκδοση PostgreSQL που είναι εγκατεστημένη (Χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 1.5.3)
- Η Temporal Extension για την PostgreSQL βάση δεδομένων, από τη διεύθυνση <https://github.com/jeff-davis/PostgreSQL-Temporal> .
- Ο WebServer Apache Tomcat (Χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 8).

Βέβαια κάθε εγκατάσταση έχει τις ιδιαιτερότητες της οπότε είναι πολύ πιθανό ο οδηγός να μην χαίρει πλήρους ακρίβειας, όπως άλλωστε αναφέρεται και στον επίσημο οδηγό εγκατάστασης που βρίσκεται στην διεύθυνση <http://www.strabon.di.uoa.gr/started>.

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του προτύπου της βάσης δεδομένων και εν συνεχεία της ίδιας της βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί. Τέλος, γίνεται compile της έκδοσης του STRABON και εκτέλεση του μέσω του Apache Tomcat.

## 2. Διαδικασία εγκατάστασης STRABON

ΤΟ STRABON απαιτεί περιβάλλον Linux με εγκατεστημένη την POSTGRES και την JAVA. Για να εγκατασταθεί, απαιτούνται τα πακέτα MAVEN και MERCURIAL και επίσης η επέκταση POSTGIS για την POSTGRES.

Αναλυτικότερα η εγκατάσταση έγινε σε σύστημα UBUNTU 12.04 64bit και ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα.

### Machine and STRABON SETUP steps

**1. Εγκατάσταση Ubuntu με username postgres και password postgres**

**2. Εγκατάσταση Apache Tomcat**

Εγκατάσταση τελευταίου JDK με την εντολή **sudo apt-get install openjdk-7-jdk openjdk-7-jre** (7 ή ανώτερη έκδοση)

Λήψη του τελευταίου apache tomcat από τον περιηγητή σε μορφή.tar.gz.

Αποσυμπίεση του tomcat με την εντολή **tar xvzf apache-tomcat-\*\*\*\*.tar.gz**

Αντιγραφή του tomcat από τον φάκελο που βρίσκεται στον φάκελο **/usr/share/tomcat7**

Εύρεση του jvm φακέλου (συνήθως βρίσκεται στον usr/lib/jvm)

Επεξεργασία του αρχείου catalina.sh στο φάκελο **/usr/share/tomcat7/bin** και εισαγωγή των διευθύνσεων των JDK και JRE μετά την πρώτη γραμμή. Ενδεικτικά, παρακάτω. Διαφέρουν ανάλογα με την έκδοση του JDK

```
JAVA_HOME="/usr/lib/jvm/java-7-openjdk-i386"
```

```
JRE_HOME="/usr/lib/jvm/java-7-openjdk-i386/jre"
```

Έτσι το catalina.sh ξεκινά ως

```
#!/bin/sh
```

```
JAVA_HOME="/usr/lib/jvm/java-7-openjdk-i386"
```

```
JRE_HOME="/usr/lib/jvm/java-7-openjdk-i386/jre"
```

Επεξεργασία του αρχείου **tomcat-users.xml** στο φάκελο **/usr/share/tomcat7/conf**

και προσθήκη των παρακάτω γραμμών μεταξύ των tags <tomcat-users>

```
<role rolename="manager-gui"/>
```

```
<user username="postgres" password="postgres" roles="manager-gui"/>
```

Εκτέλεση του `catalina.sh` με την εντολή `sudo /usr/share/tomcat7/bin/catalina.sh`  
**run**

Έλεγχος ότι ο apache tomcat λειτουργεί στη διεύθυνση localhost:8080

**3. Εγκατάσταση του STRABON μέσω κονσόλας, χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εντολές**

```
sudo apt-get install maven
```

