



## e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ

εξυπνη ΧωροχροΝική ολοκλήρωση περιβαλλοντικών πολιΤιστικών και  
τουριστικών διαδρομών περιήγΗΣης  
«ΕΡΕΥΝΩ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»

### Π2.2

## Σημασιολογικά μοντέλα και τεχνικές σημασιολογικού συσχετισμού για την δημιουργία διαδρομών

Επίπεδο διάδοσης:	Δημόσιο
Ημερομηνία παράδοσης σύμφωνα με το έργο:	Μήνας 12, 5/9/2019
Πραγματική ημερομηνία παράδοσης:	Μήνας 12, 5/9/2019
Ενότητα εργασίας:	ΕΕ2 Ανάπτυξη τεχνολογιών χωρο-χρονικής διασύνδεσης πολλαπλών χώρων και γεγονότων περιβαλλοντικού, πολιτιστικού και τουριστικού ενδιαφέροντος
Υποενότητα:	ΥΕΕ2.3 Χωρική αναπαράσταση περιεχομένου και σημασιολογικός συσχετισμός για τη δημιουργία διαδρομών

<b>Είδος:</b>	Έκθεση + Λογισμικό
<b>Κατάσταση έγκρισης:</b>	Εγκεκριμένο
<b>Έκδοση:</b>	2.0
<b>Αριθμός σελίδων:</b>	74
<b>Όνομα αρχείου:</b>	Π2.2.1_Final.docx

### Περίληψη

Αυτό το παραδοτέο τεκμηριώνει τα σημασιολογικά μοντέλα για τη χαρτογράφηση των σχετικών με τον e-ΧΝΗΛΑΤΗ εννοιολογιών σχετικά με υλοποιήσεις που σχετίζονται με την οντολογία. Επιπλέον, περιγράφει τη λειτουργικότητα της πρώτης έκδοσης των τεχνικών σημασιολογικής ενσωμάτωσης και συλλογιστικής. Πρώτον, περιγράφονται ο σκοπός, το πεδίο εφαρμογής, οι στοχευμένοι χρήστες και οι απαιτήσεις των οντολογιών που προσδιορίζονται σε αυτή τη φάση του έργου. Οι προδιαγραφές αυτών καθοδηγούνται από τις αρχικές απαιτήσεις που προσδιορίζονται για τα επιμέρους σενάρια, όπως επίσης και από τις εξαρτήσεις (dependencies) που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση με τις υπηρεσίες (services) της ανάλυσης και τις λειτουργικές πτυχές. Δεύτερον, εξετάζεται η βιβλιογραφία, καλύπτοντας τόσο τις τεχνολογίες αιχμής γλώσσες για την επίσημη αναπαράσταση της γνώσης όσο και τις υπάρχουσες οντολογίες που καλύπτουν τομείς και απαιτήσεις σχετικές με αυτές του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Τρίτον, περιγράφεται η τρέχουσα κατάσταση των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, συζητώντας τις κύριες οντότητες που τις απαρτίζουν. Τέλος, περιγράφονται οι βασικές αρχές που στηρίζουν την πρώτη προκαταρκτική εκδοχή του πλαισίου συλλογιστικής.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΕΛΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΑ & ΤΙ  
ΕΛΛΗΝΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Υπουργείο Παιδείας,  
Εργασίας και Θρησκευμάτων

ΠΓΕΤ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ  
ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

ΕΣΠΑ  
2014-2020  
ενέργεια - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

## Ιστορικό

Έκδοση	Ημερομηνία	Αιτιολογία	Υπεύθυνος
0.0	25/6/2019	ToC	Ευάγγελος Σταθόπουλος, Βασίλειος Μεζάρης
0.2	6/7/2019	Ανάλυση απαιτήσεων και δημιουργία ερωτήσεων επάρκειας	Ευάγγελος Σταθόπουλος
0.3	10/7/2019	Ανάλυση τεχνολογιών αιχμής	Ευάγγελος Σταθόπουλος
0.6	20/7/2019	Παράδειγμα προτεινόμενου αλγορίθμου και προσομοίωσης	Ευάγγελος Σταθόπουλος Αλέξανδρος Κοκκάλας
1.0	26/7/2019	Κυκλοφορία πρώτης έκδοσης για σχόλια	Ευάγγελος Σταθόπουλος
1.5	26/8/2019	Προτελική έκδοση, εστάλη για εσωτερικό review	Ευάγγελος Σταθόπουλος
1.7	1/9/2019	Ενσωμάτωση σχόλιων	Ευάγγελος Σταθόπουλος
2.0	4/9/2019	Ετοιμασία τελικής έκδοσης	Ευάγγελος Σταθόπουλος

## Λίστα συγγραφέων

Οργανισμός	Όνομα	Στοιχεία επικοινωνίας
EKETA	Ευάγγελος Σταθόπουλος	estathop@iti.gr
EKETA	Αλέξανδρος Κοκκάλας	akokkalas@iti.gr
EKETA	Βασίλειος Μεζάρης	bmezaris@iti.gr

## Περίληψη κυριότερων σημείων

Το παρόν παραδοτέο αναφέρει κυρίως τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο των υποενοτήτων εργασίας YE2.2 και YE2.3, τις σχετικές με την ανάπτυξη των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και την αναπαράσταση και χαρτογράφηση του περιεχομένου σε οντολογικές οντότητες (entities). Επιπλέον περιγράφει το προκαταρκτικό πλαίσιο για τη συλλογιστική.

Πιο συγκεκριμένα το παρόν παραδοτέο παρουσιάζει το τρέχον περιεχόμενο των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και τη μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για την κατασκευή τους. Με βάση τις απαιτήσεις που ορίζονται και τις εξαρτήσεις που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση με τις υπόλοιπες υποενότητες εργασίας εντοπίστηκαν ο σκοπός, η εμβέλεια, οι σκοποί χρήσης και οι χρήστες, καθώς και οι απαιτήσεις των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Αυτές οι προδιαγραφές, μαζί με τις γνώσεις μοντέλων από τι σχετική βιβλιογραφία, χρησίμευαν ως κατευθυντήριες γραμμές για την κατασκευή της πρώτης έκδοσης των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που περιλαμβάνει σήμερα ενότητες για τη συλλογή των αποτελεσμάτων ανάλυσης άλλων τεχνολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, όπως η προσωποποίηση και τα αντικείμενα επαυξημένης πραγματικότητας και τα χαρακτηριστικά τους. Όλες αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των γράφων γνώσης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που συλλαμβάνουν και διασυνδέουν μεταδεδομένα για τα παράγωγα στοιχεία.

Επιπλέον, παρουσιάζεται μια προκαταρκτική εκδοχή του επιπέδου συλλογισμού, ο σκοπός του οποίου είναι να εμπλουτίσει την υποστηριζόμενη σημασιολογία και τα μεταδεδομένα τόσο σε επίπεδο λεξιλογίου, καθορίζοντας πρόσθετα αξιώματα ιδιοτήτων και κλάσεις, όσο και σε σημασιολογικό επίπεδο με την ενσωμάτωση κανόνων συμπερασμάτων. Οι πρόσθετες δυνατότητες συμπερασμάτων επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων που είναι χρήσιμες κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ερωτημάτων από τους τελικούς χρήστες για την ανάκτηση σχετικών στοιχείων από την πλατφόρμα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ.

Το έργο που παρουσιάζεται μέσα σε αυτό το έγγραφο παρουσιάζει την προκαταρκτική έκδοση των οντολογιών και του πλαισίου συλλογιστικής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Πιο προηγμένες τεχνικές συλλογιστικής και ερμηνείας θα αντιμετωπιστούν σε μελλοντικές εκδόσεις του πλαισίου και θα αναφερθούν σε μελλοντικά παραδοτέα (Π2.2.2, Μήνα 33).

## Συντομογραφίες και ακρωνύμια

<b>2Δ</b>	Δισδιάστατος
<b>3Δ</b>	Τρισδιάστατος
<b>ΑΜΕΑ</b>	Άτομε Με Ειδικές Ανάγκες
<b>ΕΕ</b>	Ενότητα Εργασίας
<b>ΠΛΣ</b>	Περιγραφικές Λογικές
<b>ΥΕ</b>	Υποενότητα Εργασίας
<b>AHP</b>	Analytic Hierarchy Process
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>AR</b>	Augmented Reality
<b>CQ</b>	Competency Question
<b>DL</b>	Description Logic
<b>DSP</b>	Dijkstra Shortest Path
<b>GIS</b>	Geographic Information System
<b>GML</b>	Geography Markup Language
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>KB</b>	Knowledge Base
<b>LODE</b>	Linking Open Description of Events
<b>Mibact</b>	Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo
<b>OGC</b>	Open Geospatial Consortium
<b>ORSD</b>	Ontology Requirements Specification Document
<b>OSLC</b>	Open Services for Lifecycl Collaboration
<b>OTK</b>	On-To-Knowledge
<b>OWL</b>	Web Ontology Language
<b>POI</b>	Point/Place Of Interest
<b>PUC</b>	Pilot Use Case
<b>REST</b>	Representational State Transfer
<b>RDF</b>	Resource Description Framework
<b>RDFS</b>	Resource Description Framework Schema
<b>SHACL</b>	Shapes Constraint Language
<b>ShEx</b>	Shape Expressions
<b>SKOS</b>	Simple Knowledge Organization System
<b>SOSA</b>	Sensors, Observations, Samples and Actuators
<b>SPARQL</b>	Simple Protocol And RDF Query Language
<b>SPIN</b>	SPARQL Inferencing Notation
<b>SSN</b>	Semantic Sensor Network
<b>SWRL</b>	Semantic Web Rule Language
<b>TSP</b>	Traveling Salesman Problem
<b>UPON</b>	United Process for Ontologies
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator
<b>W3C</b>	World Wide Web Consortium
<b>WKT</b>	Well Known Text

# Πίνακας περιεχομένων

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>9</b>
<b>2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογίας.....</b>	<b>11</b>
<b>3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ &amp; REASONING.....</b>	<b>13</b>
<b>4. ΕΓΓΡΑΦΟ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ (ORSD).....</b>	<b>15</b>
<b>5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1 Web Ontology Language.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.1 DL Reasoning.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.2 OWL &amp; OWL 2.....</b>	<b>24</b>
<b>5.1.3 Γλώσσες κανόνων.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΟΝ Ε-ΧΝΗΛΑΤΗ.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.1 SSN/SOSA.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2.2 LODE.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.4 GEOSPARQL.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.5 OWLTIME.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3 ANNOTATION MODELS.....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.1 WEB ANNOTATION DATA MODEL.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4 Σχεδιασμός διαδρομών με σημασιολογία.....</b>	<b>37</b>
<b>5.5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>38</b>
<b>6. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ Ε-ΧΝΗΛΑΤΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ (MODEL &amp; REASONING FRAMEWORK).....</b>	<b>40</b>
<b>6.1 Ιεραρχία κλάσεων &amp; ιδιοτήτες του ε-ΧΝΗΛΑΤΗ.....</b>	<b>40</b>
<b>6.1.1 Σημεία ενδιαφέροντος (POI).....</b>	<b>40</b>
<b>6.1.2 Εκδηλώσεις (Event).....</b>	<b>41</b>
<b>6.1.3 Αντικείμενα Επαυξημένης Πραγματικότητας (ARObject).....</b>	<b>42</b>
<b>6.1.4 Περιοχές (Region).....</b>	<b>44</b>
<b>6.1.5 Χωρικά Αντικείμενα (SpatialObject).....</b>	<b>44</b>
<b>6.1.6 Χρόνος (Time).....</b>	<b>45</b>
<b>6.1.7 Διαδρομή (Route).....</b>	<b>46</b>
<b>6.1.8 Προφίλ Χρήστη &amp; Ανάδραση (UserProfile &amp; UserFeedback).....</b>	<b>46</b>
<b>6.1.9 Καιρός (Weather).....</b>	<b>47</b>
<b>6.1.10 Ιδιότητες Αντικειμένων.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1.11 Ιδιότητες Δεδομένων (Data Properties).....</b>	<b>50</b>
<b>6.1.12 Προσθήκη Δεδομένων στη Knowledge Base.....</b>	<b>55</b>
<b>6.2 Οντολογικό Πλαίσιο Συλλογισμού.....</b>	<b>55</b>
<b>6.2.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ REASONING.....</b>	<b>56</b>
<b>6.2.2 ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΟΥ.....</b>	<b>57</b>
<b>7 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....</b>	<b>59</b>
<b>8 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....</b>	<b>63</b>
<b>9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>72</b>
<b>10 ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>73</b>

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 : Τα τρία επίπεδα του προτύπου SPIN.....	29
Εικόνα 2 : Κλάσεις και σχέσεις εμπλεκόμενες στο Observation (SOSA).....	31
Εικόνα 3 : Ιεραρχία κλάσεων και ιδιοτήτων της GeoSPARQL.....	34
Εικόνα 4 : Βασικό μοντέλο χρονικών οντοτήτων της OWL-Time.....	35
Εικόνα 5 : Μοτίβο βασικού μοντέλου δεδομένων σχολιασμού ιστού.....	37
Εικόνα 6 : Παράδειγμα σχολιασμού μίας εικόνας.....	37
Εικόνα 7 : Ιεραρχία κλάσεων POI.....	41
Εικόνα 8 : Ιεραρχία κλάσεων Event.....	42
Εικόνα 9 : Ιεραρχία κλάσεων SpatialObject.....	45
Εικόνα 10 : Ιεραρχία κλάσεων Time.....	46
Εικόνα 11 : Σύστημα reasoning.....	56
Εικόνα 12 : Ψευδοκώδικας Dsp.....	60
Εικόνα 13 : Παράδειγμα γράφου προτεινόμενου αλγορίθμου.....	62
Εικόνα 14 : Δόμηση Στιγμιοτύπων των Σημείων A και B.....	63
Εικόνα 15 : Ιεραρχία Βασισμένη στην κλάση Route.....	64
Εικόνα 16 : Συσχετιζόμενες πληροφορίες με έναν χρήστη.....	64
Εικόνα 17 : Μερικός Γράφος Στιγμιοτύπων.....	70
Εικόνα 18 : Παράδειγμα Προσομοίωσης.....	71

## **Περιεχόμενα Πινάκων**

Πίνακας 1 : Συναρτήσεις οντολογίας.....	13
Πίνακας 2 : Συσχέτιση με ενότητες εργασίας .....	13
Πίνακας 3 : Αναγωγή περιγραφών κλάσεων της OWL (TBox) στις ΠΛΣ.....	22
Πίνακας 4 : Αναγωγή αξιωμάτων OWL κλάσεων (TBox) στις ΠΛΣ.....	22
Πίνακας 5 : Αναγωγή ιδιοτήτων της OWL στις ΠΛΣ (RBox).....	23
Πίνακας 6 : Αναγωγή αντικειμένων της OWL στις ΠΛΣ (ABox).....	23
Πίνακας 7 : Βασικό λεξιλόγιο της RuleML.....	26
Πίνακας 8 : Metadata for Architectural 3D Content.....	42
Πίνακας 9 : Ιδιότητες Αντικειμένων e-ΧΝΗΛΑΤΗ.....	50
Πίνακας 10 : Ιδιότητες δεδομένων e-ΧΝΗΛΑΤΗ.....	55

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους βασικούς στόχους της ενότητας εργασίας 2 είναι να παράσχει το πλαίσιο για την κωδικοποίηση, τη συσσωμάτωση και τη σημασιολογική ανάλυση των πληροφοριών που σχετίζονται με τον τομέα εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Συγκεκριμένα, το παραδοτέο Π2.2 παρέχει τις δομές γνώσεις και τα αντίστοιχα λεξιλόγια (οντολογίες) για την καταγραφή της δομής και της σημασιολογίας:

- των 2Δ και 3Δ αντικειμένων επαυξημένης πραγματικότητας
- των σημείων ενδιαφέροντος και διαδρομών
- των χωροχρονικών συσχετίσεων γεγονότων
- των πληροφοριών που παρέχει ο χρήστης στο σύστημα (προφίλ, ανάδραση)

Προκειμένου να προωθηθεί η διαλειτουργικότητα, η δυνατότητα επέκτασης και ο διαμοιρασμός, το Π2.2 επαναχρησιμοποιεί και επεκτείνει τα υφιστάμενα πρότυπα για τον ορισμό του λεξιλογίου των annotations, καθώς επίσης και τα πρότυπα για τη συσχέτιση αυτών των λεξιλογίων με τα παραγόμενα στοιχεία. Ειδικότερα, τα λεξιλόγια μεταδεδομένων ορίζονται στη Web Ontology Language ('OWL 2', όπως περιγράφεται στο Grau et al., 2008), το πρότυπο W3C για τον ορισμό και τον διαμοιρασμό οντολογιών.

Ο πληθυσμός των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ γίνεται αυτόματα με τη χαρτογράφηση (mapping) των πληροφοριών που παρέχονται ως εισροές από άλλα components του συστήματος. Για το σκοπό αυτό, το Π2.2 αναπτύσσει τους απαραίτητους αλγορίθμους και διεπαφές για τη δομική και σημασιολογική χαρτογράφηση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών σχημάτων και λεξιλογίων, δημιουργώντας, έτσι, αλληλένδετες δομές γνώσης βασισμένες σε RDF που σχετίζονται με στοιχεία προερχόμενα από modules του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Για παράδειγμα, τα δεδομένα από τους crawlers και οι προσωπικές πληροφορίες προφίλ χρήστη προερχόμενα από διαφορετικά modules, ενίστε και με κοινό περιεχόμενο, διασυνδέονται στο Π2.2, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα ενοποιημένο γράφημα σχολιασμού μεταδεδομένων.

Τέλος, το Π2.2 παρέχει το επίπεδο συλλογιστικής, του οποίου ο σκοπός είναι να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις συλλογιστικής του Π2.2, υπό μορφή αξιωμάτων βασισμένων σε οντολογίες (π.χ. σύνθετες περιγραφές κλάσεων και αξιωμάτων ιδιοτήτων) και κανόνων συμπερασμάτων. Οι υποκείμενες τεχνικές reasoning θα επιτρέψουν την εξαγωγή ερμηνειών που βασίζονται στη γνώση, επιτρέποντας στο σύστημα να αφαιρεθεί από τις εισερχόμενες πληροφορίες και να εμπλουτίσει τους υποκείμενους γράφους γνώσης. Αυτός ο συνδυασμός σημασιολογικά πλούσιων και διασυνδεδεμένων γράφων γνώσης θα προωθήσει την ανάκτηση στοιχείων βασισμένων σε σημασιολογικές σχέσεις και όχι απλώς σε αναζήτηση βασισμένη σε λέξεις-κλειδιά, βελτιώνοντας την κατανόηση της πρόθεσης των χρηστών και της συμφραζόμενης σημασίας των παρεχόμενων όρων. Επιπρόσθετα, το πλαίσιο ερμηνείας θα δύναται να αντιμετωπίσει μερικές και ατελείς πληροφορίες, αναγνωρίζοντας το πλαίσιο των εισερχόμενων πληροφοριών που θα συνδυάζονται σημασιολογικά και θα διασυνδέονται με δομές σημασιολογικής γνώσης.

Το υπόλοιπο του παρόντος εγγράφου είναι δομημένο ως εξής: Η ενότητα 2 επισκοπεί την υιοθετηθείσα μεθοδολογία για τη δημιουργία των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Η ενότητα

3 περιγράφει τις απαιτήσεις των χρηστών που σχετίζονται με το πλαίσιο μοντελοποίησης και reasoning του Π2.2. Η ενότητα 4 αναφέρει τις προδιαγραφές μοντελοποίησης των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Η ενότητα 5 εξετάζει τη σχετική βιβλιογραφία για το reasoning, τις οντολογίες και τα annotation models. Η Ενότητα 6 παρουσιάζει την πρώτη έκδοση των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ καθοδηγούμενες από τις προδιαγραφές (ενότητα 4), μαζί με τις πληροφορίες μοντελοποίησης που προκύπτουν από την ανάλυση της βιβλιογραφίας (ενότητα 5). Περιγράφει επίσης τις βασικές αρχές που στηρίζουν την πρώτη προκαταρκτική εκδοχή του πλαισίου reasoning του Π2.2 προς το ευφυές reasoning που βασίζεται στη γνώση, την συνοπτική συσχέτιση και την ερμηνεία. Η ενότητα 7 παρουσιάζει την πρώτη έκδοση του αλγόριθμου δρομολόγησης. Η ενότητα 8 παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο τα μοντέλα που δημιουργούνται εφαρμόζονται σε ένα σύνολο παραδειγμάτων για λόγους επικύρωσης, ενώ η ενότητα 9 εξετάζει τα αποτελέσματα και ολοκληρώνει το έγγραφο.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

### 2.1 Μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογίας

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να μοντελοποιηθεί ένα πεδίο που χρησιμοποιεί οντολογίες και η ανάπτυξη οντολογίας είναι ουσιαστικά μία επαναληπτική διαδικασία. Υπό αυτή την έννοια, υπάρχουν αρκετές μεθοδολογίες οντολογικής μηχανικής όπως οι: On-To-Knowledge (OTK) (Staab et al., 2001), METHONTOLOGY (Fernández-López et al., 1997), United Process for Ontologies (UPON) (De Nicola et al., 2005) and Ontology Development 101 (Noy & McGuinness, 2001). Οι περισσότερες από αυτές τις μεθοδολογίες εισάγουν κοινά χαρακτηριστικά και κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη.

Για τους σκοπούς του οντολογικού πλαισίου του e-ΧΝΗΛΑΤΗ υιοθετήθηκε η μεθοδολογία “Ontology Development 101”, η οποία αποτελείται από τα ακόλουθα επαναληπτικά βήματα:

- **Βήμα 1:** Καθορισμός του πεδίου και της εμβέλειας της οντολογίας
- **Βήμα 2:** Επαναχρησιμοποίηση των υφισταμένων οντολογιών
- **Βήμα 3:** Απαρίθμηση σημαντικών όρων
- **Βήμα 4:** Ορισμός των κλάσεων και της ιεραρχίας των κλάσεων
- **Βήμα 5:** Ορισμός των ιδιοτήτων
- **Βήμα 6:** Δημιουργία στιγμιοτύπων

Στην βιβλιογραφία, ο προσδιορισμός του πεδίου της οντολογίας μπορεί να τεκμηριωθεί σε μια εκδοχή βασισμένη στο πρότυπο που ονομάζεται “Ontology Requirements Specification Document” (ORSD) (Suárez-Figueroa et al., 2009). Αυτό το έγγραφο επιτρέπει τη συστηματική εξειδίκευση του “γιατί κατασκευάζεται η οντολογία”, “ποιες είναι οι σκοπούμενες χρήσεις”, “ποιοι είναι οι τελικοί χρήστες” και “ποιες απαιτήσεις πρέπει να πληρεί η οντολογία”. Συγκεκριμένα, η έκθεση ORSD περιλαμβάνει τα ακόλουθα πεδία:

1. **Σκοπός:** ο κύριος γενικός στόχος της οντολογίας (δηλαδή, πώς θα χρησιμοποιηθεί η οντολογία στον e-ΧΝΗΛΑΤΗ)
2. **Πεδίο εφαρμογής:** η γενική κάλυψη και ο βαθμός λεπτομέρειας της οντολογίας
3. **Γλώσσα εφαρμογής:** η επίσημη γλώσσα της οντολογίας
4. **Τελικοί χρήστες:** αναμενόμενοι τελικοί χρήστες που αναμένονται για την οντολογία
5. **Τρόποι χρήσης:** οι προβλεπόμενες χρήσεις που αναμένονται για την οντολογία
6. **Οντολογικές απαιτήσεις**
  - a. **Μη λειτουργικές απαιτήσεις:** οι γενικές απαιτήσεις ή πτυχές που πρέπει να πληρεί η οντολογία, συμπεριλαμβανομένων προαιρετικών ιδιοτήτων για κάθε απαίτηση.
  - b. **Λειτουργικές απαιτήσεις:** οι ειδικές απαιτήσεις περιεχομένου που πρέπει να πληρεί η οντολογία υπό μορφή ομάδων ερωτήσεων και απαντήσεων, συμπεριλαμβανομένων των προαιρετικών προτεραιοτήτων για κάθε ομάδα και για κάθε ερώτηση
7. **Προγραμματισμός όρων**

- a. **Όροι από ερωτήσεις:** η λίστα των όρων που περιλαμβάνονται στις ερωτήσεις και οι συχνότητες τους
- b. **Όροι από απαντήσεις:** η λίστα των όρων που περιλαμβάνονται στις απαντήσεις και οι συχνότητες τους
- c. **Αντικείμενα:** η λίστα των αντικειμένων που περιλαμβάνονται στις ερωτήσεις και οι απαντήσεις τους.

Πριν παρουσιαστεί το ORSD του e-ΧΝΗΛΑΤΗ (ενότητα 4), περιγράφεται το σχετικό περιβάλλον εφαρμογών στο οποίο αναπτύσσεται η οντολογία του e-ΧΝΗΛΑΤΗ (ενότητα 3).

### 3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ & ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει το περιβάλλον εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, περιγράφοντας τις σχετικές τεχνικές απαιτήσεις που οδηγούν την ανάπτυξη της μοντελοποίησης και του πλαισίου reasoning και αναφέρονται πιο εκτεταμένα στο παραδοτέο Π1.3. Τέλος, οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις σχετικές συναρτήσεις με την οντολογία παρέχοντας ένα επιθυμητό επίπεδο λεπτομέρειας.

