

# ΥΠΟΔΟΜΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Κοψαχείλης Βασίλης<sup>1</sup>, Βαχτσαβάνης Νίκος<sup>2</sup>, Βαϊτης Μιχαήλ<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Διδάκτωρ Γεωπληροφορικής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας

<sup>2</sup> Γεωγράφος-MSc Γεωπληροφορικής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας

<sup>3</sup> Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας

\* Λόφος Πανεπιστημίου, 811 00 Μυτιλήνη  
e-mail: vaitis@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, στα πλαίσια του διδακτικού και ερευνητικού του έργου, συλλέγει και παράγει σημαντικό όγκο ποιοτικών χωρικών δεδομένων που σχετίζονται με τον Αιγαιακό αλλά και τον ευρύτερο ελληνικό χώρο. Ταυτόχρονα, διαθέτει μακροχρόνια εμπειρία στη διαχείριση και διάθεση χωρικών δεδομένων προς την επιστημονική κοινότητα, φορείς του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα και γενικότερα στο ευρύ κοινό, μέσω της ανάπτυξης και λειτουργίας Υποδομής Χωρικών Δεδομένων (ΥΧΔ) και άλλων διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών (webGIS). Τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει ερευνητικές προσπάθειες στις τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού και ειδικότερα στις δυνατότητές του σχετικά με την ενοποίηση χωρικών δεδομένων από πολλαπλές πηγές και την μηχανική επεξεργασία τους για την εξαγωγή νέας γνώσης. Για το λόγο αυτό, εμπλουτίζονται σημασιολογικά τα διαθέσιμα χωρικά δεδομένα, δημοσιεύονται στον σημασιολογικό ιστό και αναπτύσσονται εφαρμογές για την αναζήτηση, αποστολή ερωτημάτων και προβολή τους. Οι παραπάνω ενέργειες αποσκοπούν στην υλοποίηση της Υποδομής Χωρικής Γνώσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου, η οποία θα παρέχει προηγμένες δυνατότητες ανάκτησης χωρικής γνώσης. Στο παρόν άρθρο εισαγάγουμε τον αναγνώστη στις τεχνολογίες και τις δυνατότητες του σημασιολογικού ιστού και των Υποδομών Χωρικής Γνώσης, περιγράφουμε τις συστατικές εφαρμογές της Υποδομής Χωρικής Γνώσης που αναπτύσσει το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και παρουσιάζουμε τα συμπεράσματα από την έως τώρα προσπάθεια και τα επόμενα βήματά μας.

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Υποδομή Χωρικής Γνώσης, Σημασιολογικός Ιστός, Εφαρμογές Συνδεδεμένων Δεδομένων, Χωρικά Δεδομένα

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, στα πλαίσια του διδακτικού και ερευνητικού του έργου, συλλέγει και παράγει σημαντικό όγκο ποιοτικών χωρικών δεδομένων που σχετίζονται με τον Αιγαιακό αλλά και τον ευρύτερο ελληνικό χώρο. Ταυτόχρονα, διαθέτει μακροχρόνια εμπειρία στη διαχείριση και διάθεση χωρικών δεδομένων προς την επιστημονική κοινότητα, φορείς του δημοσίου και ιδιωτικού τομέα και γενικότερα στο ευρύ κοινό. Αυτό επιτυγχάνεται με τα διάφορα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης χωρικών δεδομένων που υλοποιεί και λειτουργεί, όπως η Υποδομή

Χωρικών Δεδομένων (ΥΧΔ) του Πανεπιστημίου Αιγαίου<sup>1</sup>, το Σύστημα Τεκμηρίωσης για τη Νησιωτικότητα και ο Άτλαντας των Ελληνικών Νησιών<sup>2</sup>, και η Γεωπύλη της Υπηρεσίας Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων (Πλημμύρες) ERMIS-F<sup>3</sup>. Τα παραπάνω συστήματα, όπως και οι ΥΧΔ γενικότερα (Nebert, 2004), αφορούν την συγκέντρωση και τεκμηρίωση συνόλων χωρικών δεδομένων με σκοπό την αναζήτηση, προβολή και λήψη τους μέσω διαδικτυακών εφαρμογών και διαλειτουργικών διαδικτυακών υπηρεσιών. Έτσι, οι ΥΧΔ αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για την ανάδειξη προηγούμενων «κλειστών» και απρόσιτων συνόλων χωρικών δεδομένων και την εφαρμογή κοινών προτύπων για την περιγραφή και διάθεσή τους, που τελικά ευνοεί την ανακάλυψη και επεξεργασία τους από τους χρήστες. Ωστόσο, από τις παραδοσιακές ΥΧΔ απουσιάζουν στοιχεία για τη δομημένη νοηματοδότηση των χωρικών δεδομένων, που θα επέτρεπαν μια σημασιολογική διαλειτουργικότητα. Ως αποτέλεσμα, παρουσιάζονται ορισμένοι περιορισμοί σχετικά με τις δυνατότητες χρήσης τους. Για παράδειγμα, η ενοποίηση διαφορετικών αλλά συσχετιζόμενων συνόλων χωρικών δεδομένων, που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, με σκοπό τον εμπλουτισμό τους, παραμένει μία δύσκολη διαδικασία, χωρίς δυνατότητα αυτοματοποίησης. Επίσης, οι κύριες λειτουργίες των ΥΧΔ εστιάζουν σε επίπεδο συνόλων δεδομένων και όχι στο «πλουσιότερο» επίπεδο γεωγραφικών στοιχείων/οντοτήτων. Τέλος, η αποστολή σύνθετων ερωτημάτων που συνδυάζουν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές και η εφαρμογή τεχνικών συμπερασματολογίας επί των δεδομένων για την εξαγωγή νέας γνώσης, καθίστανται δύσκολες αν όχι αδύνατες (Korsachilis, 2021).

Οι παραπάνω περιορισμοί είναι δυνατό να ξεπεραστούν με την αξιοποίηση των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού. Ο σημασιολογικός ιστός αποτελεί μία επέκταση του παραδοσιακού διαδικτύου, στον οποίο η πληροφορία αποκτά καθορισμένη σημασιολογία ώστε να είναι κατανοητή και επεξεργάσιμη από ανθρώπους αλλά και από λογισμικά (Berners-Lee κ.α., 2001). Αυτό επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο με την απόδοση μοναδικών διαδικτυακών αναγνωριστικών σε οντότητες (δηλαδή, σε τμήματα πληροφορίας) και με την υιοθέτηση σαφώς καθορισμένων και δομημένων όρων για την περιγραφή αυτών των οντοτήτων. Η τεχνολογική βάση του σημασιολογικού ιστού είναι το πλαίσιο περιγραφής πόρων RDF (Resource Description Framework), ένα μοντέλο γράφου για την περιγραφή πόρων σε μορφή τριπλετών (υποκείμενο – κατηγορημα – αντικείμενο) (W3C, 2014a). Κάθε RDF πόρος αναφέρεται σε μία οντότητα του πραγματικού κόσμου (π.χ. μία πόλη, ένα πρόσωπο, μία έννοια) και αναγνωρίζεται μοναδικά από ένα URI<sup>4</sup>. Για παράδειγμα, το URI <http://example.org/Athens> μπορεί να αντιστοιχεί και να αναγνωρίζει μοναδικά έναν RDF πόρο που αναφέρεται στην οντότητα της πόλης της Αθήνας. Στο πλαίσιο RDF, οποιοσδήποτε θέλει να αναφερθεί στην πόλη της Αθήνας μπορεί να χρησιμοποιήσει το παραπάνω URI και, αντίστροφα, όποιος χρησιμοποιεί το παραπάνω URI αναφέρεται στην πόλη της Αθήνας. Μία RDF τριπλέτα κάνει χρήση αναγνωριστικών URI και αποτελεί μία δήλωση/πληροφορία. Για παράδειγμα, η πρώτη τριπλέτα της Εικόνας 1 περιέχει στη θέση του υποκειμένου το URI του πόρου