Έλεγχος του maven για να είναι μεγαλύτερη έκδοση της 3 με την εντολή `mvn -v`.

```
sudo apt-get install mercurial
```

```
sudo apt-get install postgresql-9.1
```

```
sudo apt-get install libpq-dev
```

```
sudo -u postgres psql -c "ALTER USER postgres WITH PASSWORD  
'postgres';"
```

```
createdb -E UTF8 -T template0 template_postgis
```

```
createlang -d template_postgis plpgsql
```

```
psql -d template_postgis -f $POSTGIS_SQL_PATH/postgis.sql
```

```
psql -d template_postgis -f $POSTGIS_SQL_PATH/spatial_ref_sys.sql
```

```
psql -d template_postgis -c "GRANT ALL ON geometry_columns TO  
PUBLIC;"
```

```
psql -d template_postgis -c "GRANT ALL ON geography_columns TO  
PUBLIC;"
```

```
psql -d template_postgis -c "GRANT ALL ON spatial_ref_sys TO PUBLIC;"
```

```
psql -d template_postgis -c "VACUUM FULL;"
```

```
psql -d template_postgis -c "VACUUM FREEZE;"
```

```
psql -d postgres -c "UPDATE pg_database SET datistemplate='true' WHERE  
datname='template_postgis';"
```

```
psql -d postgres -c "UPDATE pg_database SET datallowconn='false' WHERE  
datname='template_postgis';"
```

```
createdb endpoint -T template_postgis
```

```
hg clone http://hg.strabon.di.uoa.gr/Strabon/
```

Επεξεργασία του etc/environments για τον ορισμό του java\_path

Εισαγωγή του Maven Repository για το aduna στο maven settings.xml

Είσοδος στο φάκελο του STRABON (home/postgres/Strabon) και εκτέλεση της εντολής **mvn clean package**

Εάν όλα είναι σωστά, τότε θα παρουσιαστεί αυτή η έξοδος στην κονσόλα.

```
[INFO] Reactor Summary:
```

```
[INFO]
```

```
[INFO] Strabon ..... SUCCESS [1.916s]
```

```
[INFO] Strabon: Spatial and Temporal Vocabulary ..... SUCCESS [15.825s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Query algebra - evaluation - spatial SUCCESS  
[7.644s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO ..... SUCCESS [0.008s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO - API ..... SUCCESS [1.257s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: GeneralDBStore ..... SUCCESS [55.738s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO - GeoJSON . SUCCESS  
[1.614s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO - XML .... SUCCESS  
[1.760s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO - KML/KMZ . SUCCESS  
[1.532s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO - HTML .... SUCCESS  
[1.863s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: Spatial Query result IO - Text .... SUCCESS [1.332s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: PostGISStore ..... SUCCESS [3.759s]
```

```
[INFO] OpenRDF Sesame: MonetDBStore ..... SUCCESS [3.034s]
[INFO] Strabon: Runtime ..... SUCCESS [7.491s]
[INFO] Strabon: Endpoint ..... SUCCESS [13.604s]
[INFO] Strabon: Endpoint client ..... SUCCESS [1:08.598s]
[INFO] Strabon: Executable endpoint ..... SUCCESS [51.549s]
[INFO] Strabon: Test Suite ..... SUCCESS [3.228s]
[INFO] -----
```

**[INFO] BUILD SUCCESS**

Μετά, αντιγραφή του .war παραγόμενου αρχείου από το φάκελο `/home/postgres/Strabon/endpoint/target` στον φάκελο webapps του Tomcat (`/usr/share/tomcat7/webapps`)

Άνοιγμα του webapps manager του tomcat και εκτέλεση του Strabon (`localhost:8080/manager/html`) για την επιβεβαίωση ότι όλα είναι εντάξει.

Στο επόμενο βήμα γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων.