Πίνακας 1: Συναρτήσεις οντολογίας

Συνάρτηση	Εισερχόμενα δεδομένα	Εξερχόμενα δεδομένα
KB Population Service	Σημεία ενδιαφέροντος Μεταδεδομένα γεγονότων προφίλ χρηστών διαδρομές	Τριπλέτες που αντιστοιχίζονται στα οντολογικά μοντέλα και αποθηκεύονται στη Knowledge Base (KB)
Reasoning Service	Οντολογικές δομές απευθείας από την KB	Φιλτραρισμένα αποτελέσματα Reasoning
Route Planner	GPS, κριτήρια εύρεσης, προτιμήσεις χρηστών	Προσωποποιημένες εναλλακτικές διαδρομές

Πίνακας 2: Συσχέτιση με ενότητες εργασίας

Ενότητα Εργασίας	Περιγραφή	Εξαρτήσεις
YE 2.2	Mapping περιεχομένου κοινωνικών δικτύων με το οντολογικό μοντέλο.	Τροφοδοτείται από την YE 2.1
YE 2.2	Mapping περιεχομένου δικτυακών πηγών με το οντολογικό μοντέλο.	Τροφοδοτείται από την YE 2.1
YE 2.2	Mapping περιεχομένου γεωπυλών με το οντολογικό μοντέλο.	Τροφοδοτείται από την YE 2.6
YE 2.2	Mapping περιεχομένου αισθητήρων με το οντολογικό μοντέλο.	Τροφοδοτείται από την YE 2.6
YE 2.3	Δημιουργία ενιαίου	Τροφοδοτεί το Reasoning

	οντολογικού μοντέλου.	
YE 2.3	Επαναχρησιμοποίηση σχετικών οντολογιών	Τροφοδοτεί το Reasoning
YE 2.3	Επέκταση οντολογικών μοντέλων	Τροφοδοτεί το Reasoning
YE 2.3	Ενοποίηση όλων των διαφορετικών σημάτων	Τροφοδοτεί το Reasoning
YE 2.3	Reasoning σε σημεία ενδιαφέροντος βάσει περιορισμών	Τροφοδοτεί την 2.4
YE2.3	Reasoning σε προσωποποιημένες διαδρομές βάσει περιορισμών	Τροφοδοτείται από την YE 2.4 και τροφοδοτεί την YE 3.3

## 4. ΕΓΓΡΑΦΟ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ (ORSD)

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει το ORSD που παρέχει τις προδιαγραφές του οντολογικού πλαισίου του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Το ORSD μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία και να επεκταθεί καθώς οι λειτουργικές δυνατότητες του συστήματος θα εξελιχθούν.

e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ ORSD
<b>1 Σκοπός</b>
<p>Ο σκοπός του πλαισίου αναπαράστασης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ είναι να παρέχει στις οντολογικές δομές και λεξιλόγια (οντολογίες) τη συλλογή αποτελεσμάτων των ενοτήτων ανάλυσης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ με επαναχρησιμοποιήσιμο και διαλειτουργικό τρόπο. Για το σκοπό αυτό, το οντολογικό πλαίσιο θα παράσχει το μοντέλο επισήμανσης που απαιτείται για να υποστηριχθεί η μοντελοποίηση δεδομένων, η ενσωμάτωση και το reasoning πάνω στις απεσταλμένες πληροφορίες. Αυτά περιλαμβάνουν:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Δομές για μοντελοποίηση μεταδεδομένων από διαφορετικούς πόρους</li><li>• Ένα δομημένο μοντέλο που επιτρέπει να οριστούν τα annotations και τα assertions, να διαμοιραστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν τόσο στο πλαίσιο της εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, όσο και σε διαφορετικές πλατφόρμες / πεδία.</li></ul>
<b>2 Πεδίο Εφαρμογής</b>
<p>Η οντολογία του e-ΧΝΗΛΑΤΗ πρέπει επίσημα να μοντελοποιεί:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Γεωχωροχρονικές πληροφορίες</li><li>• Πληροφορίες εξατομικευμένων διαδρομών</li><li>• Προσωποποιημένες πληροφορίες</li><li>• Πληροφορίες για σημεία ενδιαφέροντος</li><li>• Πληροφορίες για αντικείμενα επαυξημένης πραγματικότητας</li><li>• Πληροφορίες αξιολόγησης διαδρομών και σημείων ενδιαφέροντος</li></ul>
<p>Μια βασική επιλογή σχεδιασμού που στηρίζει τη μηχανική οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ είναι η προσκόλληση σε μια προσέγγιση βασισμένη σε πρότυπα, ούτως ώστε να κεφαλαιοποιείται ένα σπονδυλωτό, επεκτάσιμο και διαλειτουργικό πλαίσιο για την έκφραση annotations και την επίτευξη καλύτερου βαθμού ανταλλαγής γνώσεων, επαναχρησιμοποίησης και διαλειτουργικότητας.</p>
<b>3 Γλώσσα Εφαρμογής</b>
<p>Η οντολογία θα υλοποιηθεί σε OWL 2 (Grau et al., 2008), την επίσημη γλώσσα που προτείνεται από το W3C για την αναπαράσταση γνώσης στο σημασιολογικό</p>

ιστό.

#### 4 Τελικοί χρήστες

Το σύστημα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ εξετάζει διαφορετικούς τύπους τελικών χρηστών, ανάλογα με την πρόθεση χρήσης του περιβάλλοντος της εφαρμογής, οι οποίοι θα αλληλεπιδρούν με τις δημιουργούμενες γνώσεις μέσω του interface. Ο τελικός χρήστης της πλατφόρμας θα δύναται να ανακτά πληροφορίες για διάφορα σημεία ενδιαφέροντος και συνιστώμενες διαδρομές ταξιδιών στη συσκευή του. Επίσης, όπου είναι εφικτό, θα παρέχεται η εμπειρία επαυξημένης πραγματικότητας. Τέλος, θα υπάρχει και μία μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ χρηστών σε επίπεδο αξιολόγησης.

#### 5 Απαιτήσεις Οντολογίας

##### Μη λειτουργικές απαιτήσεις

Η οντολογία πρέπει να υιοθετεί τα διαθέσιμα πρότυπα όποτε είναι δυνατόν και να επαναχρησιμοποιεί τις υπάρχουσες οντολογίες και λεξιλόγια.

##### Λειτουργικές απαιτήσεις

Ο κατάλογος των ερωτήσεων επάρκειας (CQ) παρακάτω έχει προκύψει από τη μελέτη των υποθετικών σεναρίων των πιλότων και παράλληλα των απαιτήσεων των χρηστών. Οι ερωτήσεις έχουν επίσης προκύψει μέσω της άμεσης αλληλεπίδρασης με τους τεχνικούς συνεργάτες του έργου. Για το σκοπό αυτό, πραγματώθηκε παράδειγμα προσομοίωσης για τη συλλογή πρόσθετων τεχνικών και σχετικών με το χρήστη απαιτήσεων που οδηγούν στην ανάπτυξη των μοντέλων ([ενότητα 8](#)).

Υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες διαθέσιμων δεδομένων, ομοίως, η λίστα των CQ περιέχει ερωτήσεις που αντιστοιχούν σε αυτούς τους διαφορετικούς τύπους δεδομένων.

##### Σημεία Ενδιαφέροντος

CQ1: Ποιο είναι το αναγνωριστικό του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ2: Ποιος είναι ο τίτλους του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ3: Ποια είναι η περιγραφή του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ4: Ποια είναι η ημερομηνία δημιουργίας του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ5: Ποιος είναι ο τύπος του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ6: Ποια είναι η διεύθυνση του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ7: Ποια είναι η πολιτική για ΑΜΕΑ του σημείου ενδιαφέροντος;

CQ8: Παρέχει το σημείο ενδιαφέροντος ψηφιακές εφαρμογές;

CQ9: Ποιες είναι οι λεπτομέρειες του σημείου ενδιαφέροντος;

- CQ10: Έχει κάποια εκδήλωση το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ11: Ποια ημερομηνία ξεκινάει η εκδήλωση στο σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ12: Ποια ημερομηνία τελειώνει η εκδήλωση στο σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ13: Δέχεται το σημείο ενδιαφέροντος ομαδικές επισκέψεις;
- CQ14: Προσφέρεται διαμονή πλησίον του σημείου ενδιαφέροντος
- CQ15: Προσφέρεται σίτιση πλησίον του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ16: Ποιο είναι το γεωγραφικό πλάτος του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ17: Ποιο είναι το γεωγραφικό μήκος του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ18: Ποιο είναι το υψόμετρο του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ19: Έχει πρόγραμμα λειτουργίας το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ20: Ποια ώρα ξεκινάει να δέχεται επισκέψεις ημερησίως το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ21: Ποια ώρα σταματάει να δέχεται επισκέψεις ημερησίως το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ22: Απαιτείται εισιτήριο για επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ23: Ποια είναι η πλήρης τιμή του εισιτηρίου για επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ24: Ποια είναι η μειωμένη τιμή του εισιτηρίου για επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ25: Είναι ανοικτό μια συγκεκριμένη ημέρα το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ26: Ποια είναι το τηλέφωνο επικοινωνίας του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ27: Ποιος είναι ο ταχυδρομικός κώδικας του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ28: Ποιος μεγάλος κόμβος ενώνει την κεντρική αρτηρία (Εγνατία Οδό) με το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ29: Ποια είναι η απόσταση από τον κόμβο του σημείου ενδιαφέροντος
- CQ30: Πόσος χρόνος απαιτείται από τον κόμβο για το σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ31: Πόσος χρόνος απαιτείται για πλήρη επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος;
- CQ32: Ποιο είναι το URL του σημείου ενδιαφέροντος;
- CQ33: Είναι δυνατή η ενσωμάτωση του σημείου ενδιαφέροντος σε ένα δίκτυο κοινής κατηγορίας;
- Προσωποποίηση**
- CQ34: Ποιο είναι το όνομα προφίλ του χρήστη;
- CQ35: Ποια είναι η ηλικία του χρήστη;
- CQ36: Ποιο είναι το μορφωτικό επίπεδο του χρήστη;

- CQ37: Ποια είναι τα ενδιαφέροντα του χρήστη;
- CQ38: Ποιο είναι το φύλο του χρήστη;
- CQ39: Ποιος είναι ο τόπος κατοικίας του χρήστη;
- CQ40: Ποια είναι η χώρα προέλευσης του χρήστη;
- CQ41: Ποιες είναι οι ανάγκες προσβασιμότητας του χρήστη;
- CQ42: Τι είδους δυσχέρεια υγείας έχει ο χρήστης;
- CQ43: Ποια είναι η δριψύτητα της βλάβης που έχει ο χρήστης;
- CQ44: Ποια είναι η τωρινή τοποθεσία του χρήστη;
- CQ45: Πόσος είναι ο διαθέσιμος χρόνος του χρήστη;
- CQ46: Ποια είναι η επιθυμητή απόσταση που διατίθεται να διανύσει ο χρήστης;
- CQ47: Ποιο είναι το αναγνωριστικό του προφίλ του χρήστη;
- CQ48: Πόση είναι η ομοιότητα του χρήστη με άλλους χρήστες;
- CQ49: Ποιοι είναι οι πιο όμοιοι χρήστες με βάση το προφίλ χρήστη;
- CQ50: Ποιοι είναι οι πιο όμοιοι χρήστες με βάση το ιστορικό διαδρομών;
- CQ51: Ποιοι είναι οι πιο όμοιοι χρήστες με βάση το ιστορικό αξιολογήσεων διαδρομών;
- CQ52: Ποια σημεία ενδιαφέροντος σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα του χρήστη στο προφίλ του;
- CQ53: Ποια είναι η απόσταση του σημείου ενδιαφέροντος από τον χρήστη;
- Επαυξημένη πραγματικότητα**
- CQ54: Ποιο είναι το αναγνωριστικό του AR αντικειμένου;
- CQ55: Ποιος είναι ο τίτλος του AR αντικειμένου;
- CQ56: Ποια είναι η περιγραφή/περίληψη του AR αντικειμένου;
- CQ57: Ποια είναι η ημερομηνία δημιουργίας του AR αντικειμένου;
- CQ58: Ποιος είναι ο δημιουργός του AR αντικειμένου;
- CQ59: Ποιες είναι οι συντεταγμένες του AR αντικειμένου;
- CQ60: Ποιος είναι ο προσανατολισμός του AR αντικειμένου;
- CQ61: Ποια είναι η άδεια του AR αντικειμένου;
- CQ62: Ποια είναι τα σχετικά AR αντικείμενα με το AR αντικείμενο;
- CQ63: Για τι τύπου εφαρμογές είναι το AR αντικείμενο κατάλληλο (χαμηλής/μέτριας/υψηλής απόδοσης mobile app);
- CQ64: Ποιο είναι το μέγεθος αρχείου του AR αντικειμένου;
- CQ65: Ποιος είναι ο τύπος αρχείου του AR αντικειμένου;

CQ66: Ποιες είναι οι διαστάσεις (πραγματικό μέγεθος) και η κλίμακα του AR αντικειμένου;

CQ67: Ποιο είναι το URL του AR αντικειμένου;

CQ68: Ποιο γραπτό περιεχόμενο συνδέεται με το AR αντικείμενο;

#### Ανατροφοδότηση

CQ69: Ποια βαθμολογία έδωσε ο χρήστης στο σημείο ενδιαφέροντος;

CQ70: Ποια βαθμολογία έδωσε ο χρήστης στην προτεινόμενη διαδρομή;

CQ71: Ποια βαθμολογία έδωσε ο χρήστης στη συνολική εμπειρία;

CQ72: Ποια ερωτήματα μπορεί να κάνει ο χρήστης στην πλατφόρμα;

CQ73: Πόσο συχνά μπορεί να κάνει ερωτήματα ο χρήστης στην πλατφόρμα;

Οι ερωτήσεις επάρκειας καλύπτουν έναν αρκετά εξαντλητικό κατάλογο πτυχών που σχετίζονται με το πεδίο εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Παρόλο που το αρχικό σύνολο οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ δεν καλύπτει πλήρως αυτόν τον εκτεταμένο κατάλογο και το βάθος λεπτομέρειας, παρέχουν τις βασικές δομές που θα επιτρέψουν τη μελλοντική επεκτασιμότητα του μοντέλου.

## 5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ

Αυτή η ενότητα παρέχει μια επισκόπηση των τεχνολογιών αιχμής σχετικά με τις γλώσσες αναπαράστασης γνώσης καθώς και τις ήδη υπάρχουσες οντολογίες που αφορούν τομείς που σχετίζονται με το έργο. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι γλώσσες Περιγραφικής Λογικής (Description Logic (Baader et al., 2003)), στις οποίες βασίζεται η επίσημη σύσταση του W3C για τη δημιουργία και την ανταλλαγή οντολογιών στο Web (OWL 2), τα διάφορα είδη OWL 2 καθώς και σχετικές γλώσσες βασισμένες σε κανόνες. Στη συνέχεια παρέχεται μια σύντομη επισκόπηση των αντιπροσωπευτικών οντολογιών που έχουν προταθεί στη σχετική βιβλιογραφία για τη μοντελοποίηση βασικών πτυχών που σχετίζονται με το πεδίο εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και που εμπίπτουν στις απαιτήσεις μοντελοποίησης.

### 5.1 Web Ontology Language

Στη βιβλιογραφία, οι οντολογίες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μοντελοποίηση πληροφοριών τομέα, επειδή μπορούν να αντιπροσωπεύσουν και να οργανώσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις πληροφορίες, το πλαίσιο και τις σχέσεις. Επιπλέον, προσφέρουν εύκολη επέκταση, συγχωνεύοντας, επεκτείνοντας και συνδυάζοντας τμήματα των υφισταμένων οντολογιών σε νέες.

Οι οντολογίες είναι μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή γνώσης σχετικά με κάποιο τομέα ενδιαφέροντος. Επίσημα, οι οντολογίες είναι ρητές τυπικές προδιαγραφές κοινών εννοιολογιών (Gruber 1993; Studer et al., 1998). Αντιπροσωπεύουν αφηρημένες όψεις του κόσμου, συμπεριλαμβανομένων των αντικειμένων, των εννοιών και άλλων οντοτήτων που υποτίθεται ότι υπάρχουν σε κάποια περιοχή ενδιαφέροντος, τις ιδιότητες τους και τις σχέσεις που διατηρούν μεταξύ τους. Η εκφραστικότητα και το επίπεδο τυποποίησης τους εξαρτώνται από τη γλώσσα αναπαράστασης γνώσης που χρησιμοποιείται.

Στο πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού, που είναι μια επέκταση του τρέχοντος ιστού που στοχεύει στην εγκαθίδρυση ενός κοινού πλαισίου για διαμοιρασμό και επαναχρησιμοποίηση δεδομένων σε διάφορες ετερογενείς πηγές, οι οντολογίες διαδραματίζουν βασικό ρόλο. Το όραμα του Σημασιολογικού Ιστού είναι να καταστήσει σαφή τη σημασιολογία των πόρων του διαδικτύου, προσδίδοντάς τους μεταδεδομένα που περιγράφουν το νόημα με έναν τυπικό, κατανοητό από τη μηχανή τρόπο. Σε αυτή την προσπάθεια, η Web Ontology Language (OWL) (Deborah & McGuinness, 2004) αναδείχθηκε ως η επίσημη σύσταση του W3C για τη δημιουργία και την ανταλλαγή οντολογιών στον Παγκόσμιο Ιστό. Στο υπόλοιπο τμήμα αυτής της ενότητας παρουσιάζουμε τις βασικές γνώσεις των γλωσσών Description Logic (DL), στις οποίες στηρίζονται η σημασιολογία, τα διαφορετικά είδη OWL, καθώς και σχετικές γλώσσες βασισμένες σε κανόνες.

### 5.1.1 DL Reasoning

Η περιγραφική λογική (Description Logic, DL) (Baader et al., 2003) είναι μια οικογένεια τυπικοτήτων αναπαράστασης γνώσης που χαρακτηρίζεται από λογικά παγιωμένη σημασιολογία και σαφώς ορισμένες υπηρεσίες συλλογιστικής.

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η γλώσσα οντολογιών OWL βασίζεται στις Περιγραφικές Λογικές (ΠΛς) και επομένως είναι δυνατή η αναγωγή (αντιστοίχιση) της σημασιολογίας της με όρους των ΠΛ (Baader 2003). Συγκεκριμένα, μια οντολογία αντιστοιχεί σε ένα πεπερασμένο σύνολο από αξιώματα των ΠΛ σχετικά με έννοιες, ρόλους και στιγμιότυπα. Τα αξιώματα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στο TBox, RBox και ABox, ανάλογα με το αν αναφέρονται στις κλάσεις, στις ιδιότητες ή στα αντικείμενα της οντολογίας, αντίστοιχα. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει κάποια παραδείγματα αναγωγής περιγραφών κλάσεων της OWL. Για αναλυτική περιγραφή της αναγωγής των περιγραφών κλάσεων της OWL (TBox) από την Αφηρημένη Σύνταξη (Abstract Syntax) στη σημασιολογία των ΠΛ, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο [2].

Αφηρημένη Σύνταξη	Σύνταξη ΠΛ	Σημασιολογία
owl:Thing	T	$T \models_{\Delta} I$
owl:Nothing	$\perp$	$\perp \models \emptyset$
intersectionOf( $C_1, \dots, C_n$ )	$C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n$	$(C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n) \models_{\Delta} C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n$
unionOf( $C_1, \dots, C_n$ )	$C_1 \sqcup \dots \sqcup C_n$	$(C_1 \sqcup \dots \sqcup C_n) \models_{\Delta} C_1 \sqcup \dots \sqcup C_n$
complementOf(C)	$\neg C$	$(\neg C) \models_{\Delta} \neg C$
oneOf( $o_1, \dots, o_n$ )	$\{o_1\} \sqcup \dots \sqcup \{o_n\}$	$(\{o_1\} \sqcup \dots \sqcup \{o_n\}) \models_{\Delta} \{o_1\}, \dots, \{o_n\}$
restriction(R someValuesFrom(C))	$\exists R.C$	$(\exists R.C) \models_{\Delta} \{a\} \mid \exists b. (a, b) \in R \text{ & } b \in C$
restriction(R allValuesFrom(C))	$\forall R.C$	$(\forall R.C) \models_{\Delta} \{a\} \mid \forall b. (a, b) \in R \rightarrow b \in C$
restriction(R hasValue(o))	$\exists R.\{o\}$	$(\exists R.\{o\}) \models_{\Delta} \{a\} \mid (a, o) \in R$
restriction(R minCardinality(n))	$\geq n R$	$(\geq n R) \models_{\Delta} \{a\} \mid \#\{b\} \mid (a, b) \in R \}_{\geq n}$

$\text{restriction}(R \maxCardinality(n))$	$\leq n R$	$(\leq n R)^I = \{a^I \mid \#\{b^I \mid (a^I, b^I) \in R^I\} \leq n\}$
$\text{restriction}(R \text{ cardinality}(n))$	$\geq n R \sqcap \leq n R$	$(\geq n R \sqcap \leq n R)^I = \{a^I \mid \#\{b^I \mid (a^I, b^I) \in R^I\} = n\}$

Πίνακας 3: Αναγωγή περιγραφών κλάσεων της OWL (TBox) στις ΠΛς

Με ανάλογο τρόπο μπορεί να οριστεί και η αναγωγή των αξιωμάτων κλάσεων της OWL όπου αντιστοιχίζονται σε αξιώματα υπαγωγής (subsumption) και ισοδυναμίας (equivalence) μεταξύ εννοιών μιας ΠΛς (Πίνακας 2). Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τις αναγωγές των ιδιοτήτων μιας οντολογίας OWL και ο Πίνακας 4 τις αναγωγές των αντικειμένων μια οντολογίας.

Αφηρημένη Σύνταξη	Σύνταξη ΠΛ	Σημασιολογία
$\text{Class}(A \text{ partial } C_1, \dots, C_n)$	$A \sqsubseteq C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n$	$A^I \sqsubseteq C_1^I \sqcap \dots \sqcap C_n^I$
$\text{Class}(A \text{ complete } C_1, \dots, C_n)$	$A \equiv C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n$	$A^I \equiv C_1^I \sqcap \dots \sqcap C_n^I$
$\text{EnumeratedClass}(A \circ_1, \dots, \circ_n)$	$A \equiv \{\circ_1\} \sqcap \dots \sqcap \{\circ_n\}$	$\{\circ_1\}^I \sqcap \dots \sqcap \{\circ_n\}^I$
$\text{SubClassOf}(C_1, C_2)$	$C_1 \sqsubseteq C_2$	$C_1^I \sqsubseteq C_2^I$
$\text{EquivalentClasses}(C_1, \dots, C_n)$	$C_1 \equiv \dots \equiv C_n$	$C_1^I = \dots = C_n^I$
$\text{DisjointClasses}(C_1, \dots, C_n)$	$C_i \sqcap C_j \sqsubseteq \perp, 1 \leq i < j \leq n$	$C_i^I \sqcap C_j^I \subseteq \emptyset$

Πίνακας 4: Αναγωγή αξιωμάτων OWL κλάσεων (TBox) στις ΠΛς

Αφηρημένη Σύνταξη	Σύνταξη ΠΛ	Σημασιολογία
$\text{SubPropertyOf}(R_1, R_2)$	$R \sqsubseteq S$	$R^I \sqsubseteq S^I$
$\text{EquivalentProperties}(R_1, \dots, R_n)$	$R_1 \equiv \dots \equiv R_n$	$R_1^I = \dots = R_n^I$
$\text{ObjectProperty}(R)$	$R \sqsubseteq R_i$	$R^I \sqsubseteq R_i^I$

super(R <sub>1</sub> ) ... super(R <sub>n</sub> )		
domain(C <sub>1</sub> ) ... domain(C <sub>n</sub> )	$\exists R. T \sqsubseteq_i C$	$R^I \subseteq_{C_I} I_{x\Delta}$
range(C <sub>1</sub> ) ... range(C <sub>n</sub> )	$T \sqsubseteq_{C_I} \forall R.$	$R^I \subseteq_{\Delta} I_{x C_I}$
inverseOf(S)	$R \equiv S^-$	$R^I = (S^-)^I$
Symmetric	$R \equiv R^-$	$R^I = (R^-)^I$
Functional	$T \sqsubseteq \leq 1 R$	$\forall a^I. \# \{ b^I   (a^I, b^I) \in R^I \} \leq 1$
InverseFunctional	$T \sqsubseteq \leq 1 R^-$	$\forall a^I. \# \{ b^I   (a^I, b^I) \in (R^-)^I \} \leq 1$
Transitive )	$Tr(R)$	$\{(a^I, b^I), (b^I, c^I)\} \subseteq R^I \rightarrow (a^I, c^I) \in R^I$

Πίνακας 5: Αναγωγή ιδιοτήτων της OWL στις ΠΛΣ (RBox)

Αφηρημένη Σύνταξη	Σύνταξη ΠΛ	Σημασιολογία
Individual(o type(C <sub>1</sub> ) ... type(C <sub>n</sub> )	$o : C_I, 1 \leq i \leq n$	$o^I \in C_I^I, 1 \leq i \leq n$
Value(R <sub>1</sub> , o <sub>1</sub> ) ... value(R <sub>n</sub> , o <sub>n</sub> )	$(o, o_I) : C_I, 1 \leq i \leq n$	$(o^I, o_I^I) \in C_I^I, 1 \leq i \leq n$
SameIndividual(o <sub>1</sub> , ..., o <sub>n</sub> )	$o_1 = \dots = o_n$	$o_1^I = \dots = o_n^I$
DifferentIndividuals(o <sub>1</sub> , ..., o <sub>n</sub> )	$o_i \neq o_j, 1 \leq i < j \leq n$	$o_i^I \neq o_j^I, 1 \leq i < j \leq n$

Πίνακας 6: Αναγωγή αντικειμένων της OWL στις ΠΛΣ (ABox)

### 5.1.2 OWL & OWL 2

Η OWL είναι μια γλώσσα αναπαράστασης γνώσης που χρησιμοποιείται ευρέως στην κοινότητα του Σημασιολογικού Ιστού για τη δημιουργία οντολογιών. Ο σχεδιασμός της OWL και ιδιαίτερα η τυποποίηση της σημασιολογίας και η επιλογή των language constructors επηρεάστηκαν έντομα από τα DLs. Η OWL παρέχεται σε τρεις διαλέκτους αυξανόμενης εκφραστικής ισχύος: OWL Lite, OWL DL και OWL Full. Η OWL Full είναι η πιο εκφραστική από τις τρεις: δεν επιβάλλει περιορισμούς στη χρήση των OWL constructs, ούτε αίρει τη διάκριση μεταξύ στιγμιοτύπων (individuals), ιδιοτήτων (roles) και κλάσεων (concepts). Αυτός ο υψηλός βαθμός εκφραστικότητας παρέχεται όμως με ένα τίμημα, δηλαδή την απώλεια της αποφασιστικότητας που καθιστά δύσκολη την υλοποίηση της γλώσσας. Ως εκ τούτου έχει δοθεί έμφαση στις δύο πιο αποφασιστικές διαλέκτους, και ιδιαίτερα στην OWL DL, η οποία είναι η πιο εκφραστική από τις δύο.

Παρά τα πλούσια αρχέτυπα που προβλέπονται για την έκφραση των εννοιών, η OWL DL έχει αποδειχθεί συχνά ανεπαρκής για την αντιμετώπιση των αναγκών πρακτικών εφαρμογών. Αυτός ο περιορισμός ισοδυναμεί με το στυλ της θεωρίας μοντέλου DL που χρησιμοποιείται για να τυποποιήσει τη σημασιολογία του, και ειδικότερα την ιδιότητα του δενδρικού μοντέλου (Vardi, 1996). Κατά συνέπεια, η OWL μπορεί να μοντελοποιεί μόνο τομείς όπου τα αντικείμενα συνδέονται με έναν δενδροειδή τρόπο. Αυτός ο περιορισμός είναι αρκετά περιοριστικός για πολλές εφαρμογές πραγματικού κόσμου όπου απαιτείται μοντελοποίηση γενικών σχεσιακών δομών.

