



e-ΧΝΗΛΑΤΗΣ

εξυπνη ΧωροχροΝική ολοκλήρωση περιβαλλοντικών πολιτιστικών και
τουριστικών διαδρομών περιήγΗΣης
«ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»

Π2.2.2

Σημασιολογικά μοντέλα και τεχνικές σημασιολογικού συσχετισμού για την δημιουργία διαδρομών

Επίπεδο διάδοσης:	Δημόσιο
Ημερομηνία παράδοσης σύμφωνα με το έργο:	Μήνας 45, 05/05/2022
Πραγματική ημερομηνία παράδοσης:	Μήνας 45, 05/05/2022
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
Είδος:	Έκθεση + Λογισμικό
Κατάσταση έγκρισης:	Εγκεκριμένο
Έκδοση:	1.0

Αριθμός σελίδων:	61
Όνομα αρχείου:	Π2.2.2_v1.0_final.pdf

Περίληψη

Το παρόν παραδοτέο τεκμηριώνει την τελική έκδοση των σημασιολογικών μοντέλων για τη χαρτογράφηση των εννοιολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και είναι σχετικές με την οντολογία του έργου. Επιπρόσθετα, περιγράφει τη λειτουργικότητα της τελικής έκδοσης των τεχνικών σημασιολογικής ενσωμάτωσης και συλλογιστικής. Αρχικά, αναλύονται οι σκοποί, το εύρος εφαρμογής, οι χρήστες που στοχεύουμε και οι απαιτήσεις των οντολογιών που προσδιορίστηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του έργου. Οι προδιαγραφές αυτές καθοδηγήθηκαν από τις τελικές απαιτήσεις που προσδιορίστηκαν για τα επιμέρους σενάρια, όπως επίσης και από τις τελικές εξαρτήσεις που προέκυψαν από την αλληλεπίδραση με τις υπόλοιπες υπηρεσίες του συστήματος. Εν συνεχεία, επανεξετάστηκε η σχετική βιβλιογραφία καλύπτοντας τις τεχνολογίες αιχμής στις γλώσσες για την αναπαράσταση γνώσης και στις προϋπάρχουσες οντολογίες που καλύπτουν εν μέρει κάποιες απαιτήσεις του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Επιπλέον, παρουσιάζεται η τελική μορφή των οντολογιών του έργου, αναλύοντας τις βασικές πτυχές εννοιών και ιδιοτήτων. Τέλος, αναλύονται όλες οι εκφάνσεις του πλαισίου συλλογιστικής οι οποίες υλοποιήθηκαν για να εξυπηρετήσουν τις εξειδικευμένες ανάγκες στο έργο.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΠΑ & ΤΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ Παιδείας,
Ερευνας και Θρησκευμάτων



ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΥΔΕ
ΕΛΟΚ



ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ
2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ιστορικό

Έκδοση	Ημερομηνία	Αιτιολογία	Αναθεωρήθηκε από	Εγκρίθηκε από
0.0	04/02/2022	Πίνακας Περιεχομένων	MKLab	MKLab
0.2	27/02/2022	Ανανεωμένες απαιτήσεις και ανανέωση ερωτήσεων επάρκειας	MKLab	MKLab
0.3	20/03/2022	Ανανέωση τεχνολογιών αιχμής	MKLab	MKLab
0.7	04/04/2022	Κυκλοφορία πρώτης έκδοσης για σχόλια	MKLab	MKLab
0.9	01/05/2022	Εσωτερική αναθεώρηση	MKLab	MKLab
1.0	05/05/2022	Ετοιμασία τελικής έκδοσης	MKLab	MKLab

Λίστα συγγραφέων

Οργανισμός	Όνομα	Στοιχεία επικοινωνίας
ΕΚΕΤΑ	Ευάγγελος Σταθόπουλος	estathop@iti.gr
ΕΚΕΤΑ	Αλέξανδρος Κοκκάλας	akokkalas@iti.gr
ΕΚΕΤΑ	Ιωάννης Κομπατσιάρης	ikom@iti.gr

Περίληψη κυριότερων σημείων

Το παρόν έγγραφο περιέχει πληροφορίες και αναλύσεις γύρω από τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν και ολοκληρώθηκαν στο πλαίσιο των υποενοτήτων εργασίας ΥΕ2.2 και ΥΕ2.3 του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Εργασίες σχετικές με την οριστικοποίηση των οντολογικών μοντέλων, τη συνολική διαχείριση και αναπαράσταση γνώσης, την τελική αντιστοίχιση περιεχομένου σε σημασιολογικές οντότητες, καθώς και το τελικό πλαίσιο συλλογιστικής που υλοποιήθηκε.

Αρχικά, παρουσιάζονται οι πιο επικρατούσες μεθοδολογίες εξόρυξης και μοντελοποίησης απαιτήσεων οντολογιών καθώς και τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκε η καταλληλότερη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται οι τελικές τεχνικές απαιτήσεις σχετικές με τις τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού, όπως εμαιεύθηκαν από το γκρουπ των χρηστών. Παράλληλα, περιέχεται και το ανανεωμένο και τελικό επίσημο έγγραφο προδιαγραφών απαιτήσεων οντολογίας (ORSD) του έργου. Εν συνεχεία, για την καλύτερη κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων, ακολουθεί μια ανανεωμένη μελέτη για τις σχετικές τεχνολογίες αιχμής, τόσο σε επίπεδο επίσημης γλώσσας αναπαράστασης όσο και σε συναφείς οντολογίες και παρόμοιες εργασίες για το σημασιολογικό σχεδιασμό διαδρομών.

Επιπλέον, το εν λόγω παραδοτέο αναλύει το τελικό περιεχόμενο των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που προέκυψε με βάση την τελική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και τις απαιτήσεις κι εξαρτήσεις που κατέληξαν από τις αλληλεπιδράσεις με τις υπόλοιπες υποενοότητες εργασίας όπου εντοπίστηκαν οι στόχοι, η εμβέλεια, οι σκοποί χρήσης, καθώς και σε ποιους τελικούς χρήστες αποσκοπεί η πλατφόρμα. Η μοντελοποίηση οντοτήτων στα πλαίσια του έργου περιλαμβάνει διάφορες έννοιες βασισμένες σε άλλα μόντουλα του συστήματος, όπως επίσης και χρήσιμα μεταδεδομένα. Έτσι, η πολυτροπικότητα και ο πλουραλισμός της πληροφορίας ενοποιείται και ομογενοποιείται σχηματίζοντας τον γνωσιακό γράφο του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, συλλαμβάνοντας και δια-συνδέοντας με σημασιολογικό τρόπο αντικείμενα κατά τα άλλα ασύνδετα μεταξύ τους.

Επιπρόσθετα, αναλύεται η τελική έκδοση του πλαισίου συλλογιστικής, ο σκοπός του οποίου είναι να εμπλουτίσει την υποστηριζόμενη σημασιολογία σε επίπεδο λεξιλογίου, αλλά και να εκμεταλλευτεί δυναμικά την παραγόμενη γνώση προς τη δημιουργία εναλλακτικών διαδρομών.

Τέλος, οι εργασίες που περικλείονται σε αυτό το παραδοτέο αφορούν τις τελικές εκδόσεις των σημασιολογικών μοντέλων και του πλαισίου συλλογιστικής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, χωρίς όμως αυτό ωστόσο να σηματοδοτεί ότι τα συστήματα αυτά δεν επιδέχονται περαιτέρω επέκτασης. Ωστόσο, η αναπαράσταση γνώσης είναι αρκετά εξελιγμένη καθώς και οι προηγμένες τεχνικές συλλογιστικής κι ερμηνείας θεωρούνται ότι βρίσκονται σε πολύ προχωρημένο επίπεδο, ικανά να καλύπτουν εξ' ολοκλήρου όλες τις ανάγκες του έργου.

Συντομογραφίες και ακρωνύμια

EE	Ενότητα Εργασίας
YEE	Υπο-ενότητα Εργασίας
MKLab	Multimedia Knowledge and Social Media Analytics Laboratory
ORSD	Ontology Requirements Specification Document
OWL	Web Ontology Language
SPIN	SPARQL Inferencing Notation
SHACL	Shapes Constraint Language
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
POI	Point of Interest
Π	Παραδοτέο
2Δ-3Δ	Δισδιάστατος-Τρισδιάστατος
W3C	World Wide Web Consortium
RDF	Resource Description Framework
API	Application Programming Interface
UML	Unified Modeling Language
OGC	Open Geospatial Consortium
WKT	Well Known Text
GML	Geography Markup Language
OSM	OpenStreetMap
SSL	Secure Sockets Layer

Πίνακας περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ	11
2.1	United Process for Ontologies	11
2.2	On-To-Knowledge	12
2.3	Methontology	12
2.4	Ontology Development 101	13
2.5	Μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογιών του e-χνηλατη	14
3	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ & ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ	16
4	ΑΝΑΝΕΩΜΕΝΟ ΕΓΓΡΑΦΟ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ (ORSD)	18
4.1	Σκοπός	18
4.2	Πεδίο Εφαρμογής	18
4.3	Επίσημη Γλώσσα Εφαρμογής	19
4.4	Τελικοί Χρήστες	19
4.5	Απαιτήσεις Οντολογίας	19
4.5.1	Μη λειτουργικές Απαιτήσεις	19
4.5.2	Λειτουργικές Απαιτήσεις	19
5	ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ	23
5.1	Web Ontology Language (OWL) 1 & 2	23
5.1.1	Συλλογιστική περιγραφικής λογικής	24
5.1.2	Προτυποποιημένες γλώσσες κανόνων	24
5.1.2.1	Semantic Web Rule Language	25
5.1.2.2	Πρότυπο SPIN	25
5.1.2.3	Πρότυπο SHACL	25
5.2	Σχετικές οντολογίες με e-χνηλατη	25
5.2.1	CIDOC CRM	26
5.2.2	CSDGM Standard	26
5.2.3	OWL-Time	26

5.2.4 GeoSPARQL	27
5.2.5 LODE	28
5.3 Σημασιολογικός σχεδιασμός διαδρομών	28
6 ΤΕΛΙΚΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΟΥ Ε-ΧΝΗΛΑΤΗ	30
6.1 Σημείο ενδιαφέροντος (POI)	30
6.2 Εκδήλωση/Γεγονός (Event)	32
6.3 Χρονικό Αντικείμενο (Time)	32
6.4 Χωρικό Αντικείμενο (SpatialObject)	33
6.5 Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)	34
6.6 Ιδιότητες Δεδομένων (Datatype Properties)	38
6.7 Προσθήκη δεδομένων στη γνωσιακή βάση	42
7 ΤΕΛΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ	43
7.1 Αρχιτεκτονική και ενσωμάτωση υπηρεσιών συλλογιστικής	43
7.2 Διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών και συλλογιστική	44
/hi	46
/linkapivms	46
/addpoisfromfile	46
/addinterchanges	46
/addpoisfromfilev2	47
/addpoisfromfilev3	47
/sync	47
/getallids	48
/getid/:id	48
/getids/:ids	48
/getpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea	48
/getdtldpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea	50
/getdtldpoisplain/:interch/:time/:dist/:amea	50
/getdtldpoisplain/:interch/:time/:dist/:amea/:start/:dest	50
/getdtldpoisbyints/:interch/:time/:dist/:amea	50
/reduceontime/:time/:amea/:listofids	50
/reduceontime/:time/:amea/:listofids/:timemod	51
8 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ	52
9 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	54

10	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
11	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	60

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενότητα εργασίας 2 είναι υπεύθυνη ώστε να υποστηρίξει και να προσφέρει το βασικό πλαίσιο για την κωδικοποίηση των πληροφοριών, την ενσωμάτωση τους και περαιτέρω τη σημασιολογική διαχείριση τους σε όλα τα πεδία εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Στο παρόν παραδοτέο Π2.2.2 παρουσιάζονται οι σημασιολογικές δομές βασισμένες σε γνώση, καθώς και τα αντίστοιχα λεξιλόγια και οι ταξινομίες που απαρτίζουν τα οντολογικά μοντέλα με απώτερο σκοπό την περιγραφή μιας δομής ικανής να υποστηρίξει τα δεδομένα σημασιολογικά.

Σε σύγκριση με το προηγούμενο παραδοτέο Π2.2.1 κι έπειτα από εξονυχιστική αλληλεπίδραση με τους χρήστες και την ανάλυση των αναγκών τους, κρίθηκε ότι τα βασικά στοιχεία που τα σημασιολογικά μοντέλα καλούνται να εξυπηρετήσουν αφορούν κυρίως τα σημεία ενδιαφέροντος, τα μεταδεδομένα που περιέχουν, καθώς και πως μπορούν οι τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού να συνεισφέρουν στη δημιουργία εναλλακτικών διαδρομών με αυτές τις πληροφορίες. Λόγω αυτού κρίθηκε αναγκαία και η μοντελοποίηση χωροχρονικών συσχετίσεων μεταξύ γεγονότων και συμβάντων. Για τη σμικροποίηση και την απλούστευση των μοντέλων, έπειτα από συνεννόηση με το γκρουπ χρηστών, κρίθηκε σκόπιμο οι σημασιολογικές τεχνολογίες να μην υποστηρίζουν πλέον στην τελική έκδοση τα 2Δ και 3Δ αντικείμενα επαυξημένης πραγματικότητας, όπως επίσης και τις πληροφορίες ανάδρασης και προφίλ που παρέχει ο χρήστης στο σύστημα. Η διαχείριση πληροφοριών και οι αλγόριθμοι αυτών μεταφέρθηκαν σε άλλα υποσυστήματα και βάσεις του e-ΧΝΗΛΑΤΗ όπου αναλύονται στα παραδοτέα Π2.3.2 και Π2.4.2.

Μερικοί από τους βασικούς στόχους της υιοθέτησης των τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού αποτέλεσαν η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα και ο ενδεχόμενος διαμοιρασμός. Σε αυτό το πνεύμα, στο Π2.2.2 περιγράφονται τεχνικές που επαναχρησιμοποιούνται και επεκτείνονται προϋπάρχοντα πρότυπα και στάνταρ όπως για παράδειγμα στον ορισμό του λεξιλογίου για τον σχολιασμό των σημείων ενδιαφέροντος ή για τη συσχέτιση λεξιλογίων με τις οντότητες που παράγονται. Η επίσημη γλώσσα περιγραφής των λεξιλογίων μεταδεδομένων που επιλέχθηκε για τον ορισμό αυτών είναι η Web Ontology Language (OWL 2 [1]). Πρόκειται για ένα επίσημο πρότυπο από το World Wide Web Consortium (W3C) για τον καθορισμό και την εξασφάλιση διαλειτουργικότητας οντολογιών.

Οι οντολογίες ακολουθούν συνήθως μοτίβα γράφων ως προς τον σχεδιασμό τους και η ενσωμάτωση τους σε ένα γνωσιακό γράφο αποτελεί το πρώτο στάδιο της σημασιολογικής ενοποίησης. Αυτό που απομένει είναι ο εμπλουτισμός του γνωσιακού γράφου σε μια γνωσιακή βάση ώστε να συνδεθούν τα δεδομένα που έρχονται σε εμπλουτισμένες δομές με τις οντολογίες και να αποκτήσουν σημασιολογική υπόσταση που καθιστά εφικτή τη διαχείριση γνώσης και την εφαρμογή πλαισίου συλλογιστικής και συμπερασμού. Ο πληθυσμός των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ λαμβάνει χώρα με αυτοματοποιημένες διαδικασίες όπου γίνεται η αντιστοίχιση των πληροφοριών που εισρέουν από άλλα υποσυστήματα και βάσεις του έργου στη γνωσιακή βάση. Αυτές οι διαδικασίες περιγράφονται εκτενώς στο Π2.2.2, σε αλγοριθμικό επίπεδο και σε επίπεδο διεπαφών εφαρμογών προγραμματισμού (APIs). Επιτυγχάνεται έτσι η δομική και σημασιολογική αντιστοίχιση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών σχημάτων και δομών δεδομένων και

λεξιλογίων, δημιουργώντας αλληλένδετες και αλληλοεξαρτώμενες μοναδικές δομές γνώσης βασισμένες στο Resource Description Framework (RDF [2]). Για παράδειγμα, τα δεδομένα από τους ανιχνευτές ιστού με πληροφορίες για ένα σημείο ενδιαφέροντος και οι γεωχωρικές πληροφορίες δια-συνδέονται στο Π2.2.2 ώστε να δημιουργηθεί ένας ενιαίος και ομογενοποιημένος γνωσιακός γράφος μεταδεδομένων.

Επιπρόσθετα, το παρόν έγγραφο περικλείει το τελικό στάδιο συλλογιστικής, του οποίου στόχος είναι να εξυπηρετήσει τις απαιτήσεις συλλογιστικής κατά το Π2.2.2, είτε υπό μορφή κανόνων συμπερασμού είτε υπό μορφή αξιωμάτων βασισμένων σε οντολογίες όπως σύνθετες περιγραφές αξιωμάτων ιδιοτήτων. Οι τεχνικές συλλογιστικής βοηθούν στην εξαγωγή ερμηνειών βασισμένες σε γνώση, υπερβαίνοντας τα εισερχόμενα δεδομένα προς τον εμπλουτισμό του γνωσιακού γράφου. Με αυτόν τον τρόπο, επαυξάνονται οι δυνατότητες του υποσυστήματος όπου αντί για απλή ευρετηριακή αναζήτηση βασισμένη σε λέξεις κλειδιά μπορεί πλέον να διαχειριστεί γνώση βασισμένη σε σημασιολογικές σχέσεις βελτιώνοντας την τελική εμπειρία των χρηστών. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη και οι περιπτώσεις όπου οι πληροφορίες είναι μερικές ή ατελείς ή θορυβώδεις και υπάρχει αντίστοιχη αντιμετώπιση.

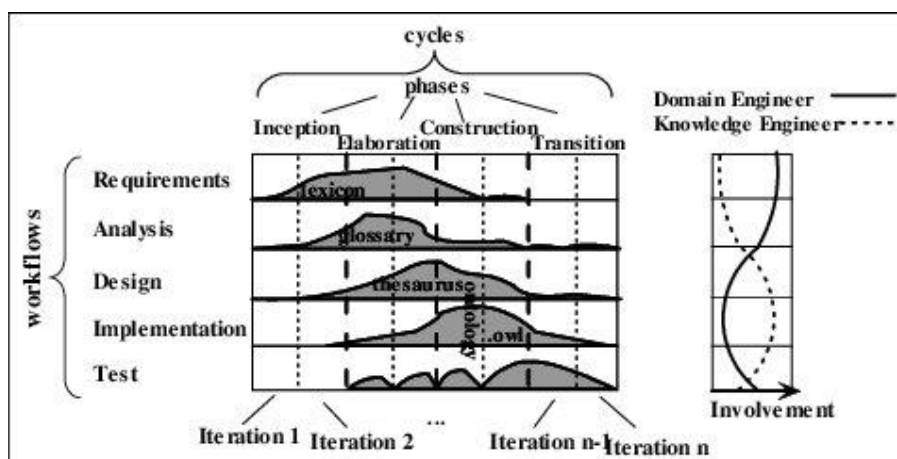
Το υπόλοιπο του παραδοτέου δομείται ως εξής: Η ενότητα 2 παρέχει πληροφορίες για τις μεθοδολογίες δημιουργίας οντολογιών και παραθέτονται οι λόγοι καθώς και η τελική επιλογή μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στο έργο. Η ενότητα 3 απαριθμεί και περιγράφει τις σχετικές απαιτήσεις χρηστών με τα σημασιολογικά μοντέλα και το πλαίσιο συλλογιστικής. Η ενότητα 4 παρουσιάζει το ανανεωμένο και τελικό έγγραφο προδιαγραφών απαιτήσεων οντολογίας (ORSD [3]) όπως προέκυψε από την αλληλεπίδραση με το γκρουπ χρηστών. Η ενότητα 5 εξετάσει υπό νέο πρίσμα τη σχετική βιβλιογραφία αιχμής με τις οντολογίες και τις τεχνικές συλλογιστικής. Η ενότητα 6 αναλύει την τελική έκδοση των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, όπως καθοδηγήθηκαν από το ORSD του κεφαλαίου 4 και με την υιοθέτηση των τεχνολογιών αιχμής του κεφαλαίου 5. Στο κεφάλαιο 7 αναλύονται οι κανόνες συλλογιστικής που κατασκευάστηκαν υπό μορφή ερωτημάτων στο γνωσιακό γράφο και πώς αυτά ενσωματώθηκαν σε APIs για την παροχή γνώσης σε άλλα υποσυστήματα. Στο κεφάλαιο 8 αναλύεται η τελική έκδοση του αλγόριθμου δρομολόγησης όπως προέκυψε ύστερα από αλληπαλλήλες δοκιμές και αξιολογήσεις από τους πιλότους. Η ενότητα 9 παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού εφαρμόζονται και ενισχύουν το αποτέλεσμα σε μια ευρεία γκάμα παραδειγμάτων για λόγους επικύρωσης προσομοίωσης, ενώ η ενότητα 10 εξετάζει τα αποτελέσματα και παραθέτει τα συμπεράσματα. Τέλος, το έγγραφο ολοκληρώνεται με την απαραίτητη βιβλιογραφία για τη στελέχωση του παραδοτέου στο κεφάλαιο 11.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Προσφέρεται πληθώρα μεθοδολογιών ανάπτυξης και διαμόρφωσης οντολογιών οι οποίες πρόκειται για εξακολουθητικές διαδικασίες με σκοπό την διαρκή εξυπηρέτηση απαιτήσεων καθώς εξελίσσονται και αυξάνονται. Ως επακόλουθο, αυτός ο πλουραλισμός μπορεί να εξυπηρετήσει το κάθε ένα ξεχωριστό πεδίο εφαρμογής οντολογιών ανάλογα με τις απαιτήσεις που καλούνται να καλύψουν κάθε φορά. Με το σκεπτικό ότι δεν υπάρχει μία μοναδική σωστή προσέγγιση για κάθε ξεχωριστό πρόβλημα, καθιστώντας τις υπόλοιπες εσφαλμένες, παρουσιάζονται οι πιο επικρατούσες προσεγγίσεις μηχανικής οντολογιών στο υπόλοιπο κεφάλαιο.