### 3.Κώδικας Διαμόρφωσης Δεδομένων (N3CR )

```
/*
 * This is a custom convertor for N3 Data to be used with Strabon and the Baquara* ontology
 * It takes 3 txt files as arguments
 * 1. The raw data
 * 2. The ontology and event data
 * 3. The place data
 *
 * Just run it with the 3 files in the same folder and it will produce a file named data.n3, ready
 to be inserted in a Strabon server
 */
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Text.RegularExpressions;
using System.Collections;
using System.IO;
using DotSpatial.Topology;
using System.Xml.Linq;
using System.Reflection;
namespace N3Maker
{
    class N3Maker
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            //Initial Variables for places
            string placespath =
Path.Combine(Path.GetDirectoryName(Assembly.GetExecutingAssembly().Location), @"3.map.xml");
            XDocument places = XDocument.Load(placespath);
            SortedDictionary<string, int> amenities = new SortedDictionary<string, int>();
            string amenity = "";
            string name = "";
            string place = "";
            bool hasName = false;
            bool hasAmenity = false;

            //Initial Variables for Movement Data
            int counter = 0, snapshotCounter = 0, numberOfEpisodes = 0;

            string prefixes = "@prefix bq: <http://www.seek-project.eu/Baquara#> .\n@prefix a:
<http://protege.stanford.edu/system#> .\n@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-
ns#> .\n@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .\n@prefix xml:
<http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .\n@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
.\n@prefix lgdo: <http://linkedgeodata.org/ontology#> .\n@prefix strdf:
<http://strdf.di.uoa.gr/ontology#> .",
            nodePattern = @"\"d*,\d\", \"d*",
            dateTimePattern = @"\"d{4}[-\d{2}]* [\"d{2}:]*",
            coordinatesPattern = @"\"d{2}\".\d*, \"d{2}\".\d*",
            episodePattern = @"MOVE|STOP",
            tagsPattern = @"[A-Z]*;[A-Z]*",
            obj_id,
            subtraj_id,
            identifier,
            nextidentifier,
            t,
            coordinates,
            episode,
            tags,
            line,
            nextline,
            snapshotId,
            snapshot,
            sequence = " a bq:STSequence ;\nbq:STSnapshot ",
            rawTrajectory = " a bq:RawTrajectory ;\nbq:STSequence bq:SQ_",
            episodeData,
            convexHull,
            MBR,

```

```

lineString,
startTime = "",
endTime = "",
movingObject = "",
semanticTrajectory = "",
duration = "";
string[] data;

System.IO.StreamReader OntologyEventsAndPlaces;

bool writeData = false, newEpisode = true;

DateTime start, end, totalStart, totalEnd;
TimeSpan totalDuration;

SortedDictionary<int, string> nodeEpisodes = new SortedDictionary<int, string>();

var coordinatesForMBR = new List<Coordinate>();

MultiPoint multiPoint;

int divider;
//Start Work!!!

start = DateTime.Now;
totalStart = start;

Console.WriteLine("Started reading file and sorting the table @" + start.ToString());

//Read file and dump to array for speed!!!
if (args.Length != 0)
    data = File.ReadAllLines(args[0]);
else
{
    string path =
Path.Combine(Path.GetDirectoryName(Assembly.GetExecutingAssembly().Location),
@"1.hermes_attica.txt");
    data = File.ReadAllLines(path);
}

//Order data by node id and put it in a var
var orderedData = data.OrderBy(x => int.Parse(x.Split(',')[0]));

//Put ordered data back in the array
data = orderedData.ToArray();

end = DateTime.Now;
duration = (end - start).TotalSeconds.ToString();

Console.WriteLine("\nFinished reading files, creating and sorting help tables @" +
end.ToString() + ", duration was " + duration);

//Create files to put the data in and write prefixes
string exportPath =
Path.Combine(Path.GetDirectoryName(Assembly.GetExecutingAssembly().Location), @"data.n3");
System.IO.StreamWriter dataWriter =
new System.IO.StreamWriter(exportPath);

//Read Events and Places from file
if (args.Length != 0)
    OntologyEventsAndPlaces = new System.IO.StreamReader(args[1]);
else
{
    string path =
Path.Combine(Path.GetDirectoryName(Assembly.GetExecutingAssembly().Location), @"2.events.txt");
    OntologyEventsAndPlaces = new System.IO.StreamReader(path);
}

//Write prefixes to every file and leave an empty line
dataWriter.WriteLine(prefixes);

//Start Writing places and events
start = DateTime.Now;
Console.WriteLine("\nStarted writing Places and Events @" + start.ToString());