Ανταποκρινόμενη σε αυτόν τον περιορισμό και σε άλλα μειονεκτήματα που έχουν εντοπιστεί σχετικά με τη χρήση της OWL σε διαφορετικά περιβάλλοντα εφαρμογής καθόλη τη διάρκεια των ετών, η ομάδα εργασίας του W3C παρήγαγε την OWL 2 (Graw et al., 2008). Η OWL 2 είναι μια αναθεωρημένη επέκταση της OWL, πλέον κοινώς αναφερόμενη ως OWL 1. Επεκτείνει την OWL 1 με αρμόδιας πληθικότητας περιορισμούς. Ωστόσο, μπορεί κάποιος να ισχυριστεί για παράδειγμα ότι ένα περιορισμένης διάρκειας φεστιβάλ είναι ένα γεγονός εμπεριέχει τουλάχιστον 2 χρονικές οντότητες (οι οποίες υποδηλώνουν έναρξη και λήξη σε μια ημέρα αν είναι ημερήσιο, ή αν είναι πολυήμερο την έναρξη και λήξη κάθε διαφορετική ημέρα):

TimeLimitedFestival  $\equiv$  Event  $\sqcap \geq 2$ TemporalEntity.dateTimeStamp.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα της OWL 2 είναι η εκτεταμένη σχεσιακή εκφραστικότητα που παρέχεται μέσω της εισαγωγής πολύπλοκων property inclusion axioms (property chains). Για τη διατήρηση της αποφασιστικότητας, επιβάλλεται ένας περιορισμός κανονικότητας σε τέτοια αξιώματα που δεν επιτρέπουν τον ορισμό των ιδιοτήτων με κυκλικό τρόπο. Ως εκ τούτου, μπορεί κανείς να ισχυριστεί το αξίωμα συμπερίληψης:

`locatedIn`  $\circ$  `containedIn`  $\sqsubseteq$  `locatedIn`,

καθιστώντας δυνατή τη συμπερίληψη ότι έναν ένα σημείο ενδιαφέροντος βρίσκεται, για παράδειγμα, στο δήμο Θεσσαλονίκης, τότε βρίσκεται μέσα στην περιφέρεια Μακεδονίας επίσης. Ωστόσο, δεν επιτρέπεται η χρήση τόσο του προαναφερθέντος αξιώματος όσο του αξιώματος:

`containedIn`  $\circ$  `locatedIn`  $\sqsubseteq$  `containedIn`,

καθώς αυτό οδηγεί σε κυκλική εξάρτηση. Τα τρία προφίλ, δηλαδή η OWL 2 EL, η OWL 2 QL και η OWL 2 RL, αντιπροσωπεύουν τμήματα της εκφραστικής δύναμης για την αποτελεσματικότητα του reasoning που στοχεύει σε διαφορετικά σενάρια εφαρμογών.

### 5.1.3 Γλώσσες κανόνων

Διαισθητικά ένα σύστημα κανόνων περιγράφει γνώση χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από κανόνες της μορφής AN-TOTE (IF-THEN). Δηλαδή περιγράφεται μια συνθήκη η οποία αν ισχύει τότε κάποια αποτελέσματα πρέπει επίσης να ισχύουν. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος να περιγράψει τη μεταβατική έννοια της τοπολογικής σχέσης «`contained_in`» ως εξής: `contained_in(?x, ?y)`, `contained_in(?y, ?z) → contained_in(?x, ?z)`.

Η μεγαλύτερη διαφορά συγκριτικά με τις γλώσσες οντολογιών που περιγράφηκαν σε προηγούμενη ενότητα, έγκειται στη υπόθεση την οποία πραγματοποιούν για τον κόσμο ερμηνείας. Υπενθυμίζεται ότι οι Πλ, και κατά συνέπεια η OWL/OWL 2, κάνουν την Υπόθεση Ανοικτού Κόσμου (Open World Assumption, Baader et al., 2003) η οποία λέει ότι η γνώση η οποία βρίσκεται με τη μορφή ισχυρισμών σε ένα ABox (γνώση σχετικά με τα αντικείμενα μια οντολογίας) αποτελεί μόνο ένα μέρος του κόσμου. Αν κάποιος ισχυρισμός δε βρίσκεται μέσα στο ABox δε σημαίνει ότι ο ισχυρισμός δεν ισχύει απλά ότι δεν είναι γνωστό αν ισχύει. Αντίθετα οι κανόνες κάνουν την Υπόθεση του Κλειστού Κόσμου η οποία λέει ότι η γνώση η οποία υπάρχει με τη μορφή ισχυρισμών είναι και ολόκληρος ο κόσμος. Αν κάποιος ισχυρισμός δε βρίσκεται μέσα στη γνώση τότε ο ισχυρισμός αυτός δεν ισχύει.

#### 5.1.3.1 RuleML

Η RuleML (Boley & Paschke, 2010)) είναι μια γλώσσα επισήμανσης (markup language) η οποία αναπτύχθηκε έτσι ώστε να είναι δυνατή η αναπαράσταση κανόνων στον Παγκόσμιο Ιστό χρησιμοποιώντας την XML. Αποτελεί ουσιαστικά μια οικογένεια γλωσσών βασισμένες στην XML που αντιστοιχούν σε διαφορετικά είδη κανόνων. Έτσι επιτρέπουν την αναπαράσταση κανόνων ορθής και ανάστροφης φοράς (forward/backward), μετασχηματισμό κανόνων, ορισμό συνεπαγωγών, την ανταλλαγή κανόνων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων κ.α. Ο πυρήνας της RuleML βασίζεται στην Datalog, η οποία συντακτικά είναι ένα υποσύνολο της Prolog και αναφέρεται στο υποσύνολο του λογικού προγραμματισμού που απαιτείται για την αναπαράσταση σχέσεων σε λογικές βάσεις

δεδομένων. Στην RuleML, οι κανόνες ακολουθούν μια ιεραρχική δομή και αποτελούνται από αναδραστικούς κανόνες (reaction rules), κανόνες μετασχηματισμού (transformation rules), κανόνες συλλογιστικής, γεγονότα, ερωτήματα (queries) και περιορισμούς ακεραιότητας (integrity constraints). Η οικογένεια της RuleML παρέχει περιγραφές για τις γλώσσες σήμανσης κανόνων σε XML, με τη μορφή σχημάτων XML (και DTD για παλαιότερες εκδόσεις). Η αναπαράσταση των συστατικών στοιχείων των κανόνων είναι σαφής. Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει το βασικό λεξιλόγιο της Datalog RuleML.

Συστατικό Στοιχείο Κανόνα	RuleML
γεγονός	Asserted Atom
κανόνας	Asserted Implies
κεφαλή	Head
σώμα	Body
άτομο	Atom
σύζευξη	And
κατηγόρημα	Rel
σταθερά	Ind
μεταβλητή	Var

Πίνακας 7: Βασικό λεξιλόγιο της RuleML

### 5.1.3.2 SWRL: Semantic Web Rule Language

Η γλώσσα κανόνων SWRL (Horrocks et al, 2004) προέρχεται από το συνδυασμό της γλώσσας οντολογιών OWL (DL και Lite) με την RuleML (Unary/Binary Datalog) και επιτρέπει κανόνες Horn να συνδυάζονται με βάσεις γνώσης οντολογιών έτσι ώστε να αυξηθεί η εκφραστικότητα. Ουσιαστικά αποτελεί μια επέκταση της OWL η οποία επιτρέπει τον πλήρη ορισμό οντολογιών μέσω κανόνων. Ένα από τα χαρακτηριστικά της είναι ότι δεν επιτρέπει τον άμεσο ορισμό άρνησης, η οποία μπορεί έμμεσα να οριστεί χρησιμοποιώντας δομές της OWL, π.χ. owl:complementOf. Στην πλήρη της μορφή, η SWRL ενισχύει σημαντικά την εκφραστικότητα των οντολογιών, επιτρέποντας τον ορισμό σχέσεων που διαφορετικά είναι αδύνατο να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας μόνο τη διαθέσιμη σημασιολογία της OWL. Όμως, λόγω της αυξημένης εκφραστικότητας, η SWRL στην πλήρη της μορφή οδηγεί στην αναποφασισμότητα (undecidability) της συλλογιστικής. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να αναπτυχθούν συστήματα συλλογιστικής που να μπορούν να διαχειριστούν την πλήρη εκφραστικότητα των κανόνων SWRL σε πεπερασμένο χρόνο (finite time). Για αυτόν το λόγο έχουν οριστεί κάποιες παραλλαγές της SWRL οι οποίες στην ουσία περιορίζουν την εκφραστικότητα έτσι ώστε να ξεπεραστεί το πρόβλημα της αναποφασισμότητας. Τα περισσότερα συστήματα συλλογιστικής υλοποιούν Ασφαλείς Κανόνες (Safe Rules) οι οποίοι λύνουν το παραπάνω πρόβλημα εφαρμόζοντας την ιδέα ότι όλες οι μεταβλητές ενός κανόνα που βρίσκονται στη κεφαλή θα πρέπει να βρίσκονται και στο σώμα (οι μεταβλητές δηλαδή μπορούν να αναφέρονται μόνο σε υπάρχοντα αντικείμενα των οντολογιών).

### 5.1.3.3 Περιορισμοί και κανόνες: Πρότυπα SPIN και SHACL

Οι γλώσσες μοντελοποίησης για τον ιστό παρέχουν εξαιρετικούς μηχανισμούς καταγραφής της στατικής δομής των δεδομένων. Για παράδειγμα, η SKOS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή των ιεραρχιών και του λεξιλογίου των εννοιών, ενώ το RDF Schema (RDFS) και η OWL μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των κλάσεων (classes), των ιδιοτήτων (properties) και των σχέσεων μεταξύ αυτών των εννοιολογικών οντοτήτων. Παρόλο που αυτές οι γλώσσες καθορίζουν αξιωματικούς ορισμούς των δομών δεδομένων, η περιγραφή της γενικής υπολογιστικής συμπεριφοράς των αντικειμένων δεν περιλαμβάνεται στο πεδίο εφαρμογής των προτύπων αυτών.

Οι αντικειμενοστρεφείς γλώσσες παρέχουν γνωστούς μηχανισμούς για τον ορισμό της συμπεριφοράς των αντικειμένων με την περιγραφή κλάσεων και συσχετιζόμενων μεθόδων με τη χρήση των μελών της κλάσης. Οι μέθοδοι που προσανατολίζονται στα αντικείμενα συχνά καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο η τροποποίηση ενός χαρακτηριστικού επιφέρει αλλαγές σε άλλα χαρακτηριστικά. Ένας κοινός σκοπός των μεθόδων είναι η δημιουργία περιορισμών με στόχο τη διασφάλιση ότι η κατάσταση των αντικειμένων παραμένει εντός των ορίων που έχουν οριστεί από το σχεδιαστή της κλάσης.

Στην ενότητα αυτή αναλύονται τα πρότυπα SPIN και SHACL, περιγράφεται η χρήση τους και παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα για κάθε ένα.

#### 5.1.3.3.1 SPIN

Το *SPARQL Inferencing Notation* (SPIN) (Knublauch & Hendler, 2011) συνδυάζει έννοιες από αντικειμενοστρεφείς γλώσσες, γλώσσες ερωτημάτων και συστήματα που βασίζονται σε κανόνες για την περιγραφή της συμπεριφοράς ενός αντικειμένου στον ιστό. Μία από τις βασικές λειτουργίες του SPIN είναι η σύνδεση των ορισμών κλάσης με τα ερωτήματα SPARQL για την καταγραφή των περιορισμών και των κανόνων που συνθέτουν την αναμενόμενη συμπεριφορά των κλάσεων αυτών. Η αιτία που χρησιμοποιείται η SPARQL είναι η καλά διαμορφωμένη σημασιολογία των ερωτημάτων μεταξύ των δεδομένων της RDF που παρέχει. Η χρήση της είναι εκτεταμένη μεταξύ των περισσότερων μηχανών αναζήτησης RDF και των αποθηκών γραφημάτων (graph stores). Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της είναι η παροχή επαρκούς εκφραστικότητας τόσο για τα ερωτήματα όσο και για τον γενικό υπολογισμό των δεδομένων. Για να διευκολυνθεί η αποθήκευση και η συντήρηση, τα ερωτήματα SPARQL αναπαρίστανται σε τριπλέτες RDF, χρησιμοποιώντας τη σύνταξη SPIN. Αυτό επιτρέπει τη σύνδεση των πόρων RDF με τα ερωτήματα SPARQL καθώς και την κοινή χρήση και επαναχρησιμοποίηση των ερωτημάτων SPARQL ως μέρος των μοντέλων του Σημασιολογικού Ιστού. Ένα λεξιλόγιο RDF για το SPARQL είναι το πρώτο επίπεδο στο πρότυπο SPIN.

Το SPIN, εκμεταλλευόμενο τη σύνταξη SPARQL και την RDF, παρουσιάζει τη δυνατότητα προσαρμογής στους κανόνες συμπερασμάτων (όπως τα ερωτήματα SPARQL CONSTRUCT ή τα αιτήματα INSERT / DELETE) και τους ελέγχους περιορισμού/τις δοκιμές μονάδων (ερωτήματα ASK ή CONSTRUCT). Οι κανόνες εξαγωγής συμπερασμάτων SPIN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή νέων δηλώσεων RDF χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες εντολές RDF στα στιγμιότυπα των κλάσεων. Το SPIN, ωστόσο, παρέχει και έναν ειδικό

τύπο κανόνων εξαγωγής συμπερασμάτων, που ονομάζονται κατασκευαστές (constructors), οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αρχικοποίηση πόρων με προεπιλεγμένες τιμές κατά το χρόνο δημιουργίας. Οι περιορισμοί του SPIN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθορίσουν τους όρους που πρέπει να πληρούν όλα τα μέλη των κλάσεων.

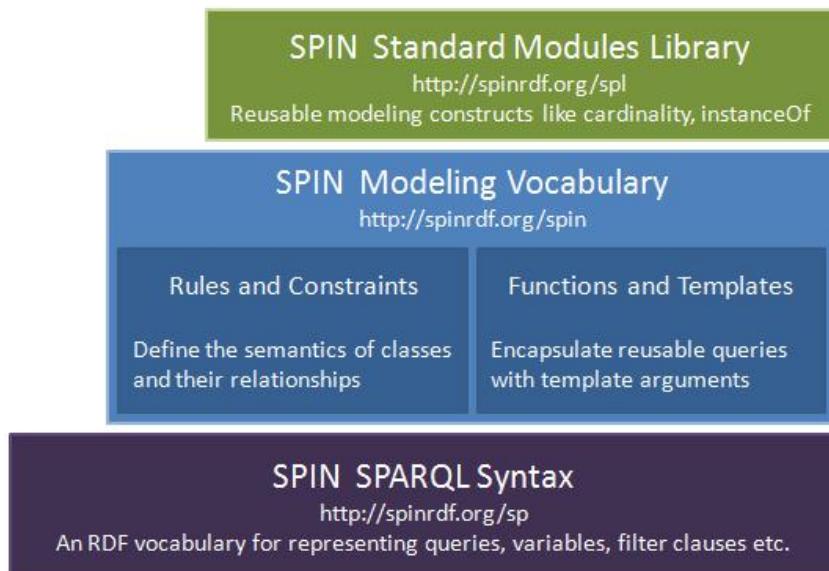
Για παράδειγμα, η κλάση ex:Rectangle μπορεί να καθορίσει μια ιδιότητα spin:rule και να δημιουργήσει ένα ερώτημα SPARQL CONSTRUCT το οποίο υπολογίζει την τιμή του ex:area βασιζόμενο στις τιμές του ex:width και ex:height. Ομοίως, η ιδιότητα spin:constraint μπορεί να συνδέσει την κλάση ex:Square με τη χρήση του ερωτήματος SPARQL ASK για τον έλεγχο της ισότητας μεταξύ πλάτους και ύψους. Αυτές οι ιδιότητες ακολουθούν τα υπάρχοντα πρότυπα SPARQL και η εκτέλεσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί από οποιονδήποτε επεξεργαστή SPARQL. Δεδομένου ότι το SPIN βασίζεται εξ ολοκλήρου στην RDF, οι κανόνες και οι περιορισμοί μπορούν να διαμοιραστούν στον ιστό μαζί με τους ορισμούς κλάσης με τους οποίους συνδέονται. Η προσάρτηση των κανόνων στις κλάσεις συμβάλλει στην ευκολότερη διατήρηση των κανόνων, οι οποίοι έχουν τοπική εμβέλεια.

Οι ιδιότητες για την προσάρτηση των κανόνων και των περιορισμών στις κλάσεις παρέχονται ως ένα δεύτερο επίπεδο στο πλαίσιο SPIN. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παροχή ενός τρόπου για την επισύναψη κανόνων και περιορισμών στις κλάσεις καθιστά το SPIN ως ένα παραδειγματικό μοντέλο που είναι γνωστό σε πολλούς πιθανούς χρήστες. Το SPIN ενσωματώνεται πλήρως στο χώρο του Σημασιολογικού Ιστού, σε αντίθεση με τα κλασσικά αντικείμενοστραφή συστήματα, επιτρέποντας τη σύνδεση των πόρων του διαδικτύου με στόχο την ενσωμάτωση δεδομένων που προέρχονται από διάφορες πηγές.

Επιπλέον, το SPIN παρέχει μηχανισμούς για την καταγραφή επαναχρησιμοποιούμενων ερωτημάτων SPARQL χρησιμοποιώντας πρότυπα SPIN, τα οποία ορίζονται ως ερωτήματα SPARQL παραμετροποιημένα με προ-δεσμευμένες μεταβλητές. Αυτό καθιστά δυνατό τον ορισμό γλωσσών μοντελοποίησης υψηλότερου επιπέδου με τον καθορισμό προτύπων κειμένου που χαρακτηρίζουν τιμές μεταβλητών που μεταβιβάζονται στα ερωτήματα SPARQL ως δεσμευμένες μεταβλητές. Οι κανόνες και οι περιορισμοί μπορεί να είναι στιγμιότυπα αυτών των κλήσεων. Ένα παράδειγμα της εφαρμογής των προτύπων SPIN είναι η επέκταση των υπαρχόντων προφίλ κανόνων, όπως το OWL 2 RL, ορίζοντας το προφίλ ως ένα σύνολο προτύπων SPIN και προσθέτοντας νέους κανόνες μέσω των προτύπων και των κανόνων SPIN. Άλλα παραδείγματα βιβλιοθηκών προτύπου SPIN έχουν δημοσιευθεί για τον έλεγχο των περιορισμών που ορίζονται στο πρότυπο SKOS και άλλων περιορισμών ποιότητας των δεδομένων. Αυτές οι προσεγγίσεις επιδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο το SPIN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή της σημασιολογίας με την ανάμειξη των τυπικών προτύπων RDFS και OWL με τις βιβλιοθήκες γενικών, επαναχρησιμοποιήσιμων κανόνων και ειδικών κανόνων εφαρμογών ή οντολογιών.

Το SPIN προσφέρει επίσης έναν ισχυρό μηχανισμό μετα-μοντελοποίησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ορισμό νέων λειτουργιών SPARQL που βασίζονται σε άλλες εκφράσεις SPARQL και για την ενσωμάτωση επαναχρησιμοποιούμενων προτύπων ερωτημάτων SPARQL. Ο μηχανισμός των προτύπων SPIN καθιστά δυνατό τον ορισμό γλωσσών μοντελοποίησης συγκεκριμένων τομέων με εκτελέσιμη δηλωτική σημασιολογία. Με βάση αυτόν τον μηχανισμό, το SPIN παρέχει μια βιβλιοθήκη των συχνά απαιτούμενων

προτύπων μοντελοποίησης με λειτουργίες και πρότυπα για να περιορίσει τις πολλαπλότητες και τις κλίμακες των τιμών. Αυτή η βιβλιοθήκη στοιχείων αποτελεί το τρίτο επίπεδο στο πρότυπο SPIN.



Εικόνα 1: Τα τρία επίπεδα του προτύπου SPIN

Βασισμένο στην ιδέα των προτύπων, το SPIN καθιστά επίσης δυνατό τον ορισμό των προσαρμοσμένων λειτουργιών SPARQL. Οι λειτουργίες SPIN συντίθενται χρησιμοποιώντας ένα λεξιλόγιο RDF για την περιγραφή μιας λειτουργίας SPARQL και των ορισμάτων που μεταβιβάζονται στη λειτουργία. Οι λειτουργίες SPIN μπορούν να διαμοιραστούν στον ιστό με τη χρήση των URI τους και οι επεξεργαστές SPARQL μπορούν να αναζητήσουν δυναμικά ορισμούς μεθόδων κατόπιν ζήτησης, όπως στις κλήσεις υπηρεσίας Web. Όποτε χρησιμοποιείται η λειτουργία SPIN (π.χ. σε ένα άλλο ερώτημα SPARQL), εκτελείται το ερώτημα που έχει οριστεί για τη λειτουργία. Αυτός ο μηχανισμός καθιστά δυνατή την κατασκευή σύνθετων ερωτημάτων SPARQL συνδυάζοντας άλλα πρότυπα ερωτημάτων SPARQL.

Το SPIN θεωρείται σημαντική συμβολή σε έναν ιστό δεδομένων ο οποίος μπορεί να αξιοποιηθεί αποτελεσματικότερα από εφαρμογές. Το SPIN βασίζεται σε ένα ώριμο, καλά εφαρμοσμένο πρότυπο SPARQL που διευκολύνει την ανάπτυξη εφαρμογών σημασιολογικού ιστού. Το SPIN αξιοποιεί αρχές προσανατολισμένες στα αντικείμενα, για να διευκολύνει την κατανόηση, την αλληλεπίδραση και την επεξεργασία των συνδεδεμένων πόρων δεδομένων για τις μηχανές και τους ανθρώπους. Λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει, η αναγνώριση του SPIN ως σύστασης του W3C θα επιτρέψει την ανάπτυξη πρακτικών, φορητών, βασισμένων σε πρότυπα σημασιολογικών εφαρμογών ιστού σε μικρές και μεγάλες κλίμακες.

#### 5.1.3.3.2 SHACL

Η *Shapes Constraint Language* (SHACL) (Boneva et al., 2015) αναπτύχθηκε το 2014 από την ομάδα W3C RDF Data Shapes με στόχο την "παραγωγή μιας γλώσσας για τον ορισμό των δομικών περιορισμών στα γραφήματα RDF". Το πρώτο σχέδιο εργασίας δημοσιεύτηκε τον Οκτώβριο του 2015, ενώ προτάθηκε από τη W3C τον Ιούνιο του 2017. Η SHACL επηρεάστηκε από το SPIN και ορισμένα τμήματα από τα σχήματα πόρων OSLC

και το ShEx. Αρχικά θεωρήθηκε ότι η SHACL μπορεί να ενσωματώσει όλες τις προσεγγίσεις επικύρωσης σε μια ενοποιημένη γλώσσα, κάτι που αργότερα καταρρίφθηκε λόγω των βασικών τους διαφορών μεταξύ SHACL και ShEx.

Η SHACL χωρίζεται σε δύο μέρη: τον πυρήνα, ο οποίος περιέχει λεξιλόγιο RDF για τον καθορισμό κοινών σχημάτων και μεταβλητών, και το SHACL-SPARQL, το οποίο αποτελεί έναν μηχανισμό επέκτασης για το SPARQL. Έχουν δημιουργηθεί δύο επεκτάσεις του SHACL με (α) προηγμένα χαρακτηριστικά όπως κανόνες και περίπλοκες εκφράσεις και (β) την ενεργοποίηση των συστατικών περιορισμού στη Javascript (που ονομάζεται SHACL-Javascript).

Η SHACL οργανώνει τις πληροφορίες και τις μεταβλητές σε δομές που ονομάζονται *σχήματα* (shapes). Η σύνταξη της SHACL χρησιμοποιεί την RDF για αυτό το λόγο στα παραδείγματα που ακολουθούν έχει χρησιμοποιηθεί η σύνταξη Turtle.

## 5.2 ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΟΝ Ε-ΧΝΗΛΑΤΗ

Αυτή η ενότητα ανασκοπεί συντόμως state-of-the-art οντολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση βασικών πτυχών που σχετίζονται με τον τομέα εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Αρχικά αναφέρουμε οντολογίες γενικού σκοπού που παρέχουν το εννοιολογικό υπόβαθρο για τη μοντελοποίηση γενικού περιεχομένου και πλαισίου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οντολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τη μοντελοποίηση γεωχωροχρονικών δεδομένων και τέλος υπάρχοντα πρότυπα που έχουν προταθεί για τον καθορισμό των annotation models.

Αξιοσημείωτος θεωρείται ο σκοπός της παρούσας ενότητας ο οποίος δεν είναι να παράσχει έναν πλήρη κατάλογο οντολογιών σχετικών με τον τομέα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, αλλά να επεξεργαστεί τις αρχές σχεδιασμού που ακολουθήθηκαν στη βιβλιογραφία για τον ορισμό των annotations και των εννοιολογικών μοντέλων (Conceptual models).

### 5.2.1 SSN/SOSA

Οι αισθητήρες αποτελούν σημαντική πηγή δεδομένων που είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Ενώ τα δεδομένα αισθητήρων μπορούν να δημοσιεύονται ως απλές τιμές, η αναζήτηση, η επαναχρησιμοποίηση, η ενοποίηση και η ερμηνεία αυτών των δεδομένων απαιτεί κάτι περισσότερο από τα αποτελέσματα παρατήρησης. Εξίσου σημαντική για την ορθή ερμηνεία αυτών των τιμών είναι οι πληροφορίες σχετικά με το μελετούμενο χαρακτηριστικό ενδιαφέροντος, όπως σε έναν ποταμό, η παρατηρούμενη ιδιότητα, όπως η ταχύτητα ροής, η χρησιμοποιούμενη στρατηγική δειγματοληψίας, όπως οι συγκεκριμένες τοποθεσίες και οι χρόνοι με τους οποίους μετριέται η ταχύτητα, και μια ποικιλία άλλων πληροφοριών.

Τα πρότυπα Sensor Web Enablement της OGC (OandM<sup>1</sup>., SensorML<sup>2</sup>), παρέχουν ένα μέσο για την επισήμανση των αισθητήρων και των παρατηρήσεων τους. Ωστόσο, αυτά τα πρότυπα δεν είναι ενσωματωμένα και ευθυγραμμισμένα με τις τεχνολογίες του

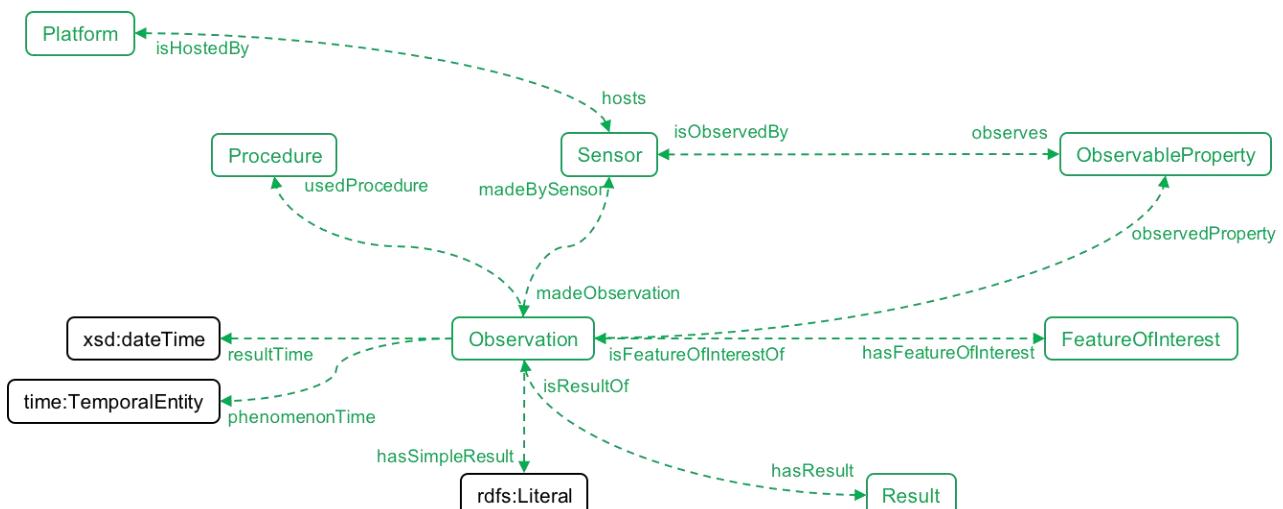
<sup>1</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/om>

<sup>2</sup> <http://portal.opengeospatial.org/files/55939>

Σημασιολογικού Ιστού του W3C και ειδικά με τα Συνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Data), τα οποία αποτελούν βασικούς οδηγούς για τη δημιουργία και διατήρηση ενός παγκόσμιου και πυκνά διασυνδεδεμένου γραφήματος δεδομένων.