2.1 United Process for Ontologies

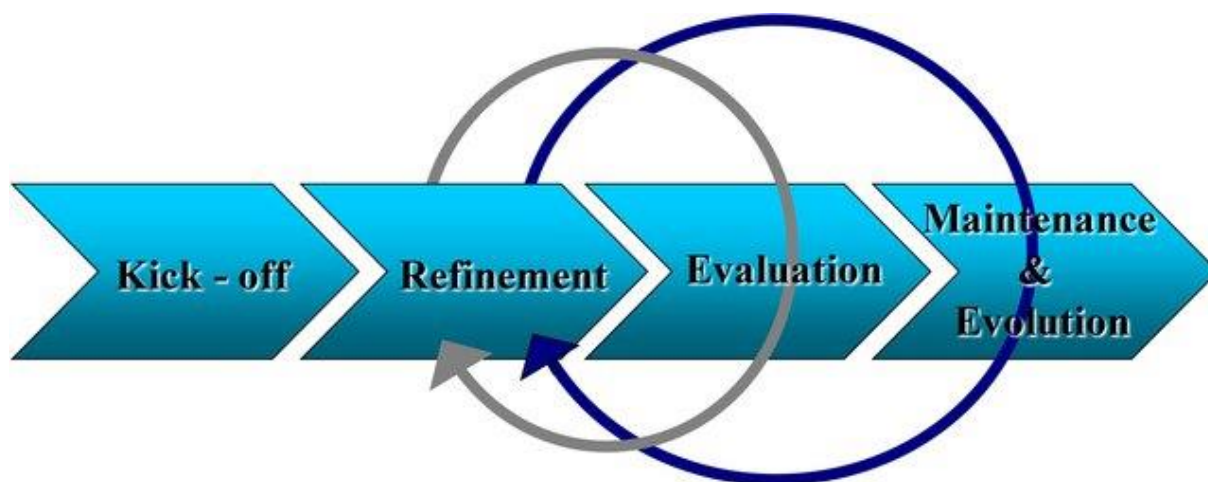
Η “United Process for Ontologies” (UPON [4]) είναι μια διαδικασία που συνδυάζει τη Unified Modeling Language (UML) και τη Unified Process (UP). Εμπεριέχει πολλαπλά στάδια ως μεθοδολογία για την κατασκευή οντολογιών όπου πηγάζουν από τα χαρακτηριστικά τόσο της UML όσο και της UP. Το γεγονός που την καθιστά ξεχωριστή από τον ανταγωνισμό είναι που βασίζεται σε περιπτώσεις χρήσης και είναι επαναληπτικής φύσεως. Βασίζεται σε περιπτώσεις χρήσης αφού στοχεύει στην κατασκευή οντολογιών με σκοπό την εξυπηρέτηση πάσης φύσεως χρηστών. Οι αλληλεπιδράσεις με τους χρήστες καθοδηγούν την διερεύνηση όλων των πτυχών της οντολογίας. Η επαναληψιμότητα στα στάδια συναντάται διότι επικεντρώνεται σε διαφορετικά μέρη της οντολογίας κατά την ανάπτυξη σε κάθε επανάληψη καθώς τα μοντέλα επεκτείνονται κι αποκτούν λεπτομέρεια και σαφήνεια. Στην UPON συναντώνται κύκλοι, φάσεις, επαναλήψεις και ροές εργασίας. Ένας κύκλος αποτελείται από τις εξής 4 φάσεις: έναρξη, επεξεργασία, κατασκευή και μετάβαση. Το πέρας ενός κύκλου καταλήγει στην κατασκευή της επόμενης έκδοσης της οντολογίας. Μία φάση υποδιαιρείται σε πολλαπλές επαναλήψεις, όπου κατά τη διάρκεια μιας επανάληψης συμβαίνουν οι εξής 5 ροές εργασίας: απαιτήσεις, ανάλυση, σχεδιασμός, υλοποίηση και δοκιμή/αξιολόγηση.



Εικόνα 1: Το πλαίσιο UPON

2.2 On-To-Knowledge

Η μεθοδολογία “On-To-Knowledge” (ΟΤΚ [5]) προσανατολίζεται στη διαχείριση περιεχομένων γνώσης κυρίως αντί να προσδιορίζει στοιχεία γνώσης σε διάφορα επίπεδα τυπικότητας. Το γεγονός αυτό επιτυγχάνεται με την παροχή διαφόρων τύπων μεταδεδομένων που συνδέονται με οντολογίες σε εννοιολογική διασύνδεση. Τα γνωστικά αντικείμενα συσσωματώνονται σε γνωστικές διαδικασίες, οι οποίες με τη σειρά τους υποστηρίζονται από ένα σύνολο εργαλείων που βασίζονται σε οντολογίες. Για τον χειρισμό της διαδικασίας εμπλουτισμού γνώσης, εισήχθη μια επιπλέον μεταδιεργασία που δίνει έμφαση στη διαμόρφωση και τη διατήρηση της οντολογίας κατά την εισαγωγή συστημάτων διαχείρισης γνώσης.



Εικόνα 2: Η μεθοδολογία On-To-Knowledge

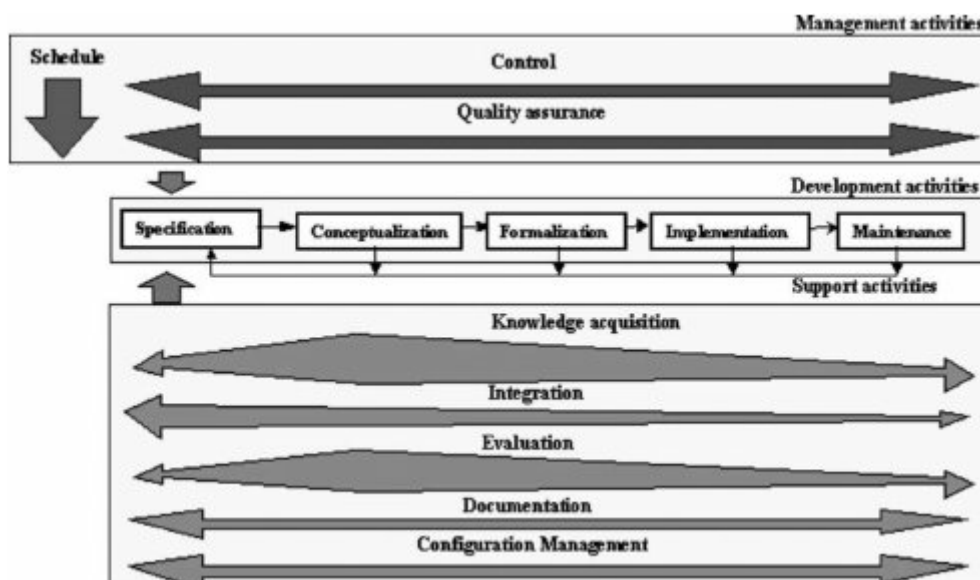
2.3 Methontology

Η “Methontology” [6] μεθοδολογία απαρτίζεται από 6 συγκεκριμένα στάδια. Το πρώτο στάδιο του προσδιορισμού είναι υπεύθυνο ώστε να δημιουργηθεί είτε ένα άτυπο, ημι-επίσημο ή επίσημο έγγραφο προδιαγραφών οντολογίας γραμμένο σε φυσική γλώσσα. Αυτό συμβαίνει με τη χρήση μιας σειράς ενδιάμεσων αναπαραστάσεων ή με τη χρήση ερωτήσεων επάρκειας αντίστοιχα. Το δεύτερο στάδιο της απόκτησης γνώσης είναι μια ανεξάρτητη διαδικασία κατά την ανάπτυξη της οντολογίας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δε μπορεί να συμπίπτει χρονικά με άλλες διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα παράλληλα. Το τρίτο στάδιο της εννοιολογησης είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία της γνώσης του τομέα σε ένα ενιαίο ομογενοποιημένο εννοιολογικό μοντέλο που περιγράφει τόσο το πρόβλημα, όσο και τη λύση, με βάση το λεξιλόγιο του τομέα ή και τις ταξινομίες που προσδιορίζονται στη διαδικασία προδιαγραφών οντολογίας. Κατά το τέταρτο στάδιο της ενσωμάτωσης, διερευνάται η προοπτική επαναχρησιμοποίησης ορισμών και εννοιών που προϋπάρχουν ενσωματωμένες σε άλλες οντολογίες. Ακολουθεί το πέμπτο στάδιο της υλοποίησης της οντολογίας, όπου απαιτείται για λόγους ευχρηστίας η χρήση ενός εξειδικευμένου περιβάλλοντος φτιαγμένο για την ανάπτυξη οντολογικών μοντέλων και ιδιοτήτων, όπως το Protege¹ ή το topbraid². Στο

¹ <https://protege.stanford.edu>

² <https://www.topquadrant.com>

τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας, ακολουθεί κάποιο είδος αξιολόγησης και εκτίμησης των προηγούμενων 5 σταδίων που πρακτικά αποτυπώνεται στη διενέργεια τεχνικής κρίσεως των οντολογιών, του περιβάλλοντος λογισμικού και της τεκμηρίωσης τους σε σχέση με ένα αναφορικό πλαίσιο κατά τη διάρκεια κάθε σταδίου μεταξύ των σταδίων του κύκλου ζωής τους.



Εικόνα 3: Ο κύκλος ζωής της οντολογίας στη Methontology

2.4 Ontology Development 101

Η “Ontology Development 101” [7] μεθοδολογία απαρτίζεται από 3 συγκεκριμένες παραδοχές που εναποτίθενται στη φιλοσοφία εφαρμογής της:

- Υιοθετεί τη φιλοσοφία ότι δεν υπάρχει μια μοναδική προσέγγιση μοντελοποίησης σε έναν τομέα εφαρμογής κι ότι πάντα θα προσφέρονται ικανοποιητικές εναλλακτικές λύσεις
- Η δημιουργία και διαμόρφωση μιας οντολογίας είναι καθ' απαίτηση μια εξακολουθητική/επαναληπτική διαδικασία.
- Οι έννοιες που συμπεριλαμβάνονται στην οντολογία οφείλουν να βρίσκονται κοντά σε λογικά ή φυσικά αντικείμενα και σχέσεις στο πεδίο εφαρμογής. Είναι σύνηθες φαινόμενο να πρόκειται για ουσιαστικά (αντικείμενα) ή ρήματα (σχέσεις) σε προτάσεων που γνωστικά αναπαριστούν ένα πεδίο εφαρμογής.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία ακολουθεί τα εξής 7 βήματα κατ' επανάληψη:

1. Καθορίζεται το πεδίο εφαρμογής και η εμβέλεια/εύρος της οντολογίας.
2. Έπειτα από έρευνα τεχνολογιών αιχμής προτείνεται η επαναχρησιμοποίηση προϋπάρχουσων οντολογιών, είτε μερικώς είτε ολικώς.
3. Γίνεται εντοπισμός και απαρίθμηση των σημαντικών όρων του πεδίου εφαρμογής.
4. Καθορίζονται οι κλάσεις και η ιεραρχία αυτών (με παρόμοιο τρόπο με τις ταξινομίες) ορμώμενες από τις εννοιολογικές συσχετίσεις.
5. Έπειτα, καθορίζονται και οι ιδιότητες (δεδομένων ή αντικειμένων) που σχετίζονται με τις κλάσεις,

6. Εν συνεχεία, καθορίζονται ή και επιβάλλονται κάποιοι περιορισμοί όσον αφορά τα παραπάνω βήματα.
7. Τέλος, δημιουργούνται παραδείγματα ή/και στιγμιότυπα των κλάσεων και των ιδιοτήτων.



Εικόνα 4: Τα στάδια του Ontology Development 101

2.5 Μεθοδολογία ανάπτυξης οντολογιών του e-χνηλατη

Διαβάζοντας τα υποκεφάλαια 2.1, 2.2, 2.3 και 2.4 γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι μεθοδολογίες που αφορούν τη μηχανική οντολογιών μοιράζονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Επίσης, οι γενικές κατευθυντήριες γραμμές παρουσιάζουν κοινά στοιχεία για την ανάπτυξη των οντολογιών. Εντούτοις, χρειάζεται προσεκτική προσέγγιση για την τελική επιλογή, ξεχωρίζοντας τις πτυχές αυτές της μεθοδολογίας που ταιριάζουν και εξυπηρετούν καλύτερα τις απαιτήσεις. Για την ανάπτυξη του σημασιολογικού πλαισίου του e-ΧΝΗΛΑΤΗ υιοθετήθηκε η μεθοδολογία μικρο-επιπέδου Ontology Development 101. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην ανάγκη για τυποποίηση του θεματικού πεδίου του έργου, μεταβαίνοντας από μια άτυπη αναπαράσταση γνώσης σε μια αναπαράσταση με βάση τη λογική.

Σύμφωνα με την εν λόγω μεθοδολογία, αρχικά απαιτείται ο προσδιορισμός του πεδίου εφαρμογής της οντολογίας, το οποίο επιτυγχάνεται με την τεκμηρίωση ενός επίσημου εγγράφου γνωστό ως Ontology Requirements Specification Document (ORSD) [3]. Η συγκεκριμένη προτυποποίηση βοηθάει τη σταδιακή εξειδίκευση και εμβάθυνση στις γενικές ερωτήσεις και ερωτήσεις επάρκειας που ακολουθούν τις οντολογίες. Ενδεικτικά, διερωτώνται και απαντώνται ποιοι είναι οι στόχοι της χρήσης και γιατί δημιουργείται μια οντολογία από την αρχή, σε ποιους χρήστες απευθύνονται οι οντολογίες και ποιες απαιτήσεις έχουν αυτοί οι χρήστες που οφείλουν να ικανοποιηθούν. Στη συνέχεια απαριθμούνται οι πληροφορίες που πρέπει να περιέχει ένα έγγραφο ORSD:

- Ο στόχος,
- Το πεδίο εφαρμογής,
- Η χρησιμοποιούμενη γλώσσα εφαρμογής,
- Οι τελικοί χρήστες,
- Τα σενάρια χρήσης,

- Ο καθορισμός των όρων:
 - Οι όροι από ερωτήσεις,
 - Οι όροι από απαντήσεις
 - Στιγμιότυπα
- Οι λοιπές οντολογικές απαιτήσεις:
 - Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις,
 - Οι λειτουργικές απαιτήσεις.

Το τελικό έγγραφο ORSD που συνοψίζει τις εργασίες στα πλαίσια του e-ΧΝΗΛΑΤΗ με τη διαρκή υποστήριξη των χρηστών με την εμπειρία τους στον τομέα εφαρμογής του έργου παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 4, αφού πρώτα παρουσιαστούν οι τελικές σχετικές τεχνικές απαιτήσεις που αφορούν τις τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού.

3 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΟΝΤΟΛΟΓΙΕΣ & ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗ

Η παρούσα ενότητα αναφέρει και περιγράφει με τις απαραίτητες λεπτομέρειες τις σχετικές τεχνικές απαιτήσεις, οι οποίες καθοδήγησαν την τελική διαμόρφωση των οντολογιών και του πλαισίου συλλογιστικής και αναλύονται περισσότερο στο παραδοτέο Π1.3. Οι τεχνικές απαιτήσεις που αναφέρονται στο Π1.3 είναι σε ανώτερο ενοποιημένο επίπεδο περιγραφής και στο παρόν υποκεφάλαιο διαχωρίζονται επακριβώς οι ροές υπηρεσιών και δεδομένων ανά υποενότητα εργασίας και υπηρεσίας. Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται οι λειτουργίες που αφορούν το πλαίσιο συλλογιστικής, τις οντολογίες και τα δεδομένα που διαχειρίζονται, καθώς επίσης και οι συσχετίσεις με τις υπόλοιπες ενότητες/υποενότητες εργασίας του e-ΧΝΗΛΑΤΗ.

Λειτουργία	Εισερχόμενα δεδομένα	Εξερχόμενα δεδομένα
Υπηρεσία Πληθυσμού Γνωσιακής Βάσης	Σημασιολογικά δεδομένα και μεταδεδομένα από: σημεία ενδιαφέροντος και γεγονότα	Τριπλέτες RDF σε συντακτικό turtle που αντιστοιχίζονται στα οντολογικά μοντέλα και αποθηκεύονται στη Γνωσιακή Βάση επεκτείνοντας το γνωσιακό γράφο του e-ΧΝΗΛΑΤΗ
Υπηρεσία Συλλογιστικής	Δομές RDF απευθείας από τη γνωσιακή βάση	Συμπεράσματα και πληροφορίες σε δομή JSON
Υπηρεσία Σχεδιασμού Διαδρομής	γεωχωρικά δεδομένα, κριτήρια εύρεσης και ανάκτησης, δεδομένα χρηστών	Προσωποποιημένες εναλλακτικές διαδρομές

Πίνακας 1: Λειτουργίες σχετικές με τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού

Ενότητα Εργασίας	Περιγραφή	Εξαρτήσεις
ΥΕ 2.2	Αντιστοίχιση περιεχομένου κοινωνικών πλατφόρμων με τις οντολογίες.	Τροφοδοτείται από την ΥΕ 2.1.
ΥΕ 2.2	Αντιστοίχιση περιεχομένου ιστοσελίδων με τις οντολογίες.	Τροφοδοτείται από την ΥΕ 2.1.
ΥΕ 2.2	Αντιστοίχιση περιεχομένου αισθητήρων με τις οντολογίες.	Τροφοδοτείται από την ΥΕ 2.6.
ΥΕ 2.3	Δημιουργία ενιαίας οντολογίας.	Τροφοδοτεί τη Συλλογιστική Υπηρεσία.
ΥΕ 2.3	Επαναχρησιμοποίηση σχετικών οντολογιών.	Τροφοδοτεί τη Συλλογιστική Υπηρεσία.
ΥΕ 2.3	Επέκταση οντολογικών μοντέλων.	Τροφοδοτεί τη Συλλογιστική Υπηρεσία.
ΥΕ 2.3	Ενοποίηση όλων των διαφορετικών σημάτων.	Τροφοδοτεί τη Συλλογιστική Υπηρεσία.
ΥΕ 2.3	Συλλογιστική σε σημεία ενδιαφέροντος βάσει περιορισμών.	Τροφοδοτεί την 2.4.

Πίνακας 2: Αλληλοσυσχετίσεις τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού με υποενότητες εργασίας.

4 ΑΝΑΝΕΩΜΕΝΟ ΕΓΓΡΑΦΟ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ (ORSD)

Το κεφάλαιο 4 παρουσιάζει το ανανεωμένο και τελικό έγγραφο προδιαγραφών απαιτήσεων οντολογίας όπως συντάχθηκε στην τελική του μορφή και περικλείει όλες τις καταληκτικές προδιαγραφές του πλαισίων των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Το έγγραφο πλέον δεν επιδέχεται επιπλέον επεξεργασίας στα πλαίσια του έργου καθώς οι λειτουργικές δυνατότητες του συστήματος οριστικοποιήθηκαν και βρίσκονται στην τελική τους μορφή. Παρόλα αυτά, είναι εφικτή η δυνατότητα επέκτασης εκτός πλαισίου του παρόντος έργου αν προκύψουν ενδιαφερόμενοι.

4.1 Σκοπός

Ο στόχος του γενικού πλαισίου αναπαράστασης γνώσης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ είναι να υποστηρίξει τα λεξιλόγια και τις οντολογίες στη συλλογή και ενοποίηση των αποτελεσμάτων των υπολοίπων υποενοτήτων ανάλυσης και επεξεργασίας του έργου με τρόπο που ενισχύει τη διαλειτουργικότητα και διασφαλίζει την επαναχρησιμοποίηση. Για τον λόγο αυτό, οι οντολογίες παρέχουν τα μοντέλα σχολιασμού και επισήμανσης που απαιτούνται για τη μοντελοποίηση των δεδομένων, την ενσωμάτωση τους σε μια ενιαία δομή και την περαιτέρω υποστήριξη των υπηρεσιών συλλογιστικής πάνω στις πληροφορίες του συστήματος που ρέουν προς το σύστημα σημασιολογικού ιστού. Πιο συγκεκριμένα, τα παραπάνω περιλαμβάνουν:

- τις απαραίτητες δομές για τη μοντελοποίηση μεταδεδομένων από ετερογενείς και πολυτροπικούς πόρους.
- ένα δομημένο μοντέλο που υποστηρίζει τον ορισμό σχολιασμών και ισχυρισμών, με απώτερο σκοπό τον διαμοιρασμό και την επαναχρησιμοποίηση τους στο πεδίο εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ αλλά και σε παρεμφερείς πεδία, πλατφόρμες, έργα ή λοιπές δουλειές.

4.2 Πεδίο Εφαρμογής

Οι οντολογίες του e-ΧΝΗΛΑΤΗ καλούνται επίσημα να μοντελοποιούν στο πλαίσιο του έργου:

- Χρονικές πληροφορίες, ιδιότητες και συναρτήσεις,
- Γεωχωρικές πληροφορίες, ιδιότητες και συναρτήσεις,
- Πληροφορίες και μεταδεδομένα για σημεία ενδιαφέροντος,
- Πληροφορίες και μεταδεδομένα για γεγονότα.

Η μηχανική οντολογιών του έργου στηρίζεται σε μια βασική επιλογή σχεδιασμού. Επιλέχθηκε μία προσέγγιση που βασίζεται σε επίσημα πρότυπα και στάνταρ, με σκοπό την αξιοποίηση ενός επεκτάσιμου και διαλειτουργικού πλαισίου για την έκφραση σχολιασμών και την επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερου και ευκολότερου βαθμού ανταλλαγής γνώσης, επαναχρησιμοποίησης όρων και διαλειτουργικότητας.

4.3 Επίσημη Γλώσσα Εφαρμογής

Η επίσημη γλώσσα αναπαράστασης γνώσης, η οποία επιλέχθηκε για την υλοποίηση της οντολογίας του e-ΧΝΗΛΑΤΗ, είναι η OWL 2 [1]. Πρόκειται για την επίσημη γλώσσα που προτυποποιήθηκε από το W3C για την αναπαράσταση γνώσης στις τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού.

4.4 Τελικοί Χρήστες

Η λειτουργική πλατφόρμα και το γενικό σύστημα που αναπτύχθηκε στον e-ΧΝΗΛΑΤΗ κλήθηκε να υποστηρίξει διαφορετικούς τύπους χρηστών, οι οποίοι δύνανται να αλληλεπιδρούν με τη παραγόμενη γνώση και τις πληροφορίες μέσω εξειδικευμένων διεπαφών και ανάλογα με τη πρόθεση χρήσης του περιβάλλοντος εφαρμογής. Ο τελικός χρήστης της διαδικτυακής πλατφόρμας έχει τη δυνατότητα έπειτα από πολύπλοκες αλγοριθμικές διαδικασίες, που θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 8 παρακάτω, να αναζητά και να ανακτάει πληροφορίες για σημεία ενδιαφέροντος και για προτεινόμενες εναλλακτικές διαδρομές στην έξυπνη συσκευή του. Συνυφασμένη με αυτήν την υπηρεσία είναι και η υποστήριξη εμπειρίας επαυξημένης πραγματικότητας όπου είναι εφικτή, καθώς και μια μορφή αλληλεπίδρασης σε επίπεδο ιστορικού χρήσης και αξιολόγησης σημείων ενδιαφέροντος και διαδρομών. Επιπλέον, ως χρήστης λογίζεται και ο διαχειριστής της πλατφόρμας όπου έχει τη δυνατότητα να ανανεώνει, να προσθαφαιρεί ή και να συγχρονίζει το περιεχόμενο της γνωσιακής βάσης. Τέλος, ως χρήστες των οντολογιών θεωρούνται άλλες υπηρεσίες που αντλούν γνώση από τη γνωσιακή βάση για να τρέξουν τους αλγορίθμους τους και να εξυπηρετήσουν τους σκοπούς τους.

4.5 Απαιτήσεις Οντολογίας

4.5.1 Μη λειτουργικές Απαιτήσεις

Τα οντολογικά μοντέλα οφείλουν να υιοθετούν και να ακολουθούν τα διαθέσιμα πρότυπα που επιλέχθηκαν, όποτε είναι δυνατόν, καθώς και να επαναχρησιμοποιούν υλικό από εφάμιλλες οντολογίες και λεξιλόγια που εκτείνονται σε παραπλήσια πεδία εφαρμογής και εξυπηρετούν τους σκοπούς που τέθηκαν.