```

```

//Write places and events
dataWriter.WriteLine(OntologyEventsAndPlaces.ReadToEnd());

end = DateTime.Now;
duration = (end - start).TotalSeconds.ToString();
Console.WriteLine("\nFinished writing Places and Events @" + end.ToString() + ",
duration was " + duration + "\n");

//Start building places data
Console.WriteLine(places.Root.Elements().Count() + " is the number of elements in
root");
Console.WriteLine("\nStarted building places data @" + start.ToString());
foreach (var x in places.Root.Elements())
{
    foreach (var y in x.Elements())
    {
        if (y.Attribute("k").Value == "name")
        {
            name = y.Attribute("v").Value;
            hasName = true;
        }
        foreach (var placesTags in x.Elements())
        {
            if (placesTags.Attribute("k").Value == "amenity")
            {
                amenity = placesTags.Attribute("v").Value;
                hasAmenity = true;
            }
        }
        if (hasName && hasAmenity)
        {
            //Fill help hash table to count the amenities
            if (!amenities.ContainsKey(amenity))
            {
                amenities.Add(amenity, 1);
            }
            else
            {
                amenities[amenity]++;
            }
            place = "bq:" + amenity.ToUpper() + "_" + amenities[amenity] + " a
bq:place ;\n";
            var placeCoordinates = "bq:hasGeometry \"POINT (" +
x.Attribute("lon").Value + " " + x.Attribute("lat").Value +
");http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>\"^^stndf:WKT ;\n";
            name = "bq:name \"" + name + "\" ;\n" + "bq:hasAnnotation \"" + amenity +
"\ " .\n";
            dataWriter.WriteLine(place + placeCoordinates + name);
        }
        hasName = false;
        hasAmenity = false;
    }
}

end = DateTime.Now;
duration = (end - start).TotalSeconds.ToString();
Console.WriteLine("\nFinished places construction @" + end.ToString() + ", duration
was " + duration);

Console.WriteLine("\nHow much do you want the size of the data to be?");
var temp = Console.ReadLine();
while (!int.TryParse(temp.ToString(), out divider))
{
    Console.WriteLine("Not a valid number, How much do you want the size of the data
to be?");
    temp = Console.ReadLine();
}

//Create help hash table to build the data for moving objects and semantic
trajectories
while (counter < data.Length / divider)
{
    line = data[counter];

```



```

if (new Regex(nodePattern).IsMatch(line))
{
    identifier = new Regex(nodePattern).Match(line).ToString().Replace(", ", "");
    obj_id = identifier.ToString().Substring(0, identifier.Length - 2);
    subtraj_id = identifier.Substring(identifier.Length - 1, 1);
    if (!nodeEpisodes.ContainsKey(int.Parse(obj_id)))
    {
        nodeEpisodes.Add(int.Parse(obj_id), subtraj_id);
    }
    else
    {
        nodeEpisodes[int.Parse(obj_id)] = subtraj_id;
    }
}
counter++;
}

//Reset Counter
counter = 0;

//Build Baquara* data in n3 format.
start = DateTime.Now;
Console.WriteLine("\nStarted writing Episodes @" + start.ToString());

while (counter < data.Length / divider)
{
    line = data[counter];

    //Get episode type to find if it is a move or a stop
    episode = new Regex(episodePattern).Match(line).ToString();

    //Check the current and the next line to change the id and restart counting
    if (counter < data.Length - 1)
        nextline = data[counter + 1];
    else
        nextline = "";

    //Create Identifiers for every line
    identifier = new Regex(nodePattern).Match(line).ToString().Replace(", ", "");
    nextidentifier = new Regex(nodePattern).Match(nextline).ToString().Replace(", ",
    "");

    obj_id = identifier.ToString().Substring(0, identifier.Length - 2) + '_';
    subtraj_id = identifier.Substring(identifier.Length - 1, 1);

    identifier = obj_id + subtraj_id;

    if (nextline != "")
    {
        obj_id = nextidentifier.ToString().Substring(0, nextidentifier.Length - 2) +
        '_';
        subtraj_id = nextidentifier.Substring(nextidentifier.Length - 1, 1);
        nextidentifier = obj_id + subtraj_id;
    }

    //Set snapshots and sequence in parallel
    if (identifier == nextidentifier && nextline != "")
    {
        snapshotId = "SN_" + identifier + "_" + snapshotCounter.ToString();

        sequence = sequence + "bq:" + snapshotId + ", ";

        //Keep start elements of time and coordinates for later usage
        if (snapshotCounter == 0 && newEpisode == true)
        {
            startTime = new Regex(dateTimePattern).Match(line).ToString().Replace("
", "T"); ;
        }

        newEpisode = false;

        snapshotCounter++;
    }
    else
    {