---

<sup>1</sup> <https://sdi.aegean.gr>

<sup>2</sup> <http://archipelago.aegean.gr>

<sup>3</sup> <https://ermis-f.eu>

<sup>4</sup> Το URI (Uniform Resource Identifier) αποτελεί ένα τρόπο μοναδικής αναγνώρισης πόρων στο διαδίκτυο. Στον παραδοσιακό ιστό χρησιμοποιείται για τη μοναδική αναγνώριση ιστοσελίδων.

<http://example.org/Athens>, στη θέση του κατηγορήματος το URI του πόρου <http://example.org/CapitalOf>, και στη θέση του αντικειμένου το URI του πόρου <http://example.org/Greece>, που μπορεί να ερμηνευτεί ως μία δήλωση ότι η Αθήνα είναι πρωτεύουσα της Ελλάδας. Αντίστοιχα, στη δεύτερη τριπλέτα δηλώνεται ότι η Αθήνα έχει πληθυσμό 3.167.000. Παρατηρούμε ότι σε αυτή την περίπτωση στη θέση του αντικειμένου της τριπλέτας έχει χρησιμοποιηθεί μια αλφαριθμητική τιμή (η χρήση αλφαριθμητικών τιμών είναι δυνατή μόνο στη θέση του αντικειμένου μίας τριπλέτας, ενώ στις θέσεις υποκειμένου και κατηγορήματος είναι υποχρεωτική η χρήση URI). Συνήθως, επισκεπτόμενος κανείς το URI ενός RDF πόρου αποκτά πρόσβαση στο σύνολο των τριπλετών που τον περιγράφουν και λαμβάνει με τον τρόπο αυτό περισσότερες πληροφορίες για την οντότητα στην οποία ο πόρος αναφέρεται. Έτσι, η πλοήγηση στον σημασιολογικό ιστό είναι δυνατή με τη διαδοχική επίσκεψη στα URI RDF πόρων που ανακαλύπτει ο χρήστης. Για παράδειγμα, μέσω του URI της οντότητας της Αθήνας μπορεί κάποιος να επισκεφτεί το URI <http://example.org/Greece> και να λάβει πληροφόρηση για την οντότητα της Ελλάδας.

<u>Υποκείμενο</u>	-	<u>Κατηγορήμα</u>	-	<u>Αντικείμενο</u>
<a href="http://example.org/Athens">http://example.org/Athens</a>		<a href="http://example.org/CapitalOf">http://example.org/CapitalOf</a>		<a href="http://example.org/Greece">http://example.org/Greece</a>
<a href="http://example.org/Athens">http://example.org/Athens</a>		<a href="http://example.org/Population">http://example.org/Population</a>		3.167.000

**Εικόνα 1.** Παραδείγματα RDF τριπλετών

Για την ερμηνεία των τριπλετών στο παραπάνω παράδειγμα βασιστήκαμε αποκλειστικά στη δική μας κατανόηση σχετικά με την πιθανή σημασία των εμπλεκόμενων πόρων. Ωστόσο, στον σημασιολογικό ιστό, και συγκεκριμένα στο μοντέλο RDF, η απόδοση σημασιολογίας στους πόρους επιτυγχάνεται με έναν δομημένο τρόπο μέσω συνόλων δηλώσεων για την μοντελοποίηση του κόσμου ή ενός τομέα ενδιαφέροντος, δηλαδή μέσω οντολογιών. Για την ανάπτυξή τους (επανά-) χρησιμοποιούνται RDF πόροι στους οποίους έχει αποδοθεί καθορισμένη σημασία με χρήση γλωσσών ανάπτυξης οντολογιών, όπως η RDFS (Resource Description Framework Schema) (W3C, 2014b) και η OWL (Web Ontology Language) (W3C, 2012). Οι πόροι αυτοί ορίζουν κατηγορίες (κλάσεις) και συσχετίσεις (κατηγορήματα ή ιδιότητες) και δηλώνουν περιορισμούς επί αυτών. Έτσι, σε μία οντολογία μπορεί να ορισθεί ένας πόρος που αντιστοιχεί στην κλάση «Πόλη», να δηλωθεί ότι ο RDF πόρος «Αθήνα» ανήκει (είναι στιγμιότυπο) του πόρου που αντιστοιχεί στην κλάση «Πόλη», να ορισθεί ένας άλλος πόρος που αντιστοιχεί στο κατηγορήμα «Πρωτεύουσα», και να δηλωθεί ότι το κατηγορήμα «Πρωτεύουσα» μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ιδιότητα πόρων που είναι στιγμιότυπα της κλάσης «Πόλη».

Ένας από τους σημαντικότερους RDF πόρους για την ανάπτυξη οντολογιών είναι το κατηγορήμα <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> (για συντομία `rdf:type`), το οποίο δηλώνει ότι ένας πόρος είναι στιγμιότυπο μίας κλάσης. Ο τρόπος χρήσης του κατηγορήματος `rdf:type` αποτυπώνεται στην Εικόνα 2. Η πρώτη τριπλέτα δηλώνει ότι το URI <http://example.org/City> είναι στιγμιότυπο της RDFS κλάσης `Class` (δηλαδή, ότι είναι κλάση), η δεύτερη τριπλέτα ότι ο πόρος <http://example.org/Athens> είναι στιγμιότυπο της κλάσης <http://example.org/City> (δηλαδή, ότι είναι μία πόλη), και η τρίτη τριπλέτα ότι το URI <http://example.org/CapitalOf> ανήκει στην κλάση `Property` (δηλαδή, ότι είναι κατηγορήμα).