4.5.2 Λειτουργικές Απαιτήσεις

Στις λειτουργικές απαιτήσεις συγκαταλέγονται οι ερωτήσεις επάρκειας που σκοπό έχουν να διερευνήσουν εξαντλητικά το τι καλείται ιδανικά να υποστηρίξει το πλαίσιο σημασιολογικού ιστού και συλλογιστικής. Ο παρακάτω κατάλογος ερωτήσεων επάρκειας προέκυψε από τη μελέτη και την αξιολόγηση των σεναρίων των πιλότων, τις απαιτήσεις των χρηστών και αλληπάλληλες αλληλεπιδράσεις με τους τεχνικούς εταίρους του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Για τον λόγο αυτό, παρουσιάζεται και ένα παράδειγμα προσομοίωσης στο κεφάλαιο 9 που επιδεικνύει τις τεχνικές απαιτήσεις αλλά και τις απαιτήσεις χρηστών που οδήγησαν στην τελική διαμόρφωση των οντολογιών. Οι ερωτήσεις επάρκειας του παρόντος ORSD στηρίχθηκαν και πρόκεινται για εξέλιξη των ερωτήσεων επάρκειας του ORSD που εντοπίζονται στο παραδοτέο Π.2.2.1.

- Ερ.Επ.1: Ποιο είναι το μοναδικό αναγνωριστικό του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.2: Ποια είναι η επίσημη ονομασία του τίτλου ενδιαφέροντος ή ή της εκδήλωσης στα ελληνικά/αγγλικά;
- Ερ.Επ.3: Ποια είναι η σύντομη/πλήρης περιγραφή που επεξηγεί το σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση στα ελληνικά/αγγλικά;
- Ερ.Επ.4: Πότε δημιουργήθηκε το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση στο σύστημα;
- Ερ.Επ.5: Ποια είναι η κατηγοριοποίηση του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.6: Ποια είναι η γεωγραφική διεύθυνση του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.7: Είναι προσιτό το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση για ΑμεΑ;
- Ερ.Επ.8: Παρέχει το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση ψηφιακές εφαρμογές;
- Ερ.Επ.9: Ποιες είναι οι λοιπές λεπτομέρειες του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.10: Εμπεριέχει κάποια εκδήλωση/γεγονός το σημείο ενδιαφέροντος;
- Ερ.Επ.11: Ποια ημερομηνία ξεκινάει η εκδήλωση/γεγονός στο σημείο ενδιαφέροντος;
- Ερ.Επ.12: Ποια ημερομηνία τελειώνει η εκδήλωση/γεγονός στο σημείο ενδιαφέροντος;
- Ερ.Επ.13: Υποστηρίζει το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση ομαδικές επισκέψεις;
- Ερ.Επ.14: Υπάρχουν καταλύματα για διαμονή πλησίον του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.15: Υπάρχουν κέντρα εστίασης για σίτιση πλησίον του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.16: Ποιο είναι το γεωγραφικό πλάτος του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.17: Ποιο είναι το γεωγραφικό μήκος του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.18: Ποιο είναι το γεωγραφικό ύψος του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.19: Υπάρχει πρόγραμμα λειτουργίας στο σημείο ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.20: Ποια ώρα ξεκινάει να δέχεται επισκέψεις ανά ημέρα το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση;
- Ερ.Επ.21: Ποια ώρα σταματάει να δέχεται επισκέψεις ανά ημέρα το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση;
- Ερ.Επ.22: Απαιτείται αντίτιμο για εισιτήριο στο σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση;
- Ερ.Επ.23: Ποια είναι η πλήρης τιμή εισιτηρίου για επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση;
- Ερ.Επ.24: Ποια είναι η μειωμένη τιμή εισιτηρίου ανά περίπτωση για επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση;
- Ερ.Επ.25: Είναι ανοιχτό μια συγκεκριμένη ημέρα της εβδομάδας το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση;
- Ερ.Επ.26: Είναι ανοιχτό μια συγκεκριμένη ημερομηνία το σημείο ενδιαφέροντος ή η εκδήλωση;

- Ερ.Επ.27: Ποιο είναι το επίσημο τηλέφωνο επικοινωνίας του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.28: Ποιος είναι ο επίσημος ταχυδρομικός κώδικας του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.29: Ποιος κόμβος συνδέει τον κεντρικό δρόμο με το σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση;
- Ερ.Επ.30: Πόσος χρόνος απαιτείται από τον χρήστη για μια πλήρη επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση;
- Ερ.Επ.31: Πόσος χρόνος απαιτείται βάσει γνωστών δυσκολιών του χρήστη για μια πλήρη επίσκεψη στο σημείο ενδιαφέροντος ή την εκδήλωση;
- Ερ.Επ.32: Ποιο είναι το επίσημο Website (URL) του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.33: Είναι πιθανή η ενσωμάτωση του σημείου ενδιαφέροντος ή της εκδήλωσης σε ένα δίκτυο κοινής κατηγορίας;
- Ερ.Επ.34: Ποιες είναι οι επισημάνσεις των ψηφιακών πινακίδων κατά μήκος του οδικού άξονα;
- Ερ.Επ.35: Από ποια ιστορική περίοδο είναι το σημείο ενδιαφέροντος;
- Ερ.Επ.36: Σε ποια περιοχή ανήκει το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.37: Σε ποιο Καλλικρατικό δήμο ανήκει το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.38: Σε ποια νομαρχιακή ενότητα ανήκει το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.39: Ποιο είναι το επίσημο e-mail επικοινωνίας του σημείου ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.40: Υποστηρίζει εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.41: Ποιο είναι το επίπεδο δυσκολίας συμμετοχής για τον χρήστη του σημείου ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.42: Ποια είναι η κατηγορία πηγής του σημείου ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.43: Είναι δημοσιευμένο το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.44: Είναι προστατευμένο το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.45: Είναι κάτω από την αιγίδα της UNESCO το σημείο ενδιαφέροντος;
- Ερ.Επ.46: Έχει WC το σημείο ενδιαφέροντος;
- Ερ.Επ.47: Παρέχει εσωτερικές διαδρομές το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.48: Παρέχει υλικό με πληροφορίες το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.49: Έχει χώρους δημιουργικής απασχόλησης το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.50: Έχει πολιτιστικές εγκαταστάσεις το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωση;
- Ερ.Επ.51: Προσφέρει καταφύγιο το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.52: Περιέχει παρατηρητήριο το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.53: Είναι κατάλληλο για εξωτερικές δραστηριότητες το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;
- Ερ.Επ.54: Είναι πιστοποιημένη εξωτερική εταιρεία το σημείο ενδιαφέροντος/εκδήλωσης;

Οι ερωτήσεις επάρκειας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πτυχών που συνδέονται και έχουν ως σκοπό να εξυπηρετήσουν το πεδίο εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Η τελική μορφή των οντολογιών καλύπτει εξ ολοκλήρου αυτό τον εκτεταμένο κατάλογο ερωτήσεων σε

ικανοποιητικό βάθος λεπτομέρειας, παρέχοντας αυτές τις πληροφορίες, είτε με απευθείας ερωτήματα στη γνωσιακή βάση κι ανακτώντας μαζικά κάποιες από αυτές τις πληροφορίες, είτε υπό της υπηρεσίας συλλογιστικής που αναλύεται στο κεφάλαιο 7.

5 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ

Η παρούσα ενότητα επεξηγεί τις τεχνολογίες αιχμής σχετικά με τις προτυποποιημένες γλώσσες αναπαράστασης γνώσης και σχετικά εργαλεία τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού. Επιπλέον, παρουσιάζει πρότερες δουλειές προϋπαρχουσών οντολογιών οι οποίες χαρακτηρίζονται ως συναφείς με το πεδίο εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και που ενδεχομένως κάποια στοιχεία τους αποτέλεσαν έμπνευση ή/και επαναχρησιμοποιήθηκαν στις οντολογίες του έργου. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η προτυποποιημένη επίσημη γλώσσα Web Ontology Language (OWL) καθώς και η μετεξέλιξη της, η OWL 2, όπως αυτές συντάχθηκαν στη τελευταία τους έκδοση από το W3C. Ακολουθεί αναφορά των επικρατέστερων γλωσσών περιγραφικής λογικής [8]. Στο 5.2 παρουσιάζονται με λεπτομέρειες οι οντολογίες που έχουν κριθεί ως συναφείς με το αντικείμενο του έργου έπειτα από βιβλιογραφική αναζήτηση. Τέλος, το κεφάλαιο 5 κλείνει με σχετικές εργασίες και εργαλεία πάνω στον τομέα του σημασιολογικού σχεδιασμού διαδρομών.

5.1 Web Ontology Language (OWL) 1 & 2

Οι οντολογίες είναι ένα χρήσιμο εργαλείο στη μοντελοποίηση γνώσης για ένα συγκεκριμένο ή διεπιστημονικό τομέα. Οργανώνουν και αναπαριστούν με σαφήνεια δεδομένα και πληροφορίες, το πλαίσιο τους αλλά και τις συσχετίσεις τους. Παρέχουν τη δυνατότητα της επέκτασης, της συγχώνευσης πολλών ή ακόμα και τον μερικό συνδυασμό κάποιων εξ αυτών προς δημιουργία καινοτόμων οντολογικών μοντέλων. Ο επίσημος ορισμός αναφέρει ότι “οι οντολογίες είναι ρητές τυποποιημένες προδιαγραφές κοινών εννοιών”[9][10]. Αναπαριστούν και εκφράζουν αφηρημένες πτυχές του κόσμου αναφορικά με έννοιες, αντικείμενα και άλλες οντότητες που υπάρχουν σε κάποιο πεδίο εφαρμογής και περιγράφονται από συγκεκριμένες ιδιότητες και αλληλοσυσχετίσεις. Ο βαθμός εκφραστικότητας και προτυποποίησης εξαρτώνται από τη γλώσσα αναπαράστασης γνώσης που χρησιμοποιείται.

Επιπρόσθετα, οι οντολογίες διαδραματίζουν πάγιο ρόλο στο γενικότερο πλαίσιο των τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την επέκταση του συμβατικού ιστού στόχος είναι η υιοθέτηση ενός κοινού πλαισίου για διαμοιρασμό και επαναχρησιμοποίηση ετερογενών και πολυτροπικών πόρων από διαφορετικές πηγές. Ο σημασιολογικός ιστός προσπαθεί να παραθέσει με επαρκή σαφήνεια τυποποιημένα μεταδεδομένα κυρίως, τα οποία βοηθούν στην κατανόηση των πόρων τόσο από ανθρώπινους χρήστες όσο κι από ευφυή ψηφιακά λογισμικά. Για όλους τους παραπάνω λόγους το W3C επινόησε την Web Ontology Language (OWL) [11] ως επίσημο πρότυπο. Παρακάτω παρουσιάζονται πληροφορίες για τις διαφορές ανάμεσα στις διάφορες εκδόσεις της OWL, κάποιες βασικές γλώσσες περιγραφικής λογικής καθώς και γλώσσες για περιορισμούς και κανόνες.

Η OWL ως επίσημα γλώσσα χρησιμοποιείται από τους ειδικούς των τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού για τη δημιουργία οντολογιών. Οι περιγραφικές λογικές καθόρισαν σημαντικά τον σχεδιασμό, την προτυποποίηση και την επιλογή κατασκευαστών γλώσσας της. Προσφέρονται 3 διαφορετικές εκδόσεις ανάλογα με την εκφραστικότητα:

- η OWL Lite,
- η OWL DL,

- και η OWL Full.

Η OWL Full χαρακτηρίζεται ως πιο εκφραστική και πλήρης από τις άλλες 2 γιατί δεν επιτάσσει περιορισμούς στη χρήση κατασκευαστών OWL κι ούτε αφαιρεί τη διακριτότητα ανάμεσα σε ιδιότητες, αντικείμενα, κλάσεις και στιγμιότυπα αυτών. Το τίμημα που επιφέρουν τα παραπάνω είναι η έλλειψη αποφασιστικότητας που καθιστά πολύπλοκη την υλοποίηση της ίδιας της γλώσσας. Για το λόγο αυτό, η OWL DL κέρδισε έδαφος διότι χαρακτηρίζεται ως η πιο εκφραστική γλώσσα από τις 3. Αν και παρέχονται πλούσια αρχέτυπα που βοηθούν την εκφραστικότητα των εννοιών, η OWL DL δεν αντιμετωπίζει ιδανικά τις πρακτικές απαιτήσεις εφαρμογών. Το μειονέκτημα αυτό συνδέεται με τη θεωρία περιγραφικής λογικής που χρησιμοποιείται για να προτυποποιήσει τη σημασιολογία με την ιδιότητα της δομής του ιεραρχικού δέντρου [12]. Ως αποτέλεσμα, η OWL συνολικά είναι ικανή να μοντελοποιεί αποκλειστικά τα πεδία όπου τα στιγμιότυπα των κλάσεων συνδέονται σημασιολογικά με δενδροειδή δομή.

Όλα τα παραπάνω προβλήματα και οι περιορισμοί της OWL, που εντοπίστηκαν πρακτικά κατά την εφαρμογή της, οδήγησαν το W3C στη δημιουργία ενός αναθεωρημένου πρότυπου γλώσσας, την OWL 2. Η OWL 2 επεκτείνει έμπρακτα την OWL 1 με σχετικούς περιορισμούς πληθικότητας. Επιπλέον, στην OWL 2 συναντάται εκτεταμένη σχεσιακή εκφραστικότητα μέσω ιδιοτήτων συμπερίληψης αξιωμάτων, π.χ. αλυσιδωτές ιδιότητες. Βέβαια, για την αποφυγή αναποφασιστικότητας και τον εγκλωβισμό σε σημασιολογικούς κύκλους προτείνεται και απαιτείται κάποιος περιορισμός κανονικότητας στα αξιώματα.

5.1.1 Συλλογιστική περιγραφικής λογικής

Η περιγραφική λογική αποτελείται από προτυποποιημένες αναπαραστάσεις γνώσης. Κύριο στοιχείο αυτών είναι οι υπηρεσίες συλλογιστικής με σαφήνεια στον ορισμό και μια παγιωμένη λογικά σημασιολογία. Η OWL βασίζεται σε περιγραφικές λογικές και συνεπαγωγικά είναι εφικτή η αναγωγή της σημασιολογίας της με όρους περιγραφικής λογικής. Κάθε οντολογία απαρτίζεται από ένα σύνολο από αξιώματα των περιγραφικών λογικών που σχετίζονται με ρόλους, έννοιες και ατομικότητες. Η κατηγοριοποίηση των αξιωμάτων είναι στο ABox, TBox και RBox κατά αντιστοιχία με αντικείμενα, κλάσεις και ιδιότητες. Ανάλογα ορίζεται και η αναγωγή των αξιωμάτων κλάσεων της OWL όπου αντιστοιχίζονται σε αξιώματα ισοδυναμίας και υπαγωγής μεταξύ των εννοιών μιας περιγραφικής λογικής.

5.1.2 Προτυποποιημένες γλώσσες κανόνων

Ένα σύνολο κανόνων περιγράφει γνώση με κανόνες της μορφής “Αν -> Τότε”. Αν είναι αληθής μια συνθήκη σε αυτό το σχήμα τότε και τα αποτελέσματα οφείλουν να είναι αληθή και σε ισχύ. Για παράδειγμα, μια μεταβατική έννοια με χωρικά χαρακτηριστικά της ιδιότητας “εμπεριέχεται” μπορεί να περιγράφει ως: εμπεριέχεται(?A, ?B), εμπεριέχεται (?B, ?Γ) και να συνεπάγεται το εμπεριέχεται(?A, ?Γ). Η OWL εφαρμόζει την υπόθεση ανοιχτού κόσμου [8], που στηρίζει ότι η γνώση υπό μορφή ισχυρισμών σε ένα ABox που αφορά γνώση με τα στιγμιότυπα μιας οντολογίας, αποτελεί ένα μόνο κομμάτι του κόσμου. Αν ένας άλλος ισχυρισμός δεν εντοπίζεται μέσα στο ABox, δε σημαίνει ότι δεν ισχύει αλλά δεν μας είναι γνωστό αν ισχύει ή όχι. Αντιθέτως στους κανόνες υπόθεσης κλειστού κόσμου αν ένας ισχυρισμός δεν εντοπίζεται μέσα στη γνώση τότε αυτός ο ισχυρισμός δεν ισχύει.

5.1.2.1 Semantic Web Rule Language

Η Semantic Web Rule Language (SWRL) [13] εξασφαλίζει ότι οι κανόνες Horn συνδυάζονται βασισμένοι στη γνώση οντολογιών με στόχο την αύξηση της εκφραστικότητας. Είναι μία από τις πολλές επεκτάσεις της OWL που υποστηρίζει τον ορισμό οντολογιών με χρήση κανόνων. Ένα κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι απαγορεύει τον άμεσο ορισμό άρνησης κάτι το οποίο υποστηρίζεται από τις δομές της OWL παρόλα αυτά. Επαυξάνει σημαντικά την εκφραστικότητα των οντολογιών με την υποστήριξη ορισμού σχέσεων που στην OWL δεν είναι εφικτοί. Ενισχυμένη αποφασιστικότητα συνεπάγεται αναποφασισμότητα της συλλογιστικής, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η δημιουργία συστημάτων συλλογιστικής που να μπορούν να διαχειριστούν την πλήρη εκφραστικότητα των κανόνων της SWRL σε πραγματικό χρόνο. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκαν κάποιες επεκτάσεις της SWRL, υλοποιώντας κανόνες ασφαλείας στα πλαίσια συλλογιστικής με την ιδέα ότι όλοι οι παράμετροι ενός κανόνα στη κεφαλή οφείλουν να υπάρχουν και στο σώμα, που σημαίνει ότι οι μεταβλητές επιτρέπεται να αναφέρονται μόνο σε υπάρχοντα στιγμιότυπα των οντολογιών.

5.1.2.2 Πρότυπο SPIN

Το πρότυπο SPARQL Inferencing Notation [14] συνδυάζει ιδιότητες από γλώσσες, ερωτήματα, συστήματα και αντικειμενοστραφείς γλώσσες που βασίζονται σε κανόνες για την περιγραφή της συμπεριφοράς ενός αντικειμένου στον ιστό. Πιο συγκεκριμένα συνδέει τα ερωτήματα SPARQL με ορισμούς κλάσεων για την απόδοση και καταγραφή των περιορισμών και των κανόνων που απαρτίζουν την αναμενόμενη συμπεριφορά αυτών των κλάσεων. Υποστηρίζει επαρκή εκφραστικότητα για τον υπολογισμό των δεδομένων και των ερωτημάτων. Τα ερωτήματα SPARQL αναπαριστώνται σε μορφή RDF τριπλετών με το συντακτικό της SPIN. Αποτέλεσμα αυτού είναι η σύνδεση των πόρων με τα ερωτήματα. Επιπλέον, υποστηρίζεται η προσαρμογή στους κανόνες συμπερασμού και τους ελέγχους περιορισμού. Οι κανόνες κατασκευής αρχικοποιούν τους πόρους κατά το χρόνο δημιουργίας των τριπλετών, ενώ οι κανόνες εξαγωγής με τη σειρά τους παράγουν νέες RDF τριπλέτες με αποτέλεσμα την παραγωγή νέας γνώσης.

5.1.2.3 Πρότυπο SHACL

Το πρότυπο γλώσσας Shapes Constraint Language (SHACL) [15] αναπτύχθηκε από την RDF Data Shapes υποομάδα του W3C το 2017, με στόχο τη δημιουργία μιας γλώσσας με δομικούς περιορισμούς σε RDF γράφους. Υπάρχουν εμφανείς επιρροές από τη SPIN, τη OSLC και το ShEx. Αποτελείται από τον πυρήνα που περιέχει RDF λεξιλόγιο για τον καθορισμό κοινών σχημάτων και παραμέτρων και μία επέκταση της SPARQL, την SHACL-SPARQL. Η SHACL έχει 2 επεκτάσεις: την ενεργοποίηση συστατικών περιορισμού σε Javascript (SHACL - Javascript) και την επέκταση με προηγμένα χαρακτηριστικά όπως κανόνες και περίπλοκες εκφράσεις. Συνολικά, η γλώσσα αυτή γκρουπάρει τις πληροφορίες με τις παραμέτρους σε ενιαία πλαίσια που ονομάζονται σχήματα. Στης σύνταξης της η SHACL βασίζεται στη λογική των τριπλετών και στο RDF.

5.2 Σχετικές οντολογίες με e-χνηλατη

Η παρούσα υποενότητα απαριθμεί και αναλύει με σύντομο τρόπο σχετικές οντολογίες αιχμής οι οποίες είναι συγγενικές ως προς το περιεχόμενο τους με το πεδίο εφαρμογής του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Κάποια κομμάτια αυτών επαναχρησιμοποιήθηκαν για να καλύψουν τις ανάγκες του έργου έπειτα τη συγγραφή και αναλυτική μελέτη του εγγράφου προδιαγραφών

απαιτήσεων οντολογίας. Αναφέρονται οντολογίες γενικού σκοπού που προσφέρουν το σημασιολογικό υπόβαθρο για τη γενική μοντελοποίηση πραγμάτων όπως ο χρόνος, αλλά και οντολογίες που είναι σχετικές με πολιτισμικό περιεχόμενο και τα αντικείμενα μελέτης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Στόχος του κεφαλαίου δεν είναι απλά να παρουσιάσει μια εκτενή λίστα οντολογιών μόνο αλλά και να επεξεργαστεί τις βασικές αρχές σχεδιασμού που υιοθετήθηκαν και ακολουθήθηκαν στη βιβλιογραφία για τον ορισμό των σχολιασμών και των ευρύτερων εννοιολογικών μοντέλων.

5.2.1 CIDOC CRM

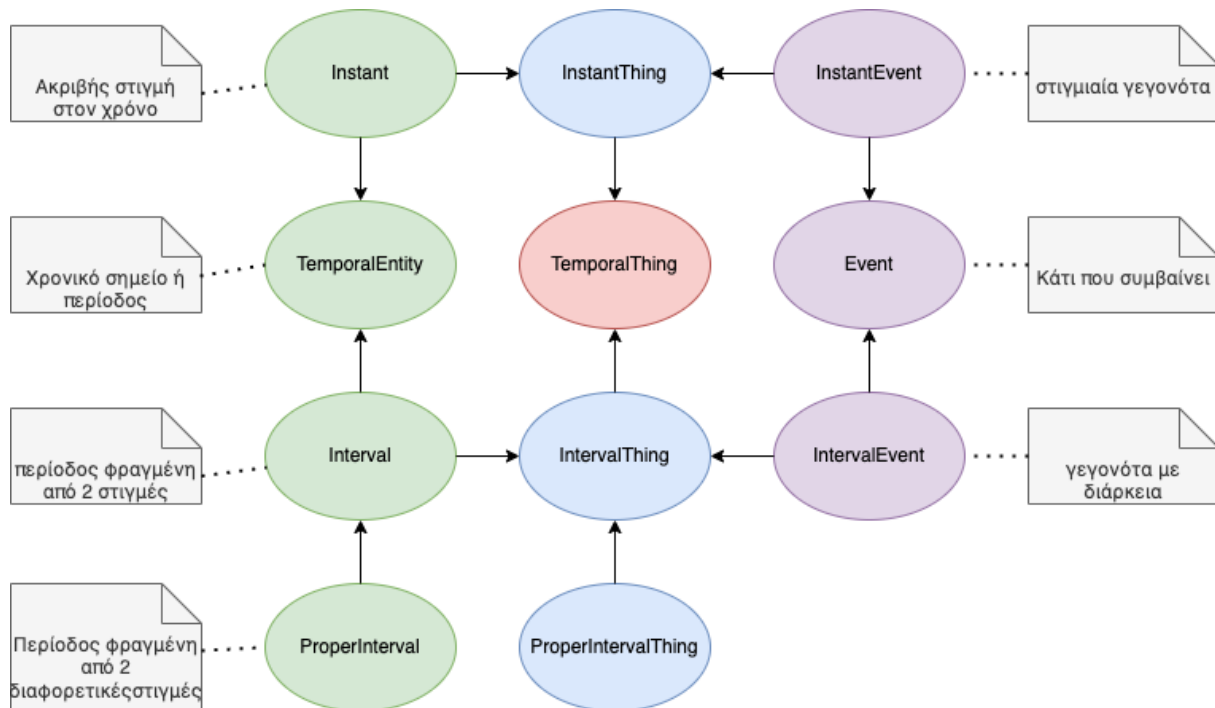
Το CIDOC Conceptual Reference Model (CRM) [16] είναι μια επεκτάσιμη οντολογία που αφορά πληροφορίες και έννοιες στην τεκμηρίωση των μουσείων και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Διάφορα πολιτιστικά ιδρύματα ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο για να βελτιστοποιήσουν την προσβασιμότητα στα δεδομένα τους. Η διαδικασία τυποποίησης του CIDOC CRM ξεκίνησε το 2000 και ολοκληρώθηκε το 2006 με την αποδοχή του ως προτύπου (ISO 21127). Η οντολογία αυτή παρέχει μία δομή και ορισμούς για την περιγραφή υπονοούμενων και ρητών εννοιών και σχέσεων που χρησιμοποιούνται στην τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς και για την προώθηση της κοινής κατανόησης των πληροφοριών αυτής. Παρέχεται ένα κοινό και επεκτάσιμο σημασιολογικό πλαίσιο όπου κάθε σχετική πληροφορία με πολιτιστική κληρονομιά μπορεί να αντιστοιχηθεί. Στόχος του προτύπου είναι να αποτελεί μια κοινή γλώσσα για τους ειδικούς και τους χρήστες του πεδίου με σκοπό την εξαγωγή των απαιτήσεων για συγγενή συστήματα πληροφοριών και για να χρησιμεύσει ως φάρος για την σωστή πρακτική της εννοιολογικής μοντελοποίησης.