```

```

//Final episode snapshot
snapshotId = "SN_" + identifier + "_" + snapshotCounter.ToString();

//Finalize Sequence
sequence = "\nbq:SQ_" + identifier + sequence + "bq:" + snapshotId + ".\n";

//Create raw trajectory
rawTrajectory = "bq:RT_" + identifier + rawTrajectory + identifier + ".\n";

//Prepare for new Episode
newEpisode = true;

//OK to write data
writeData = true;

//Reset snapshot counter
snapshotCounter = 0;
}

//Construct full snapshot text
snapshot = "bq:" + snapshotId + " a bq:STSnapshot ";

//Get time information out of snapshot
t = new Regex(dateTimePattern).Match(line).ToString().Replace(" ", "T");

//Check if it is the end of the episode and keep the time of the snapshot
if (writeData == true && newEpisode == true)
{
    endTime = t;
}

//Get coordinates information out of snapshot
coordinates = new Regex(coordinatesPattern).Match(line).ToString().Replace(",", " ");

");
coordinatesForMBR.Add(new Coordinate(double.Parse(coordinates.Split('
')[0].Replace('.', ',')), double.Parse(coordinates.Split(' ')[1].Replace('.', ','))));

//Create tags
tags = new Regex(tagsPattern).Match(line).ToString().Replace(";", "\\,\\");
string tag1 = tags.Split(',')[0].Substring(0, 1).ToUpper() +
tags.Split(',')[0].Substring(1, tags.Split(',')[0].Length - 1).ToLower();
string tag2 = tags.Split(',')[1].Substring(1, 1).ToUpper() +
tags.Split(',')[1].Substring(2, tags.Split(',')[1].Length - 2).ToLower();
tags = tag1 + ", \"" + tag2;

//Write snapshot
dataWriter.WriteLine(snapshot);

//Write snapshot geometry
dataWriter.WriteLine("bq:geom \"POINT (" + coordinates +
");http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4326>\"^^strdf:WKT ");

//Write snapshot time
dataWriter.WriteLine("bq:valTime \"\" + t + "\"^^xsd:dateTime .");

//If writeData = true then the episode is completed and we can write the data we
keep about episodes, sequences and raw trajectories and then reset them
if (writeData == true)
{
    //Write sequence data to file
    dataWriter.WriteLine(sequence);

    //Write raw trajectory data to file
    dataWriter.WriteLine(rawTrajectory);
    multiPoint = new MultiPoint(coordinatesForMBR);
    //Check if it is a STOP or a MOVE and build appropriate episode data to the
file
    convexHull = multiPoint.ConvexHull().ToString().Replace("000 ", "
").Replace("000, ", ", ").Replace("000)", ")");
    MBR = multiPoint.ConvexHull().Envelope.ToPolygon().ToString().Replace("000 ",
" ").Replace("000, ", ", ").Replace("000)", ")");
    lineString = new LineString(coordinatesForMBR).ToString().Replace("000 ", "
").Replace("000, ", ", ").Replace("000)", ")"); ;
}