Με την άνοδο του Web of Things και των έξυπνων πόλεων και σπιτιών γενικότερα, οι actuators και τα δεδομένα που παράγουν γίνονται μέλη πρώτης τάξεως στο Web. Δεδομένης της στενής τους σχέσης με τους αισθητήρες, τις παρατηρήσεις, τις διαδικασίες και τα χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος, είναι επιθυμητή η παροχή μιας κοινής οντολογίας που περιλαμβάνει επίσης actuators και actuations. Τέλος με την αυξανόμενη ποικιλομορφία των παρόχων δεδομένων και των δεδομένων, πρέπει να διευρυνθούν ορισμοί όπως αυτοί για τους αισθητήρες, π.χ. να συμπεριληφθεί η κοινωνική αίσθηση (social sensing). Οι προαναφερθείσες προδιαγραφές εισάγουν τις νέες οντολογίες: Semantic Sensor Network (SSN) και Sensor, Observation, Sample and Actuator (SOSA), που έχουν ως στόχο να παράσχουν ευέλικτες αλλά συνεκτικές προοπτικές για την αναπαράσταση των οντοτήτων, των σχέσεων και των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ανίχνευση/αίσθηση, τη δειγματοληψία και τα actuations.

Η SOSA παρέχει έναν ελαφρύ πυρήνα για το SSN και στοχεύει στη διεύρυνση του στόχου κοινού και των τομέων εφαρμογής που μπορούν να κάνουν χρήση των οντολογιών του Σημασιολογικού Ιστού. Ταυτόχρονα, η SOSA λειτουργεί ως ελάχιστο επίπεδο παρεμπόδισης της διαλειτουργικότητας, δηλαδή καθορίζει εκείνες τις κοινές κλάσεις και ιδιότητες για τις οποίες μπορούν να ανταλλάσσονται δεδομένα με ασφάλεια σε όλες τις χρήσεις του SSN, των ενοτήτων του και του SOSA.



Εικόνα 2: Κλάσεις και σχέσεις εμπλεκόμενες στο Observation (SOSA)

### 5.2.2 LODE

Συμβατικά ως γεγονός αναφέρεται μια ενέργεια ή ένα περιστατικό που λαμβάνει χώρα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Αυτή η έννοια είναι ενδεχομένως χρήσιμη για τη σύνδεση μεμονωμένων γεγονότων που καταγράφονται στην ταχέως αναπτυσσόμενη συλλογή συνδεδεμένων συνόλων δεδομένων και για την ανεύρεση πιο περίπλοκων σχέσεων μεταξύ δεδομένων.

Η LODE πρόκειται για μια οντολογία για τη δημοσίευση περιγραφών γεγονότων ως Συνδεδεμένων Δεδομένων και για χαρτογράφηση μεταξύ άλλων, ανώτερου επίπεδου, λεξιλογίων και οντολογιών σχετικών με συμβάντα. Περιλαμβάνει τη κλάση “Event” που περιγράφει κάτι που συμβαίνει και η οποία αποτελείται από μερικές ιδιότητες: atPlace, atTime, circa, illustrate, inSpace, involved, involvedAgent.

#### 5.2.4 GEOSPARQL

Η GeoSPARQL επιχειρεί να αντιμετωπίσει τα προβλήματα με τις διαφορετικές και ασυμβίβαστες υλοποιήσεις για την παρουσίαση και την αναζήτηση χωρικών δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ορισμό μιας οντολογίας που ακολουθεί στενά την υπάρχουσα εργασία προτύπων από το OGC σε σχέση με τη χωρική ευρετηρίαση σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων (Battle, 2011). Οι προδιαγραφές της GeoSPARQL περιλαμβάνουν τρία κύρια συσταστικά:

1. Ο ορισμός ενός λεξιλογίου για την αναπαράσταση των χαρακτηριστικών, των γεωμετριών και των σχέσεων τους
2. Ένα σύνολο συγκεκριμένων χωρικών συναρτήσεων για χρήση σε ερωτήματα SPARQL
3. Ένα σύνολο κανόνων μετασχηματισμού ερωτημάτων

Η οντολογία για την απεικόνιση των χαρακτηριστικών και των γεωμετρικών στοιχείων είναι θεμελιώδους σημασίας για τη δυνατότητα δημιουργίας και αναζήτησης χωρικών δεδομένων. Η οντολογία περιλαμβάνει μια κλάση “*ogc:SpatialObject*”, με δύο κύριες υποκατηγορίες, “*ogc:Feature*” και “*ogc:Geometry*”. Ένα Feature μπορεί να είναι οτιδήποτε υπάρχει χωρικά, ανεξάρτητα από το αν η επέκταση του χώρου είναι συγκεκριμένη. Μία Geometry είναι η χωρική επέκταση ενός χαρακτηριστικού και μπορεί να έχει ένα RDF literal που αποθηκεύει τα δεδομένα γεωμετρίας. Αυτές οι κλάσεις προορίζονται να συνδεθούν με μια οντολογία που αντιπροσωπεύει έναν συναφές τομέα ενδιαφέροντος.

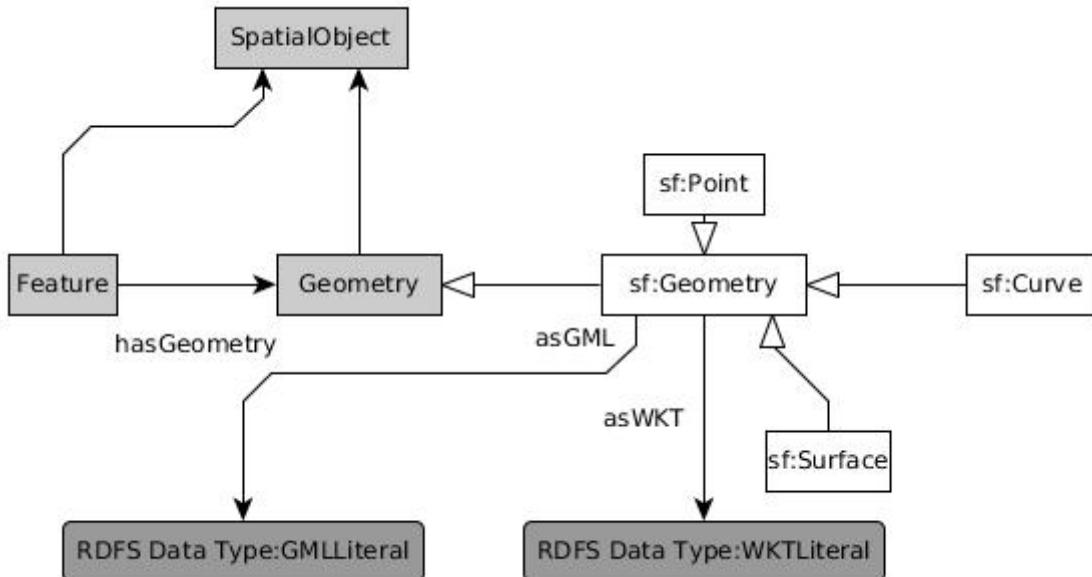
Η GeoSPARQL περιλαμβάνει δύο διαφορετικούς τρόπους για να αναπαριστά τα geometry literals και τις σχετικές ιεραρχίες τυπων τους: το Well Known Text (WKT) και η Geography Markup Language (GML). Ένας υλοποιητής (implementor) ενός χωρικού triple store μπορεί να επιλέξει να υποστηρίξει μία ή και τις δύο αναπαραστάσεις. Η GeoSPARQL παρέχει διαφορετικές κλάσεις OWL για τις ιεραρχίες γεωμετρίας που σχετίζονται με τις δύο αυτές αναπαραστάσεις γεωμετρίας. Αυτό παρέχει κλάσεις για πολλές διαφορετικές γεωμετρικές μορφές, όπως το σημείο, το πολύγωνο, η καμπύλη, το τόξο και το πολυεπίπεδο. Οι ιδιότητες του “*ogc:asWKT*” και του “*ogc:asGML*” συνδέουν τις οντότητες γεωμετρίας με τις αναπαραστάσεις γεωμετρικών literals. Οι τιμές για αυτές τις ιδιότητες χρησιμοποιούν το “*ogc:WKTLiteral*” και “*ogc:GMLLiteral*” αντίστοιχα. Ένα τυπικό σχεδιάγραμμα απεικονίζεται στην εικόνα 3.

Η GeoSPARQL περιλαμβάνει επίσης έναν τυποποιημένο τρόπο για να ζητά σχέσεις μεταξύ χωρικών οντοτήτων. Αυτά έρχονται υπό τη μορφή τοπολογικών δυαδικών ιδιοτήτων μεταξύ των οντοτήτων και των λειτουργιών γεωχωρικών φίλτρων.

Οι τοπολογικές δυαδικές ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τριπλά μοτίβα ερωτημάτων SPARQL όπως μια κανονική ιδιότητα. Πρωταρχικά, χρησιμοποιούνται μεταξύ αντικειμένων τύπου γεωμετρίας. Εντούτοις, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μεταξύ των Features, ή μεταξύ Features και Geometries, εφόσον οι κανόνες επανεγγραφής ερωτημάτων της GeoSPARQL υποστηρίζονται. Οι ιδιότητες μπορούν να εκφραστούν χρησιμοποιώντας τρία ξεχωριστά λεξιλόγια: το OGC's Simple Features (Open Geospatial Consortium Inc., 2010), το Egen-hofer's 9-intersection μοντέλο (Egenhofer, 1989), και το RCC8 (Randell, 1992). Ποιο από αυτά τα λεξιλόγια υποστηρίζεται μπορεί να εξαρτηθεί από την υλοποίηση του triple store, αν και είναι πιθανό ότι οι υλοποιήσεις θα υποστηρίζουν και τα τρία. Οι Simple Features τοπολογικές σχέσεις περιλαμβάνουν τις: equals, disjoint, intersects, touches, within, contains, overlaps και crosses.

Οι συναρτήσεις φιλτραρίσματος παρέχουν δύο διαφορετικούς τύπους λειτουργιών. Πρώτα, υπάρχουν λειτουργίες χειριστή που λαμβάνουν πολλαπλές γεωμετρίες ως κατηγορήματα και παράγουν μια νέα γεωμετρία ή άλλο τύπο δεδομένων ως αποτέλεσμα. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η συνάρτηση “ogcf:intersection”. Αυτή η συνάρτηση απαιτεί δυο γεωμετρίες και επιστρέφει μια γεωμετρία η οποία είναι η χωρική τομή τους. Άλλες συναρτήσεις, όπως η “ogcf:distance”, παράγουν ως αποτέλεσμα ένα “xsd:double”. Ο δεύτερος τύπος λειτουργικότητας είναι οι τοπολογικές δοκιμές των γεωμετριών. Αυτά έρχονται στα ίδια τρία σύνολα λεξιλογίου με τις τοπολογικές δυαδικές ιδιότητες: Simple Features, Egenhofer σχέσεις, και RCC8 σχέσεις. Αυτές οι συναρτήσεις είναι μερικώς πλεονάζουσες με τις τοπολογικές δυαδικές ιδιότητες. Ωστόσο, οι τοπολογικές συναρτήσεις παίρνουν τα γεωμετρικά literals ως παραμέτρους, και οι δυαδικές ιδιότητες συσχετίζουν τις οντότητες των Geometry και Feature. Αυτό σημαίνει ότι οι ποσοτικές και ποιοτικές εφαρμογές μπορούν να κάνουν χρήση των δυαδικών ιδιοτήτων, αλλά μόνο οι ποσοτικές εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις τοπολογικές συναρτήσεις. Επίσης, οι συγκρίσεις με τις συγκεκριμένες γεωμετρίες που παρέχονται στο ερώτημα μπορούν να γίνουν μόνο μέσω των συναρτήσεων. Ένα παράδειγμα των τοπολογικών συναρτήσεων είναι το “ogcf:intersects”, το οποίο επιστρέφει true μόνο αν δύο γεωμετρίες τέμνονται.

Οι κανόνες επανεγγραφής ερωτήματος επιτρέπουν ένα επιπλέον επίπεδο αφαιρετικότητας στα ερωτήματα SPARQL. Ενώ μόνο συγκεκριμένες οντότητες Geometry μπορούν να συγκριθούν ποσοτικά, ενίστε έχει νόημα να συζητιέται εάν δύο features έχουν μια ιδιαίτερη τοπολογική σχέση. Αυτό αντιπροσωπεύεται στο ερώτημα της φυσικής γλώσσας, “ είναι το αεροδρόμιο Μακεδονία στη Θεσσαλονίκη, SKG ;”. Στη GeoSPARQL, οι τοπολογικές σχέσεις Feature to Feature και Feature to Geometry επιτυγχάνονται με το συνδυασμό της χρήσης της ιδιότητας “ogc:defaultGeometry” και των κανόνων επανεγγραφής ερωτημάτων. Εάν ένα χαρακτηριστικό χρησιμοποιείται ως υποκείμενο ή αντικείμενο μιας τοπολογικής σχέσης, το ερώτημα αυτόματα ξαναγράφεται για να συγκρίνει τη γεωμετρία που συνδέεται ως προεπιλογή, απομακρύνοντας έτσι την αφαιρετικότητα για επεξεργασία.



Εικόνα 3: Ιεραρχία κλάσεων και ιδιοτήτων της GeoSPARQL

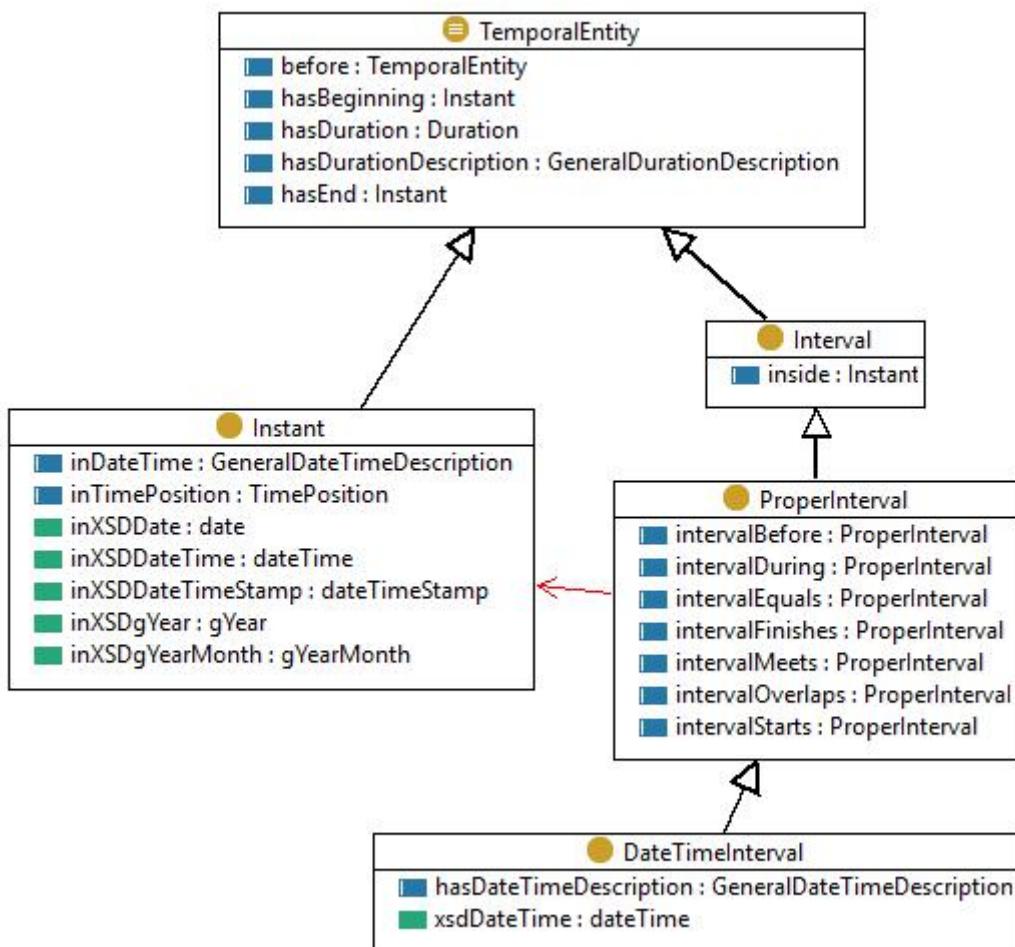
### 5.2.5 OWLTIME

Η OWL-Time είναι μια οντολογία τύπου OWL-2 DL χρονικών εννοιών, για την περιγραφή των χρονικών ιδιοτήτων των πόρων στον κόσμο ή για την περιγραφή σε ιστοσελίδες (W3C, 2017). Η οντολογία παρέχει ένα λεξιλόγιο για την έκφραση γεγονότων σχετικά με τις τοπολογικές (σε κατάταξη) σχέσεις μεταξύ στιγμών και διαστημάτων, μαζί με πληροφορίες σχετικά με τις διάρκειες και σχετικά με τη χρονική θέση, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών ημερομηνίας-ώρας. Οι χρονικές θέσεις και οι διάρκειες μπορούν να εκφράζονται είτε με το συμβατικό (Γρηγοριανό) ημερολόγιο και το ρολόι είτε με άλλο χρονικό σύστημα αναφοράς όπως ο χρόνος Unix, ο γεωλογικός χρόνος ή τα διαφορετικά ημερολόγια.

Οι χρονικές πληροφορίες είναι σημαντικές στις περισσότερες εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Παραδείγματος χάριν, η ημερομηνία είναι πάντα μέρος ενός ωραρίου ενός μουσείου. Όταν ένα κοινωνικό γεγονός (event) προγραμματίζεται, είναι για συγκεκριμένες ημερομηνίες. Γενικά, τα γεγονότα στον κόσμο συμβαίνουν σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και συνήθως έχουν μια πεπερασμένη διάρκεια. Οι συναλλαγές εμφανίζονται σε μια ακολουθία, με την τρέχουσα κατάσταση ενός συστήματος ανάλογα με το ακριβές ιστορικό όλων των συναλλαγών. Η γνώση των χρονικών σχέσεων μεταξύ συναλλαγών, γεγονότων, ταξιδιών και παραγγελιών είναι συνχρόνη. Η OWL-Time έχει αναπτυχθεί σε απάντηση σε αυτήν τη ανάγκη, για την περιγραφή των χρονικών ιδιοτήτων οποιουδήποτε πόρου που δηλώνεται με τη χρήση ενός αναγνωριστικού ιστού (URI), συμπεριλαμβανομένων ιστοσελίδων και ρεαλιστικών πραγμάτων, αν είναι επιθυμητό. Επικεντρώνεται ιδιαίτερα στις σχέσεις χρονικής κατάταξης. Ενώ αυτά είναι υπονοούμενα σε όλες τις χρονικές περιγραφές, η OWL-Time παρέχει συγκεκριμένα κατηγορήματα προς υποστήριξη του reasoning για τη σειρά ή την ακολουθία των χρονικών οντοτήτων.

Η θεμελιώδης δομή της οντολογίας βασίζεται σε μια άλγεβρα δυαδικών σχέσεων πάνω σε διαστήματα (π.χ. επικαλύψεις, κατά τη διάρκεια) για την αναπαράσταση ποιοτικών χρονικών πληροφοριών και για την αντιμετώπιση του προβλήματος του reasoning σχετικά με αυτές τις πληροφορίες. Η οντολογία ξεκινά με μια κλάση :TemporalEntity με ιδιότητες :hasBeginning και :hasEnd που συνδέονται με τις χρονικές στιγμές που ορίζουν τα όρια της, και :hasTemporalDuration για να περιγράψει την έκταση της. Υπάρχουν δυο υποκλάσεις :Interval και :Instant και είναι οι μόνες δύο υποκλάσεις της :TemporalEntity. Τα διαστήματα είναι, διαισθητικά, αντικείμενα με χρονική έκταση (extent). Τα στιγμιότυπα είναι, διαισθητικά, σημειακά με το σκεπτικό ότι δεν έχουν εσωτερικά σημεία, αλλά είναι γενικά ασφαλής η σκέψη ότι μια στιγμή είναι ένα διάστημα με μηδενικό μήκος, όπου η αρχή και το τέλος είναι τα ίδια. Αυτή η ιδέα - ότι τα χρονικά διαστήματα είναι η γενικότερη περίπτωση και οι χρονικές στιγμές είναι απλώς μια περιορισμένη εξειδίκευση - είναι η πρώτη βασικά συμβολή της ανάλυσης του Allen (1984; Allen & Ferguson, 1997). Η κλάση :Interval έχει μία υποκλάση :ProperInterval, η οποία αντιστοιχεί στην κοινή κατανόηση των διαστημάτων, δεδομένου ότι η αρχή και το τέλος είναι ξεχωριστά και η ιδιότητα του μέλους είναι συνεπώς disjoint από την :Instant.

Η βασική ιεραρχία οντοτήτων της OWL-Time παρουσιάζεται στην εικόνα 4 :



Εικόνα 4: Βασικό μοντέλο χρονικών οντοτήτων της OWL-Time

## 5.3 ANNOTATION MODELS

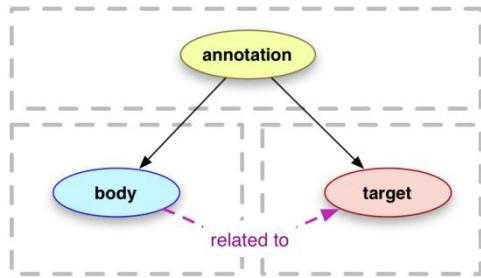
Ο σχολιασμός, δηλαδή η πράξη δημιουργίας συνδέσμων μεταξύ διακριτών πληροφοριών, είναι μια διαδεδομένη δραστηριότητα σε απευθείας σύνδεση σε πολλές μορφές. Οι σχολιασμοί χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μετάδοση πληροφοριών σχετικά με έναν πόρο ή συνδέσμους μεταξύ πόρων. Τα απλά παραδείγματα περιλαμβάνουν ένα σχόλιο ή μια ετικέτα σε μια μοναδική ιστοσελίδα ή εικόνα ή μία ανάρτηση ιστολογίου σχετικά με ένα άρθρο ειδήσεων.

### 5.3.1 WEB ANNOTATION DATA MODEL

Το Web Annotation Data Model περιγράφει ένα δομημένο μοντέλο και μορφή που επιτρέπει την κοινή χρήση σχολιασμών και την επαναχρησιμοποίηση σε διάφορες πλατφόρμες υλισμικού και λογισμικού. Η διαλειτουργικότητα μπορεί να είναι είτε για τη μετάβαση ιδιωτικών σχολιασμών μεταξύ συσκευών ή πλατφορμών. Οι διαμοιραζόμενοι σχολιασμοί πρέπει να μπορούν να ενσωματωθούν στις υπάρχουσες συλλογές και να επαναχρησιμοποιηθούν χωρίς απώλεια σημαντικών πληροφοριών. Οι συνήθεις περιπτώσεις χρήσης μπορούν να μοντελοποιηθούν κατά τρόπο απλό και βολικό, ενώ παράλληλα επιτρέπουν πιο σύνθετες απαιτήσεις, συμπεριλαμβανομένης της σύνδεσης αυθαιρέτου περιεχομένου με ένα συγκεκριμένο σημείο δεδομένων ή με τμήματα χρονικά ορισμένων πολυμεσικών πόρων.

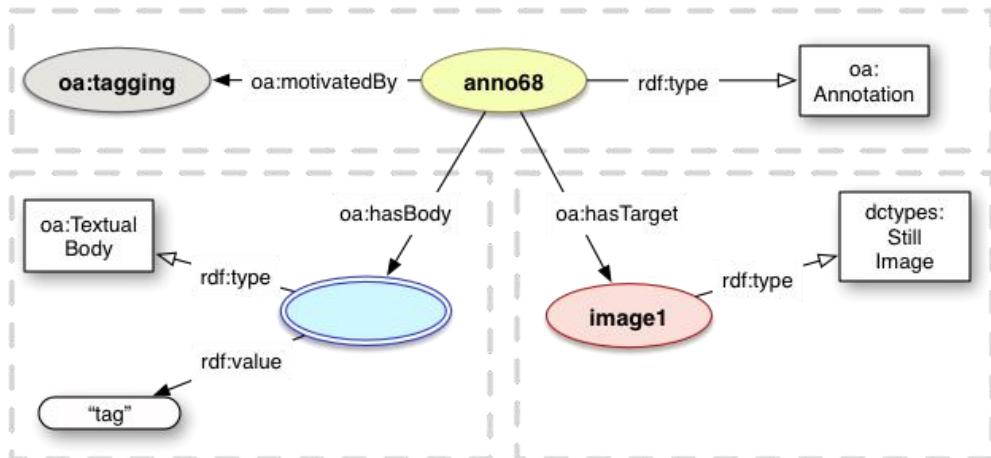
Η προδιαγραφή παρέχει μια συγκεκριμένη μορφή JSON για ευκολία δημιουργίας και κατανάλωσης σχολιασμών που βασίζονται στο εννοιολογικό μοντέλο που φιλοξενεί αυτές τις περιπτώσεις χρήσης και το λεξιλόγιο όρων που την εκπροσωπούν. Το λεξιλόγιο σχολιασμού ιστού καθορίζει το σύνολο κατηγοριών RDF, προκαθορισμένων ονομάτων και ονομάτων που χρησιμοποιούνται από το μοντέλο δεδομένων σχολιασμού ιστού. Περιέχει επίσης συνιστώμενους όρους από άλλες οντολογίες που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο και παρέχει τους ορισμούς του πλαισίου και του προφίλ JSON-LD που απαιτούνται για τη χρήση της Web Annotation JSON σειριοποίησης σε ένα γενικό πλαίσιο συνδεδεμένων δεδομένων.

Ένας σχολιασμός θεωρείται ότι είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων πόρων, που συνήθως περιλαμβάνει ένα σώμα και έναν στόχο και μεταδίδει ότι το σώμα σχετίζεται με το στόχο. Η ακριβής φύση αυτής της σχέσης αλλάζει σύμφωνα με την πρόθεση του σχολιασμού, αλλά το σώμα είναι συχνότερα “κατά κάποιον τρόπο” για τον στόχο. Αυτή η προοπτική έχει ως αποτέλεσμα ένα βασικό μοντέλο σε τρία μέρη, που απεικονίζεται στην εικόνα 5. Το πλήρες μοντέλο υποστηρίζει πρόσθετες λειτουργίες, επιτρέποντας την ενσωμάτωση περιεχομένου στο σχολιασμό, την επιλογή αυθαιρέτων τμημάτων πόρων, την επιλογή της κατάλληλης αναπαράστασης ενός πόρου και την παροχή συμβουλών σχεδίασης για να βοηθήσουν τους clients να καταστήσουν τον σχολιασμό κατάλληλα. Οι σχολιασμοί που δημιουργούνται ή προορίζονται για μηχανές είναι επίσης εφικτοί, διασφαλίζοντας ότι το Data Web δεν αγνοείται υπέρ του να εξετάζεται μόνο το ανθρωποκεντρικό Web Document.