5.2.2 CSDGM Standard

Οι στόχοι του προτύπου είναι να παρέχει ένα κοινό σύνολο ορολογίας και ορισμών για την τεκμηρίωση των ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων. Το πρότυπο καθορίζει τα ονόματα των δεδομένων στοιχείων και των σύνθετων στοιχείων (ομάδες στοιχείων δεδομένων) που θα χρησιμοποιηθούν για αυτούς τους σκοπούς, τους ορισμούς αυτών των σύνθετων στοιχείων και στοιχείων δεδομένων και πληροφορίες σχετικά με τις τιμές που πρέπει να παρέχονται για τα στοιχεία δεδομένων. Αυτό το πρότυπο προορίζεται να υποστηρίξει τη συλλογή και την επεξεργασία γεωχωρικών μεταδεδομένων. Προορίζεται να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλα τα επίπεδα της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και του ιδιωτικού τομέα και δεν προορίζεται να αντικατοπτρίζει ένα σχέδιο υλοποίησης. Ένας σχεδιασμός υλοποίησης απαιτεί την προσαρμογή της δομής και της μορφής του προτύπου ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

5.2.3 OWL-Time

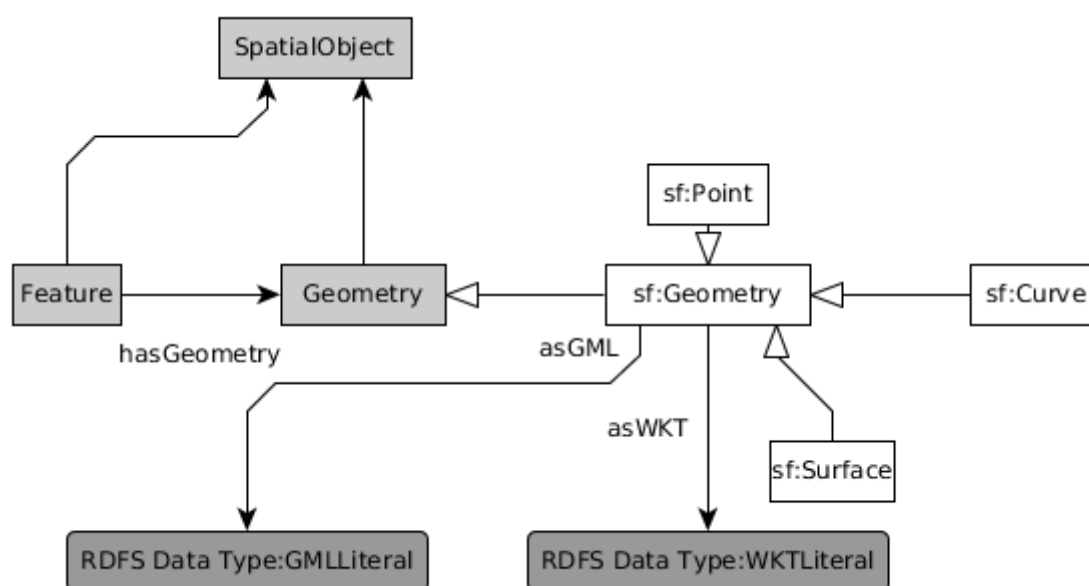
Η οντολογία OWL-Time [17] υποστηρίζει χρονικές έννοιες για περιγραφή αντίστοιχων ιδιοτήτων αντικειμένων. Παρέχει λεξιλόγιο για την αναπαράσταση γνώσης αντικειμένων σχετικά με τις σχέσεις τους μεταξύ χρονικών στιγμών ή/και περιόδων, μαζί με άλλες πληροφορίες όπως διάρκεια ή σχετική χρονική τοποθέτηση. Οι χρονικές περίοδοι και τοποθετήσεις δύνανται να εκφραστούν είτε με το Γρηγοριανό ημερολόγιο και το σχετικό ρολόι, είτε με άλλο χρονικό σύστημα αναφοράς όπως το παγκόσμιο ρολόι σε δευτερόλεπτα της UNIX, ο γεωλογικός χρόνος ή διάφορα άλλα ημερολόγια. Στην εικόνα 5 παρακάτω απεικονίζονται οι βασικές έννοιες υψηλού επιπέδου της οντολογίας.



Εικόνα 5: Διάγραμμα υψηλού επιπέδου της οντολογίας OWL-Time

5.2.4 GeoSPARQL

Το πρότυπο GeoSPARQL [18] του Open Geospatial Consortium (OGC) αναπαριστά κι υποβάλλει ερωτήματα σε γεωχωρικά δεδομένα του σημασιολογικού ιστού. η GeoSPARQL ορίζει ένα λεξιλόγιο για την αναπαράσταση γεωχωρικών δεδομένων σε RDF, και ορίζει μία επέκταση της γλώσσας ερωτημάτων SPARQL για επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων. Επιπρόσθετα, η GeoSPARQL είναι σχεδιασμένη για να φιλοξενεί συστήματα που βασίζονται σε ποιοτική χωρική συλλογιστική και συστήματα που βασίζονται σε ποσοτικούς χωρικούς υπολογισμούς. Η κύρια κλάση του είναι το “*ogc:SpatialObject*”, με 2 κύριες υποκλάσεις τις “*ogc:Feature*” και “*ogc:Geometry*”. Ένα *feature* είναι οτιδήποτε διαθέτει χωρική υπόσταση ενώ η *Geometry* αναπαριστά οτιδήποτε έχει χωρική έκταση. Η GeoSPARQL παρέχει 2 διαφορετικά πρότυπα για να αναπαριστά γεωμετρίες, τις Well Known Text (WKT) και Geography Markup Language (GML). Επίσης παρέχει έναν τυποποιημένο τρόπο για να υποβάλλει ερωτήματα για σχέσεις μεταξύ χωρικών οντοτήτων. Οι συναρτήσεις φιλτραρίσματος της GeoSPARQL υποστηρίζει 2 διαφορετικούς τύπους λειτουργιών: 1) υπάρχουν συναρτήσεις που λαμβάνουν πολλαπλές γεωμετρίες ως κατηγορήματα και παράγουν μια νέα γεωμετρία ή άλλο τύπο δεδομένων ως αποτέλεσμα, και 2) υποστηρίζονται τοπολογικές δοκιμές των γεωμετριών. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα επανεγγραφής κανόνων ερωτημάτων που επιτρέπουν ένα επιπλέον επίπεδο αφαιρετικότητας στα ερωτήματα SPARQL. Παρακάτω, στην εικόνα 6 φαίνεται το διάγραμμα της οντολογίας σε ανώτερο επίπεδο.



Εικόνα 6: Διάγραμμα οντολογίας GeoSPARQL ανωτέρου επιπέδου

5.2.5 LOD

Η οντολογία “Linking open description of events” (LODE³) [19] συνιστάται για την περιγραφή και δημοσίευση γεγονότων ως διασυνδεδεμένων δεδομένων και για την αντιστοίχιση ανώτερου επιπέδου λεξιλογίου και οντολογιών σχετικά με γεγονότα. Ως γεγονός ή συμβάν καλείται μια ενέργεια ή ένα γεγονός που λαμβάνει χώρα σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή/περίοδο και σε συγκεκριμένη τοποθεσία. Αυτός ο ορισμός χρησιμεύει για τη σύνδεση μεμονωμένων γεγονότων που καταγράφονται σε μια αναπτυσσόμενη συλλογή διασυνδεδεμένων δεδομένων και για τη διερεύνηση και εξαγωγή πιο πολύπλοκων σχέσεων μεταξύ τους. Ανώτερη κλάση της οντολογίας είναι η “Event” που σημασιολογεί το γεγονός/συμβάν και αποτελείται από 7 ιδιότητες όπως: `circa`, `illustrate`, `atPlace`, `atTime`, `involved`, `involvedAgent`, `inSpace`.

5.3 Σημασιολογικός σχεδιασμός διαδρομών

Συναντάται πληθώρα εργασιών στη σχετική βιβλιογραφία που πραγματεύονται συστήματα προτάσεων σε έξυπνες συσκευές χρηστών μαζί με την απαραίτητη σημασιολογία σε επίπεδο μεμονωμένων σημείων ενδιαφέροντος χωρίς την ενσωμάτωσή τους σε κάποια διαδρομή. Στο [20] κατασκευάστηκε μια προσέγγιση με οντολογίες για την εύρεση συλλογιστικών προτάσεων για σημεία ενδιαφέροντος τουριστικών θέσεων με την επέκταση προϋπάρχουσας οντολογίας σε OWL. Ο πληθυσμός της οντολογίας με στιγμιότυπα στην εφαρμογή συνέβη από συλλογή ετερογενών δεδομένων από διάφορες πηγές. Στο ίδιο πνεύμα κατασκευάστηκε το SONET [21], ένα σημασιολογικό οντολογικό δίκτυο γράφου για διαχείριση της ετερογένειας δεδομένων σε σημεία ενδιαφέροντος. Στόχος τους είναι η ενοποίηση κατηγοριών σημείων ενδιαφέροντος από πολλαπλές πηγές για την αρωγή σε

³ <http://linkedevents.org/ontology/>

βελτιστοποίηση χρήσης χαρτών και εκτιμήσεις κατανομών πληθυσμών όπως με το OpenStreetMap (OSM).

Η πρώτη προσπάθεια υιοθέτησης τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού για την κατασκευή διαδρομών συνέβη στην Ιταλία από το αρμόδιο υπουργείο το 2016, όπου ανακοινώθηκε η χρονιά πεζοπορίας με στόχο την προώθηση πολιτιστικών δρομολογίων και αγροτουρισμού. Πρώτα συνέβη απογραφή των ιταλικών πολιτιστικών διαδρομών και εν συνεχεία ακολούθησε η δημοσιοποίηση τους στο διαδίκτυο υπό τη μορφή και τις αρχές των ανοικτών δεδομένων. Πάνω σε αυτές τις εργασίες υλοποιήθηκαν 2 ξεχωριστά έργα, όπου αφορούσαν την υλοποίηση οντολογίας με πεδίο εφαρμογής τις πολιτιστικές διαδρομές και τον ρόλο λογισμικού GIS στον τομέα διαχείρισης και κατανόησης πολιτιστικών διαδρομών [22].

Σε παρόμοιο γενικό πνεύμα οντολογικής δημιουργίας διαδρομών χωρίς εξειδίκευση με τουριστικό ή περιβαλλοντολογικό υπόβαθρο αναπτύχθηκε μια διαδικτυακή υπηρεσία για εύρεση δρομολογίων στο OpenStreetMap (OSM) ακολουθώντας μια προσέγγιση με βάση τη δραστηριότητα [23]. Πέρα από το ταξίδι με αφετηρία και προορισμό, συμπεριλαμβάνονται στις προτεινόμενες διαδρομές και μια σειρά δραστηριοτήτων. Αυτό είναι σημαντικό για τον ασφαλή προγραμματισμό ενεργειών, όπως λόγου χάρη η φόρτιση ηλεκτροκίνητου οχήματος. Για τον εντοπισμό των κατάλληλων δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε ένα εργαλείο που ενθυλακώνει μια χωρική οντολογία δραστηριοτήτων που συνδέεται με το OpenStreetMap (OSM) και το οποίο παρέχει σημασιολογικά μεταδεδομένα με τη μορφή ετικετών. Οι ετικέτες με τη σειρά τους οργανώθηκαν σε μια καινοτόμα οντολογία προσφέροντας καλύτερες παραπομπές για την κοινότητα του OpenStreetMap (OSM) και υποστηρίζοντας επιπλέον το χαρακτηριστικό του σημασιολογικού εμπλουτισμού. Συνεπώς, υπάρχει καλύτερη αντιμετώπιση των γεγονότων που εξελίσσονται καθώς και αποτελεσματική εξαγωγή σχετικών πληροφοριών.

Στα πλαίσια του συνδυασμού τεχνολογιών σημασιολογικού ιστού και παροχής εξατομικευμένων υπηρεσιών προτάθηκε μια μελέτη που διερευνά τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εφαρμοστεί ένα σύστημα σχεδιασμού διαδρομής που βασίζεται στο χρήστη [24]. Πιο συγκεκριμένα, προτάθηκε μια τεχνική μοντελοποίησης γνώσης βασισμένη σε οντολογικά μοντέλα που χρησιμοποιούν μια αναλυτική ιεραρχική δομή. Αυτή η τεχνική ενδέχεται να καθιστά πιο εύκολο τον προσδιορισμό της επιλογής των κριτηρίων σε χρήση για την εφαρμογή σύνθετων λειτουργιών στον αλγόριθμο εύρεσης διαδρομής. Επιπλέον, η τεχνική ασχολείται ρητά με μια δομή ιεραρχίας και είναι πρακτικά μια θεωρία της μεθοδολογίας αποτίμησης και λήψης αποφάσεων σε χρήση με το συνδυασμό ή τη σύνθεση ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων. Τα αποτελέσματα βασίζονται σε πραγματικά δεδομένα χρηστών που αναδεικνύουν τα πλεονεκτήματα της τεχνικής. Τέλος, είναι εμφανείς οι δυνατότητες υιοθέτησης της παρούσας τεχνικής για την ανάπτυξη εξειδικευμένων αλγορίθμων γραφημάτων βασισμένων σε τεχνολογία σημασιολογικού ιστού σε νέες δομές γνωσιακών γράφων.

6 ΤΕΛΙΚΑ ΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΟΥ Ε-ΧΝΗΛΑΤΗ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται με κάθε λεπτομέρεια οι τελικές εκδόσεις των οντολογικών μοντέλων του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Απεικονίζεται η δενδροειδής ιεραρχία των κλάσεων, καθώς επίσης οι ίδιες οι κλάσεις αλλά και οι ιδιότητες δεδομένων και αντικειμένων που τις απαρτίζουν και τις διασυνδέουν. Από την χρονική αρχή διεργασιών της υποενότητας μέχρι και το πέρας της, η διαμόρφωση των παραπάνω ακολούθησε μια εξακολουθητική προσέγγιση. Αυτό συνέβη διότι καθώς εξελίσσονταν οι απαιτήσεις χρηστών και οι λοιπές τεχνικές απαιτήσεις του έργου, οι οντολογίες όφειλαν να εναρμονίζονται, να ακολουθούν και να υποστηρίζουν τις εξελίξεις αυτές.

Η ανάπτυξη των οντολογιών περατώθηκε με τη χρήση του πειραματικού εργαλείου Protege 5.5.0 [25]. Πρόκειται για ένα δωρεάν πρόγραμμα επεξεργασίας οντολογίας ανοιχτού κώδικα και πλαίσιο για τη δημιουργία ευφυών συστημάτων από τα σπάργανα του πανεπιστημίου του Standford. Επιπρόσθετα, υποστηρίζεται από μια ισχυρή κοινότητα ακαδημαϊκών, κυβερνητικών και εταιρικών χρηστών, οι οποίοι χρησιμοποιούν το εν λόγω εργαλείο για να δημιουργήσουν λύσεις βασισμένες στη γνώση σε τομείς τόσο διαφορετικούς όπως η βιοϊατρική, το ηλεκτρονικό εμπόριο και η μοντελοποίηση οργανισμών. Παρέχονται τα απαιτούμενα εργαλεία για τη σχεδίαση οντολογιών αλλά και πληθώρα επιλογών για την επικύρωση επάρκειας λογικής συνεκτικότητας με χρήση προ-εγκατεστημένων πακέτων συλλογιστικών υπηρεσιών. Επιπλέον, με γνώμονα τη σημασιολογική διασυμβατότητα υποστηρίζονται όλοι οι βασικοί τύποι εξαγωγής αρχείων ως προς τα επίσημα προσφερόμενα συντακτικά.

Οι βασικές έννοιες που αποτελούν τις βασικές κλάσεις της οντολογίας σε ανώτερο επίπεδο είναι τα σημεία ενδιαφέροντος (Points of Interest, POI(s)), οι εκδηλώσεις/γεγονότα (Event(s)), τα αντικείμενα με χωρική υπόσταση (SpatialObject(s)), ο χρόνος και τα αντικείμενα με χρονική υπόσταση (Time). Αν και στο προηγούμενο παραδοτέο Π2.2.1 υπήρξε εκτενής σημασιολογική υποστήριξη και με άλλες κλάσεις που αντιπροσωπεύουν γνωσιακά και άλλες πτυχές δεδομένων και μεταδεδομένων του έργου, εντούτοις εγκαταλείφθηκαν, είτε γιατί η υποστήριξη τους υιοθετήθηκε από άλλα συστήματα του έργου, είτε διότι πρακτικά δεν συνεισέφεραν επί της ουσίας στο τελικό πλαίσιο συλλογιστικής και αναπαράστασης γνώσης που υλοποιήθηκε.

6.1 Σημείο ενδιαφέροντος (POI)

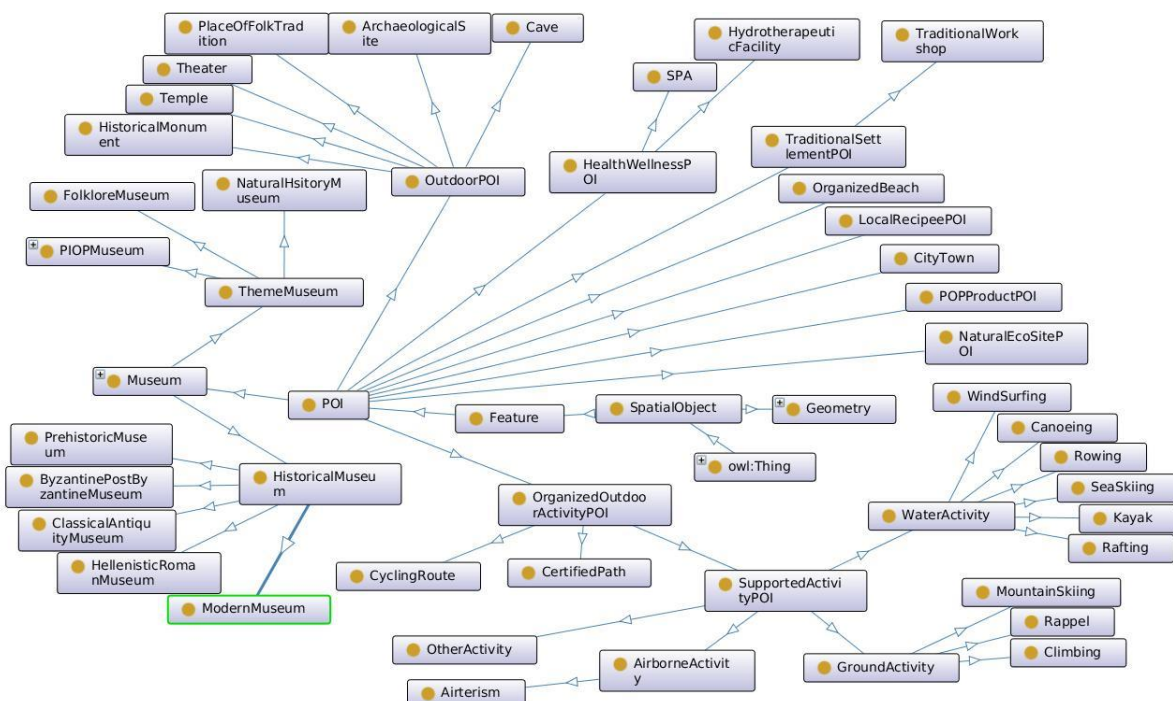
Το σημείο ενδιαφέροντος εκ προοιμίου εμπεριέχει χωρική υπόσταση. Ως εκ τούτου, σημασιολογικά ιεραρχείται κάτω από την ομπρέλα των κλάσεων της κλάσης SpatialObject, βασικής κλάσης της GeoSPARQL οντολογίας. Στα πλαίσια του έργου θεωρήθηκε ότι σε ένα σημείο ενδιαφέροντος δεν αποδίδεται κάποιο συγκεκριμένο ή ακανόνιστο γεωμετρικό σχήμα και αντιμετωπίζεται ως σημειακή γεωχωρική υπόσταση στον χάρτη βάσει συντεταγμένων γεωμετρικού πλάτους και ύψους. Σημασιολογικά άρα ανήκει και στην υποκλάση Feature της GeoSPARQL και συνδέεται μέσω μιας ιδιότητας αντικειμένου με ένα στιγμιότυπο της κλάσης Point της GeoSPARQL από όπου και χαρακτηρίζεται με το γεωχωρικό ζεύγος δεδομένων. Επίσης, σε κάθε σημείο ενδιαφέροντος προσδίδεται η χρονική ιδιότητα βάσει εβδομαδιαίου προγράμματος (κλάση POISchedule) όπου είναι εφαρμόσιμο. Κάποια σημεία ενδιαφέροντος είναι προσβάσιμα πάντα, ενώ άλλα έχουν επίσημο αναρτημένο

πρόγραμμα, το οποίο είτε ανακτάται αυτόματα από διαδικτυακούς πόρους, είτε κάποιος διαχειριστής μπορεί να το εισάγει χειροκίνητα στο σύστημα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Πέρα από τη διαθεσιμότητα βάσει προγράμματος, για κάθε κατηγορία σημείου ενδιαφέροντος έχει υπολογιστεί από ειδήμονες ο μέσος χρόνος που απαιτείται για την επίσκεψη του σημείου, μια έξτρα χρονική ιδιότητα που δεν εδράζει στην οντολογία αλλά ενσωματώνεται και αξιοποιείται ξεχωριστά και απευθείας από την υπηρεσία συλλογιστικής.