Δύο ακόμα σημαντικοί όροι για την ανάπτυξη οντολογιών αποτελούν οι ιδιότητες της RDFS `rdfs:domain` και `rdfs:range`, οι οποίες ορίζουν περιορισμούς επί κατηγορημάτων, δηλαδή συσχετίζουν κατηγορήματα με οντότητες συγκεκριμένων κλάσεων. Η `rdfs:domain` ορίζει τις κλάσεις των οντοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκείμενο ενός κατηγορήματος, ενώ η `rdfs:range` ορίζει τις κλάσεις των οντοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντικείμενο ενός κατηγορήματος. Για παράδειγμα, μπορεί να οριστεί με την ιδιότητα `rdfs:domain` ότι το υποκείμενο του κατηγορήματος `CapitalOf` θα πρέπει να είναι ένας πόρος που ανήκει στην κλάση της Πόλης και με την ιδιότητα `rdfs:range` ότι το αντικείμενο του κατηγορήματος `CapitalOf` θα πρέπει να είναι ένας πόρος που ανήκει στην κλάση της Χώρας. Τέτοιου είδους περιορισμοί είναι θεμελιώδεις για την απόδοση σημασιολογίας στα δεδομένα και για την εφαρμογή τεχνικών συμπερασματολογίας επί αυτών, καθώς με τον τρόπο αυτό μπορούμε, όχι μόνο να δηλώσουμε άμεσα το είδος ενός πόρου (π.χ. η Αθήνα είναι Πόλη, όπως κάνουμε στην δεύτερη τριπλέτα της Εικόνας 2), αλλά και να συμπεράνουμε κάτι που δεν έχει δηλωθεί (π.χ. εφόσον μία πόλη είναι πρωτεύουσα μία χώρας, τότε η Ελλάδα είναι χώρα).

<a href="http://example.org/City">http://example.org/City</a>	<code>rdf:type</code>	<a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class</a>
<a href="http://example.org/Athens">http://example.org/Athens</a>	<code>rdf:type</code>	<a href="http://example.org/City">http://example.org/City</a>
<a href="http://example.org/CapitalOf">http://example.org/CapitalOf</a>	<code>rdf:type</code>	<a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property</a>

**Εικόνα 2.** Παραδείγματα χρήσης του κατηγορήματος `rdf:type`

Κλείνοντας τη συζήτηση για τη χρήση των οντολογιών, σημειώνουμε ότι οι παραπάνω όροι, δηλαδή οι `rdf:type`, `rdfs:domain` και `rdfs:range`, αν και ευρέως διαδεδομένοι, αποτελούν ένα πολύ μικρό υποσύνολο των πόρων και των δυνατοτήτων που παρέχουν οι RDFS και OWL για την ανάπτυξη οντολογιών.

Ο όρος σημασιολογικός ιστός συνδέθηκε με τον όρο διασυνδεμένα δεδομένα (Linked Data), όταν ο Berners-Lee το 2006 διατύπωσε τέσσερις αρχές για τη δημοσίευση δεδομένων στο σημασιολογικό ιστό, γνωστές ως αρχές των διασυνδεμένων δεδομένων (Berners-Lee, 2006). Σύμφωνα με αυτές, προτείνεται:

1. Η χρήση URIs σαν ονόματα οντοτήτων,
2. Η χρήση HTTP URIs ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση στις οντότητες,
3. Το κάθε URI να συνοδεύεται από χρήσιμη πληροφορία σε RDF μορφή,
4. Η δημιουργία συσχετίσεων μεταξύ URIs ώστε να είναι δυνατή η πλοήγηση σε περισσότερες πληροφορίες.

Η υιοθέτηση των παραπάνω αρχών για τη δημοσίευση δεδομένων στο σημασιολογικό ιστό, σύμφωνα με τον Berners-Lee, θα συντελέσει στην πραγμάτωση ενός διαδικτύου οντοτήτων (Web of Data), δηλαδή ενός ενοποιημένου παγκόσμιου χώρου και γράφου από διασυνδεδεμένες οντότητες, ή απλά μίας μοναδικής διαδικτυακής βάσης δεδομένων. Εν κατακλείδι, η τεχνολογική βάση του διαδικτύου οντοτήτων, δηλαδή του σημασιολογικού ιστού, αποτελεί ένα κατάλληλο υπόστρωμα για την ενίσχυση της διαλειτουργικότητας, τη διευκόλυνση της σημασιολογικής ενοποίησης δεδομένων από διαφορετικές πηγές και τελικά τον εμπλουτισμό τους, την αποστολή προηγμένων συνδυαστικών ερωτημάτων και, τέλος, την εφαρμογή τεχνικών μηχανικής συμπερασματολογίας για την εξαγωγή νέας γνώσης.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα του σημασιολογικού ιστού σαφώς και επηρέασαν και αποτυπώθηκαν στη διάθεση χωρικών δεδομένων στο διαδίκτυο και στις Υποδομές Χωρικών Δεδομένων. Τα οφέλη από τη χρήση οντολογιών για την επίτευξη σημασιολογικής διαλειτουργικότητας μεταξύ των χωρικών δεδομένων αναγνωρίστηκε από τα πρώτα χρόνια του σημασιολογικού ιστού και πολλές εργασίες αρχικά επικεντρώθηκαν στην ανάπτυξη, ενσωμάτωση και εναρμόνιση οντολογιών στα πλαίσια Υποδομών Χωρικών Δεδομένων (Fonseca κ.α., 2002; Lutz, 2005). Με την εμφάνιση των αρχών των διασυνδεδεμένων δεδομένων, το βάρος επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη ή την επέκταση των διαδικτυακών υπηρεσιών του OGC, π.χ. της Web Feature Service (WFS), για την πρόσκτηση χωρικών δεδομένων σε συμβατά με τον σημασιολογικό ιστό μορφότυπα (Janowicz κ.α., 2010; Schade κ.α., 2012). Την ίδια περίοδο, διάφοροι οργανισμοί μετέτρεπαν τα χωρικά δεδομένα τους και τα διέθεταν στη μορφή των διασυνδεδεμένων δεδομένων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων προσπαθειών αποτελούν η πλατφόρμα διασυνδεδεμένων δεδομένων της Εθνικής Τοπογραφικής Υπηρεσίας της Μεγάλης Βρετανίας Ordnance Survey (Goodwin κ.α., 2008) και το έργο GeoNames.

Τα τελευταία χρόνια προτάθηκε η επέκταση των παραδοσιακών Υποδομών Χωρικών Δεδομένων (ΥΧΔ) σε Υποδομές Χωρικής Γνώσης (ΥΧΓ), ως ένα «*δίκτυο αναλυτικής δεδομένων, τεχνικών και πολιτικών που βοηθούν τους ανθρώπους να ενσωματώσουν χωρική γνώση σε πραγματικό χρόνο για την καθημερινή λήψη αποφάσεων και επίλυση προβλημάτων*» (Duckham κ.α., 2017). Στις ΥΧΓ το βάρος μετατοπίζεται από την πρόσβαση και παροχή δεδομένων στη ανακάλυψη και λήψη γνώσης, από το επίπεδο συνόλου δεδομένων στο επίπεδο γεωγραφικού στοιχείου/οντότητας και από συστήματα για ειδικούς σε συστήματα για το ευρύ κοινό. Τα παραπάνω προϋποθέτουν δυνατότητες ενοποίησης δεδομένων από και με πολλαπλές πηγές, αυτοματοποιημένης και «έξυπνης» επεξεργασίας τους και εφαρμογής μηχανισμού συμπερασματολογίας σε αυτά, οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν με τις τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού. Προς αυτή την κατεύθυνση, προτείνονται αρχιτεκτονικές και συστατικά στοιχεία των ΥΧΓ, οι οποίες ενσωματώνουν τις τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού και τις αρχές των διασυνδεδεμένων δεδομένων (Ivanova κ.α., 2020; Arnold κ.α., 2021).

Στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ακολουθώντας τις παραπάνω εξελίξεις, διερευνάμε τις δυνατότητες των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού και της αξιοποίησής τους στο πλαίσιο της διάθεσης χωρικής πληροφορίας. Για το λόγο αυτό, εμπλουτίζουμε σημασιολογικά σύνολα χωρικών δεδομένων που είναι διαθέσιμα και παρέχονται μέσω πληροφοριακών συστημάτων, τα δημοσιεύουμε στον σημασιολογικό ιστό και αναπτύσσουμε εφαρμογές για την αναζήτηση, την αποστολή ερωτημάτων και την προβολή τους. Οι παραπάνω ενέργειες αποσκοπούν στην υλοποίηση της Υποδομής Χωρικής Γνώσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου, η οποία θα αποτελέσει ένα ανοικτό σύστημα για τη λήψη γνώσης και την περαιτέρω αξιοποίηση των υπηρεσιών της από κάθε ενδιαφερόμενο. Στο πλαίσιο αυτό, διερευνούμε τρόπους αξιοποίησης της διαθέσιμης πληροφορίας και των υπηρεσιών των ΥΧΓ.

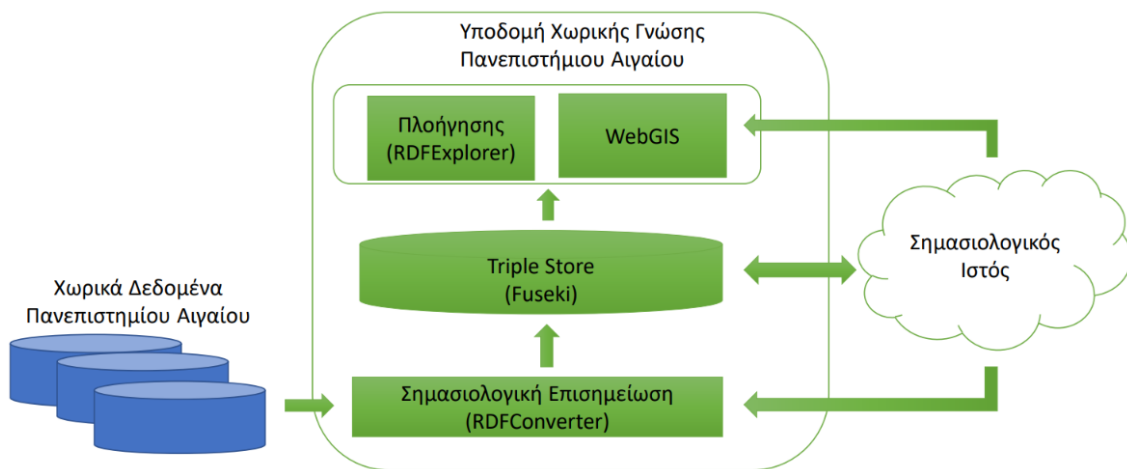
Στην επόμενη ενότητα περιγράφονται οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο της Υποδομής Χωρικής Γνώσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Το άρθρο

καταλήγει με τη συζήτηση σχετικά με την έως τώρα εμπειρία μας και με σκέψεις για τα επόμενα βήματά μας.

## 2. ΥΠΟΔΟΜΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Η Υποδομή Χωρικής Γνώσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου αποτελεί μία σουίτα εργαλείων και υπηρεσιών για: (α) τη σημασιολογική επισήμειωση χωρικών δεδομένων, (β) τη δημοσίευσή τους στον σημασιολογικό ιστό, (γ) την αποστολή ερωτημάτων, (δ) την πλοήγηση, και (ε) τη χαρτογραφική προβολή τους. Η γενική αρχιτεκτονική της υποδομής απεικονίζεται στην Εικόνα 3. Το περιεχόμενο της υποδομής, δηλαδή τα χωρικά δεδομένα, προέρχονται από τα συστήματα διαχείρισης γεωγραφικής πληροφορίας και την ΥΧΔ που λειτουργεί το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και διατίθενται σε παραδοσιακά μορφότυπα ΣΓΠ (π.χ. Shapefiles, GeoJSON κλπ). Η μετατροπή τους στο μορφότυπο RDF, η απόδοση μοναδικών URI στους πόρους και η διασύνδεση των πόρων με πόρους του σημασιολογικού ιστού, επιτυγχάνονται με την εφαρμογή σημασιολογικής επισήμειωσης. Τα RDF δεδομένα αποθηκεύονται σε μία αποθήκη τριπλετών (Triple Store), η οποία αφενός καθιστά τα δεδομένα διαθέσιμα στον σημασιολογικό ιστό και αφετέρου επιτρέπει την αποστολή ερωτημάτων σε αυτά.

Πάνω στη παραπάνω τεχνολογική βάση, είναι δυνατή η ανάπτυξη περαιτέρω εφαρμογών και υπηρεσιών, όπως η εφαρμογή πλοήγησης και η εφαρμογή χαρτογραφικής προβολής των RDF δεδομένων. Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι συστατικές εφαρμογές της υποδομής.



Εικόνα 3. Γενική Αρχιτεκτονική Υποδομής Χωρικής Γνώσης Πανεπιστημίου Αιγαίου

### 2.1 Εφαρμογή σημασιολογικής επισήμειωσης

Η σημασιολογική επισήμειωση (semantic annotation) είναι ένας όρος που δηλώνει τη διαδικασία απόδοσης σημασιολογίας στα δεδομένα μέσω της χρήσης μίας συμβατής τεχνολογίας, όπως το μοντέλο RDF. Όταν τα αρχικά δεδομένα βρίσκονται σε μορφή πίνακα που αποτελείται από γραμμές που αφορούν οντότητες και στήλες που αφορούν ιδιότητες των οντοτήτων, οι βασικές λειτουργίες της σημασιολογικής επισήμειωσης αφορούν την απόδοση URI σε κάθε οντότητα (γραμμή), την κατηγοριοποίησή τους σε μία RDF κλάση (όνομα πίνακα) και την αντιστοίχιση των ιδιοτήτων των οντοτήτων (στήλες πίνακα) στα κατάλληλα RDF κατηγορήματα. Έτσι, μία οντότητα αναγνωρίζεται από ένα URI, το οποίο δηλώνεται ότι ανήκει σε μία κλάση

και συσχετίζεται με τις τιμές των ιδιοτήτων του μέσω των κατάλληλων κατηγορημάτων.