Εικόνα 5: Μοτίβο βασικού μοντέλου δεδομένων σχολιασμού ιστού

Το μοντέλο δεδομένων σχολιασμού ιστού δεν ορίζει ένα πρωτόκολλο μεταφοράς για την δημιουργία, τη διαχείριση και την ανάκτηση σχολιασμών. Αντίθετα περιγράφει μια δομή προσανατολισμένη στις πηγές και σειριοποίηση αυτής της δομής, η οποία θα μπορούσε να μεταφερθεί σε πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα. Η εικόνα 6 απεικονίζει ένα παράδειγμα σχολιασμού μιας εικόνας χρησιμοποιώντας το μοντέλο δεδομένων σχολιασμού Web.



Εικόνα 6: Παράδειγμα σχολιασμού μίας εικόνας

#### 5.4 Σχεδιασμός διαδρομών με σημασιολογία

Το 2016 στην Ιταλία, το υπουργείο πολιτιστικής κληρονομιάς και δραστηριοτήτων και τουρισμού (MiBACT) αποφάσισε να ανακοινώσει τη “χρονιά πεζοπορίας” με σκοπό να προωθήσει πολιτιστικά δρυμολόγια και αγροτουρισμό. Το εγχείρημα ξεκίνησε με την απογραφή των ιταλικών πολιτιστικών διαδρομών και η δημοσιοποίηση τους στο διαδίκτυο ως ανοικτά δεδομένα. Ως συνέχεια αυτού, προτάθηκαν και ξεκίνησαν δύο ξεχωριστά έργα, όπου το πρώτο αφορά την υλοποίηση μιας οντολογίας με τομέα τις πολιτιστικές διαδρομές πλήρως εναρμονισμένη με τις καινοτομίες που επιφέρει ο σημασιολογικός ιστός, και το δεύτερο αφορά τον ρόλο του λογισμικού GIS στο πεδίο διαχείρισης και κατανόησης πολιτιστικών διαδρομών (Orsini & Innocenti, 2018).

Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια πραγματοποιήθηκαν αρκετές μελέτες σχετικά με τις εξατομικευμένες υπηρεσίες. Ωστόσο, οι υπάρχοντες αλγόριθμοι εύρεσης διαδρομής υποφέρουν από μια σειρά από μεγάλες δυσκολίες, κυρίως εξαιτίας ανεπαρκών μοντέλων κριτηρίων για ένα εξατομικευμένο σύστημα. Στα πλαίσια αυτού προβλήματος προτάθηκε μια μελέτη που διερευνά τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί ένα σύστημα σχεδιασμού διαδρομής που βασίζεται στο χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, προτάθηκε μια

τεχνική μοντελοποίησης γνώσης που βασίζεται σε οντολογίες χρησιμοποιώντας μια αναλυτική ιεραρχική διαδικασία (AHP). Αυτή η τεχνική μπορεί να διευκολύνει τον προσδιορισμό της επιλογής κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή σύνθετης συνάρτησης στον αλγόριθμο εύρεσης διαδρομής. Από μια άλλη οπτική γωνία, η AHP ασχολείται ρητά με μια δομή ιεραρχίας και είναι ουσιαστικά μια θεωρία της μεθοδολογίας μέτρησης και λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιείται για το συνδυασμό ή τη σύνθεση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων. Τα αποτελέσματα που βασίζονται στο χρήστη σε πραγματικά δεδομένα απεικονίζουν τα πλεονεκτήματα της παρούσας προσέγγισης. Αναμένεται ότι αυτή η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί για την ανάπτυξη αλγορίθμων γραφημάτων βασισμένων σε τεχνολογία σημασιολογικού ιστού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με νέες δομές σημασιολογικού γράφου (Niaraki & Kim, 2009).

Εν συνεχεία, αναπτύχθηκε μια διαδικτυακή υπηρεσία για την εύρεση δρομολογίων στο OpenStreetMap (OSM) ακολουθώντας μια προσέγγιση με βάση την δραστηριότητα. Ο στόχος δεν ήταν μόνο να βοηθήσει τον χρήστη να ταξιδέψει από το σημείο A στο σημείο B, αλλά και να εκτελέσει μια σειρά συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στην πορεία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, για παράδειγμα στην ηλεκτρική κινητικότητα, όπου οι δραστηριότητες μπορούν να πραγματοποιηθούν κατά την επαναφόρτιση της μπαταρίας του αυτοκινήτου. Για τον προσδιορισμό των δραστηριοτήτων, το εργαλείο αυτό που προτάθηκε χρησιμοποιεί μια χωρική οντολογία δραστηριοτήτων. Αυτή η οντολογία χρειάζεται να σχετίζεται με το OSM το οποίο παρέχει σημασιολογικά μεταδεδομένα με τη μορφή ετικετών (tags). Οι ετικέτες αυτές οργανώθηκαν σε μια καινούργια οντολογία, παρέχοντας καλύτερες παραπομπές για την κοινότητα OSM και τη δυνατότητα σημασιολογικού εμπλουτισμού των ετικετών. Απόρροια του τελευταίου είναι η καλύτερη αντιμετώπιση της φύσης των που διαρκώς εξελίσσεται, όπως επίσης και η εξαγωγή πληροφοριών. Τα αποτελέσματα της παραπάνω δουλειάς παρουσιάζονται στη δουλειά των Codescu et al., (2012).

## 5.5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αυτή η ενότητα εισάγει τις βασικές έννοιες που διέπουν τον Σημασιολογικό Ιστό και παρέχει μια σύντομη επισκόπηση βασικών τεχνολογιών που ενισχύουν τον διαμοιρασμό γνώσης και επαναχρησιμοποίηση σε ετερογενή περιβάλλοντα. Οι εκφραστικές γλώσσες οντολογίας επιτρέπουν την εκλεπτυσμένη συλλογή των σύνθετων γνώσεων και της σημασιολογίας τους με επίσημο τρόπο, καθιστώντας τα ικανά να υποβληθούν σε αυτοματοποιημένα καθήκοντα reasoning με καλά κατανοητές υπολογιστικές ιδιότητες. Οι κανόνες αυξάνουν τις εκφραστικές δυνατότητες επιτρέποντας την αντιπροσώπευση των πλουσιότερων σημασιολογικών σχέσεων. Επιπλέον, παρουσιάζονται συνοπτικά οι υπάρχουσες οντολογίες που σχετίζονται με τον τομέα εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, εστιάζοντας σε προϋπάρχουσες οντολογικές κατασκευές και μοτίβα σχεδίασης.

Οι οντολογίες που εξετάστηκαν σε αυτήν την ενότητα χρησίμευσαν ως πολύτιμες αναφορές για την απόσταξη των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων εναλλακτικών λύσεων μοντελοποίησης και των συμβιβασμών και των περιορισμών που σχετίζονται με διαφορετικά πεδία, προτού πραγματοποιηθούν οι επιλογές των μοντέλων.

Η τυποποίηση έχει πραγματοποιηθεί, έχοντας επίσης κατά νου την ανάγκη κατοχής μια οντολογίας που θα υποστηρίζει τα προγραμματισμένα καθήκοντα reasoning. Δεδομένου ότι πολλές από τις ακριβείς εξαρτήσεις που προέκυψαν από το reasoning δεν μπορούσαν να προσδιοριστούν κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης της οντολογικής δόμησης, επιλέχθηκε μια συνοπτική μοντελοποίηση που καλύπτει τις θεμελιώδεις έννοιες που εντοπίστηκαν μέσα από τις ερωτήσεις επάρκειας (CQ), παράλληλα επιβάλλοντας τη διαρθρωτικότητα και τον διαχωρισμό των υποθέσεων ώστε η επεκτασιμότητα και οι μελλοντικές οντολογικές ενημερώσεις να διευκολύνονται.

Συνοψίζοντας και πιο συγκεκριμένα, η μελέτη των τεχνολογιών αιχμής που σχετίζονται με το πεδίο του e-χνηλάτη Βοηθούν καταδεικνύοντας ένα ήδη δοκιμασμένο και αποτελεσματικό μονοπάτι που δύναται να ακολουθηθεί, προσθέτοντας παράλληλα νέες καιτονομίες σε αρκετές πτυχές αυτού. Η OWL 2 αποτελεί τη βάση της μοντελοποίησης των ιεραρχιών και ιδιοτήτων της οντολογίας, η περιγραφική λογική όπως και οι γλώσσες κανόνων Βοηθάνε στην περαιτέρω εκμαίευση πληροφοριών από υπάρχοντα στο σύστημα δεδομένα είτε ακολουθούν την υπόθεση ανοικτού κόσμου είτε κλειστού. Εργαλεία, όπως η RuleML και η SWRL, και πρότυπα, όπως το SPIN και το SHACL, ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν ευρέως καθώς το καθένα ξεχωριστά παρέχει ξεχωριστές δυνατότητες που προσδίδουν προστιθέμενη αξία στο εγχείρημα. Εν συνεχεία, θεωρήθηκε θεμιτό, όπου καθίστατο δυνατό, η επαναχρησιμοποίηση καλώς ορισμένων μοντέλων που εξυπηρετούν συγκεκριμένες ανάγκες του e-χνηλάτη. Η SSN/SOSA Βοηθάει στη μοντελοποίηση των αισθητήρων και στην πληροφορία αυτών καθώς πρόκειται να ενταχθούν στον e-χνηλάτη τέτοιοι, με τη Βοήθεια, έγκριση και παροχή από την Εγγατία Οδό Α.Ε.. Επιπλέον, με τη χρήση της οντολογίας LODE επιτυγχάνεται η πιο απλοϊκά δυνατή αναπαράσταση γνώσης όσον αφορά τα γεγονότα. Επιπρόσθετα, η χρήση της GeoSPARQL προσδίδει τη χωρική μοντελοποίηση που απαιτείται σχεδόν από κάθε οντότητα της οντολογίας του e-χνηλάτη που σε συνδυασμό με τη χρήση της OWLTIME, όπου προστίθεται και η χρονική έννοια, γίνεται λόγος πλέον για πλήρη χωροχρονική περιγραφή όπου αυτή κρίνεται αναγκαία. Τέλος, γίνεται αναφορά στο Web Annotation Data Model, το οποίο Βοηθάει στη διασύνδεση πόρων που προέρχονται από το διαδίκτυο και τα social media και στον διαμοιρασμό τους, μιας κι έχει γίνει πρόβλεψη στον e-χνηλάτη για χρήση δεδομένων από τέτοιους πόρους.

## **6. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ Ε-ΧΝΗΛΑΤΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ (MODEL & REASONING FRAMEWORK)**

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται με λεπτομέρεια η πρώτη έκδοση της οντολογίας του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, περιλαμβάνοντας την ιεραρχία των κλάσεων, τις ίδιες τις κλάσεις, καθώς και τις ιδιότητες αντικειμένων και δεδομένων που τις συνδέουν. Η υλοποίηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της πειραματικής πλατφόρμας του Protégé 5.5.0 (Musen, 2015) όπου παρέχονται, πέρα από τα προσπατούμενα εργαλεία για τη σχεδίαση, πληθώρα επιλογών για την επικύρωση επάρκειας λογικής συνεκτικότητας με χρήση προεγκατεστημένων reasoners καθώς και συμβατότητα ως προς τον εξαγόμενο τύπο αρχείων. Πρόκειται για μια εξακολουθητική διεργασία από την χρονική έναρξη της υποενότητας μέχρι το χρονικό πέρας της, καθώς το μοντέλο απαιτείται να εξελίσσεται καθώς διαμορφώνονται περαιτέρω και εξελίσσονται οι τεχνικές απαιτήσεις του έργου και οι απαιτήσεις χρηστών.

Οι βασικές έννοιες που απαρτίζουν την οντολογία με κλάσεις σε ανώτερο επίπεδο είναι: τα σημεία ενδιαφέροντος (POI), οι εκδηλώσεις (Event), τα αντικείμενα επαυξημένης πραγματικότητας (ARObject), οι περιοχές (Region), τα χωρικά αντικείμενα (SpatialObject), ο χρόνος (Time), το προφίλ χρήστη (UserProfile) και η ανάδραση χρήστη (UserFeedback). Κάθε μία από τις κλάσεις θα περιγραφεί στην επόμενη υποενότητα μαζί με τις ιδιότητες καθώς και τις συνδέσεις που έχουν με προϋπάρχουσες κλάσεις άλλων υπάρχουσων οντολογιών.

### **6.1 Ιεραρχία κλάσεων & ιδιοτήτες του e-ΧΝΗΛΑΤΗ**

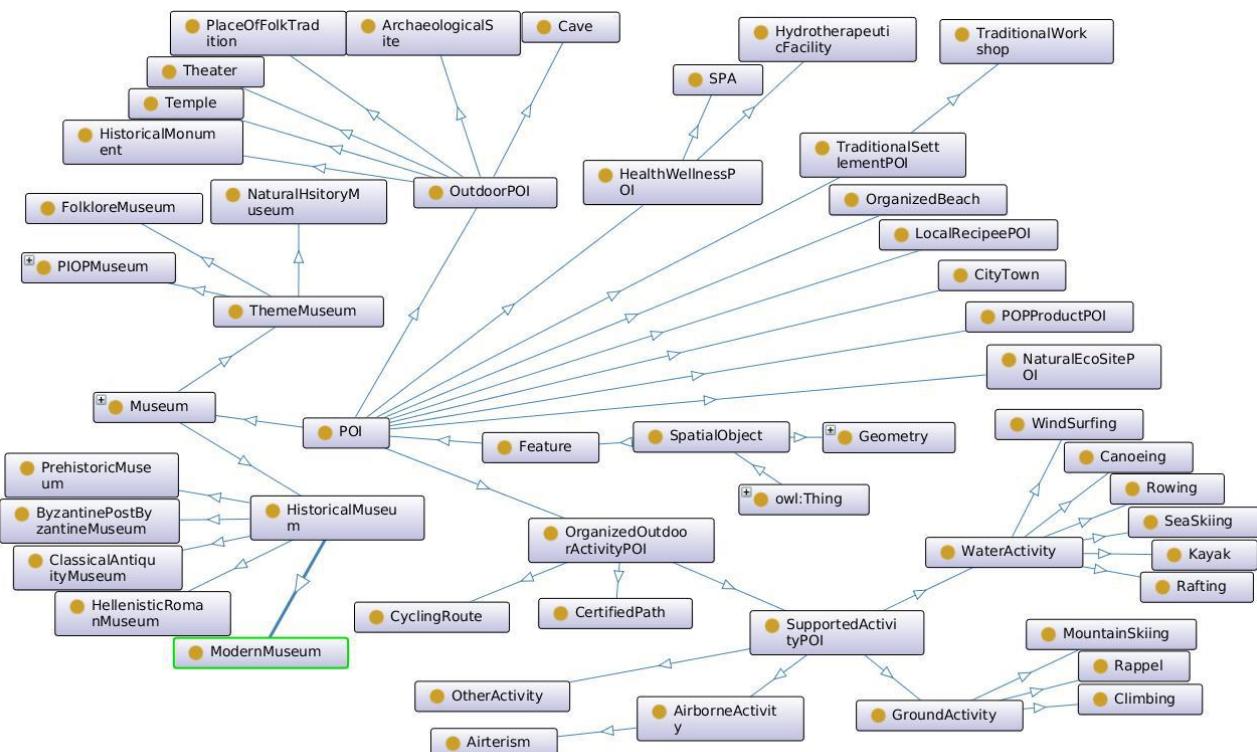
#### **6.1.1 Σημεία ενδιαφέροντος (POI)**

Η κλάση που περιγράφει τα σημεία ενδιαφέροντος εντάσσεται ως υποκλάση της Feature η οποία με τη σειρά της αποτελεί υποκλάση της SpatialObject, βασικής κλάσης της GeoSPARQL. Αυτή η θεώρηση του ζητήματος εδράζεται στο γεγονός ότι δεν ενδιαφέρει στην παρούσα φάση να αποδοθεί κάποιο συγκεκριμένο γεωμετρικό σχήμα/συλλογή σε κάθε σημείο παρά να διασαφηνιστεί ότι το κάθε σημείο ενδιαφέροντος έχει σημειακή χωρική υπόσταση στον χάρτη βάσει συντεταγμένων. Οπότε ως αρχική επιλογη ορίζεται ότι κάθε σημείο ενδιαφέροντος θα συνδέεται μέσω μιας ιδιότητας αντικειμένου με ένα στιγμιότυπο της κλάσης Point της GeoSPARQL όπου και θα αποθηκεύεται το ζεύγος των συντεταγμένων (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος). Επίσης, προσδίδεται η χρονική ιδιότητα βάσει προγράμματος (π.χ. εβδομαδιαίου) βασεί της κλάσης POISchedule και η οποία συνδέεται με μια ιδιότητα αντικειμένου κατοχής με το εκάστοτε σημείο ενδιαφέροντος.

Σύμφωνα με την προεργασία που πραγματοποιήθηκε στην ΥΕΕ 1.3, όπου βάσει της ανάπτυξης της μεθοδολογίας για την επιλογή και ανάδειξη σημείων ενδιαφέροντος των διαδρομών, προσδιορίστηκαν σε μεγάλο βαθμό τα κριτήρια επιλογής τόπων ενδιαφέροντος, από τα οποία προκύπτουν οι δυνητικές κατηγορίες στις οποίες ενδεχομένως να υπάγεται κάθε σημείο ενδιαφέροντος σχετικό με το εύρος υποστήριξης περιεχομένου του μοντέλου του e-ΧΝΗΛΑΤΗ.

Η κατηγοριοποίηση στον πυρήνα της έγινε με βάση τη σημασιολογία των διαφορετικών σημείων ενδιαφέροντος καθώς παρουσιάζεται μια τεράστια γκάμα επιλογών. Οι αρχικές επιλογές εντάσσονται είτε σε, εσωτερικές ή υπαίθριες, προσφερόμενες δραστηριότητες, είτε σε προσφερόμενες υπηρεσίες εντός του σημείου, είτε σε ευρύτερα οικιστικά σύνολα ενδιαφέροντος, είτε σε εγκαταστάσεις, ιστορικού ή θεματικού, μουσειακού ενδιαφέροντος.

Στην παρακάτω εικόνα 7 παρουσιάζεται ολόκληρη η σχετική με την κλάση ROI, ιεραρχία των κλάσεων:



Εικόνα 7: Ιεραρχία κλάσεων POI

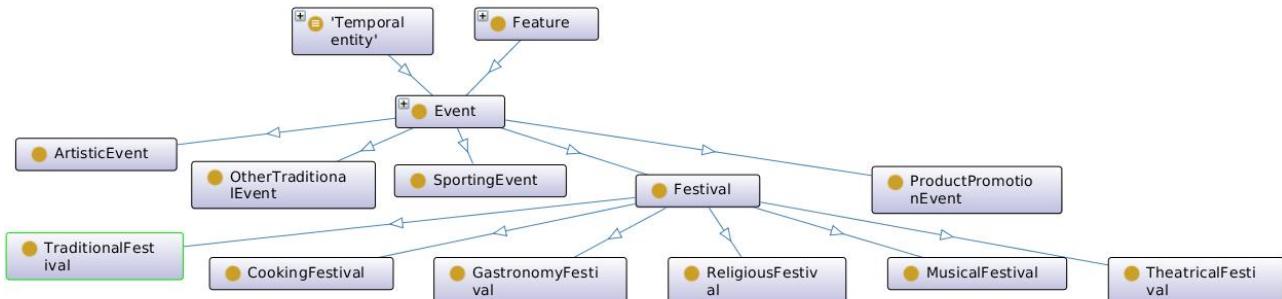
### 6.1.2 Εκδηλώσεις (Event)

Οι εκδηλώσεις μελετώνται και αναπτύσσονται ξεχωριστά στην οντολογία και λαμβάνουν ιδιαίτερης μνείας εξαιτίας της χρονικής τους ιδιότητας. Πιο συγκεκριμένα, παρόλο που με παρόμοιο τρόπο με τα σημεία ενδιαφέροντος ενστερνίζονται τη σημειακή χωρική τους υπόσταση στο χάρτη, διακατέχουν παράλληλα και την έννοια της ανεπανάληπτης πεπερασμένης καθορισμένης χρονικής διάρκειας κατά το πέρας της ροής του χρόνου. Σε αντίθεση με τα σημεία ενδιαφέροντος που ενδεχομένως να εμπεριέχουν κάποιο περιοδικό πρόγραμμα λειτουργίας, τα γεγονότα είθισται να λαμβάνουν χώρα για ένα μικρό χρονικό διάστημα σε ένα συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος με συγκεκριμένες λεπτομέρειες και να μην επαναλαμβάνονται περιοδικά και με τις ίδιες συνθήκες.

Ο διαχωρισμός των γεγονότων μεταξύ τους και η διαμόρφωση τους σε υποκλάσεις έγιναν βασισμένα στο σημασιολογικό περιεχόμενο του εκάστοτε γεγονότος. Έτσι, συναντώνται καλλιτεχνικές εκδηλώσεις, φεστιβάλ με ποικίλο θεματικό περιεχόμενο (γαστρονομικό, μουσικό, θρησκευτικό, παραδοσιακό, θεατρικό ή μαγειρικό), αθλητικές

εκδηλώσεις, εκδηλώσεις προώθησης προϊόντων και τέλος, λαμβάνεται πρόνοια για την ύπαρξη μιας γενικευμένης κλάσης εκδηλώσεων στην οποία θα υπάγονται εκδηλώσεις που δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε κανέναν τύπο εκδηλώσεων από τους προαναφερθέντες.

Στην παρακάτω εικόνα 8 αποδίδεται η ιεραρχία των κλάσεων των εκδηλώσεων:



Εικόνα 8: Ιεραρχία κλάσεων Event

#### 6.1.3 Αντικείμενα Επαυξημένης Πραγματικότητας (ARObject)

Τα αντικείμενα Επαυξημένης Πραγματικότητας διαχωρίζονται σε δισδιάστατα (2D Object) και τρισδιάστατα αντικείμενα (3D Object) και κατέχουν ορισμένες ιδιότητες δεδομένων (data properties) που προσδίδουν εξειδικευμένες πληροφορίες στο εκάστοτε αντικείμενο και θα αναλυθούν παρακάτω.

Συνδύαζοντας τις προτάσεις των Boeykens & Bogani (2008) περί μεταδεδομένων για 3Δ αρχιτεκτονικών οντοτήτων και το γενικό μοντέλο του Smithsonian Institution (2018) για 3Δ αντικείμενα προκύπτει για τις ανάγκες του e-ΧΝΗΛΑΤΗ το μοντέλο που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Πίνακας 8: Metadata for Architectural 3D Content

A/A	Τίτλος/Όνομα	Περιγραφή	Είδος δεδομένων
1	3DObjectIId	Αυτόματο αναγνωριστικό	Longint
2	Title	Ένας τίτλος για το αντικείμενο	String
3	Description	Η περιγραφή του αντικειμένου (τι αναπαριστά)	Longstring
4	Version	Η έκδοση του 3Δ αντικειμένου (π.χ. ver 1.1., ver. 1.2)	String
5	Type	Ο τύπος του αντικειμένου με αναφορά στο πλαίσιο χρήσης του. Παραδείγματος χάρη: museum artifact, archaeological site, building, 3Dlabel	String
6	IndoorsOutdoors	Ένδειξη αν πρόκειται για αντικείμενο που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε μια σκηνή AR εξωτερικού ή εσωτερικού	Boolean

		χώρου.	
7	Contributor	Το όνομα του υπευθύνου για το περιεχόμενο, ή του ατόμου που συντηρεί τη σχετική πληροφορία	String
8	Creator	Το όνομα του αρχικού δημιουργού του 3Δ μοντέλου	String
9	CreationDate	Ημερομηνία δημιουργίας	DateTime
10	RelatedPOI	Τα σημεία ενδιαφέροντος που σχετίζονται με το συγκεκριμένο μοντέλο	POI Instance
11	RelatedEvent	Οι εκδηλώσεις που σχετίζονται με το συγκεκριμένο μοντέλο	Event Instance
12	Format	Ο μορφότυπος του αρχείου (επέκταση)	String
13	Link	Σύνδεσμος πηγής (από όπου γίνεται download το αντικείμενο σε χρόνο εκτέλεσης)	String
14	Animated	Ένδειξη για το αν περιλαμβάνεται σχεδιοκίνηση μέσα στο αντικείμενο	Boolean
15	LOD	Ένδειξη του επιπέδου λεπτομέρειας	Integer
16	Scale	Πληροφορίες κλίμακας του αναπαριστώμενου μοντέλου (π.χ. 1:100)	String
17	Location	3Δ συντεταγμένες GPS του σημείου που πρέπει να προβάλλεται το 3Δ αντικείμενο (Longitude, Latitude, Height)	Array
18	Orientation	Ο προσανατολισμός του αντικειμένου στον φυσικό χώρο	Array
19	DayNight	Ένδειξη αν το αντικείμενο προορίζεται για προβολή ημερήσιας ή νυχτερινής σκηνής (scene)	Boolean
20	NoOfPolygons	Ο συνολικός αριθμός των πολυγώνων ως ένδειξη της πολυπλοκότητας του μοντέλου	Integer
21	Copyrights	Πληροφορίες σχετικές με τα πνευματικά δικαιώματα για τη χρήση του αντικειμένου	String
22	ModelFileName	Το όνομα του αρχείου	String
23	DateOfCreation	Η ημερομηνία δημιουργίας του αρχείου	DateTime
24	DateOfPublication	Η ημερομηνία δημοσίευσης του	DateTime

	n	αντικειμένου	
25	Photo	Exif geolocation information file link	String
26	Exif	Δεδομένα Exif <sup>3</sup> , και συγκεκριμένα το rotation	Integer

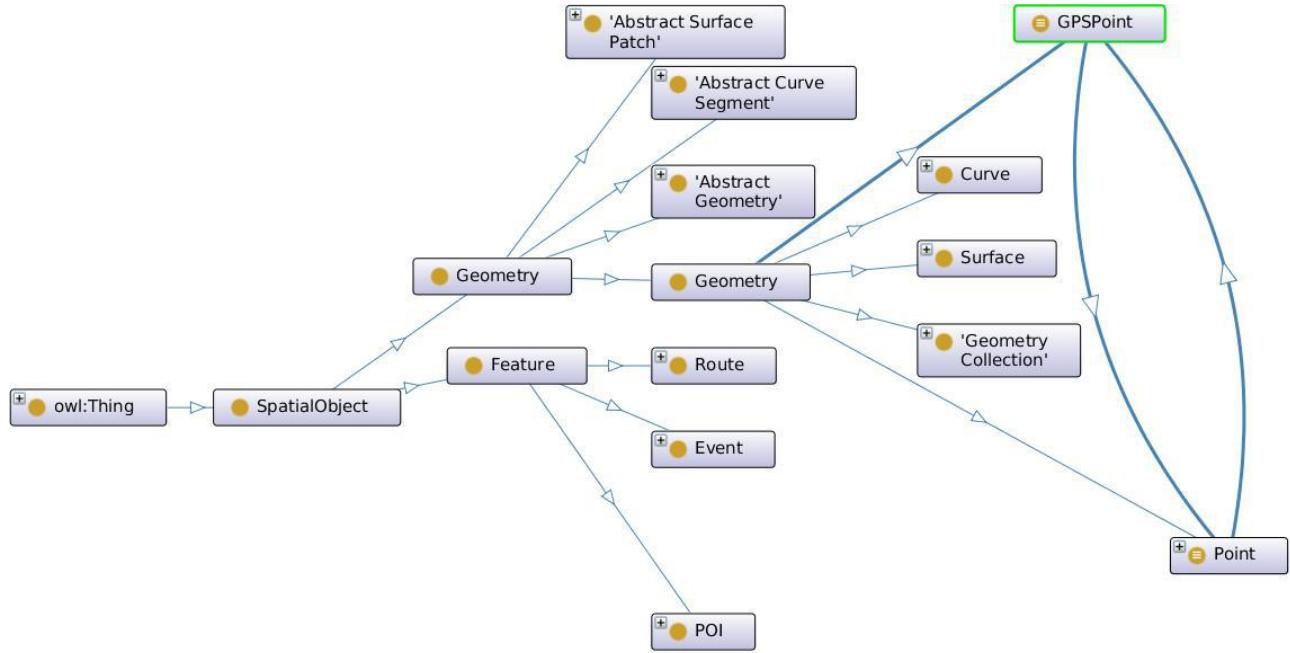
#### 6.1.4 Περιοχές (Region)

Ο λόγος ύπαρξης αυτής της ιδιότητας δεδομένων και των υποκλάσεων της (Περιφερειακή μονάδα, δήμος) είναι για να εντάξουν τα σημεία ενδιαφέροντος, τις εκδηλώσεις και τα δελτία καιρού σε ένα ευρύτερο γεωγραφικό σύνολο και να τα ομαδοποιήσουν ανά περιοχή. Αυτό συμβαίνει προσδίδοντας τη συγκεκριμένη ιδιότητα δεδομένων σε κάθε στιγμιότυπο της κλάσης Point της οντολογίας GeoSPARQL, με αποτέλεσμα οτιδήποτε κληθεί στη οντολογία του e-ΧΝΗΛΑΤΗ να έχει χωρική απόσταση αυτομάτως να ανήκει και σε ένα ευρύτερο ομαδοποιημένο γεωγραφικά σύνολο. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς κάθε στιγμιότυπο της κλάσης Point θα έχει συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους και πλάτους, οπότε ένα ερώτημα στη βάση σε ποιο προκαθορισμένο χωρικά πολύγωνο περιοχής ανήκει θα ικανοποιεί και θα απαντάται στις εν λόγω ιδιότητες δεδομένων.