Σε επίπεδο στιγμιότυπων της κλάσης του σημείου ενδιαφέροντος, έχει προηγηθεί σχετική μελέτη στην ΥΕ 1.3 από ειδικούς. Με βάση τη μεθοδολογία επιλέχθηκαν τα σχετικά σημεία ενδιαφέροντος δυνητικών διαδρομών για ανάδειξη, προσδιορίστηκαν σε μεγάλο βαθμό τα κριτήρια επιλογής τόπων ενδιαφέροντος, όπου τελικά προέκυψαν όλες οι κατηγορίες σημείων ενδιαφέροντος που καλείται να υποστηρίξει, όχι μόνο σημασιολογικά, ο ΕΧΝΗΛΑΤΗΣ.

Η κατηγοριοποίηση των στιγμιότυπων των διαφορετικών σημείων ενδιαφέροντος έγινε με βάση ποιοτικά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζεται ένα εκτενές φάσμα επιλογών το οποίο ακολουθεί ένα ιεραρχικό δενδροειδές μοντέλο με κάποια ενδιάμεσα στρώματα (κλάσεις) ομαδοποίησης. Η ομαδοποίηση κατατάσσεται σε: υπαίθριες ή εσωτερικές δραστηριότητες, σε υπηρεσίες εντός του σημείου, σε ευρύτερα οικιστικά σύνολα και σε εγκαταστάσεις μουσειακού, θεματικού ή ιστορικού ενδιαφέροντος. Για περισσότερες πληροφορίες για τη μεθοδολογία και την κατηγοριοποίηση αυτή ο αναγνώστης καλείται να ανατρέξει στο παραδοτέο Π1.2.

Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται πλήρως ανεπτυγμένο και διασυνδεδεμένο το σημασιολογικά δενδροειδές ιεραρχικό μοντέλο της κλάσης σημείο ενδιαφέροντος (POI):



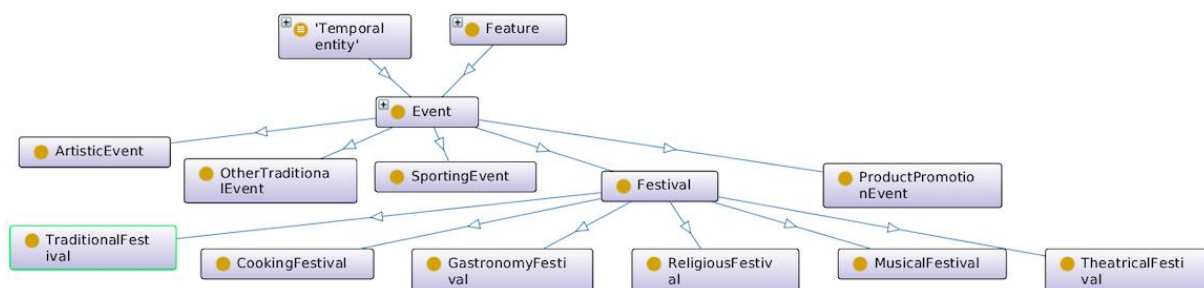
Εικόνα 7: Πλήρως ανεπτυγμένο μοντέλο της κλάσης σημείο ενδιαφέροντος.

6.2 Εκδήλωση/Γεγονός (Event)

Οι εκδηλώσεις/γεγονότα μοντελοποιήθηκαν ξεχωριστά στην οντολογία εξαιτίας της πρακτικής ιδιότητας τους και παραδοχής για το έργο, να λαμβάνουν χώρα μία μοναδική φορά σε πεπερασμένο χρονικό όριο και να μην επαναλαμβάνονται περιοδικά. Επιπλέον, με παρόμοιο τρόπο με τα σημεία ενδιαφέροντος κατέχουν χωρική υπόσταση από την οντολογία GeoSPARQL κατά τη διεξαγωγή τους. Μια επιπρόσθετη παραδοχή είναι ότι κάθε εκδήλωση/γεγονός, που εξ ορισμού χαρακτηρίζεται από γεωχωρικά δεδομένα, ενδέχεται να συμβαίνει είτε σε ένα υπαρκτό σημείο ενδιαφέροντος στο σύστημα, είτε σε κάποιο ξεχωριστό μέρος που δεν υπολογίζεται ως σημείο ενδιαφέροντος. Στην περίπτωση της πρώτης παραδοχής, αυτή η ταύτιση συμβαίνει όχι μόνο σε επίπεδο συντεταγμένων αλλά και υπόλοιπων λεπτομερειών κληρονομώντας σχετική πληροφορία, χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο. Αυτό τεχνικά επιτυγχάνεται αυτόματα με τη χρήση ερωτημάτων CONSTRUCT των κανόνων SPIN. Για παράδειγμα, μια εκδήλωση που συμβαίνει σε ένα μουσείο ενδέχεται να έχει διαφορετικό τηλέφωνο επικοινωνίας από ότι το ίδιο το μουσείο. Ως συνέπεια, απαιτείται χειροκίνητη παρέμβαση, διασταύρωση πληροφοριών και διευθέτηση από τον διαχειριστή του συστήματος.

Η κατηγοριοποίηση των εκδηλώσεων/γεγονότων και η διαμόρφωση τους σε ιεραρχικό δενδροειδές μοντέλο έγινε με βάση το περιεχόμενό τους. Πιο αναλυτικά υπάρχουν κλάσεις για: φεστιβάλ με θεματικό περιεχόμενο (μαγειρικό, παραδοσιακό, θεατρικό, μουσικό, θρησκευτικό, γαστρονομικό), καλλιτεχνικές εκδηλώσεις, εκδηλώσεις προώθησης προϊόντων και αθλητικές εκδηλώσεις. Τέλος, λήφθηκε υπόψη και η δημιουργία μιας κλάσης για να υποστηρίξει εκδηλώσεις/γεγονότα που δεν κατηγοριοποιούνται στις παραπάνω κλάσεις. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη μεθοδολογία κατηγοριοποίησης και την κατηγοριοποίηση, ο χρήστης καλείται να ανατρέξει στο παραδοτέο Π1.2.

Στην εικόνα 8 παρακάτω, παρουσιάζεται πλήρως ανεπτυγμένο και διασυνδεδεμένο το σημασιολογικά δενδροειδές ιεραρχικό μοντέλο της κλάσης εκδήλωση/γεγονός (Event):



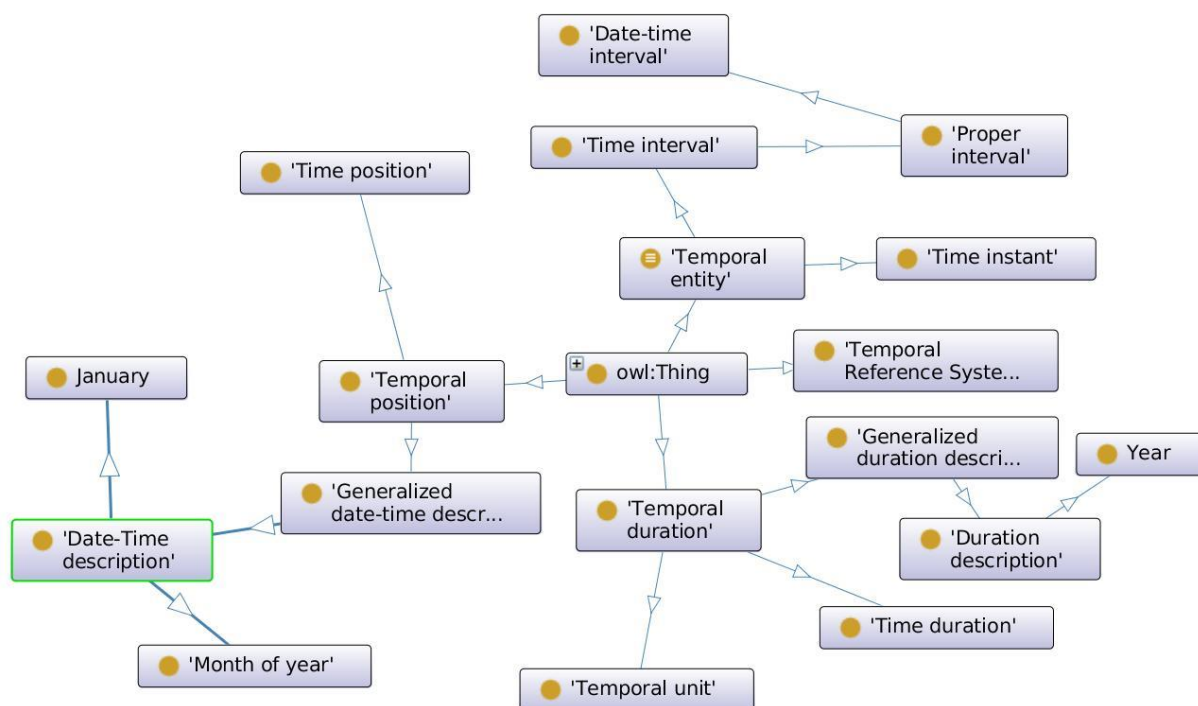
Εικόνα 8: Πλήρως ανεπτυγμένο μοντέλο της κλάσης εκδήλωση/γεγονός.

6.3 Χρονικό Αντικείμενο (Time)

Η χρονική υπόσταση και οι ιδιότητες της στην οντολογία του e-ΧΝΗΛΑΤΗ εξυπηρετούνται από την ολική εισαγωγή της επίσημης οντολογίας OWL-Time. Προσφέρει τη χρονική διάσταση σε στιγμιότυπα άλλων κλάσεων της οντολογίας, όπως είναι οι εκδηλώσεις/γεγονότα και τα σημεία ενδιαφέροντος. Χρησιμοποιείται στοχευμένα για να εκφράσει προγράμματα λειτουργίας και ημερομηνίες και ώρες μοναδικών συμβάντων. Επίσης, δύναται να εκφράσει χρόνους περάτωσης επίσκεψης σημείων ενδιαφέροντος, τόσο

από προεπιλογή όσο και συσσωρευμένα αθροιστικά σε προσωποποιημένες εναλλακτικές διαδρομές. Ως σημείο αναφοράς υιοθετήθηκε το γρηγοριανό ημερολόγιο βάσει του οποίου υπολογίζονται οι χρονικές στιγμές και τα χρονικά διαστήματα που αφορούν τον e-ΧΝΗΛΑΤΗ.

Στην εικόνα 9 απεικονίζεται πλήρως ανεπτυγμένο και διασυνδεδεμένο το σημασιολογικά δενδροειδές ιεραρχικό μοντέλο της κλάσης χρόνος (Time), για περισσότερες πληροφορίες και λεπτομέρειες απευθυνθείτε στο [17]:

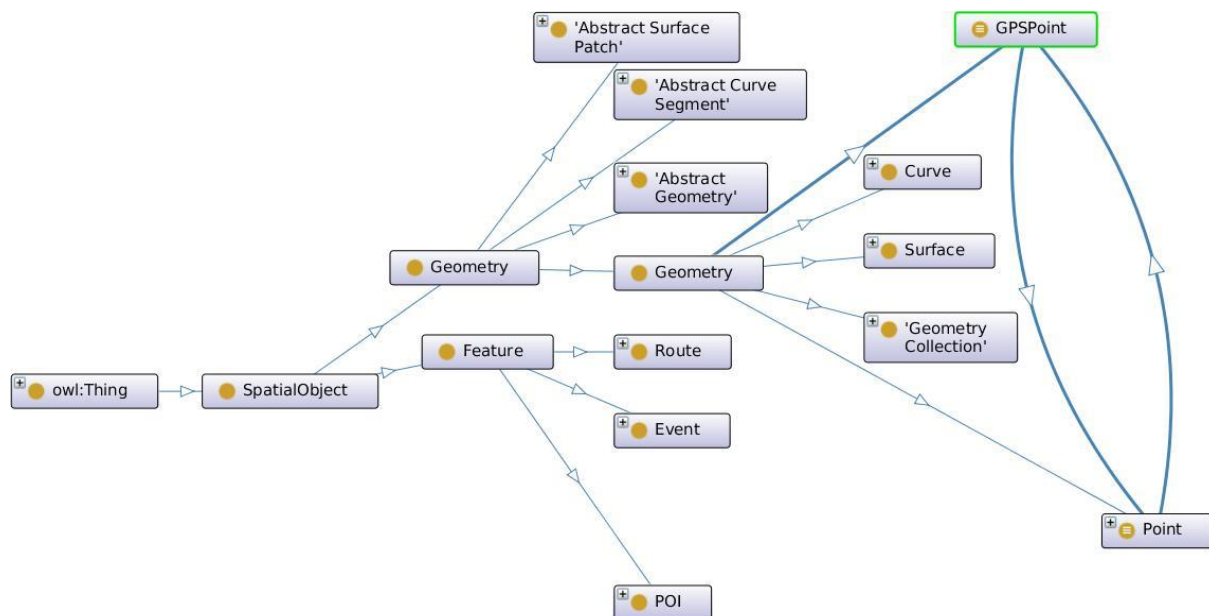


Εικόνα 9: Πλήρως ανεπτυγμένο μοντέλο της κλάσης χρόνος.

6.4 Χωρικό Αντικείμενο (SpatialObject)

Η GeoSPARQL υποστηρίζει, ως κομμάτι της υλοποίησης της, τη σημασιολογική αναπαράσταση χωρικών αντικειμένων, η οποία με τη σειρά της μπορεί να πυροδοτήσει έτοιμες γεωχωρικές συναρτήσεις προς εξυπηρέτηση του πλαισίου συλλογιστικής. Σκοπός των μοντέλων της είναι να προσδώσουν σημασιολογικά χωρική έκταση, άρα και ύπαρξη, στα σημεία ενδιαφέροντος και στις εκδηλώσεις/γεγονότα. Η γενική ιδέα είναι ότι ένα αντικείμενο με γεωχωρική υπόσταση αναγκαστικά ανήκει ως στιγμιότυπο στην υποκλάση feature της κλάσης SpatialObject. Αυτό το feature, εξ ορισμού, οφείλει να περιγράφεται από μία γεωμετρία όσο απλή ή σύνθετη απαιτούν οι περιστάσεις. Τέτοιες γεωμετρίες αποτελούν: το ακατεύθυντο σημείο, μία δισδιάστατη επιφάνεια, μια (μη) κανονική καμπύλη ή και μια γεωμετρική συλλογή που περιέχει πολλαπλούς συνδυασμούς όλων των παραπάνω.

Παρακάτω, η εικόνα 10 απεικονίζει μερικώς ανεπτυγμένο έως μεσαίου επιπέδου και πλήρως διασυνδεδεμένο το σημασιολογικά δενδροειδές ιεραρχικό μοντέλο της κλάσης χωρικό αντικείμενο (SpatialObject), για περισσότερες πληροφορίες και λεπτομέρειες απευθυνθείτε στο [18]:



Εικόνα 10: Μερικώς ανεπτυγμένο μοντέλο έως μεσαίου επιπέδου της κλάσης χωρικό αντικείμενο.

6.5 Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)

Σε επίπεδο γνωστικών γράφων, οι ιδιότητες αντικειμένων είναι οι ακμές που συνδέουν με κάποια εξειδικευμένη σημασιολογική ιδιότητα 2 κλάσεις της οντολογίας που αναπαρίστανται δομικά από κόμβους. Μέσω αυτής της άμεσης σύνδεσης είναι που τα στιγμιότυπα των κλάσεων συνδέονται έμμεσα μεταξύ τους με την ίδια εξειδικευμένη σημασιολογική ιδιότητα μέσω των κλάσεων. Ακολουθεί παρακάτω ο αναλυτικός πίνακας υπό τη μορφή τριπλετών, μορφή με παρόμοια λογική με αυτή των RDF τριπλετών που δομούν συνήθως έναν RDF γνωστικό γράφο. Απαριθμούνται όλες οι ιδιότητες αντικειμένων που χρησιμοποιούνται στο τελικό μοντέλο αναπαράστασης γνώσης του έργου, μαζί με τις κλάσεις που έχουν ως υποκείμενο και το στοχευμένο εύρος τιμής (κλάση) ως αντικείμενο.

Κλάση	Ιδιότητα Αντικειμένου	Εύρος Τιμής
Temporal entity	<u>After</u>	Temporal entity
Temporal entity	<u>Before</u>	Temporal entity
SpatialObject	<u>Contains</u>	SpatialObject

SpatialObject	<u>coveredBy</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Covers</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Crosses</u>	SpatialObject
Generalized date-time description	<u>day of week</u>	Day of week
SpatialObject	<u>Disconnected</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Disjoint</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Equals</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>externally connected</u>	SpatialObject
Date-time interval	<u>has Date-Time description</u>	Generalized date-time description
Collection	<u>has member</u>	Collection OR Concept
Ordered Collection	<u>has member list</u>	rdf:List
Temporal entity	<u>has temporal duration</u>	Temporal duration
-	<u>has time</u>	Temporal entity
Temporal entity	<u>has beginning</u>	Time instant
Temporal entity	<u>has end</u>	Time instant

Time interval	<u>has time instant inside</u>	Time instant
Concept Scheme	<u>has top concept</u>	Concept
Feature	<u>hasGeometry</u>	Geometry
Feature	<u>defaultGeometry</u>	Geometry
Generalized date-time description	<u>in time zone</u>	Time Zone
SpatialObject	<u>Inside</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Intersects</u>	SpatialObject
Proper interval	<u>interval contains</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval disjoint</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval equals</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval finished by</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval in</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval meets</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval met by</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval overlapped by</u>	Proper interval

Proper interval	<u>interval overlaps</u>	Proper interval
Proper interval	<u>interval started by</u>	Proper interval
Concept	<u>is top concept in scheme</u>	Concept Scheme
Concept	<u>is in semantic relation with</u>	Concept
Museum	<u>isLocatedIn</u>	CityTown OR TraditionalSettlementPOI
SpatialObject	<u>Meet</u>	SpatialObject
Generalized date-time description	<u>month of year</u>	Month of year
SpatialObject	<u>non-tangential proper part</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>non-tangential proper part inverse</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Overlap</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Overlaps</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>partially overlapping</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>tangential proper part</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>tangential proper part inverse</u>	SpatialObject

Time instant	<u>Temporal position</u>	Temporal position
Generalized duration description OR temporal position	<u>Temporal reference system used</u>	Temporal Reference System
Time duration OR Generalized date-time description	<u>temporal unit type</u>	Temporal unit
SpatialObject	<u>Touches</u>	SpatialObject
SpatialObject	<u>Within</u>	SpatialObject

Πίνακας 3: Ιδιότητες Αντικειμένων e-ΧΝΗΛΑΤΗ

6.6 Ιδιότητες Δεδομένων (Datatype Properties)

Σε επίπεδο γνωσιακών γράφων, οι ιδιότητες δεδομένων είναι οι ακμές που συνδέουν με κάποια εξειδικευμένη σημασιολογική ιδιότητα 1 κλάση της οντολογίας με μια συγκεκριμένη τιμή δεδομένων συγκεκριμένου τύπου. Μέσω αυτής της άμεσης σύνδεσης είναι που τα δεδομένα των κλάσεων συνδέονται με την ίδια εξειδικευμένη σημασιολογική ιδιότητα με τα στιγμιότυπα κλάσεων. Ακολουθεί παρακάτω ο αναλυτικός πίνακας υπό τη μορφή τριπλετών, μορφή με παρόμοια λογική με αυτή των RDF τριπλετών που δομούν συνήθως έναν RDF γνωσιακό γράφο. Απαριθμούνται όλες οι ιδιότητες δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο τελικό μοντέλο αναπαράστασης γνώσης του έργου, μαζί με τις κλάσεις που έχουν ως υποκείμενο και το στοχευμένο εύρος τιμής ως αντικείμενο.

Κλάση	Ιδιότητα Δεδομένων	Εύρος Τιμής
Event OR POI	<u>AccessInfrastructureForPeopleWithDisabilities</u>	xsd:Boolean
Event OR POI	<u>Address</u>	xsd:string
Event OR POI	<u>AvailableDigitalApps</u>	xsd:Boolean
Geometry	<u>coordinateDimension</u>	xsd:integer
Generalized date-time description	<u>Day</u>	-

Generalized date-time description	<u>day of year</u>	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	<u>days duration</u>	xsd:decimal
Event OR POI	<u>Details</u>	xsd:string
Geometry	<u>Dimension</u>	xsd:integer
Event OR POI	<u>GroupVisits</u>	xsd:Boolean
Geometry	<u>has serialization</u>	rdfs:Literal
Geometry	<u>asGML</u>	GML Literal
Geometry	<u>asWKT</u>	Well-known Text Literal
Temporal entity	<u>has XSD duration</u>	xsd:duration
CityTown OR NaturalEcoSitEPOI OR TraditionalSettlementPOI	<u>hasAccommodationNear</u>	xsd:Boolean
CityTown OR NaturalEcoSitEPOI OR TraditionalSettlementPOI	<u>hasCateringNear</u>	xsd:Boolean
GPSPoint	<u>hasGPSLatitude</u>	xsd:double
GPSPoint	<u>hasGPSLongitude</u>	xsd:double
GPSPoint	<u>hasGPSTimeStamp</u>	xsd:double
OrganizedBeach	<u>hasMarineSportsInfrastructure</u>	xsd:Boolean
Event OR POI	<u>hasPriceOfFullTicket</u>	xsd:decimal
Event OR POI	<u>hasPriceOfReducedTicket</u>	xsd:decimal
Event OR POI	<u>hasTicket</u>	xsd:Boolean
Generalized date-time description	<u>Hour</u>	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	<u>hours duration</u>	xsd:decimal

Time instant	<u><i>in XSD date</i></u>	xsd:date
Time instant	<u><i>in XSD Date-Time-Stamp</i></u>	xsd:dateTimeStamp
Time instant	<u><i>in XSD g-Year</i></u>	xsd:gYear
Time instant	<u><i>in XSD g-YearMonth</i></u>	xsd:gYearMonth
Geometry	<u><i>isEmpty</i></u>	xsd:Boolean
Event OR POI	<u><i>isOpenToday</i></u>	xsd:Boolean
Geometry	<u><i>isSimple</i></u>	xsd:Boolean
Generalized date-time description	<u><i>Minute</i></u>	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	<u><i>Minutes</i></u>	xsd:decimal
Generalized date-time description	<u><i>Month</i></u>	-
Generalized duration description	<u><i>months duration</i></u>	xsd:decimal
Time duration	<u><i>Numeric value of temporal duration</i></u>	xsd:decimal
Time position	<u><i>Name of temporal position</i></u>	xsd:string
Time position	<u><i>Numeric value of temporal position</i></u>	xsd:decimal
Event OR POI	<u><i>PhoneNumber</i></u>	xsd:unsignedInt
Event OR POI	<u><i>PossibilityOfIncorporationIn NetworkOfCommonCategory</i></u>	xsd:Boolean
Event OR POI	<u><i>PostalCode</i></u>	xsd:unsignedLong
Event OR POI	<u><i>RoadConnectingInterchange</i></u>	xsd:string
Generalized date-time description	<u><i>second</i></u>	xsd:decimal
Generalized duration	<u><i>seconds duration</i></u>	xsd:decimal

description		
Geometry	<u><i>spatialDimension</i></u>	xsd:integer
Event OR POI	<u><i>TimeDistanceofJunction</i></u>	xsd:float
Event OR POI	<u><i>TimeOfFullVisit</i></u>	xsd:decimal
Event OR POI	<u><i>URL</i></u>	xsd:string
Generalized date-time description	<u><i>week</i></u>	xsd:nonNegativeInteger
Generalized duration description	<u><i>weeks duration</i></u>	xsd:decimal
Generalized date-time description	<u><i>year</i></u>	-
Generalized duration description	<u><i>years duration</i></u>	xsd:decimal
Airterism or ArchaeologicalSite or ByzantinePostByzantineMus eum 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 POPPProductPOI or PlaceOfFolkTradition or PrehistoricMuseum or Rafting or Rappel or Rowing or SPA or SeaSkiing or Temple or Theater or	<u><i>POIhasID</i></u>	xsd:nonNegativeInteger