```

```

        episodeData = "bq:EP_" + identifier + " a bq:" + episode.Substring(0,
1).ToUpper() + episode.Substring(1, episode.Length - 1).ToLower() + ";" + "\n" +
        "bq:hasAnnotation \"" + tags + "\" ;\n" +
        "bq:hasMBR \"" + MBR +
";http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>\\"^strdf:WKT ;\n" +
        "bq:hasGeometry \"" + convexHull +
";http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>\\"^strdf:WKT ;\n" +
        "bq:hasLine \"" + lineString +
";http://www.opengis.net/def/crs/EPSSG/0/4326>\\"^strdf:WKT ;\n" +
        "bq:occursInTime \"[" + startTime + "," + endTime + "]"\"^strdf:period ;\n" +
        "bq:RawTrajectory bq:RT_" + identifier + " .\n";
        convexHull = "";
        MBR = "";
        lineString = "";
        dataWriter.WriteLine(episodeData);
        //Reset values
        coordinatesForMBR.Clear();
        episodeData = "";
        sequence = " a bq:STSequence ;\nbq:STSnapshot ";
        rawTrajectory = " a bq:RawTrajectory ;\nbq:STSequence bq:SQ_";
        writeData = false;
    }
    //increase counter
    counter++;
}

end = DateTime.Now;
duration = (end - start).TotalSeconds.ToString();

Console.WriteLine("\nFinished writing Episodes @" + end.ToString() + ", duration was
" + duration);

//Reset Counter
counter = 0;

start = DateTime.Now;
Console.WriteLine("\nStarted writing Moving Objects and Semantic Trajectories @" +
start.ToString());

//Write moving objects and semantic trajectories based on nodes information
foreach (var node in nodeEpisodes)
{
    //Set episodes and rawTrajectories to ""
    string episodes = "";
    string rawTrajectories = "";

    //Get Number of episodes
    numberOfEpisodes = numberOfEpisodes + int.Parse(node.Value.ToString());

    //Set semantic trajectory
    semanticTrajectory = "bq:ST_" + node.Key + " a bq:SemanticTrajectory ;\n" +
    "bq:Episode ";

    //Build semantic trajectory episodes
    for (int i = 1; i < int.Parse(node.Value.ToString()); i++)
    {
        episodes = episodes + "bq:EP_" + node.Key + "_" + i.ToString() + ", ";
    }

    //Finalize semantic trajectory
    episodes = episodes + "bq:EP_" + node.Key + "_" + node.Value.ToString() + " .\n";

    semanticTrajectory = semanticTrajectory + episodes;
    /*Old Moving Object
    //Set moving object
    movingObject = "bq:MO_" + node.Key + " a bq:MovingObject ;\n" +
    "bq:RawTrajectory ";

    //Build raw trajectories for moving object
    for (int i = 1; i < int.Parse(node.Value.ToString()); i++)
    {
        rawTrajectories = rawTrajectories + "bq:RT_" + node.Key + "_" + i.ToString()
+ ", ";
    }
}

```

```
        //Finalize moving object
        rawTrajectories = rawTrajectories + "bq:RT_" + node.Key + "_" +
node.Value.ToString() + ";\n" + "bq:SemanticTrajectory bq:ST_" + node.Key + " .\n";
        movingObject = movingObject + rawTrajectories;
        */

        //New Moving Object
        //Set moving object
        movingObject = "bq:MO_" + node.Key + " a bq:MovingObject ;\n" +
"bq:SemanticTrajectory bq:ST_" + node.Key + " .\n";

        //Write semantic trajectory and moving object
        dataWriter.WriteLine(semanticTrajectory);
        dataWriter.WriteLine(movingObject);

        //Reset semantic trajectory and moving object
        semanticTrajectory = "";
        movingObject = "";
    }

    //Close semantic trajectories and moving objects file
    dataWriter.Close();

    end = DateTime.Now;
    totalEnd = end;
    duration = (end - start).TotalSeconds.ToString();
    totalDuration = totalEnd - totalStart;
    //End message and calculate complete time
    Console.WriteLine("\nFinished writing Moving Objects and Semantic Trajectories @" +
end.ToString() + ", duration was " + duration);
    Console.WriteLine("\n" + counter + " Lines were parsed.\nThe number of nodes were " +
nodeEpisodes.Count + "\nand the number of episodes were " + numberOfEpisodes);
    Console.WriteLine("\nTotal duration was " + totalDuration.ToString());
    // Suspend the screen.
    Console.ReadLine();
    }
}
}
```