#### 6.1.5 Χωρικά Αντικείμενα (SpatialObject)

Τα χωρικά αντικείμενα αποτελούν κομμάτι της υλοποίησης της οντολογίας GeoSPARQL. Σκοπός τους είναι να προσδώσουν γεωχωρική ύπαρξη ως αντικείμενα τόσο στα σημεία ενδιαφέροντος, όσο και στις εκδηλώσεις, στα αντικείμενα επαυξημένης πραγματικότητας, στις διαδρομές και στις καιρικές προβλέψεις. Η Κεντρική ιδέα είναι ότι ένα αντικείμενο με χωρική υπόσταση αποτελεί ένα feature του SpatialObject το οποίο περιγράφεται από μία γεωμετρία, είτε αυτό είναι σημείο ή επιφάνεια ή καμπύλη ή μια γεωμετρική συλλογή από τα προαναφερθέντα, οπότε κάθε feature έχει και μια γεωμετρία που το περιγράφει επαρκώς. Παρακάτω παρουσιάζεται η ιεραρχία των κλάσεων (εικόνα 9), οι οποίες μπορούν να περιγράψουν πλήρως οποιοδήποτε δισδιάστατο γεωμετρικό σχηματισμό:

<sup>3</sup> <https://docs.imgur.com/apis/url/rotation/orient>

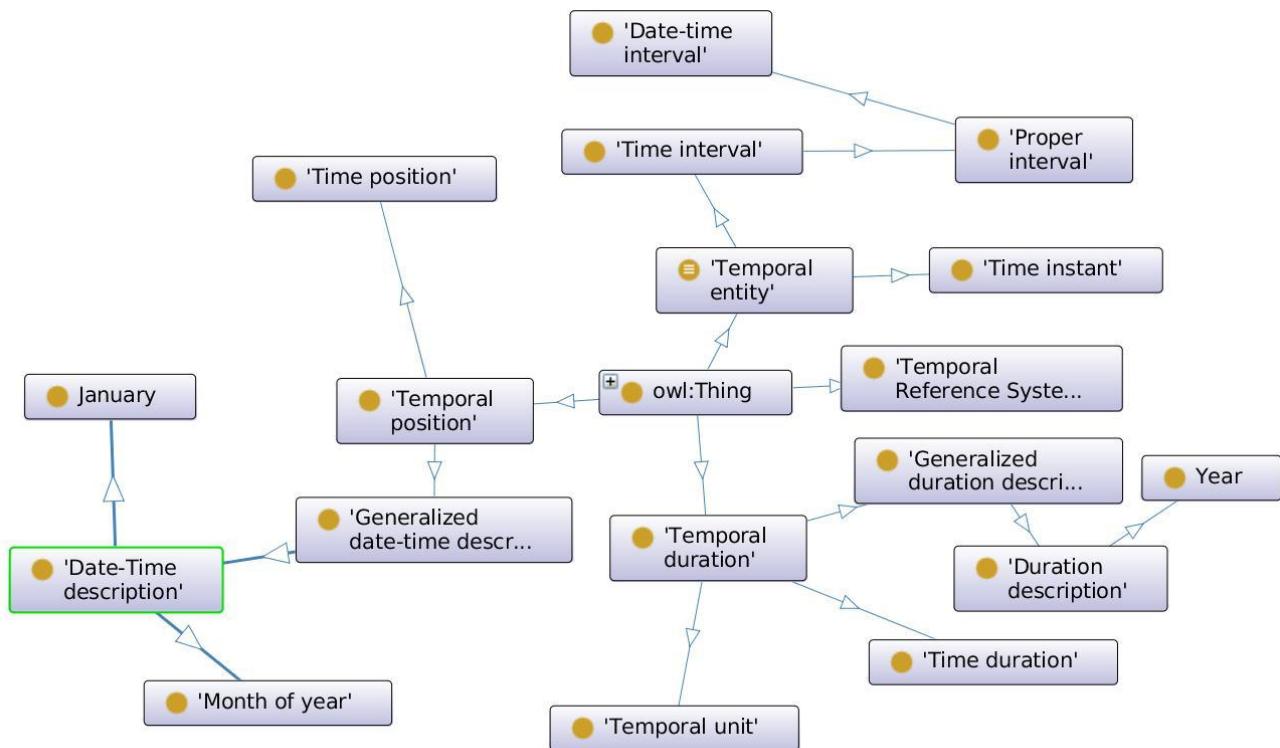


Εικόνα 9: Ιεραρχία κλάσεων SpatialObject

#### 6.1.6 Χρόνος (Time)

Η έννοια του χρόνου στην οντολογία αντικατοπτρίζεται πλήρως από την εισαγμένη οντολογία OWL-Time, όπου δύναται να προσδώσει χρονική οντότητα σε αντικείμενα της οντολογίας όπως οι εκδηλώσεις, τα σημεία ενδιαφέροντος που παρέχουν πρόγραμμα λειτουργίας και δεν είναι διαθέσιμα για επισκέψεις διαρκώς και οι προσωποποιημένες εναλλακτικές διαδρομές όσον αφορά τη διάρκεια τους. Ως σημείο αναφοράς θεωρείται το γρηγοριανό ημερολόγιο βάσει του οποίου υπολογίζονται όλα τα χρονικά σημεία και τα χρονικά διαστήματα που αφορούν τον e-ΧΝΗΛΑΤΗ.

Στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 10) αποδίδεται η ιεραρχία των κλάσεων που αφορούν αποκλειστικά όλη τη πληροφορία που μπορεί να αναπαρασταθεί με χρονικές ιδιότητες:



Εικόνα 10: Ιεραρχία κλάσεων Time

#### 6.1.7 Διαδρομή (Route)

Η διαδρομή θεωρείται ένα χωρικό αντικείμενο (SpatialObject), μια συλλογή από γεωμετρικά σχήματα (ως επί τω πλείστον ευθύγραμμα τμήματα) τα οποία ορίζουν βάσει συντεταγμένων ένα χαρτογραφημένο μονοπάτι με αρχή και τέλος. Βασική ιδιότητα της διαδρομής για να υπάρχει είναι να εμπεριέχει τουλάχιστον ένα σημείο ενδιαφέροντος ή μια εκδήλωση σε ένα σημείο ενδιαφέροντος. Έχει γίνει πρόβλεψη να συμπεριλαμβάνονται σημασιολογικά έννοιες όπως ο εκτιμώμενος χρόνος περάτωσης μιας διαδρομής, η συνολική απόσταση καθώς και τα συνολικά έξοδα που απαιτούνται (διόδια, εισιτήρια σε κλειστούς χώρους, βενζίνες κλπ.). Τέλος, οι διαδρομές ενδέχεται να αποθηκεύονται σε συσχέτιση με χρήστες και τις αντίστοιχες βαθμολογίες τους.

#### 6.1.8 Προφίλ Χρήστη & Ανάδραση (UserProfile & UserFeedback)

Το προφίλ χρήστη είναι μια ιεραρχημένη δομή η οποία είναι κατάλληλη για να περιγράψει κάποια προσωπικά χαρακτηριστικά του χρήστη, όπως η ηλικία, το φύλο, η χώρα προέλευσης, η πόλη κατοικίας, η εκπαίδευση του και τα προσωπικά του ενδιαφέροντα. Επιπλέον, παρέχονται πληροφορίες για τυχούσες δυσκολίες προσβασιμότητας (ακουστικές, οπτικές, κινητικές) καθώς και η σοβαρότητα τους. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα για καταγραφή ιστορικού επισκέψεων σε σημεία ενδιαφέροντος ή προσωποποιημένες διαδρομές που έχει επισκεφθεί ο χρήστης καθώς και τρόπος να παρέχει με προκαθορισμένο τρόπο βαθμολογία και για τα δύο.

Στην εικόνα 11 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ιεραρχία κλάσεων που περιγράφηκε παραπάνω:

### 6.1.9 Καιρός (Weather)

Η μοντελοποίηση του καιρού αποτελεί ένα επιπρόσθετο πεδίο που προστίθεται στη μοντελοποίηση του e-ΧΝΗΛΑΤΗ με σκοπό να δώσει κάποιες επιπλέον πληροφορίες στο χρήστη όσον αφορά ζητήματα και πρόβλεψη καιρικών φαινομένων για σημεία τα οποία ενδιαφέρεται να επισκεφθεί για να είναι κατάλληλα προετοιμασμένος. Εκτός από την ποιότητα χρήσης, έχει ληφθεί υπόψιν το σενάριο των προβλέψεων του καιρού για το εκάστοτε σημείο να χρησιμοποιηθεί και στη διαδικασία συλλογισμού (reasoning). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ότι έαν σε μια περιοχή, όπου προσφέρονται σημεία ενδιαφέροντος με υπαίθριες δραστηριότητες, βρέχει ή έχει πιθανότητα βροχής μεγαλύτερη του 50%, δεν θα συμπεριλαμβάνονται στο πρώτο σύνολο σημείων ενδιαφέροντος που θα τροφοδοτηθεί στον αλγόριθμο προσωποποίησης, ή εάν προβλέπονται ακραία καιρικά φαινόμενα σε μια περιοχή, δεν θα προτείνεται κανένα σημείο ενδιαφέροντος από εκείνη την περιοχή. Κατά τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε προηγουμένως οι προβλέψεις του καιρού θα αφορούν ευρύτερες χωρικές περιοχές κατά μήκος της εγνατίας οδού και θα έχουν χρονική ισχύ για 12 ώρες, όπου και θα ανανεώνονται.

### 6.1.10 Ιδιότητες Αντικειμένων

Οι ιδιότητες αντικειμένων (object properties) είναι κατάλληλες για να συνδέουν στιγμιότυπα που ανήκουν σε διαφορετικές κλάσεις βασιζόμενες σε σημασιολογικούς συσχετισμούς μεταξύ αντικειμένων. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας με όλες τις ιδιότητες του e-ΧΝΗΛΑΤΗ μέχρι στιγμής, καθώς και ποιες είναι οι κλάσεις που συνδέουν.

Κλάση	Ιδιότητα Αντικειμένου	Πεδίο Τιμής
Temporal entity	after	Temporal entity
Temporal entity	before	Temporal entity
SpatialObject	contains	SpatialObject
SpatialObject	coveredBy	SpatialObject
SpatialObject	covers	SpatialObject
SpatialObject	crosses	SpatialObject
Generalized date-time description	day of week	Day of week
SpatialObject	disconnected	SpatialObject
SpatialObject	disjoint	SpatialObject
SpatialObject	equals	SpatialObject
SpatialObject	externally connected	SpatialObject

Date-time interval	has Date-Time description	Generalized date-time description
Collection	has member	Collection OR Concept
Ordered Collection	has member list	rdf:List
Temporal entity	has temporal duration	Temporal duration
-	has time	Temporal entity
Temporal entity	has beginning	Time instant
Temporal entity	has end	Time instant
Time interval	has time instant inside	Time instant
Concept Scheme	has top concept	Concept
Feature	hasGeometry	Geometry
Feature	defaultGeometry	Geometry
Generalized date-time description	in time zone	Time Zone
SpatialObject	inside	SpatialObject
SpatialObject	intersects	SpatialObject
Proper interval	interval contains	Proper interval
Proper interval	interval disjoint	Proper interval
Proper interval	interval equals	Proper interval
Proper interval	interval finished by	Proper interval
Proper interval	interval in	Proper interval
Proper interval	interval meets	Proper interval
Proper interval	interval met by	Proper interval
Proper interval	interval overlapped by	Proper interval
Proper interval	interval overlaps	Proper interval
Proper interval	interval started by	Proper interval
Concept	is top concept in scheme	Concept Scheme
Concept	is in semantic relation with	Concept

Museum	isLocatedIn	CityTown OR TraditionalSettlementPOI
SpatialObject	meet	SpatialObject
Generalized date-time description	month of year	Month of year
SpatialObject	non-tangential proper part	SpatialObject
SpatialObject	non-tangential proper part inverse	SpatialObject
SpatialObject	overlap	SpatialObject
SpatialObject	overlaps	SpatialObject
SpatialObject	partially overlapping	SpatialObject
SpatialObject	tangential proper part	SpatialObject
SpatialObject	tangential proper part inverse	SpatialObject
Time instant	Temporal position	Temporal position
Generalized duration description OR temporal position	Temporal reference system used	Temporal Reference System
Time duration OR Generalized date-time description	temporal unit type	Temporal unit
SpatialObject	touches	SpatialObject
SpatialObject	within	SpatialObject
Route	Includes	POI
HistoryOfPOIs	incorporatesPOI	POI
HistoryOfRoutes	incorporatesRoute	Route
POI	involvesPOIFeedback	POIEvaluation
Route	involvesRouteFeedback	RouteEvaluation
ARObject	ARLocation	GPSPoint
ARObject	RelatedEvent	Event
ARObject	RelatedPOI	POI

POI	hasSchedule	POISchedule
UserProfile	hasPOIHISTORY	HistoryOfPOIs
UserProfile	hasRouteHistory	HistoryOfRoutes
UserProfile	UserHasFeedback	UserFeedback

Πίνακας 9: Ιδιότητες Αντικειμένων e-ΧΝΗΛΑΤΗ

#### 6.1.11 Ιδιότητες Δεδομένων (Data Properties)

Οι ιδιότητες δεδομένων αφορούν συγκεκριμένες ιδιότητες που ενδέχεται να έχει η κάθε κλάση και εκφράζονται συνήθως με την μορφή πρωτόγονων τύπων δεδομένων (π.χ. string, int, float κλπ). Έτσι, κάθε στιγμιότυπο/αντικείμενο δύναται να υποστηρίζει αν αυτό είναι εφικτό και υπάρχει η πληροφορία, κάποια πολύ εξειδικευμένα δεδομένα που αφορούν το ίδιο και ουσιαστικά τα κληρονομεί από την κλάση.

Κλάση	Ιδιότητα Δεδομένων	Πεδίο Τιμής
UserProfile	UserhasAccelImpair	xsd:boolean
UserProfile	Acoustic	xsd:boolean
UserProfile	Motor	xsd:boolean
UserProfile	Visual	xsd:boolean
UserProfile	SeverityofImp	xsd:string
Event OR POI	AccessInfrastructureForPeopleWithDisabilities	xsd:boolean
Event OR POI	Address	xsd:string
Event OR POI	AvailableDigitalApps	xsd:boolean
Geometry	coordinateDimension	xsd:integer
Generalized date-time description	day	-
Generalized date-time description	day of year	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	days duration	xsd:decimal

Event OR POI	Details	xsd:string
Geometry	dimension	xsd:integer
Event OR POI	GroupVisits	xsd:boolean
Geometry	has serialization	rdfs:Literal
Geometry	asGML	GML Literal
Geometry	asWKT	Well-known Text Literal
Temporal entity	has XSD duration	xsd:duration
CityTown OR NaturalEcoSitEPOI OR TraditionalSettlementPOI	hasAccomodationNear	xsd:boolean
CityTown OR NaturalEcoSitEPOI OR TraditionalSettlementPOI	hasCateringNear	xsd:boolean
ARObject	hasDescription	xsd:string
GPSPoint	hasGPSLatitude	xsd:double
GPSPoint	hasGPSLongitude	xsd:double
GPSPoint	hasGPSTimeStamp	xsd:double
ARObject	hasLocationOnScreenX	xsd:int
ARObject	hasLocationOnScreenY	xsd:int
OrganizedBeach	hasMarineSportsInfrastructure	xsd:boolean
ARObject	hasOrientationX	xsd:float
ARObject	hasOrientationY	xsd:float
Event OR POI	hasPriceOfFullTicket	xsd:decimal
Event OR POI	hasPriceOfReducedTicket	xsd:decimal
3DObject	hasScale	xsd:float
Event OR POI	hasTicket	xsd:boolean
ARObject	hasTitle	xsd:string
ARObject	hasURLAddressonDB	xsd:string
Generalized date-time description	hour	xsd:nonNegativeInteger

Generalized duration description	hours duration	xsd:decimal
Time instant	in XSD date	xsd:date
Time instant	in XSD Date-Time-Stamp	xsd:dateTimeStamp
Time instant	in XSD g-Year	xsd:gYear
Time instant	in XSD g-YearMonth	xsd:gYearMonth
Geometry	isEmpty	xsd:boolean
Event OR POI	isOpenToday	xsd:boolean
Geometry	isSimple	xsd:boolean
Generalized date-time description	minute	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	minutes	xsd:decimal
Generalized date-time description	month	-
Generalized duration description	months duration	xsd:decimal
Time duration	Numeric value of temporal duration	xsd:decimal
Time position	Name of temporal position	xsd:string
Time position	Numeric value of temporal position	xsd:decimal
Event OR POI	PhoneNumber	xsd:unsignedInt
Event OR POI	PossibilityOfIncorporationIn NetworkOfCommonCategory	xsd:boolean
Event OR POI	PostalCode	xsd:unsignedLong
Event OR POI	RoadConnectingJunction	xsd:string
Generalized date-time description	second	xsd:decimal
Generalized duration description	seconds duration	xsd:decimal
Geometry	spatialDimension	xsd:integer
Event OR POI	TimeDistanceofJunction	xsd:float

Event OR POI	TimeOfFullVisit	xsd:decimal
Event OR POI	URL	xsd:string
Generalized date-time description	week	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	weeks duration	xsd:decimal
Generalized date-time description	year	-
Generalized duration description	years duration	xsd:decimal
ARObject	ARhasCreator	xsd:string
ARObject	ARhasDateOfPublication	xsd:dateTime
ARObject	ARFilehasDateOfCreation	xsd:dateTime
ARObject	ARhasModelFileName	xsd:string
ARObject	ARhasCopyrights	xsd:string
ARObject	ARhasNoOfPolygons	xsd:integer
ARObject	ARIIntendedForDayUse	xsd:boolean
ARObject	ARhasLOD	xsd:integer
ARObject	ARIsAnimated	xsd:boolean
ARObject	ARhasFormat	xsd:string
ARObject	ARhasCreationDate	xsd:dateTime
ARObject	ARhasContributor	xsd:string
ARObject	ARIsIndoors	xsd:boolean
ARObject	ARhasType	xsd:string
ARObject	ARhasVersion	xsd:string
ARObject	has3DObjectID	xsd:long
ARObject	ARhasExifPhoto	xsd:string
ARObject	ARhasExifData	xsd:integer
Route	EstimatedCompletionTime	xsd:float
Route	EstimatedExpenses	xsd:float

UserProfile	hasCityOfResidency	xsd:string
UserProfile	hasCountryOfOrigin	xsd:string
UserProfile	hasEducation	xsd:string
UserProfile	hasGender	xsd:string
UserProfile	hasInterest	xsd:string
Route	hasTotalDistance	xsd:float
Airterism or ArchaeologicalSite or ByzantinePostByzantineMuseum or Canoeing or Cave or CertifiedPath or CityTown or ClassicalAntiquityMuseum or Climbing or CyclingRoute or FolkloreMuseum or HellenisticRomanMuseum or HistoricalMonument or HydrotherapeuticFacility or Kayak or LocalRecipeePOI or ModernMuseum or MountainSkiing or NaturalEcoSitePOI or NaturalHsitoryMuseum or OrganizedBeach or OtherActivity or PIOPMuseum or POPProductPOI or PlaceOfFolkTradition or PrehistoricMuseum or Rafting or Rappel or Rowing or SPA or SeaSkiing or Temple or Theater or TraditionalWorkshop or WindSurfing	POIhasID	xsd:nonNegativeInteger
Point	PointBelongsToMunicipality	xsd:string
Point	PointBelongsToRegion	xsd:string
Point	PointBelongToRegionalUnit	xsd:string
UserProfile	UserhasAge	xsd:nonNegativeInteger
Weather	WeatherCloudiness	xsd:float
Weather	WeatherDegreesOfWind	xsd:float
Weather	WeatherDescription	xsd:string

Weather	WeatherHumidity	xsd:float
Weather	WeatherMain	xsd:string
Weather	WeatherPressure	xsd:float
Weather	WeatherSpeedOfWind	xsd:float
Weather	WeatherTemperature	xsd:float
Weather	WeatherUnixTimeStampofForecast	xsd:unsignedLong
Weather	WeatherUnixTimeStampofSunrise	xsd:unsignedLong
Weather	WeatherUnixTimeStampofSunset	xsd:unsignedLong

Στη συνέχεια παρατίθεται αναλυτικός πίνακας με όλες τις ιδιότητες δεδομένων καθώς και το αρχικό του πεδίο και πού εκτείνεται:

Πίνακας 10: Ιδιότητες δεδομένων e-ΧΝΗΛΑΤΗ

#### 6.1.12 Προσθήκη Δεδομένων στη Knowledge Base

Όπως ορίζεται και στην αρχιτεκτονική του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, οι υποενότητες που αφορούν τα σημασιολογικά μοντέλα και τις τεχνικές σημασιολογικού συσχετισμού για τη δημιουργία διαδρομών, περικλείουν και το κομμάτι που αφορά την προσθήκη δεδομένων στη knowledge base, η οποία είναι υπεύθυνη για τη μετάφραση των εισερχομένων δεδομένων σε RDF τριπλέτες. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε τύπο δεδομένων που συναντάται είναι αναγκαίο να μελετηθούν και να υλοποιηθούν υπηρεσίες χαρτογράφησης που σχετίζονται με τη μορφή και τη δομή των δεδομένων που παρέχονται ως είσοδος. Η λογική πίσω από τη μεταφορά είναι απλή και παρατίθεται παράδειγμα στην ενότητα 8.

## 6.2 Οντολογικό Πλαίσιο Συλλογισμού

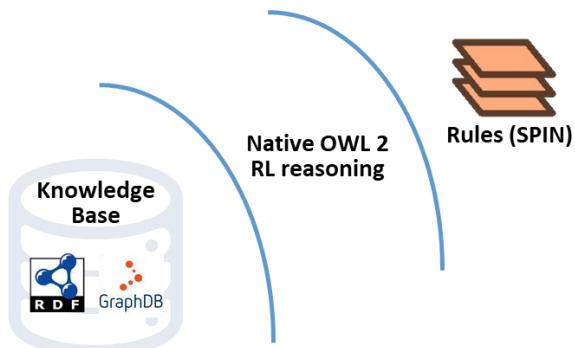
Μέχρι στιγμής, ο εστιασμός έγινε κυρίως στην αναγνώριση των βασικών απαιτήσεων μοντελοποίησης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και στην ανάπτυξη σχετικών λεξιλογίων για την υποστήριξη της αναπαράστασης και χαρτογράφησης του περιεχομένου στις δομές σημασιολογικής γνώσης.

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται η προκαταρκτική εκδοχή του πλαισίου reasoning (ως προς την έκδοση 1 για το μήνα 12), το οποίο στοχεύει στην ευφυή συσσωμάτωση των μεταδεδομένων που συλλέγονται από τις διάφορες πηγές του e-ΧΝΗΛΑΤΗ συνδυάζοντας, ενοποιώντας και ερμηνεύοντας σημασιολογικά τη γνώση που συλλέγεται στη Knowledge Base. Οι τεχνικές reasoning που χρησιμοποιούνται σε αυτό το στάδιο αποτελούν την πρώτη προκαταρκτική προσέγγιση για την ικανοποίηση των απαιτήσεων, ενώ οι υπόλοιπες εκκρεμούν για μεταγενέστερα πρωτότυπα. Πιο λεπτομερή και ευέλικτα συστήματα reasoning και ερμηνείας θα εξεταστούν σε μελλοντικές εκδόσεις του πλαισίου,

καθώς τα επί μέρους τμήματα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ θα ωριμάζουν, γεγονός που θα επιτρέψει με τη σειρά του πιο εξελιγμένες ερμηνείες που θα αναφερθούν στα επόμενα παραδοτέα.

### 6.2.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ REASONING

Τα βασικά στοιχεία του συστήματος reasoning απεικονίζονται στην εικόνα 11. Συνολικά, το πλαίσιο επεκτείνει τη σημασιολογία των εννοιολογικών μοντέλων του e-ΧΝΗΛΑΤΗ με κανόνες που βασίζονται στο διαθέσιμο πλαίσιο, δηλαδή τα μεταδεδομένα που συλλέγονται από την ανάλυση, αναβαθμίζουν περαιτέρω τη Knowledge base.



Εικόνα 11: Σύστημα reasoning

Το πλαίσιο reasoning εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σημασιολογία του μοντέλου του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που περιγράφηκε προηγουμένως. Η σημασιολογία χρησιμοποιείται για την απόκτηση μιας προκαταρκτικής κατανόησης του διαθέσιμου περιεχομένου και των εξαρτήσεων μεταξύ των πολλαπλών εγγραφών με τη μορφή γραφημάτων γνώσης που συνδέουν τα μεταδεδομένα. Αυτά τα γραφήματα γνώσης στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως εισροή στο πλαίσιο reasoning που ενεργοποιεί την απαραίτητη διαδικασία (κανόνες) για τη συλλογή πρόσθετων σχέσεων. Ως εκ τούτου, το πλαίσιο reasoning μπορεί να θεωρηθεί ως ένα υβριδικό σύστημα ενσωμάτωσης και ερμηνείας δεδομένων όπου οι οντολογίες και οι κανόνες συνδέουν σταδιακά δυναμικές πληροφορίες.