Η εφαρμογή σημασιολογικής επισημείωσης χωρικών δεδομένων (RDFConverter), παρέχει ένα φιλικό προς τον χρήστη διαδικτυακό περιβάλλον για την μετατροπή συνόλων χωρικών δεδομένων από τα παραδοσιακά μορφότυπα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (π.χ. ESRI Shapefile, GeoJSON, GML) στο μορφότυπο του σημασιολογικού ιστού RDF και τη δημοσίευσή τους σε αυτόν. Η υπηρεσία ακολουθεί μία ημι-αυτόματη διαδικασία που αφενός προτείνει τη σημασιολογική επισημείωση και εμπλουτισμό των δεδομένων με υφιστάμενη σημασιολογική γνώση και αφετέρου επιτρέπει στον χρήστη να επέμβει στη διαδικασία (π.χ. επιλογή συγκεκριμένων οντολογιών, κατηγορημάτων και κλάσεων για τις χωρικές οντότητες). Τα βασικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας σημασιολογικής επισημείωσης είναι: (α) η δημιουργία RDF δεδομένων και η σημασιολόγησή τους με την ταυτόχρονη ανάπτυξη μίας bottom-up οντολογίας στη βάση των διαθέσιμων συνόλων χωρικών δεδομένων, (β) η αξιοποίηση εργαλείων ανάλυσης της υφιστάμενης σημασιολογικής γνώσης για την υποβοήθηση της διαδικασίας, και (γ) η δυνατότητα εκτέλεσης της διαδικασίας από μη έμπειρους στις τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού χρήστες.

Η διαδικασία σημασιολογικής επισημείωσης χωρικών δεδομένων ολοκληρώνεται σε τέσσερα βήματα, τα οποία απεικονίζονται στην Εικόνα 4. Στο πρώτο βήμα (Εικόνα 4α), ο χρήστης επιλέγει το σύνολο χωρικών δεδομένων που επιθυμεί να μετατρέψει σε RDF και το μεταφορτώνει στην εφαρμογή. Το σύνολο θα πρέπει να περιέχει διανυσματικά δεδομένα των υποστηριζόμενων μορφοτύπων (ESRI Shapefile, GeoJSON, υπηρεσίες WFS, πίνακες Συστημάτων Διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων).

The image displays four sequential screenshots of the RDF Converter web application interface, labeled α) through δ).

- α) RDF Converter:** The main landing page with the title "RDF Converter" and the subtitle "Convert your spatial datasets to RDF". It features a progress bar with four steps: 1. Upload, 2. Analysis, 3. Annotation, and 4. Conversion. A central instruction says "Select a spatial dataset to begin the conversion" with a "Next" button and a link to "Επιλογή αρχείου | 5 αρχεία".
- β) Dataset Analysis:** A "Dataset Analysis" screen showing metadata for a file named "view\_geo\_A11\_130". It includes fields for File Name, Path, Creation Date, File Size, Description, and Source. Below this is a "Features Preview" table with columns for ID, Name, and Description, listing various spatial features like "Κρατικός Αερολιμένας Κρατικός (KABE)".
- γ) Semantic Annotation:** A "Semantic Annotation" screen where the user can choose a "Class Annotation" and "Predicate Annotation" for the dataset. It provides dropdown menus for selecting classes and predicates from a knowledge base.
- δ) Converted RDF:** A "Converted RDF" screen showing a preview of the final RDF output in Turtle format. It includes a "Download" button and an "Upload" button.

Εικόνα 4. Βήματα σημασιολογικής επισημείωσης στον RDFConverter: α) Μεταφόρτωση δεδομένων, β) Ανάλυση δεδομένων, γ) Σημασιολογική επισημείωση, και δ) Προεπισκόπηση.

Στο δεύτερο βήμα (Εικόνα 4β), τα δεδομένα αναλύονται και η εφαρμογή προτείνει ορισμένες επιλογές για την έναρξη της διαδικασίας που ο χρήστης καλείται να επιβεβαιώσει ή να τροποποιήσει. Συγκεκριμένα, προτείνονται: (α) το πρωτεύον κλειδί του συνόλου χωρικών δεδομένων, δηλαδή το πεδίο (στήλη) που περιέχει μοναδικές τιμές για κάθε γεωγραφική οντότητα και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόδοση URI σε αυτές, (β) το ή τα πεδία που περιέχουν σύντομη αλφαριθμητική περιγραφή των γεωγραφικών οντοτήτων και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ετικέτες τους, και (γ) το υποσύνολο των πεδίων που περιέχουν «χρήσιμη» πληροφορία και συνεπώς προτείνονται για μετατροπή (για παράδειγμα, εάν ένα πεδίο δεν περιέχει τιμές ή περιέχει αριθμητικές τιμές που αναφέρονται σε ένα άγνωστο ξένο κλειδί, δεν προτείνεται για μετατροπή). Σε αυτό το βήμα δημιουργούνται, επιπλέον, ορισμένα μεταδεδομένα που αφορούν το αρχικό σύνολο χωρικών δεδομένων, όπως ο τίτλος του, η ημερομηνία δημιουργίας του, ο δημιουργός του και η πηγή του, τα οποία ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει.

Στο τρίτο βήμα της διαδικασίας σημασιολογικής επισημείωσης (Εικόνα 4γ), η εφαρμογή προτείνει: (α) μία RDF κλάση στην οποία θα ανήκουν οι γεωγραφικές οντότητες του συνόλου χωρικών δεδομένων, και (β) τα RDF κατηγορήματα που αντιστοιχούν στα πεδία του συνόλου χωρικών δεδομένων που θα μετατραπούν. Και για τις δύο περιπτώσεις, η εφαρμογή αναλύει το περιεχόμενο του Triple Store (βλ. ενότητα 2.2) και προτείνει διαθέσιμες κλάσεις και κατηγορήματα που πιθανώς είναι κατάλληλα για την επισημείωση των χωρικών δεδομένων. Η επιλογή των κατάλληλων κλάσεων και κατηγορημάτων βασίζεται στην ομοιότητα της αλφαριθμητικής περιγραφής τους με τον τίτλο και τα πεδία του συνόλου χωρικών δεδομένων, αντίστοιχα. Σε περίπτωση που δεν έχουν βρεθεί κατάλληλες κλάσεις και κατηγορήματα, ή οι προτάσεις δεν ικανοποιούν τον χρήστη, υπάρχει η δυνατότητα της επιλογής άλλης κλάσης ή κατηγορημάτων που είναι ήδη διαθέσιμες στο Triple Store, ή της δημιουργίας νέας κλάσης και κατηγορημάτων για την επισημείωση των χωρικών δεδομένων.