TraditionalWorkshop or WindSurfing		
GPSPoint	<u>PointBelongsToMunicipality</u>	xsd:string
GPSPoint	<u>PointBelongsToRegion</u>	xsd:string
Point	<u>PointBelongToRegionalUnit</u>	xsd:string

Πίνακας 4: Ιδιότητες Δεδομένων e-ΧΝΗΛΑΤΗ

6.7 Προσθήκη δεδομένων στη γνωσιακή βάση

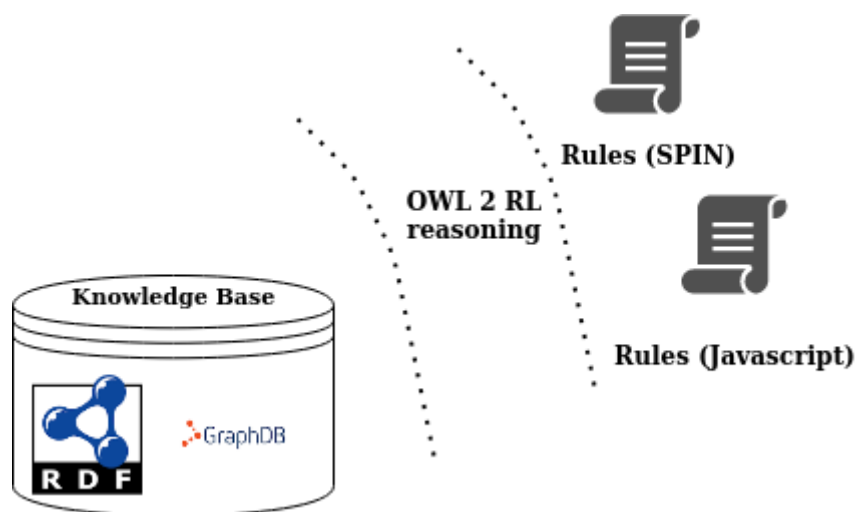
Όπως έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί η προσανατολισμένη στις υπηρεσίες αρχιτεκτονική του e-ΧΝΗΛΑΤΗ (βλέπετε παραδοτέο Π1.3 για λεπτομέρειες), οι υποενότητες εργασίας που αφορούν τα σημασιολογικά μοντέλα και τις τεχνικές σημασιολογικού συσχετισμού για τη δημιουργία διαδρομών αφορούν και το κομμάτι της εισαγωγής δεδομένων στη γνωσιακή βάση. Έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί η αντίστοιχη υπηρεσία κατάλληλα, ώστε να είναι σε ετοιμότητα ανά πάσα ώρα και στιγμή να λάβει δεδομένα, μέσω απομακρυσμένων κλήσεων εφαρμογών διεπαφών προγραμματισμού, υπό τη μορφή JSON δομών και να τα μεταφράσει κατάλληλα σε τριπλέτες RDF με τη χρήση του συντακτικού turtle. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε τύπο πηγής δεδομένων αλλά και για τα ίδια τα δεδομένα που ρέουν στο σύστημα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και εξυπηρετούνται από τις τεχνολογίες σημασιολογικού ιστού, σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν υπηρεσίες αυτόματης χαρτογράφησης/αντιστοίχισης και η υπηρεσία αυτή διατίθεται στον διαχειριστή της πλατφόρμας του έργου καθ' απαίτηση με το πάτημα ενός κουμπιού. Αυτή η λειτουργικότητα χρησιμεύει και ως λειτουργία συγχρονισμού ανάμεσα στη γεωχωρική βάση, που είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των συντεταγμένων των διαδρομών, και τη γνωσιακή βάση που είναι υπεύθυνη για την αναπαράσταση γνώσης και την υποστήριξη του πλαισίου συλλογιστικής που θα παρουσιαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

7 ΤΕΛΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΥΛΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

Μέχρι την παρούσα ενότητα, το παραδοτέο επικεντρώθηκε στον εντοπισμό των απαραίτητων απαιτήσεων για τη μοντελοποίηση οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και στην ανάπτυξη και τελική διαμόρφωση σχετικών λεξιλογίων για την υποστήριξη της αναπαράστασης γνώσης και της χαρτογράφησης του περιεχομένου στις οντολογικές δομές. Στο κεφάλαιο 7 αναλύεται η τελική έκδοση του συλλογιστικού πλαισίου που αποτελεί και την έκδοση 2 για το μήνα 45. Στόχος του είναι να αναδείξει την ευφυή ενσωμάτωση των πολυτροπικών ετερογενών δεδομένων και μεταδεδομένων που συλλέγονται από ποικίλες πηγές για το έργο και να συνδυάσει, να ενοποιήσει και να ερμηνεύσει σημασιολογικά τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν στη γνωσιακή βάση. Οι υπηρεσίες και οι αλγόριθμοι συλλογιστικής βρίσκονται σε καταληκτικό στάδιο και αποτελούν την τελική υλοποίηση για την καθολική ικανοποίηση των απαιτήσεων χρηστών του έργου. Το παρόν πλαίσιο συλλογιστικής αν και ολοκληρώθηκε στα πλαίσια του έργου, παρόλα αυτά ενδέχεται επέκτασης από πάσα ενδιαφερόμενο. Εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν κατά τα πιλοτικά πειράματα: η επαρκής λεπτομέρεια των υπηρεσιών, η ευρωστία του συστήματος καθώς και η ευελιξία σε δυναμικές και εναλλασσόμενες απαιτήσεις μιας και το σύστημα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ κλείνοντας τον κύκλο του βρίσκεται σε ένα άκρως ώριμο στάδιο.

7.1 Αρχιτεκτονική και ενσωμάτωση υπηρεσιών συλλογιστικής

Τα βασικά και διακριτά δομικά κομμάτια του πλαισίου συλλογιστικής παρουσιάζονται στην εικόνα 11 σε υψηλό αφαιρετικό επίπεδο σχεδίασης.



Εικόνα 11: Αρχιτεκτονική συλλογιστικής σε υψηλό αφαιρετικό επίπεδο.

Οι υπηρεσίες συλλογιστικής προσθέτουν αξία στις οντολογίες και στην αναπαράσταση γνώσης του e-ΧΝΗΛΑΤΗ μέσω εφαρμογής κανόνων και αλγορίθμων συλλογιστικής στις διαθέσιμες δομές δεδομένων βάσει των μοναδικών ιδιοτήτων που κατέχουν. Βασίζονται σημαντικά στα σημασιολογικά μοντέλα που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, με τέτοιο τρόπο ώστε η επίσημη αναπαράσταση γνώσης των εννοιών, του οντολογικού πλαισίου και οι διασυνδέσεις/σχέσεις μεταξύ πολυτροπικών ετερογενών δεδομένων να διασυνδέονται επαρκώς σχηματίζοντας πλούσιους υπογράφους γνώσης. Αυτοί οι υπογράφοι, που απαρτίζουν τον ενοποιημένο και μοναδικό γνωσιακό γράφο του έργου,

αποθηκεύονται κατάλληλα μέσα στη γνωσιακή βάση. Η γνωσιακή βάση που επιλέχθηκε, έπειτα από σχετική αναζήτηση και μελέτη απαιτήσεων των προσφερόμενων προϊόντων, για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του έργου είναι η GraphDB 9.10.0 Free Edition⁴, λόγω της επεκτασιμότητας της προς τις εγγενείς υπηρεσίες συλλογιστικής OWL 2 RL και τις διεπαφές που υποστηρίζουν τα ερωτήματα σε SPARQL. Το πρώτο εγγυάται ότι υποστηρίζεται πλήρως η γλώσσα OWL. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί εκφραστικότητας με αποτέλεσμα την αδυναμία αντιμετώπισης περίπλοκων σχέσεων. Για παράδειγμα, η ιεραρχική δομή δέντρου πρέπει να ακολουθείται διαρκώς όταν μοντελοποιούνται οι ιδιότητες, επομένως οτιδήποτε δε συμμορφώνεται με αυτήν δε μπορεί να μοντελοποιηθεί καθόλου. Επιπλέον, η εγγενής σημασιολογία της περιγραφικής λογικής δεν υποστηρίζει και απαγορεύει την προοδευτική δημιουργία νέων στιγμιότυπων επί τόπου.

Η ανάκτηση ή/και επεξεργασία των δεδομένων προς παραγωγή συμπερασμάτων λαμβάνει χώρα έξυπνα με τη χρήση εξειδικευμένων ερωτημάτων σε γλώσσα SPARQL. Τα δεδομένα συλλέγονται στοχευμένα, συγχωνεύονται και μετασχηματίζονται σε κατάλληλες δομές JSON ώστε να αποτελέσουν είσοδο στους αλγόριθμους συλλογιστικής και να αποσταλούν τελικά ως αποτέλεσμα (απόκριση σε κλήση διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών) στα υπόλοιπα υποσυστήματα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που τα χρειάζονται για να διεκπαιρέωσουν τις διεργασίες τους. Οι υπηρεσίες συλλογιστικής διενεργούνται πάνω από τη γνωσιακή βάση σε επίπεδο αρχιτεκτονικής και συνέργειας. Στη γνωσιακή βάση βρίσκονται αποθηκευμένες οι σημασιολογικές πληροφορίες που κρίνονται απαραίτητες για τις υπηρεσίες του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Το γενικό πλαίσιο συλλογιστικής είναι μια πάντα διαθέσιμη υπηρεσία καθ' απαίτηση με κλήση διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών. Η τεχνική υλοποίηση της έγινε κυρίως με τη χρήση μιας backend βιβλιοθήκης της Javascript, την node.js. Χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετες βιβλιοθήκες που εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς, όπως:

- η εγκατάσταση υπηρεσίας και επικοινωνίας τοπικών υπηρεσιών ως διεπαφές εφαρμογών προγραμματισμού σε server (express.js),
- η υποστήριξη authentication για εξακρίβωση χρηστών με κατάλληλο όνομα χρήστη και κωδικούς (express-basic-auth.js),
- η υποστήριξη διαχείρισης αρχείων (fs.js),
- η υποστήριξη δημιουργίας μοναδικών αλφαριθμητικών συμβολοσειρών (uuid.js),
- η υποστήριξη διαχείρισης της επικοινωνίας με τη γνωσιακή βάση GraphDB (graphdb.js),
- η διαχείριση HTTP λειτουργικών πρωτοκόλλων και επικοινωνίας (axios.js),
- η διαχείριση γεωχωρικών συναρτήσεων και δεδομένων (geolib.js),
- η επεξεργασία και ο καθαρισμός δεδομένων (jsesc.js),
- η ανάλυση λειτουργιών επικοινωνίας (body-parser.js).

7.2 Διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών και συλλογιστική

Η δημιουργία ερωτημάτων στη γνωσιακή βάση με χρήση γλώσσας SPARQL δεν είναι στατική και αυτό γιατί το έναυσμα του αλγόριθμου δρομολόγησης είναι διαφορετικό σε κάθε έναρξη της συνολικής διαδικασίας. Αρχικά, εισάγονται στο σύστημα γεωχωρικά δεδομένα, χρονικοί περιορισμοί, περιορισμοί απόστασης και ούτω καθεξής, με αποτέλεσμα αυτά μεταξύ τους

⁴ <http://graphdb.ontotext.com/>

σχεδόν σε κάθε εκτέλεση της διαδικασίας να διαφέρουν. Η επικοινωνία από και προς την υπηρεσία συλλογιστικής γίνεται με τη χρήση REST (REpresentational State Transfer) διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών. Όταν ένα αίτημα πελάτη γίνεται μέσω ενός RESTful API, μεταφέρει μια αναπαράσταση της κατάστασης του πόρου στον αιτούντα ή στο τελικό σημείο.

Εν συνεχεία, αφού αυτά δεδομένα μεταφερθούν στην υπηρεσία συλλογιστικής με αυτόν τον τρόπο καθ' απαίτηση, διαμορφώνονται κατάλληλα και με δυναμική δόμηση τα ερωτήματα SPARQL. Τα ερωτήματα SPARQL λαμβάνουν ως απόκριση από τη γνωσιακή βάση δεδομένα στη μορφή JSON-LD μαζί με λοιπές πληροφορίες για τη συνδιαλλαγή και την κατάσταση της επικοινωνίας. Έπειτα, με στοχευμένους επαναληπτικούς βρόγχους ελέγχου συλλέγονται μόνο τα σχετικά δεδομένα που χρειάζονται, τα οποία δομούν το τελικό JSON που αποστέλλεται ως απόκριση στην κλήση κάθε αντίστοιχης διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών. Οι διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών βρίσκονται πάντα διαθέσιμες στο πρωτόκολλο ίντερνετ (IP) με διεύθυνση 160.40.52.169 και εξυπηρετούνται από τη θύρα διακομιστή 3001. Η γνωσιακή βάση είναι προσβάσιμη στη διεύθυνση 160.40.52.169:7200/ όπου και απαιτούνται τα σωστά συνθηματικά (όνομα χρήστη και κωδικός) για πρόσβαση στη διεπαφή χρήστη της GraphDB.

Για την αποφυγή ένα άτομο με χρήση υπολογιστή να μην αποκτήσει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στα δεδομένα της γνωσιακής βάσης, οι συναλλαγές προστατεύονται με σύστημα ελέγχου ταυτότητας, όπου απαιτείται το σωστό προκαθορισμένο όνομα χρήστη και ο σωστός κωδικός. Εγκαταστάθηκαν και δοκιμάστηκαν συστήματα κρυπτογράφησης με Secure Sockets Layer (SSL) και Transport Layer Security (TLS) handshakes αλλά εμφάνισαν προβλήματα και σημαντικές σε αριθμό αποτυχίες συναλλαγών κατά τη διάρκεια μεγάλου όγκου κλήσεων των διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών. Το συγκεκριμένο πρόβλημα δεν οφείλονταν σε προγραμματιστική/μηχανική αστοχία αλλά πρόκειται για γενική αστοχία ευρωστίας της γλώσσας node.js σε συνδυασμό με SSL πιστοποιητικά όπως αναφέρθηκε στα επίσημα φόρα της γλώσσας, για αυτό και αυτή η προσέγγιση εγκαταλείφθηκε. Ωστόσο, μέχρι τη συγγραφή του παρόντος παραδοτέου δεν εντοπίστηκε καμία απολύτως παραβίαση δεδομένων και κατά τη διεργασία σάρωσης του διακομιστή για ευπάθειες δεν εντοπίστηκε απολύτως καμία υψηλή ή κρίσιμη ευπάθεια.

Για τις ανάγκες του έργου κατασκευάστηκαν συνολικά 17 διαφορετικές και άρτια εξειδικευμένες διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών υπό τη μορφή πρωτοκόλλου HTTP GET. Κάποιες αποτελούν πρώιμα στάδια πειραματισμού και μετεξελίχθηκαν σε νέες εκδόσεις για να εξυπηρετήσουν τις νέες ανάγκες του έργου που παρουσιάστηκαν στην πορεία. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτές οι διεπαφές εξυπηρετούν η μία την άλλη αλληλοκαλώντας με συγκεκριμένα ορίσματα. Αναλυτικότερα, παρατίθεται παρακάτω η συγκεκριμένη λίστα με όλες τις διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών μαζί με σχετικές πληροφορίες για το τρόπο που καλούνται με τα αντίστοιχα ορίσματα που απαιτούνται και εποπτικά οι λειτουργικότητες τους. Πρακτικά για την κλήση του καθενός, συμπληρώνεται το αντίστοιχο αλφαριθμητικό στο πεδίο του περιηγητή με ρίζα 160.40.52.169:3001/ όπου σε κάθε περίπτωση και μέχρι λήξεως του token ζητούνται το όνομα χρήστη και ο κωδικός. Η υπηρεσία αρχιτεκτονικά ξεκινάει με χρήση αιτήματος HTTP POST προς τη διεύθυνση του διακομιστή GraphDB με τα σωστά διαπιστευτήρια και εγκαθιστά έναν διαρκή δίαυλο επικοινωνίας μέχρι λήξεως του αντίστοιχου token.

/hi

Πρόκειται για ένα πολύ βασικό και απλό API όπου εξυπηρετεί τον έλεγχο εάν το γενικό πλαίσιο υπηρεσιών συλλογιστικής, στο ενδιαμέσο επίπεδο εφαρμογής και στο σύνολο τους, είναι διαθέσιμες, λειτουργούν κανονικά και είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν αιτήματα. Κατά αυτόν τον τρόπο εξακριβώθηκε πολλάκις κατά τις διαδικασίες αποσφαλμάτωσης εάν το πρόβλημα έγκειται στην επικοινωνία με το συνολικό πλαίσιο ή σε συγκεκριμένο API. Συνοπτικά, πρόκειται για μια επικοινωνία τύπου ring pong όπου ο πελάτης στέλνει ένα απλό μήνυμα “hi” και το σύστημα αποκρίνεται με το ίδιο μήνυμα “hi” εξακριβώνοντας τη διαθεσιμότητα του συνολικού πλαισίου.

/linkapivms

Πρόκειται για ένα API το οποίο καλεί επαναληπτικά ανά 6 λεπτά το API του εταίρου LINK S.A. (<http://egnatia.link-tech.gr/exnilatis/api/VMS>), αποθηκεύει σε buffer, αναδιαμορφώνει και ανακατευθύνει τα δεδομένα υπό τη μορφή JSON. Το περιεχόμενο της απόκρισης περιλαμβάνει ζωντανές πληροφορίες που απεικονίζονται στους ηλεκτρονικούς πίνακες κατά μήκος του οδικού άξονα της Εγνατίας οδού. Η υλοποίηση αυτής της ενδιάμεσης διεπαφής είχε ως σκοπό να εξυπηρετήσει στην αποσυμφόρηση αιτήσεων προς τους διακομιστές της LINK S.A. ελαχιστοποιώντας, έτσι, τις αποτυχίες συστήματος και τους μεγάλους χρόνους απόκρισης. Συνοπτικά, είναι ένας διαμεσολαβητής πληροφοριών που ενισχύει τη γενικότερη ευρωστία και διαθεσιμότητα του συνολικού συστήματος.

/addpoisfromfile

Το συγκεκριμένο API είναι η προκαταρκτική προσπάθεια που υλοποιήθηκε για την προσθήκη σημείων ενδιαφέροντος στη γνωσιακή βάση. Περιμένει στο JSON body έναν πίνακα υπό τη μορφή GeoJSON με τις απαιτούμενες πληροφορίες. Σε μια πρώτη προ-επεξεργασία καθαρίζει τα δεδομένα στο όνομα από μη ASCII χαρακτήρες και δημιουργεί το όνομα του στιγμιότυπου του σημείου. Εν συνεχεία, αντιστοιχεί τα νούμερα της κατηγορίας και των υποκατηγοριών των σημείων (αν υπάρχουν) σε λεκτικές περιγραφές με σημασία. Ακολουθεί η σύζευξη επικοινωνίας με το αντίστοιχο αποθετήριο στη GraphDB όπου και θα εφαρμοστεί το ερώτημα SPARQL “INSERT DATA” υπό τη μορφή συμβολοσειράς. Μέσα στο σώμα του ερωτήματος SPARQL “INSERT DATA” γίνεται δυναμικά η δόμηση και αντιστοίχιση της ληφθείσας GeoJSON πληροφορίας σε τριπλέτες RDF σύμφωνα με τις οντολογίες OWL που περιγράφονται στο κεφάλαιο 6. Τέλος, αποστέλλεται το πακέτο με τις πληροφορίες στη γνωσιακή βάση και στέλνεται ως απόκριση πίσω το μήνυμα “Η εισαγωγή των σημείων ολοκληρώθηκε” εφόσον περατωθεί με επιτυχία και χωρίς σφάλματα η εισαγωγή των σημείων.

/addinterchanges

Αρχικά, διαβάζονται και φορτώνονται οι κόμβοι του οδικού άξονα της Εγνατίας οδού από ένα στατικό και τοπικά αποθηκευμένο αρχείο της μορφής JSON το οποίο παραμένει αμετάβλητο. Στη συνέχεια, για κάθε στοιχείο δημιουργείται ένα μοναδικό στιγμιότυπο, επιτυγχάνεται η σύζευξη επικοινωνίας με το αποθετήριο της γνωσιακής βάσης και δομείται/αντιστοιχείται η πληροφορία με τη χρήση ενός ερωτήματος SPARQL “INSERT DATA”, υπό τη μορφή συμβολοσειράς, σε τριπλέτες RDF σύμφωνα με την οντολογία που παρουσιάστηκε στο

παραδοτέο Π2.2.1. Τέλος, αποστέλλεται το πακέτο πληροφοριών στη γνωσιακή βάση και στέλνεται ως απόκριση πίσω το μήνυμα “Η εισαγωγή των κόμβων ολοκληρώθηκε” εφόσον περατωθεί με επιτυχία και χωρίς σφάλματα η εισαγωγή των κόμβων. Λήφθηκε ειδική μνεία αρχικά για την ύπαρξη και υποστήριξη των οδικών κόμβων ως σημασιολογικές οντότητες διότι, σε πρώτο στάδιο, ο αλγόριθμος δρομολόγησης εναλλακτικών διαδρομών εξαρτώνταν σημαντικά από αυτές. Ωστόσο, στη συνέχεια εγκαταλείφθηκε αυτή η προσέγγιση.

/addpoisfromfilev2

Το παρόν API είναι εξέλιξη των προηγούμενων, όπου σε αντίθεση με πριν, περιμένει όλη την απαιτούμενη πληροφορία μέσα σε αρχείο json με κωδικοποίηση utf-8, το οποίο λαμβάνεται και αποθηκεύεται τοπικά. Αρχικά, επιτυγχάνεται η σύζευξη επικοινωνίας με το αντίστοιχο αποθετήριο στη GraphDB όπου και διαγράφονται όλα τα δεδομένα της γνωσιακής βάσης, επανεισάγεται η οντολογία από τοπικά αποθηκευμένο αρχείο και καλείται το API **/addinterchanges** για να εισάγει τους οδικούς κόμβους στο αποθετήριο της γνωσιακής βάσης αλλά με χρήση αρχείου αυτή τη φορά. Εν συνεχεία, με παρόμοιο τρόπο με πριν, φορτώνεται ο πίνακας από το τοπικά αποθηκευμένο αρχείο JSON με την πληροφορία για τα σημεία ενδιαφέροντος. Ακολουθεί καθαρισμός των δεδομένων από μη ASCII χαρακτήρες και γίνεται η αντιστοίχιση αριθμητικών κωδικών κατηγοριών και υποκατηγοριών σημείου σε λεκτικές περιγραφές με σημασία. Σε αυτό το στάδιο συμπεριλήφθηκε κι ένα επιπλέον βήμα καθαρισμού του περιεχομένου από HTML στοιχεία διότι πλέον η γνωσιακή βάση κλήθηκε να χειρίζεται και δεδομένα προερχόμενα από ιστοσελίδες. Τέλος, επιτυγχάνεται η σύζευξη με το αρμόδιο αποθετήριο της γνωσιακής βάσης, και δομείται κατάλληλα το ερώτημα SPARQL “INSERT DATA”, όπου αντιστοιχούνται οι πληροφορίες που ελήφθησαν για τα σημεία ενδιαφέροντος από το αρχείο σε τριπλέτες RDF, σύμφωνα με την οντολογία που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 6. Το πακέτο πλέον δεν στέλνεται μοναδιαία αλλά υπό το δίαυλο επικοινωνίας ως stream, κι αυτό για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευρωστία στην επικοινωνία. Πρακτικά, το παρόν API υλοποιήθηκε, έπειτα από μηχανική μελέτη, για να κληθεί να αντιμετωπίσει πιο αποτελεσματικά και με λιγότερα σφάλματα την αποστολή μεγάλων όγκων δεδομένων πάνω από ένα API.