Το reasoning γίνεται μέσω της knowledge base όπου αποθηκεύονται όλα τα μεταδεδομένα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Για την υλοποίηση του πρωτοτύπου, το GraphDB triple store χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της Knowledgebase. Πρόκειται για ένα εξαιρετικά κλιμακωτή αποθήκη τριπλετών (triple store) που παρέχει μητρικές υπηρεσίες reasoning OWL 2 RL και διεπαφές ερωτημάτων με βάση τη SPARQL. Το μητρικό OWL 2 RL reasoning διασφαλίζει ότι υποστηρίζεται πλήρως η σημασιολογία της γλώσσας OWL 2 που αναλύθηκε παραπάνω, όπως η μεταβατικότητα των σχέσεων των υποκλάσεων. Ωστόσο, οι μητρικές OWL 2 υπηρεσίες reasoning παρέχουν περιορισμένη εκφραστικότητα και δεν είναι σε θέση να διαχειριστούν περίπλοκες σχέσεις του τομέα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Παραδείγματος χάριν, η σημασιολογία του OWL 2 δεν επιτρέπει τη μοντελοποίηση σχέσεων μεταξύ περιπτώσεων που δεν ακολουθούν την ιδιότητα του δέντρου. Επιπλέον, η μητρική DL σημασιολογία δεν επιτρέπει τη δυναμική δημιουργία νέων ατόμων.

Εκτός από τη σημασιολογική ανάλυση και τη συσχέτιση των μεταδεδομένων, το reasoning θα παρέχει επίσης προηγμένες δυνατότητες αναζήτησης στους τελικούς χρήστες. Για παράδειγμα, οι παράμετροι των ερωτημάτων χρήστη (π.χ. φιλτράρισμα βάσει λέξεων-κλειδιών ή ετικετών) θα αντιμετωπίζονται από το πλαίσιο reasoning,

προκειμένου να διαμορφωθούν τα απαραίτητα ερωτήματα για την ανάκτηση μεταδεδομένων από τη Knowledge base και την αποστολή απαντήσεων. Αυτή η προηγμένη υπηρεσία σύνταξη ερωτημάτων δεν θα είναι μέρος του λειτουργικού πρωτοτύπου (M12) και θα ενσωματωθεί σε ύστερα στάδια.

### 6.2.2 ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΟΥ

Γίνεται χρήση κανόνων SPIN, δηλαδή τα μοτίβα γράφων κατασκευής SPARQL, για την εφαρμογή κανόνων εκφραστικού reasoning, επιτρέποντας τη διάδοση της αξίας των ιδιοτήτων και την δημιουργία στιγμιότυπων όταν αυτό απαιτείται. Η βασική ιδέα είναι η συσχέτιση κάθε εργασίας reasoning με έναν ή περισσότερους κανόνες SPARQL που καλύπτουν συγκεκριμένες απαιτήσεις reasoning. Στη συνέχεια παρουσιάζονται παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων και κανόνων. Οι πιο περίπλοκες υποθέσεις reasoning βασισμένες σε κανόνες θα αντιμετωπιστούν σε μελλοντικές εκδόσεις του πλαισίου πρωτοτύπου και θα αναφερθούν σε επόμενα παραδοτέα. Μερικές από τις περιπτώσεις που αφορούν το πρώτο στάδιο reasoning είναι ο αποκλεισμός σημείων ενδιαφέροντος βάσει απόστασης, χρόνου, καιρού, πρόσβαση με υποδομές ΑΜΕΑ, ωραρίων σημείων ενδιαφέροντος και γενικής διαθεσιμότητας, και ιστορικού του χρήστη. Το δεύτερο στάδιο στο οποίο ελαττώνονται περαιτέρω τα σημεία ενδιαφέροντος αφορούν το τμήμα της προσωποποίησης και τέλος, στο τρίτο στάδιο υλοποιείται reasoning σε επίπεδο διαδρομών πλέον βάσει συνολικής απόστασης ή και χρόνου.

#### 6.2.2.1 Αποκλεισμός σημείων ενδιαφέροντος βάσει απόστασης

Σκοπός του CONSTRUCT είναι να αντιγράψει τριπλέτες από τη Knowledge base και να δημιουργήσει νέα δεδομένα υπό τη μορφή τριπλετών που με τη σειρά τους θα αποθηκεύονται στην ίδια knowledge base. Το ερώτημα που αφορά τον αποκλεισμό σημείων βάσει προκαθορισμένης απόστασης από τον κόμβο εξόδου της Εγνατίας περιγράφεται στην ακόλουθη εικόνα όπου επιστρέφονται μόνο τα σημεία και οι αποστάσεις τους που καλύπτουν την απόσταση των 50 χιλιομέτρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτό το ερώτημα δεν λαμβάνεται υπόψιν το οδικό δίκτυο, κι αυτό γιατί θεωρώντας ότι η Ευκλείδεια απόσταση δύο σημείων θα είναι η μικρότερη δυνατή απόσταση που στην ιδεατή περίπτωση θα μπορούσε να εξυπηρετηθεί από οδικούς άξονες, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση πόρων και ένας γρήγορος πρώτος μαζικός αποκλεισμός σημείων ενδιαφέροντος που δεν καλύπτουν την γεωχωρική απόσταση των 50 χιλιομέτρων:

```
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX : <https://exnilatis.gr/ontologies/#>
prefix geo: <http://www.opengis.net/ont/geosparql#>
prefix geof: <http://www.opengis.net/def/function/geosparql/>
PREFIX uom: <http://www.opengis.net/def/uom/OGC/1.0/>

CONSTRUCT
{?point ?point2 ?dist}
WHERE
```

```

{
  :MouseioMetaksisSoufliou :hasGPSCoordinates ?geom2 .
  ?geom2 geo:asWKT ?point .
  ?geom3 geo:asWKT ?point2 .
  FILTER(!sameTerm(?geom2, ?geom3)) .
  BIND(geof:distance(?point, ?point2, uom:metre) as ?dist)
  FILTER(?dist < 50000)
}

```

#### 6.2.2.2 Σημεία ενδιαφέροντος με υποδομές ΑΜΕΑ

Σε αυτό το ερώτημα το ζήτημα είναι η ανάκτηση πληροφορίας για σημεία ενδιαφέροντος που παρέχουν πρόσβαση σε ΑΜΕΑ. Αυτό επιτυγχάνεται βάσει της δυαδικής ιδιότητας δεδομένων που περιγράφει τα σημεία ενδιαφέροντος και μπορεί να ανακτηθεί από τη knowledge base και στη συνέχεια να δημιουργούν και να αποθηκευτούν τριπλέτες που να αφορούν συγκεκριμένα στιγμιότυπα που παρέχουν αυτή τη δυνατότητα.

```

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX : <https://exnilatis.gr/ontologies/#>

CONSTRUCT
{ ?a :AccessInfrastructureForPeopleWithDisabilities ?bool }

WHERE
{
  ?a :AccessInfrastructureForPeopleWithDisabilities ?bool
  FILTER(?bool = true)
}

```

## 7 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Το ζήτημα του αλγόριθμου δρομολόγησης, έτσι όπως έχει δομηθεί στην περίπτωση του e-ΧΝΗΛΑΤΗ ανάγεται στην κατηγορία προβλημάτων του περιπλανώμενου πωλητή (travelling salesman problem, TSP), όπου συνιστά από μόνη της μια ερευνητική υποκατηγορία στον τομέα της θεωρίας γράφων.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμη η αποδόμηση των στοιχειωδών λεπτομερειών του προβλήματος πριν την πρόταση της αλγορίθμικής λύσης. Η αντιστοίχιση γεωχωρικών δεδομένων και η απόδοση τους με γραφικό τρόπο οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα σημεία ενδιαφέροντος, όπως επίσης και οι διασταυρώσεις σε οδικούς άξονες συνιστούν τους κόμβους ενός γράφου σε αντίθεση με το οδικό δίκτυο που εκφράζει τη συνδεσιμότητα μεταξύ των κόμβων υπό τη μορφή ακμών.

Αποδομώντας περαιτέρω τον γράφο, σύμφωνα με τη στρατηγική του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, γίνονται εύκολα αντιληπτές μερικές από τις βασικές του ιδιότητες. Πρόκειται για έναν κατεύθυνόμενο κυκλικό γράφο καθώς κυκλικές διαδρομές στον περιφερειακό οδικό άξονα ως επί το πλείστον είναι υπαρκτές. Επιπλέον, η κατεύθυνση έγκειται στο γεγονός ύπαρξης δρόμων μονής διέλευσης το οποίο επηρεάζει σημαντικά τη δρομολόγηση.

Αρχική θεώρηση του προβλήματος όσον αφορά τη ροή δικτύου (network flow) είναι ότι σε πρώτο στάδιο θα θεωρείται σταθερή, μιας και όταν τα βάρη των ακμών αντιστοιχηθούν με τις αποστάσεις ανάμεσα στους κόμβους, παραμένουν αμετάβλητα. Στη θεώρηση όπου τα βάρη των ακμών εξαρτώνται από τον χρόνο επίσης παραμένουν σταθερά εφόσον δεν είναι στα πλάνα της πρώτης έκδοσης η συμπερίληψη ζωντανής κυκλοφορίας στον αλγόριθμο δρομολόγησης, όπου και ο χρόνος ταξιδιού και ο χρόνος παραμονής ή ξενάγησης σε ένα σημείο ενδιαφέροντος παραμένει σταθερός.

Το σύστημα βασίζεται σε δύο τύπου ερωτήσεων από τον χρήστη σύμφωνα με τα όρια που επιθυμεί να θέσει ο ίδιος στις διαδρομές που θα του προταθούν, η απόσταση και ο χρόνος. Συνεπώς, προτείνονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για να ικανοποιήσουν σε κάθε περίπτωση την δυαδικότητα του αλγορίθμου ως προς τα βάρη, και ο οποίος πρόκειται για διαφορετική έκδοση του Dijkstra shortest path (Dsp).

Ο παρακάτω ψευδοκώδικας του αυθεντικού Dsp που περιγράφεται στην εικόνα 12 έχει τρεις παραμέτρους:

1. Ένα γράφο  $G=(V,E)$  του οποίου το σύνολο κόμβων είναι το  $V$  και το σύνολο ακμών το  $E$ .
2. Μια δομή δεδομένων,  $w$ , που αναπαριστά τα βάρη των ακμών του γράφου.
3. Ο αρχικός κόμβος,  $s$ .

```

Ντάικστρα( $G, w, s$ )
Για κάθε κόμβο  $v \in V$  {
     $d[v] = \infty$ 
     $prev[v] = \text{κενό}$ 
}
 $d[s] = 0$ 
 $Q = V$ 
 $S = \emptyset$ 
Ωσο  $Q \neq \emptyset$  {
     $u = \text{extract\_min}(Q)$ 
     $S = S \cup \{u\}$ 
    Για κάθε κόμβο  $v$ , γείτονα του κόμβου  $u$ , που δεν ανήκει στο  $S$  {
        Αν  $d[v] > d[u] + w[u, v]$  τότε
             $d[v] = d[u] + w[u, v]$ 
             $prev[v] = u$ 
    }
}

```

Εικόνα 12: Ψευδοκώδικας Dsp

Πριν από οποιαδήποτε εφαρμογή οποιουδήποτε αλγόριθμου (παραλλαγή Dijkstra, αλγόριθμος προσωποποίησης), θα εκτελείται αρχικά μια διαδικασία reasoning σε πρώτο στάδιο, η οποία θα απορρίπτει σημεία ενδιαφέροντος τα οποία από μόνα τους, χωρίς την προσθήκη άλλου σημείου ενδιαφέροντος στη διαδρομή τους, δεν καλύπτουν χρονικές συνθήκες ή συνθήκες απόστασης που έχει θέσει ο χρήστης οπότε και δε μπορούν να ενταχθούν σε ικανοποιήσιμη διαδρομή αποκλειστικά. Εκτός από τον χρόνο και την απόσταση που θα πρέπει να ικανοποιείται μεμονομένα από κάθε σημείο ενδιαφέροντος ξεχωριστά, επιπλέον κριτήρια αποτελούν: η παροχή προσβασιμότητας στο σημείο ενδιαφέροντος σε άτομα ΑΜΕΑ, ο καιρός σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (π.χ. εξωτερικές δραστηριότητες αν προβλέπονται βροχοπτώσεις με μεγάλη πιθανότητα), εάν ένα σημείο ενδιαφέροντος είναι ανοιχτό ή κλειστό τη συγκεκριμένη ημερομηνία, εάν από το ιστορικό του εκάστοτε χρήστη προκύπτει ότι χρήστης το έχει επισκεφθεί ήδη και έχει δηλώσει ότι δεν επιθυμεί να το επισκεφθεί εκ νέου. Η διαδικασία που αναφέρθηκε σε αυτήν την παράγραφο αποτελεί τη διαδικασία φιλτραρίσματος με χρήση reasoning σε επίπεδο σημείων ενδιαφέροντος και αποτελεί το πρώτο στάδιο του γενικού αλγορίθμου. Παραδείγματα reasoning σε αυτό το στάδιο παρατέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

Ο Αλγόριθμος δρομολόγησης θα λαμβάνει ως είσοδο την έξοδο από το υποσύστημα των αλγορίθμων προσωποποίησης όπου πρόκειται για περιορισμένα σημεία ενδιαφέροντος. Αυτά τα περιορισμένα σημεία ενδιαφέροντος θα συσταδοποιηθούν βάσει απόστασης σε κάθε κόμβο της Εγνατίας οδού.

Σύμφωνα με την πρώτη έκδοση του αλγορίθμου, όταν ο χρήστης κινείται κατά μήκος μιας κεντρικής οδικής αρτηρίας της Εγνατίας Οδού, ως αφετηρία της προτεινόμενης διαδρομής θεωρείται πάντοτε ένας κόμβος εξόδου από αυτήν. Επειδή θεωρείται δεδομένη η επιστροφή του χρήστη έπειτα από μια παράκαμψη τουριστικού ή περιβαλλοντολογικού ενδιαφέροντος από τον ίδιο κόμβο παρατηρείται ότι κάθε

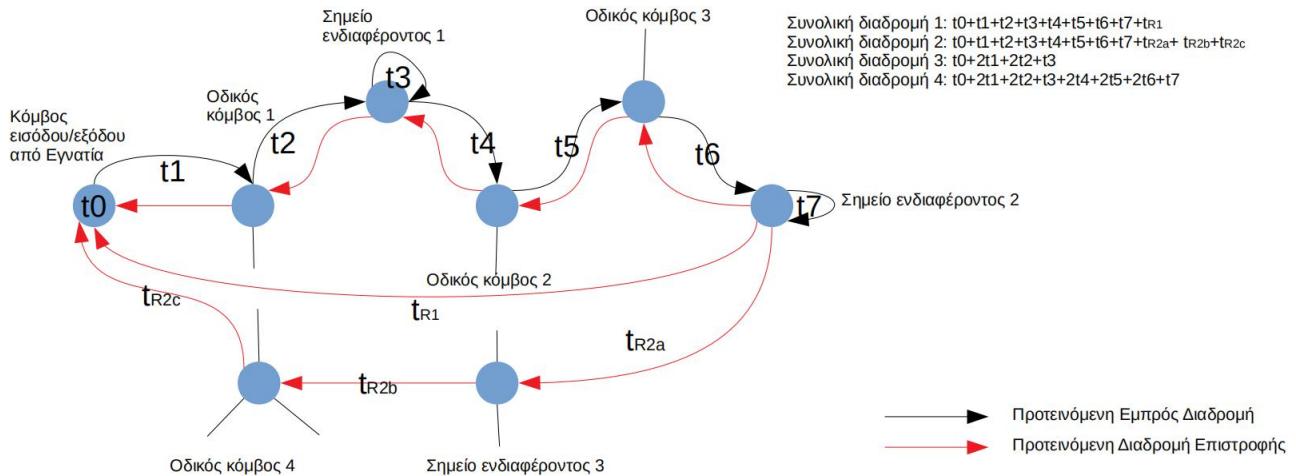
προτεινόμενη διαδρομή μπορεί να θεωρηθεί ως hamiltonian path (μια κυκλική διαδρομή με κοινή αφετηρία και τέλος όπου κάθε κόμβος επισκέπτεται μία φορά). Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι τα βάρη των ακμών που συνδέουν τους κόμβους είναι πάντοτε θετικά.

Στην περίπτωση που η απόσταση θεωρείται ως το βάρος των ακμών, ως αρχικός κόμβος θεωρείται ο κόμβος εξόδου από την Εγνατία και θα εφαρμόζεται με ωμή βία (brute force) ο Dsp με καταλήγοντα σημεία σε κάθε ξεχωριστή εκτέλεση και διαφορετικό σημείο ενδιαφέροντος. Στόχος είναι η μακρύτερη διαδρομή που επιστρέφει ο αλγόριθμος να είναι το πολύ η μισή απόσταση από αυτήν που έθεσε ο χρήστης στο ερώτημα γιατί στην χειρότερη περίπτωση να αναγκαστεί να γυρίσει στον ίδιο κόμβο εξόδου/εισόδου από την ίδια διαδρομή σε περίπτωση που δεν υπάρχει καλύτερη δυνατή λύση. Όλα τα αποτελέσματα εκτέλεσης του Dsp επιστρέφονται στο χρήστη ως εναλλακτικές διαδρομές.

Στην περίπτωση που ο χρόνος θεωρείται ως το βάρος των ακμών, με τον ίδιο τρόπο αρχικός κόμβος θεωρείται ο κόμβος εξόδου από την Εγνατία. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως η διάκριση ανάμεσα στους κόμβους που αντιπροσωπεύουν σημεία ενδιαφέροντος και οδικούς κόμβους είναι ότι σε αυτήν την παραλλαγή κάθε κόμβος-σημείο ενδιαφέροντος είναι εξαναγκασμένος πάντα να ανατροφοδοτεί τον εαυτό του στον γράφο αμέσως μετά από μία επίσκεψη από προηγούμενο κόμβο, όπου το βάρος της ανατροφοδότησης είναι βασισμένο στον χρόνο που απαιτείται από τον χρήστη για να ολοκληρώσει μια πλήρη ξενάγηση σε αυτό, σε αντίθεση με τους οδικούς κόμβους όπου δεν υπάρχει ποτέ ανατροφοδότηση. Με αυτές τι συνθήκες θα τρέχει με ωμή βία (brute force) ο Dsp με αρχικό κόμβο πάντα τον ίδιο και τελικό κόμβο κάθε ένα σημείο ενδιαφέροντος ξεχωριστά. Πριν την απόδοση των εναλλακτικών διαδρομών θα εκτελείται παράλληλα ο Dsp ανάποδα, από τους καταληκτικούς κόμβους προς τον πρότερο αρχικό όμως σε αυτήν την περίπτωση δε θα συναντάται πουθενά ανατροφοδότηση κόμβου σε σημείο ενδιαφέροντος. Το άθροισμα των βαρών των διαδρομών σε χρόνο από και έως τα καταληκτικά σημεία θα πρέπει να ικανοποιεί τα χρονικά περιθώρια που έθεσε ο χρήστης στο ερώτημα. Επιπλέον, προστίθεται σε αυτόν τον αλγόριθμο και η μεταβολή του χρόνου για να ικανοποιηθούν τα ωράρια σημείων ενδιαφέροντος που ενδεχομένως να μη δέχονται πάντοτε επισκέψεις. Ως αρχική τιμή του χρόνου,  $t_0$  ορίζεται ο χρόνος κατά τον οποίον ο χρήστης εκτιμάται ότι θα βρίσκεται στον κόμβο εξόδου και καθώς υπολογίζονται οι διαδρομές με τα βάρη βασισμένα στο χρόνο ταξιδιού ή ξενάγησης σε σημεία ενδιαφέροντος, κάποιοι κόμβοι-σημεία ενδιαφέροντος δεν θα είναι προσπελάσιμοι κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου. Για να προτείνει ο αλγόριθμος το σημείο ενδιαφέροντος στη διαδρομή πρέπει το σημείο ενδιαφέροντος να είναι ανοιχτό την ώρα που θα φτάνει ο χρήστης και το ωράριο του να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτεινόμενου χρόνου ξενάγησης. Συνοψίζοντας, δεν πρόκειται κάποιος να ξεκινήσει για το σημείο ενδιαφέροντος όντας ανοιχτό και στην πορεία να κλείσει, όπως επίσης ενδέχεται κάποιος να ξεκινήσει για το σημείο ενδιαφέροντος όταν αυτό είναι κλειστό αλλά λίγο πριν φτάσει να ανοίξει. Η μοντελοποίηση του χρόνου καθολικά ορίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$t = a1400 + b, \quad a \in IN, \quad b \in [0,1439],$$

όπου το  $t \in IN$ , αντιπροσωπεύει τα λεπτά μετά τα μεσάνυχτα από μια συγκεκριμένη ημέρα αναφοράς. Η πραγματική ώρα μέσα στη μέρα δίνεται από το  $t$  ( $mod 1440$ ), και η πραγματική ημέρα δίνεται από το  $[t/1440]$ .



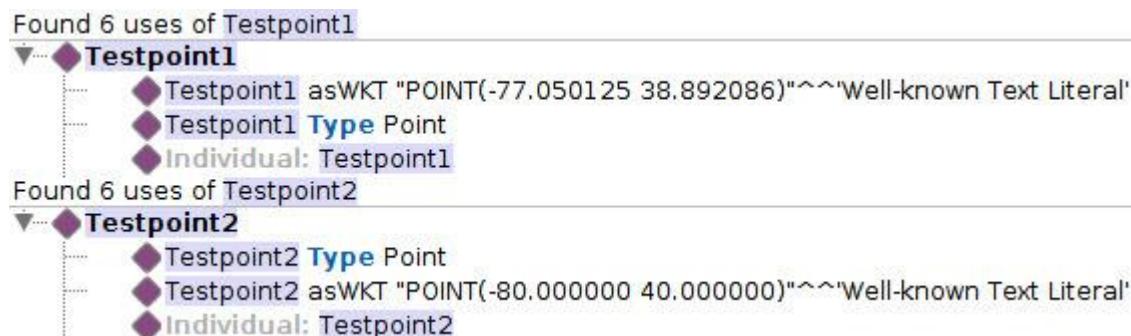
Εικόνα 13: Παράδειγμα γράφου προτεινόμενου αλγορίθμου

Τέλος, θα παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να θέσει ταυτόχρονα χρονικά και χιλιομετρικά όρια, περίπτωση στην οποία θα τρέχει παράλληλα ο αλγόριθμος τόσο με βάρη τον χρόνο όσο και την απόσταση και στο τέλος θα λαμβάνει χώρα μια επικύρωση των διαδρομών που ικανοποιούν και τις δύο συνθήκες και οι οποίες θα επιστρέφονται ως προτεινόμενες εναλλακτικές διαδρομές. Η διαδικασία της επικύρωσης που ικανοποιούν αμφότερες τις συνθήκες θα πραγματοποιείται με χρήση κανόνων reasoning. Το συγκεκριμένο στάδιο αποτελεί το τρίτο και τελευταίο στάδιο φιλτραρίσματος που υποστηρίζει ο αλγόριθμος και πραγματοποιείται σε επίπεδο διαδρομών (Routes) που έχουν προκύψει ως αποτελέσματα του παραλλαγμένου DSP.

## 8 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

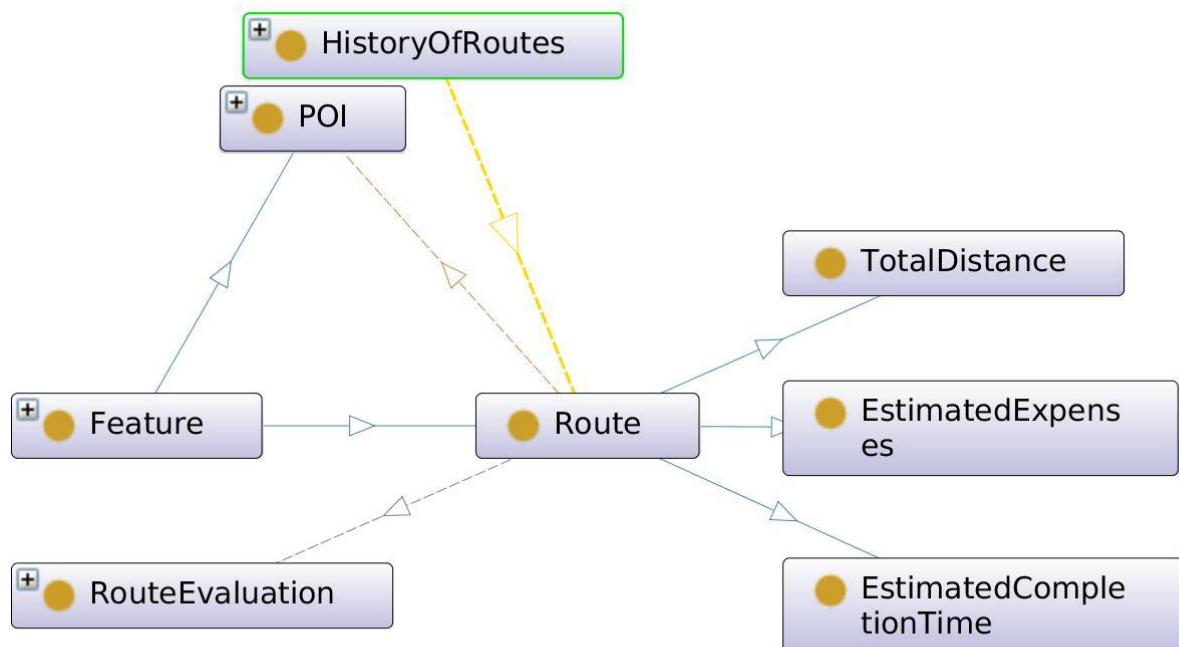
Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα προσομοίωσης βασισμένο σε ένα διάγραμμα ροής που καθιστά πιο εύκολα αντιληπτή τη ροή δεδομένων κατά τη λειτουργία του συστήματος με σκοπό να επικυρώσει κάποιες βασικές αρχές μοντελοποίησης της οντολογίας.

Αρχικά, ο χρήστης χρησιμοποιώντας τη διεπαφή που του παρέχεται στη συσκευή του, συμπληρώνει κάποιες πολύ βασικές πληροφορίες, όπως για παράδειγμα ότι επιθυμεί να μεταβεί από το σημείο "A" (Testpoint1) στο σημείο "B" (Testpoint2) έχοντας συγκεκριμένο διαθέσιμο χρόνο ταξιδιού (EstimatedCompletionTime) και όριο όσον αφορά τη συνολική απόσταση που είναι διατεθειμένος να διανύσει (TotalDistance).