Στο τέταρτο βήμα (Εικόνα 4δ), δημιουργούνται τα επισημειωμένα RDF δεδομένα που αποτελούνται από τριπλέτες που περιγράφουν: (α) τα οντολογικά χαρακτηριστικά (σχετικές κλάσεις και κατηγορήματα), (β) τις γεωγραφικές οντότητες, και (γ) τα μεταδεδομένα του αρχικού συνόλου δεδομένων. Ο χρήστης λαμβάνει μία προεπισκόπηση των RDF δεδομένων και έχει τη δυνατότητα προσθήκης τους στο Triple Store ή και λήψης τους τοπικά σε αρχείο RDF.

Η στρατηγική που υιοθετείται για τη δημιουργία και απόδοση URI στους RDF πόρους είναι η εξής. Για τους πόρους που αφορούν την οντολογία, δηλαδή τις κλάσεις και τα κατηγορήματα, επιλέχθηκε ο χώρος ονομάτων <http://semantics.aegean.gr/ontology/>. Έτσι, για παράδειγμα, μία κλάση που αντιστοιχεί στην έννοια της πόλης αναγνωρίζεται από το URI <http://semantics.aegean.gr/ontology/City>. Αντίστοιχα, ένα κατηγορήματα που δηλώνει πληθυσμό αναγνωρίζεται από το URI <http://semantics.aegean.gr/ontology/hasPopulation>. Για τους πόρους που αφορούν γεωγραφικές οντότητες επιλέχθηκε ο χώρος ονομάτων <http://semantics.aegean.gr/resources/> και το URI μίας οντότητας σχηματίζεται από τον παραπάνω χώρο ονομάτων, την κλάση της και την τιμή του πρωτεύοντος κλειδιού της. Για παράδειγμα,

η πόλη της Αθήνας αναγνωρίζεται από το URI [http://semantics.aegean.gr/resources/City\\_Athens](http://semantics.aegean.gr/resources/City_Athens). Τέλος, για τους πόρους που αφορούν τα αρχικά σύνολα χωρικών δεδομένων για τα οποία διατηρούνται μεταδεδομένα, επιλέχθηκε ο χώρος ονομάτων <http://semantics.aegean.gr/metadata/>. Έτσι, ένα σύνολο χωρικών δεδομένων αναγνωρίζεται από τον παραπάνω χώρο ονομάτων και έναν μοναδικό κωδικό, π.χ. <http://semantics.aegean.gr/metadata/c7093d>. Σύμφωνα με την παραπάνω ονοματοδοσία, για μία οντότητα που αφορά την πόλη της Αθήνας και περιέχεται σε ένα Sharfile που περιέχει πόλεις, είναι δυνατό να παραχθούν οι τριπλέτες της Εικόνας 5.

```
http://semantics.aegean.gr/resources/City\_Athens rdf:type http://semantics.aegean.gr/ontology/City.  
http://semantics.aegean.gr/resources/City\_Athens http://semantics.aegean.gr/ontology/hasPopulation "3.170.000".
```

**Εικόνα 5.** Παράδειγμα σημασιολογικής επισημείωσης στον *RDFConverter*

Η εφαρμογή σημασιολογικής επισημείωσης χωρικών δεδομένων σε αρκετές περιπτώσεις επαναχρησιμοποιεί όρους από διαδεδομένες οντολογίες. Για τη δήλωση της ιδιότητας στιγμιοτύπου σε κλάση και για την απόδοση ετικέτας στους RDF πόρους, χρησιμοποιούνται τα γνωστά κατηγορήματα `rdf:type` και `rdfs:label`, αντίστοιχα. Η οντολογία *Dublin Core*<sup>5</sup> χρησιμοποιείται για την περιγραφή μεταδεδομένων των αρχικών συνόλων χωρικών δεδομένων, όπως ο τίτλος, η ημερομηνία δημιουργίας και η χωρική τους έκταση. Η γεωμετρία των γεωγραφικών οντοτήτων αποδίδεται με την οντολογία *GeoSPARQL*<sup>6</sup> και συγκεκριμένα με τα κατηγορήματά της `hasGeometry` και `asWKT` που καταγράφουν τη γεωμετρία και το σύστημα συντεταγμένων της σε μορφή *Well Known Text*. Για τις σημειακές γεωγραφικές οντότητες χρησιμοποιείται επιπροσθέτως η οντολογία *W3C Basic Geo*<sup>7</sup> που αποτελεί μία διαδεδομένη οντολογία για την απόδοση του γεωγραφικού μήκους (κατηγορήμα `long`) και πλάτους (κατηγορήμα `lat`) ενός σημείου στο σύστημα συντεταγμένων *WGS84*. Σημειώνουμε ότι η πλειονότητα των χωρικών δεδομένων στο σημασιολογικό ιστό καταγράφεται στο σύστημα *WGS84*. Συνεπώς, για λόγους συμβατότητας, η εφαρμογή σημασιολογικής επισημείωσης διατηρεί τις γεωμετρίες των οντοτήτων τόσο στο πηγαίο σύστημα αναφοράς όσο και στο *WGS84*. Τέλος, για τη μείωση του κόστους σε αποθηκευτικό χώρο, όλες οι πολυγωνικές και γραμμικές γεωμετρίες υψηλής ανάλυσης απλοποιούνται με ελάχιστη απόσταση μεταξύ των κορυφών τους τα 500 μέτρα.

Η διαδικασία σημασιολογικής επισημείωσης των δεδομένων υλοποιήθηκε με τη μορφή βιβλιοθήκης στη γλώσσα προγραμματισμού *Java*. Για την επεξεργασία των συνόλων χωρικών δεδομένων και τους γεωμετρικούς μετασχηματισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες *GeoTools* και *JTS*. Για την μετατροπή σε RDF και για την αποστολή ερωτημάτων στο *Triple Store* χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη *Apache Jena*. Η διαδικτυακή εφαρμογή *RDFConverter*, που παρέχει το γραφικό περιβάλλον για την εκτέλεση της διαδικασίας σημασιολογικής επισημείωσης, υλοποιήθηκε με τη χρήση των τεχνολογιών *Java Servlets* και *JSP* (*Java Server Pages*) και διατίθεται από έναν *Apache Tomcat* που φιλοξενείται σε ένα *Ubuntu Virtual Machine*. Εκτός της

<sup>5</sup> <https://www.dublincore.org/resources/glossary/ontology/>

<sup>6</sup> <https://www.ogc.org/standards/geosparql>

<sup>7</sup> <https://www.w3.org/2003/01/geo/>

διαδικτυακής εφαρμογής, έχουν υλοποιηθεί δύο ακόμα γραφικά περιβάλλοντα: μία Desktop εφαρμογή και μία CLI (Command Line Interface) εφαρμογή. Η εφαρμογή RDFConverter είναι διαθέσιμη μέσω της ιστοσελίδας της υποδομής <http://semantics.aegean.gr> και για την εκτέλεση της διαδικασίας σημασιολογικής επισημείωσης απαιτείται η εγγραφή/δημιουργία χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τη διεύθυνση του Triple Store για την αποθήκευση των RDF δεδομένων και τα ονόματα χώρων για την απόδοση URI κατά τη διάρκεια της επισημείωσης. Με τον τρόπο αυτό, καθίσταται δυνατή η χρήση της εφαρμογής για την παραγωγή RDF χωρικών δεδομένων με προσαρμοσμένα URIs και για δημοσίευση σε άλλες υποδομές σημασιολογικών δεδομένων (πλην της υποδομής του Πανεπιστημίου Αιγαίου).