/addpoisfromfilev3

Πρόκειται για εξέλιξη του API **/addpoisfromfilev2**, όπου οι διαδικασίες που ακολουθούνται είναι οι ίδιες αλλά πλέον διαμορφώνεται ένα και μοναδικό τελικό αρχείο με όλη την πληροφορία που αποστέλλεται με χρήση stream στο αποθετήριο της γνωσιακής βάσης. Σε αυτό το σημείο πλέον υποστηρίζεται και αντιστοιχείται και η σημασιολογία του εβδομαδιαίου προγράμματος του κάθε σημείου ενδιαφέροντος. Έπειτα από μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι οι χρόνοι απόκρισης και τα αιτήματα στη γνωσιακή βάση μειώθηκαν κατά περίπου 70% σε σύγκριση με το API **/addpoisfromfile**.

/sync

Το παρόν API δημιουργήθηκε για τον συγχρονισμό καθ απαίτηση της γνωσιακής βάσης με την γεωχωρική βάση της postgresQL. Βασίζεται αποκλειστικά στο API **/addpoisfromfilev3** και το επεκτείνει με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζει αποτελεσματικά την επιτυχία της επικοινωνίας και της σύμπνοιας μεταξύ των βάσεων. Ακολουθεί την ίδια πολιτική περί ύπαρξης και αποστολής ενός και μόνο αρχείου, για βελτιστοποίηση της ταχύτητας και της

ευρωστίας των συστημάτων, και επιβάλλει όλα τα απαιτούμενα πρωτόκολλα ασφαλείας. Σε περίπτωση επιτυχίας του συγχρονισμού αποκρίνεται με HTTP status 200, ειδικάλλως προωθεί τα αρχεία καταγραφής διακομιστή για τον εντοπισμό του σφάλματος.

/getallids

Το συγκεκριμένο API δέχεται μια απλή κλήση χωρίς ορίσματα και αποκρίνεται με όνομα και μοναδικό αναγνωριστικό για όλα τα υπαρκτά στη γνωσιακή βάση σημεία ενδιαφέροντος. Επιτυγχάνεται η σύζευξη επικοινωνίας με το αποθετήριο της γνωσιακής βάσης και προωθείται ένα ειδικά διαμορφωμένο ερώτημα “SELECT” σε γλώσσα SPARQL. Η απόκριση της γνωσιακής βάσης είναι σε μορφή JSON-LD, οπότε και απαιτήθηκε ο μετασχηματισμός και η στοχευμένη ανάκτηση μόνο των πληροφοριών που ενδιαφέρουν. Τέλος, στέλνεται ως απόκριση η ζητούμενη πληροφορία υπό τη μορφή JSON στον χρήστη.

/getid/:id

Το συγκεκριμένο API κατασκευάστηκε ώστε ο χρήστης να αποστέλλει το μοναδικό αναγνωριστικό του σημείου ενδιαφέροντος, το οποίο γνωρίζει, στο όρισμα “:id” και να λαμβάνει ως απάντηση όλες τις σχετικές πληροφορίες που διέπουν το συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος. Σε επίπεδο μηχανικής επιτυγχάνεται η επικοινωνία με το αποθετήριο της γνωσιακής βάσης και αποστέλλεται το εξειδικευμένο ερώτημα “SELECT” σε γλώσσα SPARQL. Η απόκριση από τη γνωσιακή βάση είναι σε δομή JSON-LD υπό τη μορφή επικοινωνίας ως stream. Ακολουθεί στοχευμένη ανάκτηση και μετασχηματισμός της πληροφορίας σε μορφή JSON, όπου και στέλνεται ως απόκριση στο αρχικό αίτημα χρήστη.

/getids/:ids

Το παρόν API βασίζεται αποκλειστικά στο API **/getid/:id**. Η κύρια διαφορά είναι ότι το συγκεκριμένο API δέχεται έναν πίνακα από μοναδικά αναγνωριστικά στο όρισμα “:ids” που στη συνέχεια με κατάλληλους βρόχους επανάληψης καλεί δυναμικά ανάλογες φορές το API **/getid/:id**. Τέλος, ομαδοποιεί τα δεδομένα από όλα τα σημεία ενδιαφέροντος σε ένα μοναδικό σώμα με μορφή JSON και το αποστέλλει ως απόκριση στο αρχικό ερώτημα χρήστη.

/getpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea

Το συγκεκριμένο API δέχεται ως ορίσματα στον ίδιο τον σύνδεσμό κατά την στιγμή της κλήσης: το όνομα του σχετικού κόμβου που επιθυμεί ο χρήστης να εκτελέσει τον αλγόριθμο, το χρόνο που μπορεί να διαθέσει για μια προτεινόμενη εναλλακτική διαδρομή, την απόσταση που θέτει ως άνω όριο για να διανύσει μια προτεινόμενη εναλλακτική διαδρομή καθώς και το δυαδικό ερώτημα εάν τα σημεία ενδιαφέροντος πρέπει υποχρεωτικά ή όχι να προσφέρουν πρόσβαση σε Α.Μ.Ε.Α. ή είναι παντελώς αδιάφορο για τον χρήστη. Αυτά τα ορίσματα εισέρχονται δυναμικά στον αλγόριθμο συλλογιστικής διαμορφώνοντας το τελικό ερώτημα τύπου “SELECT” που θα προωθεί στη γνωσιακή βάση ως ενιαία συμβολοσειρά. Επιπλέον δεν είναι υποχρεωτικό για τον αλγόριθμο να είναι συμπληρωμένα όλα τα ορίσματα για να δουλέψει, καθώς προωθώντας σε κάποιο πεδίο τον αριθμό “0” έχει σχεδιαστεί έτσι ο αλγόριθμος που να εξουδετερώνει τη λειτουργία του εκάστοτε τύπου φιλτραρίσματος.

Σκοπός του είναι να περιορίσει σημαντικά το πλήθος των προσφερόμενων σημείων ενδιαφέροντος τα οποία προωθούνται στα παρακάτω μόντουλα για τη δημιουργία

προτεινόμενων εναλλακτικών διαδρομών. Εκτός από τις συντεταγμένες, αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις και APIs που βασίζονται στο [18] για να εκτιμηθούν οι ευκλείδειες αποστάσεις μεταξύ των κόμβων της αρχικής διαδρομής και των σημείων ενδιαφέροντος, λειτουργώντας ρεαλιστικά ως όριο χαμηλότερης απόστασης, όπου στην καλύτερη περίπτωση η ευκλείδεια απόσταση ισούται με την πραγματική απόσταση οδήγησης. Επιπλέον, τα σταθερά όρια ταχύτητας του οδικού δικτύου κυκλοφορίας διευκόλυναν την ανάπτυξη ενός υπο-αλγορίθμου για τον κατά προσέγγιση υπολογισμό του χρόνου που απαιτείται για την άφιξη από το ένα μέρος στο άλλο, χρησιμεύοντας επίσης ως χαμηλότερο όριο εκτίμησης. Ο παρών αλγόριθμος συλλογιστικής δημοσιεύθηκε με επιτυχία χάριν στην πρωτοτυπία του και την παγκόσμια καινοτομία του σε διεθνές επιστημονικό συνέδριο υψηλού κύρους [26]. Έπειτα από όλες αυτές τις διαδικασίες επιστρέφει σε μορφή JSON τα μοναδικά αναγνωριστικά (IDs) των σημείων που πληρούν τις προδιαγραφές με σκοπό, εν συνεχεία, να αντληθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για αυτά μέσω του API `/getids/:ids` που αναλύθηκε παραπάνω. Παρακάτω, στην εικόνα 12, παρατίθεται αναλυτικά ο ψευδοκώδικας του αλγορίθμου.

```

Data: Interchange, POI.Coordinates, Interchange.Coordinates
Input  : DistanceOfTravel, TimeOfTravel ∈ ℕ
Output: A list of POIs
initialization;
foreach Interchange do
    GET each POI_coordinates and the Interchange_coordinates;
    foreach POI.Coordinates do
        if DistanceOfTravel ≠ 0 then
            | X=euclidean_distance( POI.Coordinates,
            |   Interchange.Coordinates);
        end
        FILTER (X ≤ DistanceOfTravel) ;
        if TimeOfTravel ≠ 0 and DistanceOfTravel ≠ 0 then
            | Y = (X × 60) ÷ 90000;
        end
        FILTER (Y ≤ TimeOfTravel) ;
        if TimeOfTravel ≠ 0 and DistanceOfTravel = 0 then
            | Z=euclidean_distance(POI.Coordinates,
            |   Interchange.Coordinates)×60 ÷ 90000;
        end
        FILTER (Z ≤ TimeOfTravel);
    end
end

```

Εικόνα 12: Ψευδοκώδικας αλγορίθμου χωροχρονικής συλλογιστικής σε SPARQL

/getdtldpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea

Το παρόν API χρησιμοποιεί το **/getpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea** όπως αναλύθηκε παραπάνω, για πολλά σημεία ενδιαφέροντος που αφορούν έναν μόνο κόμβο τη φορά. Εν συνεχεία, τα μοναδικά αναγνωριστικά των σημείων ενδιαφέροντος που πληρούν τις προϋποθέσεις του αλγορίθμου συλλογιστικής, χρησιμοποιούνται αλυσιδωτά με κατάλληλους βρόχους επανάληψης και τη χρήση του API **/getid/:id** για να ανακτηθούν όλες οι πληροφορίες για το εκάστοτε σημείο. Τέλος, ομαδοποιείται η πληροφορία σε μία ενιαία JSON δομή και αποστέλλεται ως η τελική απόκριση στο αρχικό αίτημα του API.

/getdtldpoisplain/:interch/:time/:dist/:amea

Το παρόν API χρησιμοποιεί το **/getdtldpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea** όπως αναλύθηκε παραπάνω, για πολλά σημεία ενδιαφέροντος που αφορούν έναν μόνο κόμβο τη φορά. Στη συνέχεια, η προκύπτουσα JSON δομή φιλτράρεται με τους κατάλληλους βρόχους επανάληψης ώστε να συγκεντρωθούν σε buffer μόνο τα μοναδικά αναγνωριστικά των σημείων ενδιαφέροντος σε δομή συνόλου. Τέλος, σχηματίζεται κατάλληλα μία JSON δομή που περιέχει μόνο την κατάλληλη αυτή πληροφορία που περιέχεται στον buffer και αποστέλλεται ως απόκριση στο αρχικό αίτημα/κλήση του API.

/getdtldpoisplain/:interch/:time/:dist/:amea/:start/:dest

Το συγκεκριμένο API είναι στην ίδια λογική με το προηγούμενο μόνο που αυτό δέχεται 2 επιπλέον ορίσματα. Το γεωχωρικό ζεύγος δεδομένων της αφετηρίας και του προορισμού του χρήστη που εντάσσονται αντίστοιχα στα ορίσματα **/:start** και **/:dest** του συνδέσμου. Αρχικά και κατά παρόμοιο τρόπο, χρησιμοποιείται το API **/gedtldpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea** όπως αναλύθηκε παραπάνω. Εμπεριέχεται και ένα επιπλέον αλγοριθμικό βήμα όπου υπολογίζεται η ευκλείδεια απόσταση βάσει γεωγραφικού πλάτους και μήκους μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος και της αφετηρίας και προορισμού. Τέλος, δομείται κατάλληλα το JSON που πλέον πέρα από τα μοναδικά αναγνωριστικά σημείων που έχουν περάσει το αρχικό αλυσιδωτό φιλτράρισμα, εμπεριέχει πλέον και τις ευκλείδειες αποστάσεις ανά σημείο ενδιαφέροντος.

/getdtldpoisbyints/:interch/:time/:dist/:amea

Το παρόν API ακολουθεί τη λογική των υπολοίπων στα ορίσματα κατά τη κλήση μόνο που πλέον αντί για ένα μοναδικό κωδικό όνομα κόμβου, πλέον δέχεται έναν πίνακα με ονόματα όλων των κόμβων που ενδιαφέρουν. Κατα παρόμοιο τρόπο βασίζεται στο API **/getdtldpoisbyint/:interch/:time/:dist/:amea**, το οποίο καλείται δυναμικά και εμφωλευμένα τόσες φορές, όσο είναι και το πλήθος των κόμβων που εμπεριέχονται μέσα στον αρχικό πίνακα κόμβων που λήφθηκε κατά την κλήση του API. Τέλος, ως απόκριση στέλνεται μια δομή JSON που περιέχει ανά κόμβο όλα τα συσχετιζόμενα σημεία ενδιαφέροντος μαζί με τα μοναδικά αναγνωριστικά τους.

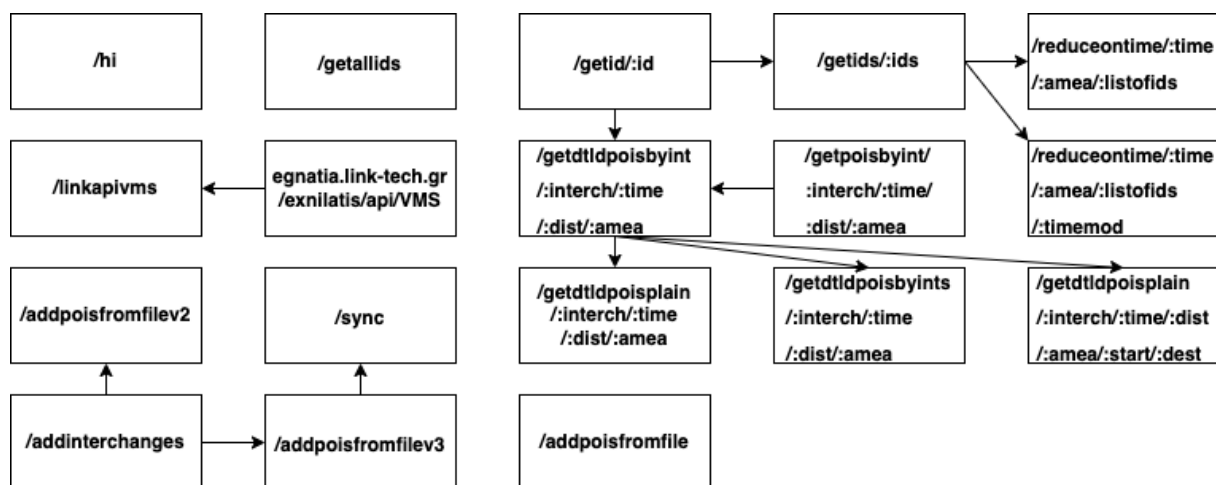
/reduceontime/:time/:amea/:listofids

Το συγκεκριμένο API περιμένει ως ορίσματα κατά την κλήση: το χρόνο που έχει να διαθέσει ο χρήστης για μια εναλλακτική διαδρομή, την προσβασιμότητα ή όχι σε Α.Μ.Ε.Α. και μια λίστα από μοναδικά αναγνωριστικά σημείων ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, καλείται εσωτερικά το

API **/getids/:ids** για να ανακτηθούν όλες οι σχετικές πληροφορίες σχετικά με αυτά τα σημεία ενδιαφέροντος. Η καινοτομία του συγκεκριμένου API είναι ότι πλέον μέσα στο διαθέσιμο χρόνο που έχει στην κατοχή του ο χρήστης, φιλτράρεται ανάλογα και ο χρόνος παραμονής που απαιτείται από τον επισκέπτη σε ένα σημείο ενδιαφέροντος. Έτσι, απορρίπτονται μαζικά σημεία ενδιαφέροντος που απαιτούν παραπάνω χρόνο συνολικά από τον χρόνο που έχει να διαθέσει ο χρήστης. Αυτοί οι χρόνοι ανά κατηγορία και υποκατηγορία σημείου ενδιαφέροντος έχουν προκαθοριστεί με προεπιλογή από ομάδα ειδικών, είναι σταθεροί και φορτώνονται στο σύστημα από αρχείο.

/reduceontime/:time/:amea/:listofids/:timemod

Το παρόν API ακολουθεί την ίδια λογική με το προηγούμενο μόνο που επιπλέον αναμένει ως όρισμα κατά την κλήση του μια πραγματική μεταβλητή τροποποίησης χρόνου. Το σκεπτικό είναι ότι οι προκαθορισμένοι χρόνοι από προεπιλογή που έχουν θεσπιστεί από τους ειδικούς και αναφέρθηκαν παραπάνω, αφορούν επισκέπτες ακμαίους σε φυσική κατάσταση και χωρίς κάποια ειδική ανάγκη. Έτσι, στα πλαίσια του e-ΧΝΗΛΑΤΗ και για τη χρήση αυτού του API, υπολογίστηκαν ανά περίπτωση αυτοί οι τροποποιητές χρόνου προσεγγιστικά ανά κατηγορία επισκέπτη από ειδικούς. Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν είτε άτομα τρίτης ηλικίας ή/και με κινητικά προβλήματα, άτομα με μειωμένη όραση, άτομα με μειωμένη ακοή, άτομα μόνο με κινητικές δυσκολίες και ούτω καθεξής.



Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα ροής αρχιτεκτονικής των APIs

Αρχικά, μια κύρια διαδρομή χωρίς στάσεις υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις τοποθεσίες έναρξης και προορισμού που παρέχονται από τον χρήστη και εξάγεται. Εν συνέχεια, τα σημεία ενδιαφέροντος που βρίσκονται μέσα σε μια οριοθετημένη γεωχωρική ζώνη γύρω από την κύρια διαδρομή, συλλέγονται και αποστέλλονται στο σημασιολογικό σύστημα (στάδιο 2).

Στάδιο 2: Οι υποψήφιοι προορισμοί που βρίσκονται αποθηκευμένοι στη γνωσιακή βάση, ύστερα από ανάκτηση από τον ιστό (Παραδοτέο Π2.1.2) και προ-επεξεργασία καθαρισμού και έπειτα της διαδικασίας εισαγωγής δεδομένων, υπόκεινται σε φιλτράρισμα με βάση τη γνώση (Κεφάλαιο 7). Αυτό το φιλτράρισμα λαμβάνει υπόψη τους περιορισμούς χρηστών, προκειμένου να αφαιρεθούν τα μη λειτουργικά σημεία ενδιαφέροντος ανά χρήστη/κλήση και να παραχθεί μια μικρότερη λίστα προτάσεων. Τέτοιοι περιορισμοί αφορούν κυρίως χωροχρονικά όρια και περιβαλλοντολογικούς περιορισμούς, οπότε και αρκετά σημεία ενδιαφέροντος απορρίπτονται από την τελική προκύπτουσα λίστα.

Στάδιο 3: Στη συνέχεια, η προκύπτουσα λίστα προορισμών από το στάδιο 2 τροφοδοτεί μια υβριδική τεχνική που συνδυάζει ένα σύστημα φιλτραρίσματος που βασίζεται στο περιεχόμενο και ένα συνεργατικό σύστημα φιλτραρίσματος με σκοπό να προσφέρει προσαρμοσμένες προτάσεις για νέες τοποθεσίες που έχουν επιλεγεί από παρόμοιους χρήστες και συνάδουν με τις προτιμήσεις του χρήστη (Παραδοτέο Π 2.3.2). Δημιουργείται έτσι μια ταξινομημένη λίστα σημείων ενδιαφέροντος που προωθείται στο στάδιο 4.

Στάδιο 4: Τέλος, τα ταξινομημένα σημεία ενδιαφέροντος χρησιμοποιούνται από το σύστημα δρομολόγησης, πρώτα για τον υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής για τη σειρά επίσκεψης και στην συνέχεια για τον υπολογισμό και τη δημιουργία της εξατομικευμένης προτεινόμενης διαδρομής. Για τον αλγόριθμο δρομολόγησης της ταξινομημένης λίστας με γεωχωρικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε μια παραλλαγή του αλγορίθμου “A-Star”. Για περισσότερες πληροφορίες καλείται ο χρήστης να ανατρέξει στο παραδοτέο Π3.2.2.

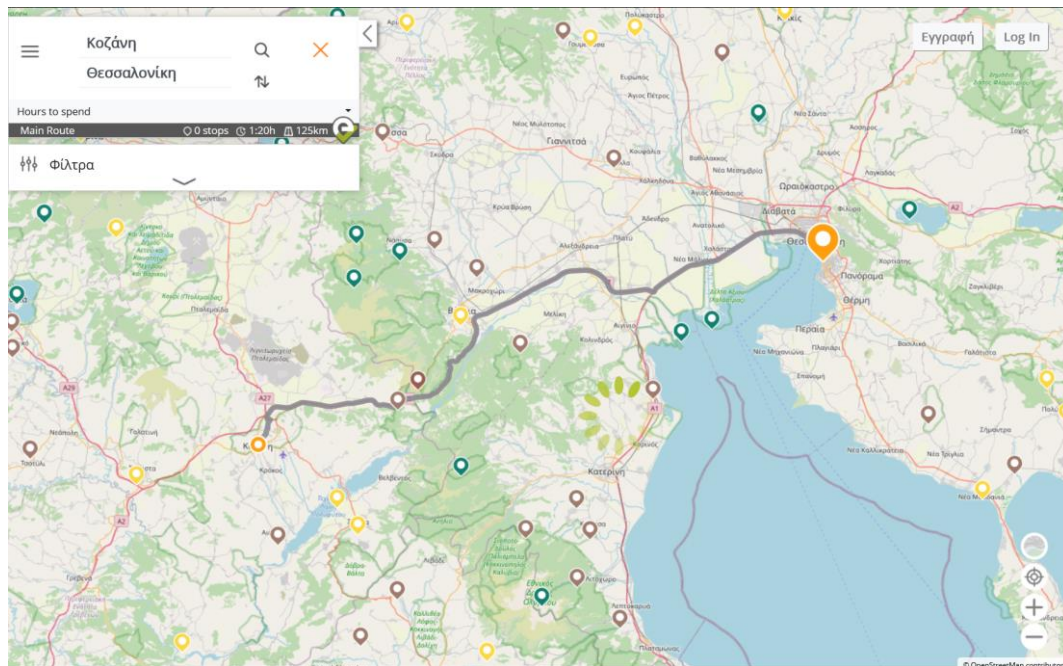
9 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην ενότητα 9 αναλύεται λεπτομερώς ένα παράδειγμα προσομοίωσης με χρήση διαγράμματος ροής. Με αυτό το παράδειγμα, η ροή των δεδομένων κατά τη λειτουργία των αλγορίθμων του συστήματος γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή και επικυρώνονται έτσι κάποιες βασικές αρχές μοντελοποίησης της οντολογίας και του πλαισίου συλλογιστικής καθώς και το σύστημα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ συνολικά.