Εικόνα 14: Δόμηση Στιγμιοτύπων των Σημείων Α και Β

Στην οντολογία εντάσσεται και μία ακόμη μεταβλητή που ενδεχομένως να ικανοποιηθεί σε μελλοντική έκδοση ειδάλλως θα αφαιρεθεί και πρόκειται για τα συνολικά κόστη που αφορούν τη διαδρομή, όπως εισιτήρια σε χώρους, έξοδα βενζίνης κ.ά. (EstimatedExpenses)



### Εικόνα 15: Ιεραρχία Βασισμένη στην κλάση Route

Παράλληλα με τις σύγχρονες απαιτήσεις του χρήστη για τη σχεδίαση της διαδρομής, το σύστημα ανακτά προσωπικές πληροφορίες του προφίλ του χρήστη οι οποίες έχουν συμπληρωθεί σε προγενέστερο χρόνο και σπανίως μεταβάλλονται, όπως φαίνεται στην εικόνα 16.

Found in	Entity	Match
Display name		
	<b>UserID12345</b>	<b>UserID12345</b>
ClassAssertion	UserID12345	<b>UserID12345 Type</b> UserProfile
DataPropertyAssertion	UserID12345	<b>UserID12345 UserhasAge</b> 22
	UserID12345	<b>UserID12345 hasCityOfResidency</b> "Thessaloniki"^^rdf:PlainLiteral
	UserID12345	<b>UserID12345 hasCountryOfOrigin</b> "Greece"^^rdf:PlainLiteral
	UserID12345	<b>UserID12345 hasEducation</b> "BSc. University"^^rdf:PlainLiteral
	UserID12345	<b>UserID12345 hasGender</b> "Male"^^rdf:PlainLiteral
	UserID12345	<b>UserID12345 hasInterest</b> "History"^^rdf:PlainLiteral
	UserID12345	<b>UserID12345 hasInterest</b> "Local recipies"^^rdf:PlainLiteral
	UserID12345	<b>UserID12345 hasInterest</b> "Watersports"^^rdf:PlainLiteral

### Εικόνα 16: Συσχετιζόμενες πληροφορίες με έναν χρήστη

Στη συνέχεια το σύστημα σαρώνει όλους τους οδικούς κόμβους της Εγνατίας οδού, οι οποίοι ενδεχομένως να δύνανται να εξυπηρετήσουν ως αφετηρία σε παράκαμψη για τη διαδρομή που θα δημιουργηθεί βάσει των απαιτήσεων του χρήστη και αποστέλνονται στη KB τα IDs αυτών των οδικών κόμβων. Το ερώτημα που ασκείται στη knowledge base βασίζεται τόσο στις συγκεκριμένες πληροφορίες που προαναφέρθηκαν όπως επίσης και σε όλα τα δεδομένα που εναποτίθενται αποθηκευμένα και περισυλλέχθηκαν μαζικά κατά την αρχική συμπλήρωση δεδομένων της βάσης όσον αφορά τα σημεία ενδιαφέροντος. Πιο συγκεκριμένα το ερώτημα επιστρέφει όλα τα σημεία ενδιαφέροντος τα οποία έχουν οριστεί κατά την προσθήκη δεδομένων στη KB ότι ανήκουν στον συγκεκριμένο κόμβο.

```
PREFIX : <https://exnilatis.gr/ontologies/#>
select ?POI
where{
  {
    ?POI :RoadConnectingJunction "a/a komvou egnatias odou"
  }
  UNION
  {
    ?POI :RoadConnectingJunction "15 komvou egnatias odou"
  }
}
```

Ακολουθεί η υπηρεσία του reasoning, η οποία είναι αρμόδια για να μειώσει δραματικά τα σημεία ενδιαφέροντος, βάσει ορίων χρόνου και απόστασης που έχει δηλώσει ο χρήστης, τυχουσών αναπηριών, ακατάλληλων καιρικών συνθηκών ή αν δεν δέχονται επισκέψεις βάσει προκαθορισμένου προγράμματος τη μέρα που ενδιαφέρεται ο χρήστης, δηλαδή είναι κλειστά προς το κοινό (δίνονται τέτοια παραδείγματα reasoning στο κεφάλαιο 6.2.2).

Έπειτα, εφαρμόζονται οι αλγόριθμοι εξατομίκευσης οι οποίοι βασίζονται σε πολλαπλούς πυλώνες συνάφειας με την ιδιοσυγκρασία του χρήστη και έχουν ως αποτέλεσμα τον περαιτέρω περιορισμό των σημείων ενδιαφέροντος σε μια βαθμονομημένη λίστα. Αρχικά, εκτελείται ένα ερώτημα το οποίο επιστρέφει όλα τα σημεία ενδιαφέροντος με τα IDs τους και έχει την εξής μορφή:

```

PREFIX : <https://exnilatis.gr/ontologies/#>
select ?POIName (str(?P) as ?POIID)
where {
    ?a :POIhasID ?P
    BIND(STRAFTER(str(?a), "#") AS ?POIName)
}

```

Το παραπάνω ερώτημα μεταφράζεται σε κλήση REST API, έχει την εξής μορφή και είναι διαθέσιμο για εκτέλεση σε ένα παράθυρο γραμμής εντολών:

```

curl -X GET --header 'Accept: application/json'
'http://160.40.52.169:7200/repositories/V104?query=PREFIX%20%3A%20%3Chttp%3A%
2F%2Fwww.semanticweb.org%2Fevangelos%2Fontologies%2F2019%2F2%2Funtitled-
ontology-
%22%3E%20%20%20select%20%3FPOIName%20(str(%3FP)%20as%20%3FPOIID)%20where%20%7B%
20%20%20%20%20%09%20%3Fa%20%3APOIhasID%20%3FP%20%20%20%20%20%20BIND(STRAFTER%
20(str(%3Fa)%2C%20%22%23%22)%20AS%20%3FPOIName)%20%7D'

```

Οι αλγόριθμοι προσωποποίησης και εξατομίκευσης στη συνέχεια επιλέγουν ποια σημεία ενδιαφέροντος χρειάζονται και ανακτάνε πληροφορίες από αυτά. Το ερώτημα που εκτελείται στη βάση και ανακτά όλες τις απαραίτητες πληροφορίες ενός σημείους ενδιαφέροντος (στο παράδειγμα αναφέρεται το σημείο ενδιαφέροντος με ID 45454) που τροφοδοτούν τους συγκεκριμένους αλγορίθμους με συμβολοσειρές εμφωλευμένες σε JSON μορφοποίηση έχει την παρακάτω μορφή:

```

PREFIX : <https://exnilatis.gr/ontologies/#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

SELECT ?property (str(?v) as ?value)
WHERE
{
    {
        ?poi :POIhasID 45454.
        ?poi ?p2 ?v2
        FILTER(?p2 in (rdf:type))
        BIND(STRAFTER(str(?p2), "#") AS ?property)
        BIND(STRAFTER(str(?v2), "#") AS ?v)
        FILTER(?v NOT IN ("Feature", "NamedIndividual"))
    }
    UNION
    {
        {
            ?poi :POIhasID 45454.
            ?poi ?p2 ?v
            filter(?p2 not in (rdf:type))
            filter isLiteral(?v)
        }
    UNION
        {
            ?poi :POIhasID 45454.
            ?poi ?prop2 ?v2.
            ?v2 ?p2 ?v
            filter isLiteral(?v)
        }
    BIND(STRAFTER(str(?p2), "#") AS ?property)
}

```

Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα JSON που προσδίδεται κατά τη κλήση ενός REST API και εμπεριέχει όλες τι πληροφορίες για ένα σημείο ενδιαφέροντος με ID έχει την παρακάτω μορφή:

```
{
  "head": {
    "vars": [
      "property",
      "value"
    ]
  },
  "results": {
    "bindings": [
      {
        "property": {
          "type": "literal",
          "value": "type"
        },
        "value": {
          "type": "literal",
          "value": "POI"
        }
      },
      {
        "property": {
          "type": "literal",
          "value": "type"
        },
        "value": {
          "type": "literal",
          "value": "NaturalEcoSitePOI"
        }
      },
      {
        "property": {
          "type": "literal",
          "value": "AccessInfrastructureForPeopleWithDisabilities"
        },
        "value": {
          "type": "literal",
          "value": "false"
        }
      },
      {
        "property": {
          "type": "literal",
          "value": "Address"
        },
        "value": {
          "type": "literal",
          "value": "Delfon 25"
        }
      },
      {
        "property": {
          "type": "literal",
          "value": "AvailableDigitalApps"
        },
        "value": {
          "type": "literal",
          "value": "false"
        }
      }
    ]
  }
}
```

```

        },
    },
    {
        "property": {
            "type": "literal",
            "value": "Details"
        },
        "value": {
            "type": "literal",
            "value": "Οικολογικό πάρκο μέσα στο δάσος που περιέχει το φράγμα
της Θέρμης"
        }
    },
    {
        "property": {
            "type": "literal",
            "value": "GroupVisits"
        },
        "value": {
            "type": "literal",
            "value": "true"
        }
    },
    {
        "property": {
            "type": "literal",
            "value": "POIhasID"
        },
        "value": {
            "type": "literal",
            "value": "45454"
        }
    },
    {
        "property": {
            "type": "literal",
            "value": "PhoneNumber"
        },
        "value": {
            "type": "literal",
            "value": "2310911911"
        }
    },
    {
        "property": {
            "type": "literal",
            "value": "PostalCode"
        },
        "value": {
            "type": "literal",
            "value": "54421"
        }
    },
    {
        "property": {
            "type": "literal",
            "value": "RoadConnectingJunction"
        },
        "value": {
            "type": "literal",
            "value": "15 komvou egnatias odou"
        }
    }
}

```

```

},
{
  "property": {
    "type": "literal",
    "value": "TimeOfFullVisit"
  },
  "value": {
    "type": "literal",
    "value": "1.0"
  }
},
{
  "property": {
    "type": "literal",
    "value": "URL"
  },
  "value": {
    "type": "literal",
    "value": "www.tioraiapoukilountanera.gr"
  }
},
{
  "property": {
    "type": "literal",
    "value": "hasAccomodationNear"
  },
  "value": {
    "type": "literal",
    "value": "false"
  }
},
{
  "property": {
    "type": "literal",
    "value": "hasCateringNear"
  },
  "value": {
    "type": "literal",
    "value": "false"
  }
},
{
  "property": {
    "type": "literal",
    "value": "hasPriceOfFullTicket"
  },
  "value": {
    "type": "literal",
    "value": "5.00"
  }
},
{
  "property": {
    "type": "literal",
    "value": "hasPriceofReducedTicket"
  },
  "value": {
    "type": "literal",
    "value": "2.50"
  }
}
},

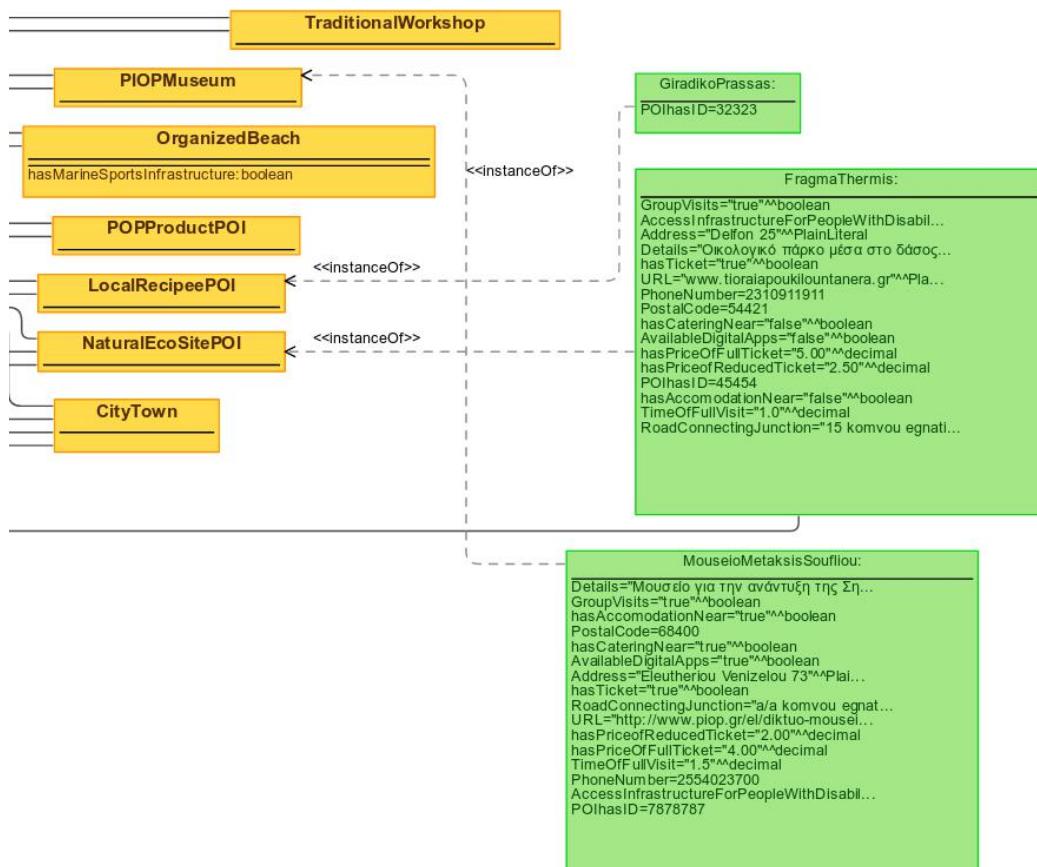
```

```
{  
    "property": {  
        "type": "literal",  
        "value": "hasTicket"  
    },  
    "value": {  
        "type": "literal",  
        "value": "true"  
    }  
},  
{  
    "property": {  
        "type": "literal",  
        "value": "belongsToMunicipality"  
    },  
    "value": {  
        "type": "literal",  
        "value": "Thermi"  
    }  
},  
{  
    "property": {  
        "type": "literal",  
        "value": "label"  
    },  
    "value": {  
        "type": "literal",  
        "value": "POI"  
    }  
},  
{  
    "property": {  
        "type": "literal",  
        "value": "asWKT"  
    },  
    "value": {  
        "type": "literal",  
        "value": "POINT(-77.050125 38.892086)"  
    }  
}  
]  
}
```

Η συγκεκριμένη κλήση του REST API, που παράγει το παραπάνω απόσμασμα δομημένου JSON έχει την ακόλουθη δομή και είναι διαθέσιμη για εκτέλεση:

```
%20%20%7B%3Fpoi%20%3APOIhasID%2045454.%20%20%20%20%20%09%3Fpoi%20%3Fp2%20%3Fv%  
20%20%20%20%20%09filter(%3Fp2%20not%20in%20(rdf%3Atype))%20%20%20%20%20%09filt  
er%20isLiteral(%3Fv)%20%20%20%20%20%09%7D%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20UNION%2  
0%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%7B%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%3Fpoi%20%3APOIhasID%20  
45454.%20%20%20%20%20%20%20%20%20%3Fpoi%20%3Fprop%20%3Fv2.%20%20%20%20%20%20%  
20%20%20%3Fv2%20%3Fp2%20%3Fv%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20filter%20isLiteral(%3Fv)  
%20%20%20%20%20%09%7D%20%20%20%20%20BIND (STRAFTER(str(%3Fp2)%2C%20%22%23%22)%2  
0AS%20%3Fproperty)%20%20%20%20%20%7D%20%7D'
```

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα γραφήματος ενός στιγμιότυπου ROI με όλη την πληροφορία που κατέχει παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα:



Εικόνα 17: Μερικός Γράφος Στιγμιοτύπων

Τέλος, ο σχεδιαστής διαδρομών, που εφαρμόζει τον παραλλαγμένο DSP που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 7, τροφοδοτεί εκ νέου τη KB, όπου και υφίστανται πλέον διαδικασίες reasoning σε επίπεδο διαδρομών αυτή τη φορά, η οποία με τη σειρά της τροφοδοτεί τη διεπαφή του χρήστη με πολλαπλές, εξατομικευμένες διαδρομές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαδικασίας reasoning σε επίπεδο διαδρομών δίνεται από το παρακάτω κομμάτι κώδικα σε SPARQL:

```
PREFIX : <https://exnilatis.gr/ontologies/#>
select ?dist
where{
    {
        ?route :EstimatedCompletionTime ?time
        FILTER (?time < 300)
    } UNION {
        ?route :TotalDistance ?dist
    }
}
```

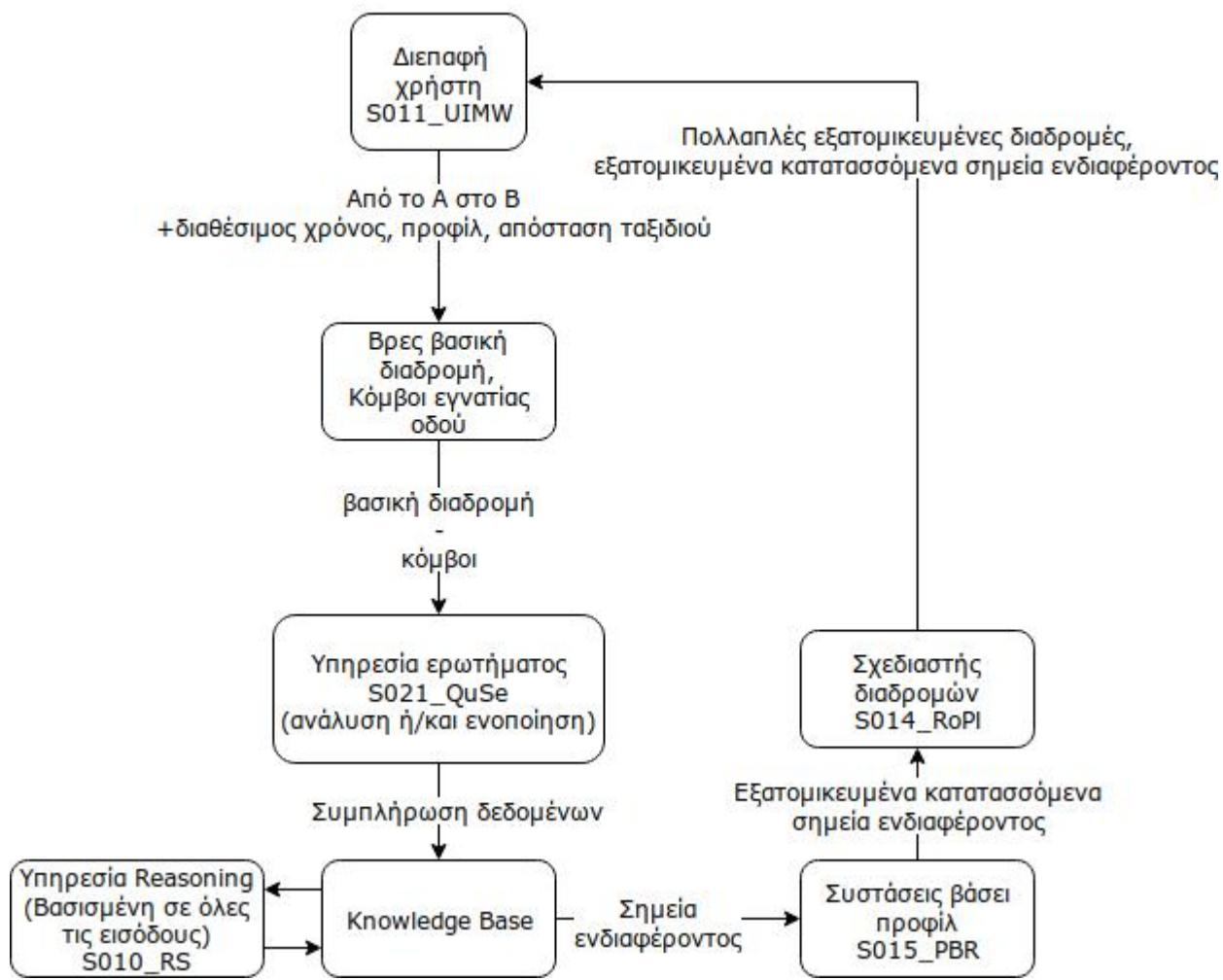
```

    FILTER (?dist < 2000)
}
}

```

To reasoning σε επίπεδο διαδρομών έχει να κάνει πλέον με την ικανοποίηση χρονικών και χιλιομετρικών ορίων που έχει ορίσει ο χρήστης κατά την εκκίνηση της διαδικασίας. Ένα υψηλού επιπέδου παράδειγμα ροής της πληροφορίας από την αρχή έως το πέρας της διαδικασίας απεικονίζεται στην εικόνα 18.

Παράδειγμα ροής από το A στο B



Εικόνα 18: Παράδειγμα Προσομοίωσης

## 9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία αναζήτησης και χειρισμού πληροφοριών μέσα σε ένα σύστημα κατανεμημένων πόρων όπως είναι αυτά των υπερμέσων (*hypermedia*) είναι ένα δύσκολο πρόβλημα και φαίνεται ότι οι τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού, όπως τα αποθετήρια με βάση την οντολογία (*ontology-principled repositories*), προσφέρουν μια βιώσιμη λύση (Alexakos et al., 2006). Κίνούμενοι προς αυτή την κατεύθυνση, παρείχαμε τις προδιαγραφές απαιτήσεων και την ανάλυση της τεχνολογίας αιχμής που σχετίζεται με την κατασκευή των δομών σημασιολογικής γνώσης που αναφέρονται στα σημασιολογικά μοντέλα και τις τεχνικές σημασιολογικού συσχετισμού για την δημιουργία διαδρομών.

Περιγράφηκε επίσης η τρέχουσα κατάσταση των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που κωδικοποιούν με δομημένο τρόπο το λεξιλόγιο και την ακριβή σημασιολογία των πληροφοριών που σχετίζονται με το περιβάλλον της εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Παρουσιάστηκε επίσης η προκαταρκτική έκδοση του πλαισίου reasoning για το συνδυασμό, την ολοκλήρωση και τη σημασιολογική ερμηνεία και εμπλουτισμό των γνώσεων που συλλέχθηκαν στη knowledge base. Το τρέχον μοντέλο του e-ΧΝΗΛΑΤΗ επικυρώνεται μέσω ενός παραδείγματος προσομοίωσης για να πετύχει τις απαιτήσεις μοντελοποίησης και να κατανοήσει καλύτερα τη δομή και το περιεχόμενο των εξόδων που παρέχει κάθε στοιχείο της γραμμής εργασίας του έργου.

Τα επόμενα βήματα περιλαμβάνουν περαιτέρω εμπλουτισμό και βελτιώσεις του οντολογικού πλαισίου σε τρεις κύριες κατευθύνσεις. Αρχικά, βελτίωση των ήδη ανεπτυγμένων μοντέλων και η παράσχεση και επικύρωση πρόσθετων οντολογικών κατασκευασμάτων για την καλύτερη καταγραφή της πλουσιότερης γνώσης του σχετικού πληθυσμού της knowledge base με δεδομένα, με βάση την πλουσιότερη απόδοση που θα παρέχουν οι διάφορες ενότητες προς το πρώτο πρωτότυπο. Το μοντέλο θα εμπλουτιστεί επίσης με πρόσθετες ιδιότητες μεταδεδομένων, όταν καταστεί σαφής η ακριβής έξοδος των επί μέρους αναλύσεων των διαφορετικών τμημάτων του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Δεύτερον, η ενίσχυση των δυνατοτήτων reasoning που θα αντιμετωπίσουν πιο σύνθετες ερμηνευτικές πτυχές με: (i) τον εμπλουτισμό της υποστηριζόμενης σημασιολογίας τόσο σε ορολογικό επίπεδο, καθορίζοντας πρόσθετα αξιώματα κλάσεων και ιδιοτήτων, και σε επίπεδο βεβαίωσης με την ενσωμάτωση κανόνων συμπερασμάτων (*inference rules*), (ii) με τη διαχείριση ατελών πληροφοριών (π.χ. ελλείψεις ή αβέβαιες εισροές στο σύστημα). Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί επίσης στη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της κλασικής ανάλυσης για την αποσαφήνιση των οντοτήτων. Τέλος, θα υλοποιηθούν αποδοτικοί μηχανισμοί αναζήτησης, προκειμένου να υπάρξει μια έξυπνη διεπαφή ερωτήματος για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων αναζήτησης των χρηστών.

## 10 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- F. Baader, D. Calvanese, D. L. McGuinness, D. Nardi, and P. F. Patel-Schneider, The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. Cambridge University Press, 2003.
- I. Horrocks and P. Patel-Schneider, “Reducing OWL entailment to description logic satisfiability,” in Web Semantics, 2004, vol. 1, no. 4, pp. 345-357.
- H. Boley, A. Paschke, and O. Shafiq, “RuleML 1.0: The overarching specification of web rules,” in Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2010, vol. 6403 LNCS, pp. 162-178.
- I. Horrocks, P. F. Patel-schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosof, and M. Dean, “SWRL : A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML,” W3C Memb. Submiss. 21, 2004.
- H. Knublauch, J. A. Hendler, and K. Idehen, “SPIN - Overview and Motivation W3C: Member Submission 22 February 2011,” 22 February 2011, 2011. .
- Boneva, I., & Prud'hommeaux, E. (2015). Core SHACL Semantics (W3C Editor's Draft). W3C.
- Battle R., Kolas D. (2011). Linking geospatial data with GeoSPARQL. Semant Web J Interoperability, Usability, Appl. Accessed 24 (2011).
- Open Geospatial Consortium Inc. (2010). OpenGIS Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture, [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=25355](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25355)
- M. Egenhofer.A Formal Definition of Binary Topological Re-lationships. Third International Conference on Foundations of Data Organization and Algorithms (FODO), Paris, France, W.Litwin and H. Schek (eds.), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 367, Springer-Verlag, pp. 457-472, 1989
- W3C (2017). Time Ontology in OWL, <https://www.w3.org/TR/owl-time/>
- Towards a general theory of action and time. Artificial Intelligence 23, pp. 123-154.. J.F. Allen.1984. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/0004-3702%2884%2990008-0>
- Actions and events in interval temporal logic In: Spatial and Temporal Reasoning. O. Stock, ed., Kluwer, Dordrecht, Netherlands, pp. 205-245. J.F. Allen; G. Ferguson.1997. URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-0-585-28322-7\\_7](http://dx.doi.org/10.1007/978-0-585-28322-7_7)
- Annarita Orsini et Alessio Innocenti, « Semantic Web, ontologies and GIS for the cultural routes », Netcom [En ligne], 32-3/4 | 2018, mis en ligne le 11 janvier 2019, consulté le 22 juillet 2019. URL: <http://journals.openedition.org/netcom/3458> ; DOI : 10.4000/netcom.3458
- Niaraki, A. S., & Kim, K. (2009). Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach. Expert Systems with Applications, 36(2), 2250-2259.

- Codescu, M., Vale, D. C., Kutz, O., & Mossakowski, T. (2012). Ontology-based Route Planning for OpenStreetMap. In Terra Cognita@ ISWC (pp. 62-73).
- Musen, M.A. [The Protégé project: A look back and a look forward](#). AI Matters. Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence, 1(4), June 2015.
- Digitization Program Office (2018). Smithsonian 3D Metadata Model, Smithsonian Institution, available at: <https://dpo.si.edu/blog/smithsonian-3d-metadata-model>
- Boeykens S., Bogani E. (2008). Metadata for 3D Models How to search in 3D Model repositories? ICERI 2008 Proceedings.
- Alexakos C., Vassiliadis B., Votis K., Likothanassis S. (2006). A Multilayer Ontology Scheme for Integrated Searching in Distributed Hypermedia, Studies in Computational Intelligence, 14, pp. 75-83.