## 2.2 Triple Store

Το Triple Store αποτελεί την εφαρμογή αποθήκευσης των RDF τριπλετών και δημοσίευσής τους στον σημασιολογικό ιστό. Επίσης, λειτουργεί και ως SPARQL endpoint, δηλαδή ως ενός περιβάλλοντος για την αποστολή SPARQL ερωτημάτων στα RDF δεδομένα και τη λήψη των κατάλληλων αποκρίσεων. Η SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)<sup>8</sup> αποτελεί την πανίσχυρη γλώσσα ερωτημάτων σε σημασιολογικά δεδομένα, που η σύνταξή της βασίζεται σε μοτίβα γράφων και λειτουργεί για τα RDF δεδομένα όπως η SQL για τα δεδομένα σε ένα ΣΔΒΔ. Στην Εικόνα 6 απεικονίζεται η λειτουργία αποστολής ερωτημάτων στο SPARQL endpoint του Triple Store. Στο πάνω μέρος της οθόνης συντάσσεται ένα SPARQL ερώτημα και στο κάτω επιστρέφονται τα αποτελέσματα. Στο συγκριμένο παράδειγμα, το SPARQL ερώτημα αφορά τη λήψη πληροφορίας για τα αεροδρόμια που υπάρχουν στο Triple Store. Στη λίστα αποτελεσμάτων εμφανίζονται τα URI των αεροδρομίων και οι ετικέτες τους.

---

<sup>8</sup> <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

The screenshot shows a SPARQL query interface. At the top, there are tabs for 'PREFIXES' (rdf, rdfs, owl, xsd) and a search icon. Below this, there are fields for 'SPARQL ENDPOINT' (set to /data), 'CONTENT TYPE (SELECT)' (set to JSON), and 'CONTENT TYPE (GRAPH)' (set to Turtle). The main area contains a SPARQL query:

```

1 PREFIX uoa: <http://semantics.aegean.gr/ontology/>
2 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
3
4 SELECT ?s ?l
5 WHERE {
6   ?s a uoa:Airport.
7   ?s rdfs:label ?l
8 }

```

Below the query, there are 'QUERY RESULTS' options: 'Table' (selected), 'Raw Response', and a download icon. It shows 'Showing 1 to 50 of 62 entries' and a search box. The results are displayed in a table with two columns: 's' and 'l'.

s	l
<http://semantics.aegean.gr/resources/Airport_4413>	"Κρατικός Αερολιμένας Σιάθου Α. ΠΑΠΑΔΙΑΜΑΝΤΗΣ (ΚΑΣΚ)"@el
<http://semantics.aegean.gr/resources/Airport_4421>	"Δημοτικός Αερολιμένας Καστελόριζου (ΔΑΖΟ)"@el
<http://semantics.aegean.gr/resources/Airport_4408>	"Κρατικός Αερολιμένας Μυτιλήνης ΟΔ. ΕΛΥΤΗΣ (ΚΑΜΤΕ)"@el
<http://semantics.aegean.gr/resources/Airport_4416>	"Κρατικός Αερολιμένας Σαντορίνης (ΚΑΣΡ)"@el
<http://semantics.aegean.gr/resources/Airport_4424>	"Κρατικός Αερολιμένας Γάρου (ΚΑΠΑ)"@el
<http://semantics.aegean.gr/resources/Airport_4403>	"Κρατικός Αερολιμένας Κεφαλληνίας (ΚΑΚΦ)"@el

Εικόνα 6. Αποστολή SPARQL ερωτημάτων στο Triple Store

Το λογισμικό που επιλέχθηκε για τη λειτουργία του Triple Store είναι το Fuseki, καθώς είναι από τα λίγα σχετικά λογισμικά που υποστηρίζουν την GeoSPARQL και την αποστολή χωρικών ερωτημάτων, δηλαδή ερωτημάτων που υποστηρίζουν χωρικές συναρτήσεις όπως distance, buffer, contains, intersection κλπ.

### 2.3 Εφαρμογή πλοήγησης

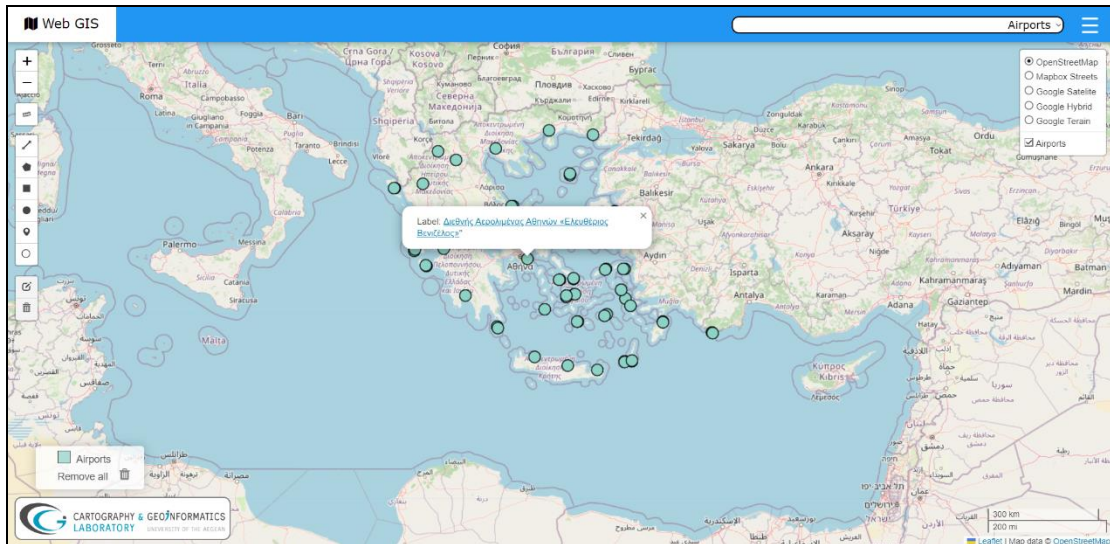
Η εφαρμογή πλοήγησης (KB Explorer) επιτρέπει την πλοήγηση στο περιεχόμενο του Triple Store μέσω ενός απλού γραφικού περιβάλλοντος που δεν απαιτεί τη σύνταξη SPARQL ερωτημάτων από τον χρήστη. Συγκεκριμένα, δίνεται η δυνατότητα εξερεύνησης των κλάσεων (Classes), των κατηγορημάτων (Predicates), των γεωγραφικών οντοτήτων (Instances) και των μεταδεδομένων των αρχικών συνόλων χωρικών δεδομένων (Datasets) που είναι αποθηκευμένα στο Triple Store. Στην Εικόνα 7 απεικονίζεται η λίστα των κλάσεων της υποδομής, όπως εμφανίζεται στην εφαρμογή KB Explorer. Στη συγκεκριμένη σελίδα, οι χρήστες μπορούν να πραγματοποιήσουν αναζήτηση κλάσεων, να προβάλουν τα κατηγορήματα που σχετίζονται με μία κλάση και τις γεωγραφικές οντότητες (στιγμιότυπα) που ανήκουν σε μία κλάση. Αντίστοιχες δυνατότητες υπάρχουν και στις σελίδες των κατηγορημάτων, στιγμιότυπων και συνόλων χωρικών δεδομένων. Η KB Explorer είναι μία απλή διαδικτυακή εφαρμογή που αποτελείται από HTML σελίδες και Javascript κώδικα για την αποστολή SPARQL ερωτημάτων και τη λήψη των αποτελεσμάτων.