Αρχικά, ο χρήστης χρησιμοποιεί τη διεπαφή που του παρέχεται στην έξυπνη συσκευή του και συμπληρώνει κάποιες βασικές πληροφορίες. Σε αυτό το παράδειγμα θα θεωρήσουμε ότι δεν έχει δημιουργήσει κάποιο προσωπικό χρήστη, αλλά απλά εισάγει τα σημεία αφετηρίας και προορισμού. Ο χρήστης πληκτρολογεί στην πλατφόρμα ότι επιθυμεί να μεταβεί από την Κοζάνη στη Θεσσαλονίκη και πατάει το κουμπί εκτέλεσης όπου σε πρώτο στάδιο δημιουργείται η αρχική/βασική διαδρομή χωρίς ενδιάμεσες προτάσεις στάσεων. (εικόνα 16). Πρακτικά, χρησιμοποιείται το API `/route_planner/` (Π3.2.1) όπου λαμβάνει ως είσοδο τα εξής δεδομένα από το συγκεκριμένο παράδειγμα εκτέλεσης που ανακτώνται απευθείας από τη διεπαφή χρήστη κι αφού βάσει γεωχωρικών συναρτήσεων έχουν αντιστοιχηθεί οι τοποθεσίες σε συντεταγμένες (Εικόνα 15). Ακολουθεί μια εσωτερική επεξεργασία από την οποία παράγεται η αρχική διαδρομή και η γεωμετρία της, καθώς επίσης και τα κοντινά σημεία ενδιαφέροντος που εμπίπτουν εντός της οριοθετημένης γεωχωρικής ζώνης γύρω από την κύρια διαδρομή μαζί με τις αποστάσεις. Το αποτέλεσμα αυτού απεικονίζεται στην εικόνα 17.

```
<!-- input -- /route_planner/ -->
start_nearest_neighbour_id : 109217
end_nearest_neighbour_id : 489863
min_x : 311931.8130766561
min_y : 4463304.99923752
max_x : 411064.40605202597
max_y : 4498811.999743544
```

Εικόνα 15: Δεδομένα εισόδου στη συνάρτηση `route_planner`.



Εικόνα 16: Υπολογισμός αρχικής/βασικής διαδρομής από Κοζάνη σε Θεσσαλονίκη μέσω της διεπαφής της πλατφόρμας.

```
<!-- output -- /route_planner/ -->
{"route_geojson":{"type":"FeatureCollection","name":"main_route","route_s_cost":4049,"route_length":124899,"features":[{"type":"Feature","geometry":{"crs":{"type":"name","properties":{"name":"EPSG:2100"}},"type":"MultiLineString","coordinates":[...]}}],"near_pois_json":{"poi_ids":[113,129,131,137,138,142,164,196,247,248,249,250,251,252,253,48,49,50,23,33,34,35,3,58,60,175,83,85],"dist_poi_route":[23852,22576,19240,20164,10353,9691,17843,21408,3802,356,284,549,122,178,637,13318,11232,23182,7778,945,21414,20642,458,2300,3182,21277,5609,21370]}}
```

Εικόνα 17: Δεδομένα εξόδου από τη συνάρτηση route_planner.

Εν συνεχεία, το κομμάτι που αφορά το “near_pois_json” αποκόπτεται και αποστέλλεται ως είσοδος στο API που εκτελεί τη συνάρτηση get_personalized_routes (Παραδοτέο Π2.3.2). Το συγκεκριμένο μπλοκ πληροφοριών περιέχει τα μοναδικά αναγνωριστικά των σημείων ενδιαφέροντος στο σύστημα καθώς και τις αποστάσεις των σημείων από την κύρια διαδρομή (Εικόνα 18).

```
<!-- input -- /get_personalized_routes/ -->
{"poi_ids":[113,129,131,137,138,142,164,196,247,248,249,250,251,252,253,48,49,50,23,33,34,35,3,58,60,175,83,85],"dist_poi_route":[23852,22576,19240,20164,10353,9691,17843,21408,3802,356,284,549,122,178,637,13318,11232,23182,7778,945,21414,20642,458,2300,3182,21277,5609,21370]}
```

Εικόνα 18: Δεδομένα εισόδου στη συνάρτηση get_personalized_routes

Η συνάρτηση get_personalized_routes με τη σειρά της και πριν προβεί σε κάποια διαδικασία, καλεί το σημασιολογικό υποσύστημα μέσω του αντίστοιχου API όπου πλέον τα μοναδικά αναγνωριστικά των σημείων ενδιαφέροντος περιλαμβάνονται σε μορφή πίνακα μέσα στον ίδιο τον σύνδεσμο ακολουθώντας τις αρχές του REST. Ο χρονικός περιορισμός τέθηκε στο “0”, η διαθεσιμότητα για εγκαταστάσεις ΑΜΕΑ στο “random” και ο πολλαπλασιαστής χρόνου

βάσει δυσκολίας στο “1”, που σημαίνει ότι δεν επηρεάζουν κάπως τον αλγόριθμο αυτές οι τρεις παράμετροι. Παρατηρούνται επίσης και οι αλυσιδωτές κλήσεις των APIs που αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν παραπάνω στο κεφάλαιο 7.

```
<!-- input -- /reduceontime/ -->
Called:
/reduceontime/0/random/113,129,131,137,138,142,164,196,247,248,249,250,2
51,252,253,48,49,50,23,33,34,35,3,58,60,175,83,85/1
Called:
/getids/113,129,131,137,138,142,164,196,247,248,249,250,251,252,253,48,4
9,50,23,33,34,35,3,58,60,175,83,85
Called: /getid/%27113%27
Called: /getid/%27129%27
Called: /getid/%27131%27
Called: /getid/%27137%27
Called: /getid/%27138%27
Called: /getid/%27142%27
Called: /getid/%27164%27
Called: /getid/%27196%27
Called: /getid/%27247%27
Called: /getid/%27248%27
Called: /getid/%27249%27
Called: /getid/%27250%27
Called: /getid/%27251%27
Called: /getid/%27252%27
Called: /getid/%27253%27
Called: /getid/%2748%27
Called: /getid/%2749%27
Called: /getid/%2750%27
Called: /getid/%2723%27
Called: /getid/%2733%27
Called: /getid/%2734%27
Called: /getid/%2735%27
Called: /getid/%273%27
Called: /getid/%2758%27
Called: /getid/%2760%27
Called: /getid/%27175%27
Called: /getid/%2783%27
Called: /getid/%2785%27
```

Εικόνα 19: Δεδομένα εισόδου στη συνάρτηση reduceontime

Ως απόκριση της κλήσης του API reduceontime παράγεται ένα JSON μπλοκ με όλη τη σημασιολογική πληροφορία των σημείων ενδιαφέροντος που απομένουν. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα μιας και δεν τέθηκαν κάποιοι περιορισμοί, το πλήθος των σημείων ενδιαφέροντος που επιστρέφεται δε μειώθηκε. Ενδεικτικά, για λόγους χώρου παρατίθεται στην εικόνα 20 ένα μπλοκ JSON με όλη τη σημασιολογική πληροφορία που εμπεριέχεται για το σημείο ενδιαφέροντος με μοναδικό αναγνωριστικό “113”.


```
<!-- output -- /reduceontime/ -->
[{"id":"type","name":"POI"}, {"id":"type","name":"NaturalPlace"}, {"id":"POIhasID","name":"113"}, {"id":"belongsToRegion","name":"Κεντρικής Μακεδονίας"}, {"id":"belongsToMunicipality","name":"Βέροιας"}, {"id":"belongsToRegionalUnit","name":"Ημαθίας"}, {"id":"hasAddress","name":"null"}, {"id":"hasAmeaAccess","name":"null"}, {"id":"hasAverageDurationOfVisit","name":"null"}, {"id":"hasBeenAwarded","name":"null"}, {"id":"hasCategoryOfSource","name":"EOAE geodatabase"}, {"id":"hasCulturalFacility","name":"null"}, {"id":"hasDifficultyLevel","name":"null"}, {"id":"hasEmail","name":"null"}, {"id":"hasExhibitionFacility","name":"null"}, {"id":"hasFullDescriptionEng","name":"null"}, {"id":"hasFullDescriptionGr","name":"null"}, {"id":"hasNameEng","name":"null"}, {"id":"hasNameGr","name":"Χιονοδρομικό Κέντρο Σελίου 113"}, {"id":"hasObservatories","name":"null"}, {"id":"hasParkingSlots","name":"null"}, {"id":"hasPhoneNumber","name":"null"}, {"id":"hasRecreationalAreas","name":"null"}, {"id":"hasShortDescriptionEng","name":"null"}, {"id":"hasShortDescriptionGr","name":"null"}, {"id":"hasTicketCost","name":"null"}, {"id":"hasWC","name":"null"}, {"id":"hasWebsite","name":"null"}, {"id":"isCertified","name":"null"}, {"id":"isCertifiedOutdoorCompany","name":"null"}, {"id":"isOfHistoricPeriod","name":""}, {"id":"isProtected","name":"null"}, {"id":"isPublished","name":"true"}, {"id":"isSuitableForOutdoorActivities","name":"null"}, {"id":"isUnderUnesco","name":"null"}, {"id":"providesAccommodation","name":"null"}, {"id":"providesCatering","name":"null"}, {"id":"providesFood","name":"null"}, {"id":"providesInfoMaterial","name":"null"}, {"id":"providesInternalRoutes","name":"null"}, {"id":"providesShelter","name":"null"}, {"id":"providesShopping","name":"null"}, {"id":"supportsAR","name":"null"}, {"id":"label","name":"POI"}, {"id":"asWKT","name":"POINT(22.000005388872626 40.5391493654105)"}]
```

Εικόνα 20: Δείγμα δεδομένων εξόδου της συνάρτησης reduceontime

Έπειτα, λαμβάνουν χώρα οι υβριδικές τεχνικές προσωποποίησης (Παραδοτέο Π2.3.2) που αναφέρθηκαν περιληπτικά στο κεφάλαιο 8. Τα προκύπτοντα δεδομένα με τη σειρά τους προωθούνται ως απάντηση στην αρχική κλήση της API συνάρτησης get_personalized_routes. Πρόκειται για μοναδικά αναγνωριστικά σημείων ενδιαφέροντος, ταξινομημένα με ένα σκορ ομοιότητας. Σχηματικά, στο συγκεκριμένο παράδειγμα η απόκριση παρουσιάζεται στην εικόνα 21.

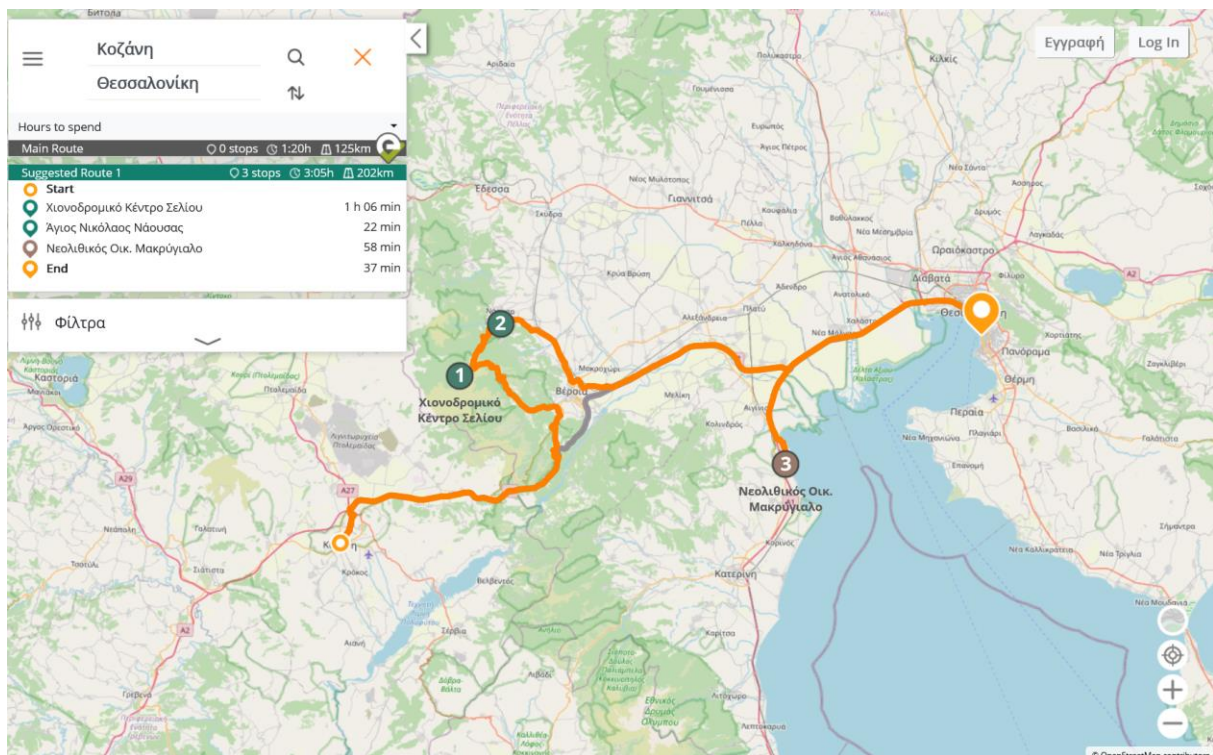
```
<!-- output -- /get_personalized_routes/ -->
"PersonalizedInterchanges": [
  {
    "poi_id": 113,
    "similarity_score": 0.6334
  },
  {
    "poi_id": 50,
    "similarity_score": 0.6013
  },
  {
    "poi_id": 164,
    "similarity_score": 0.5833
  },
  {
    "poi_id": 131,
    "similarity_score": 0.425
  }
]
```

Εικόνα 21: Δεδομένα εξόδου της συνάρτησης get_personalized_routes

Τέλος, τα δεδομένα που λαμβάνονται εισέρχονται σε επιπλέον αλγορίθμους (Π3.2.2) με στόχο τη διαμόρφωση της τελικής εναλλακτικής διαδρομής λαμβάνοντας υπόψη όλη την προηγούμενη πληροφορία. Τα δεδομένα που προκύπτουν και προωθούνται στη διεπαφή της πλατφόρμας για οπτικοποίηση φαίνονται στην εικόνα 22. Το τελικό οπτικό αποτέλεσμα όπως εμφανίζεται στην πλατφόρμα παρουσιάζεται στην εικόνα 23.

```
<!-- output -- /final_personalized_routes/ -->
{"type": "FeatureCollection", "name": "main_route", "route_poi_id_ordered": [
  113, 50, 131], "path_seq": [109217, 889462, 619545, 185072, 489863], "route_poi_o
  rdered_time_s": [3088, 1038, 2680, 1745], "tot_sec_cost": 8551, "route_s_cost":
  8551, "route_length": 202393, "personalized_pois_json": {"PersonalizedInterc
  hanges": [{"poi_id": 113, "similarity_score": 0.6334}, {"poi_id": 50, "similari
  ty_score": 0.6013}, {"poi_id": 164, "similarity_score": 0.5833}, {"poi_id": 131,
  "similarity_score": 0.425}], "interchanges_json": {...}, "features": [{"type
  ": "Feature", "geometry": {"crs": {"type": "name", "properties": {"name": "EPSG:
  2100"}}, "type": "MultiLineString", "coordinates": [...]}]}
```

Εικόνα 22: Τελικά δεδομένα εξόδου του συνολικού αλγορίθμου.



Εικόνα 23: Τελική οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων στην πλατφόρμα του e-ΧΝΗΛΑΤΗ.

10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποθετήρια γνώσης βασισμένα στις οντολογίες προσφέρουν ένα έξτρα επίπεδο λειτουργικότητας και προσθέτουν στη συνολική αξία ενός συστήματος, μιας και αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τις διαδικασίες αναζήτησης, ανάκτησης, χειρισμού και συλλογιστικής πληροφοριών [28]. Ακολουθώντας αυτό το σκεπτικό στον e-ΧΝΗΛΑΤΗ, διαμορφώσαμε τις τελικές προδιαγραφές απαιτήσεων καθώς και την ανάλυση των τεχνολογιών αιχμής που έχουν να κάνουν με την κατασκευή δομών σημασιολογικής γνώσης σχετικές με τις οντολογίες και τις τεχνικές σημασιολογικού συσχετισμού για τη δημιουργία εναλλακτικών διαδρομών. Περιγράφονται αναλυτικά οι επικρατέστερες μεθοδολογίες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία για τη μηχανική οντολογιών, καθώς και η τελική επιλογή που ακολουθήθηκε βασισμένη σε σημαντικά κριτήρια. Επιπλέον, οι σχετικές τεχνικές απαιτήσεις αναφέρθηκαν περιληπτικά μιας και είναι παγιωμένες σε πρότερο χρόνο. Επίσης, παρουσιάζεται το τελικό έγγραφο προδιαγραφών απαιτήσεων οντολογίας όπως αυτό καθορίστηκε ύστερα από αλληλεπίδραση τόσο με το γκρουπ των χρηστών όσο και των υπόλοιπων τεχνικών εταίρων που βασίζονται στο σημασιολογικό υποσύστημα.

Στη συνέχεια, αναλύθηκε πλήρως η τελική έκδοση των οντολογιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ που έπειτα από αλληπάλληλες διαβουλεύσεις καταλήξανε στο σημείο να κωδικοποιούν με οντολογικές δομές το λεξιλόγιο και τη σημασιολογία των πληροφοριών που ρέουν στο σύστημα. Παρουσιάστηκε επίσης η τελική έκδοση των APIs που πλαισιώνουν το σύστημα συλλογιστικής για το συνδυασμό, την ενοποίηση, τη σημασιολογική ερμηνεία και τον εμπλουτισμό των γνώσεων που εισήχθησαν στη γνωσιακή βάση καθώς και ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται με τα υπόλοιπα υποσυστήματα. Επιπρόσθετα, παρουσιάζεται με πάσα σαφήνεια η τελική έκδοση του αλγορίθμου δρομολόγησης η οποία και αξιολογήθηκε στους τελευταίους πιλότους. Τα τελικά μοντέλα που προέκυψαν επικυρώνονται μέσω ενός παραδείγματος προσομοίωσης, όπου είναι εμφανές ότι καλύφθηκαν όλες οι απαιτήσεις μοντελοποίησης. Με αυτό το παράδειγμα επιτυγχάνεται η ευκολότερη κατανόηση του αναγνώστη όσον αφορά τη δομή και το περιεχόμενο των δεδομένων εξόδων που παρέχει κάθε υποσύστημα στη γραμμή εργασίας του έργου κατά τη δημιουργία εναλλακτικών διαδρομών.

Με το παρόν παραδοτέο κλείνει και ο κύκλος σημασιολογικών εργασιών του e-ΧΝΗΛΑΤΗ. Παρόλα αυτά, το συγκεκριμένο πλαίσιο προσφέρεται για επέκταση και υιοθέτηση σε παρόμοιου τύπου προβλήματα, όπως σε ακτοπλοϊκά δίκτυα. Εκτός πλαισίου έργου, κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να αναπτύξει περαιτέρω τα οντολογικά μοντέλα ή να επιχειρήσει πολυπλοκότερες συλλογιστικές διαδικασίες. Πρόκειται για μια παρακαταθήκη εργασιών που μελλοντικά μπορεί να αξιοποιηθεί προς πάσα κατεύθυνση.

Το λογισμικό είναι διαθέσιμο στο παρακάτω σύνδεσμο:

<https://github.com/estathop/Semantics-eTracer>

11 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Grau, B. C., Horrocks, I., Motik, B., Parsia, B., Patel-Schneider, P., & Sattler, U. (2008). OWL 2: The next step for OWL. *Journal of Web Semantics*, 6(4), 309-322.
- [2] Pan, J. Z. (2009). Resource description framework. In *Handbook on ontologies* (pp. 71-90). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [3] Suárez-Figueroa, M. C., Gómez-Pérez, A., & Villazón-Terrazas, B. (2009, November). How to write and use the ontology requirements specification document. In *OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems"* (pp. 966-982). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Nicola, A. D., Missikoff, M., & Navigli, R. (2005, August). A proposal for a unified process for ontology building: UPON. In *International Conference on Database and Expert Systems Applications* (pp. 655-664). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Staab, S., Studer, R., Schnurr, H.-P., & Sure, Y. (2001). Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent Systems*, 16(1), 26–34. <https://doi.org/10.1109/5254.912382>.
- [6] Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). Methontology: from ontological art towards ontological engineering.
- [7] Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*.
- [8] Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Patel-Schneider, P., & Nardi, D. (Eds.). (2003). *The description logic handbook: Theory, implementation and applications*. Cambridge university press.
- [9] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- [10] Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: principles and methods. *Data & knowledge engineering*, 25(1-2), 161-197.
- [11] McGuinness, D. L., & Van Harmelen, F. (2004). OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10(10), 2004.
- [12] Kupferman, O., & Vardi, M. Y. (1996, July). Module checking. In *International Conference on Computer Aided Verification* (pp. 75-86). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [13] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosof, B., & Dean, M. (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML. *W3C Member submission*, 21(79), 1-31.
- [14] Knublauch, H., Hendler, J. A., & Idehen, K. (2011). SPIN-overview and motivation. *W3C Member Submission*, 22, W3C.
- [15] Staworko, S., Boneva, I., Gayo, J. E. L., Hym, S., Prud'Hommeaux, E. G., & Solbrig, H. (2015, March). Complexity and Expressiveness of ShEx for RDF. In *18th International Conference on Database Theory (ICDT 2015)*.

-
- [16] Doerr, M. (2003). The CIDOC conceptual reference module: an ontological approach to semantic interoperability of metadata. *AI magazine*, 24(3), 75-75.
- [17] Hobbs, J. R., & Pan, F. (2006). Time ontology in OWL. *W3C working draft*, 27(133), 3-36.
- [18] Battle, R., & Kolas, D. (2011). Geosparql: enabling a geospatial semantic web. *Semantic Web Journal*, 3(4), 355-370.
- [19] Shaw, R., Troncy, R., & Hardman, L. (2009, December). Lode: Linking open descriptions of events. In *Asian semantic web conference* (pp. 153-167). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [20] Ozer Ozdakis, Fatih Orhan, and Furkan Danismaz. 2011. Ontology-based recommendation for points of interest retrieved from multiple data sources. In *Proceedings of the International Workshop on Semantic Web Information Management (SWIM '11)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 1, 1–6. <https://doi.org/10.1145/1999299.1999300>
- [21] Rachel Palumbo, Laura Thompson, and Gautam Thakur. 2019. SONET: a semantic ontological network graph for managing points of interest data heterogeneity. In *Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Geospatial Humanities (GeoHumanities '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 6, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3356991.3365474>
- [22] Orsini, A., & Innocenti, A. (2018). Semantic Web, ontologies and GIS for the cultural routes. *Netcom. Réseaux, communication et territoires*, (32-3/4), 377-384.
- [23] Codescu, M., Vale, D. C., Kutz, O., & Mossakowski, T. (2012, November). Ontology-based Route Planning for OpenStreetMap. In *Terra Cognita@ ISWC* (pp. 62-73).
- [24] 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.
- [25] Musen, M. A. (2015). The protégé project: a look back and a look forward. *AI matters*, 1(4), 4-12.
- [26] Stathopoulos, E. A., Kokkalas, A., Mitsopoulou, E. E., Patenidis, A. T., Meditskos, G., Diplaris, S., ... & Kompatsiaris, I. (2020, June). Knowledge-based management and reasoning on cultural and natural touristic routes. In *IFIP International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations* (pp. 355-367). Springer, Cham.
- [27] OpenStreetMap Data Extracts, <https://download.geofabrik.de>. Last accessed 1 Jul 2022
- [28] Alexakos, C., Vassiliadis, B., Votis, K., & Likothanassis, S. (2006). A multilayer ontology scheme for integrated searching in distributed hypermedia. In *Adaptive and Personalized Semantic Web* (pp. 75-83). Springer, Berlin, Heidelberg.