Class URI	Label	Description	Related Predicates	Class Instances
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/Airport">http://semantics.aegean.gr/ontology/Airport</a>	Airports		P	I
<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature">http://www.opengis.net/ont/geosparql#Feature</a>	Feature	This class represents the top-level feature type. This class is equivalent to GFI_Feature defined in ISO 19156:2011, and it is superclass of all feature types.	P	I
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/Prefecture">http://semantics.aegean.gr/ontology/Prefecture</a>	Prefecture	Type of Administrative unit	P	I
<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#GMLLiteral">http://www.opengis.net/ont/geosparql#GMLLiteral</a>	GML Literal	A GML serialization of a geometry object.	P	I
<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#WktLiteral">http://www.opengis.net/ont/geosparql#WktLiteral</a>	Well-known Text Literal	A Well-known Text serialization of a geometry object.	P	I
<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#SpatialObject">http://www.opengis.net/ont/geosparql#SpatialObject</a>	SpatialObject	The class spatial-object represents everything that can have a spatial representation. It is superclass of feature and geometry.	P	I
<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparql#Geometry">http://www.opengis.net/ont/geosparql#Geometry</a>	Geometry	The class represents the top-level geometry type. This class is equivalent to the UML class GM_Object defined in ISO 19107, and it is superclass of all geometry types.	P	I
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/Region">http://semantics.aegean.gr/ontology/Region</a>	Region	Region is administrative unit	P	I
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/RegionalUnit">http://semantics.aegean.gr/ontology/RegionalUnit</a>	Regional Unit	Regional Unit is an administrative unit. A regional unit belongs to aRegion	P	I
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/Municipality">http://semantics.aegean.gr/ontology/Municipality</a>	Municipality	Municipality is an Administrative unit	P	I
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/MunicipalDistrictOrCommunity">http://semantics.aegean.gr/ontology/MunicipalDistrictOrCommunity</a>	Municipal Units and Communities	An Administrative unit class. A district is part of municipality	P	I
<a href="http://semantics.aegean.gr/ontology/Island">http://semantics.aegean.gr/ontology/Island</a>	Island		P	I

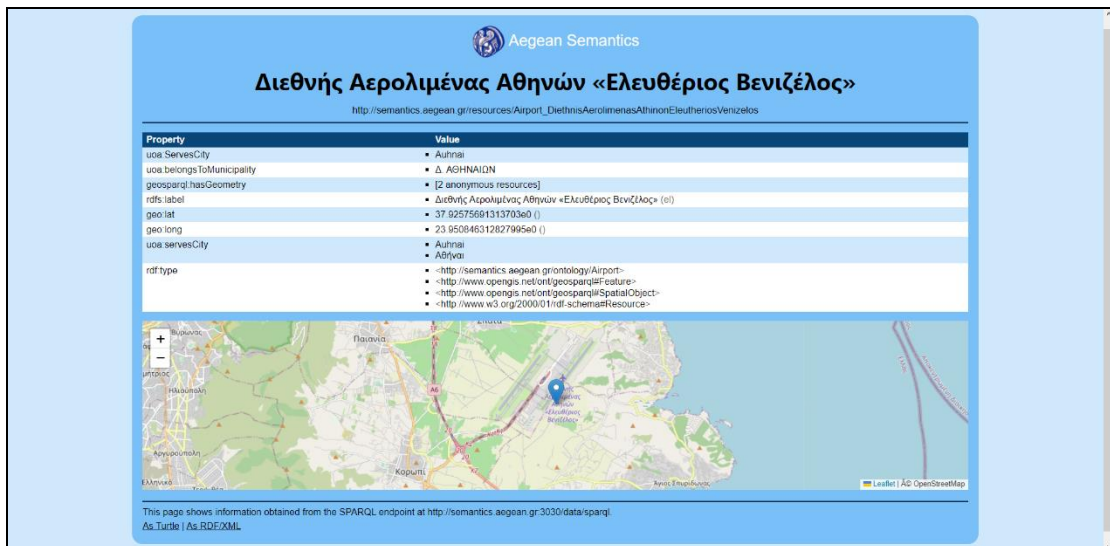
Εικόνα 7. Εμφάνιση κλάσεων του Triple Store στην εφαρμογή KB Explorer

## 2.4 WebGIS

Η εφαρμογή WebGIS επιτρέπει την χαρτογραφική προβολή των RDF δεδομένων της υποδομής σε έναν διαδραστικό χάρτη. Η εφαρμογή συνδυάζει τη λειτουργικότητα των κλασικών webGIS εφαρμογών με τις δυνατότητες των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού. Για παράδειγμα, όπως σε ένα κλασικό webGIS ο χρήστης επιλέγει την προβολή ενός θεματικού επιπέδου, έτσι, στη συγκεκριμένη εφαρμογή, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την προβολή των γεωγραφικών οντοτήτων που ανήκουν σε μία RDF κλάση. Η εφαρμογή ενσωματώνει και άλλες λειτουργίες των κλασικών WebGIS, όπως η εμφάνιση υπομνήματος, επιλογή χαρτογραφικού υποβάθρου και εργαλεία μέτρησης. Στον χάρτη της Εικόνας 8 εμφανίζονται όλες οι γεωγραφικές οντότητες που ανήκουν στη κλάση Αεροδρόμια. Επιλέγοντας (κάνοντας κλικ σε) μία γεωγραφική οντότητα στο χάρτη, εμφανίζεται, σε μορφή παραθύρου pop up, το URI της οντότητας και μία σύντομη περιγραφή της. Επισκεπτόμενος κανείς το URI της οντότητας, μεταβαίνει στην HTML σελίδα που αντιστοιχεί στον RDF πόρο και περιέχει τις RDF τριπλέτες που σχετίζονται με αυτόν, καθώς και την χαρτογραφική προβολή του (Εικόνα 9). Η συγκεκριμένη δυνατότητα του σημασιολογικού ιστού, δηλαδή η εμφάνιση των τριπλετών που αφορούν έναν RDF πόρο με την επίσκεψή στο URI του, είναι γνωστή ως URI dereferencing και αποτελεί μία από τις αρχές των συνδεδεμένων δεδομένων.

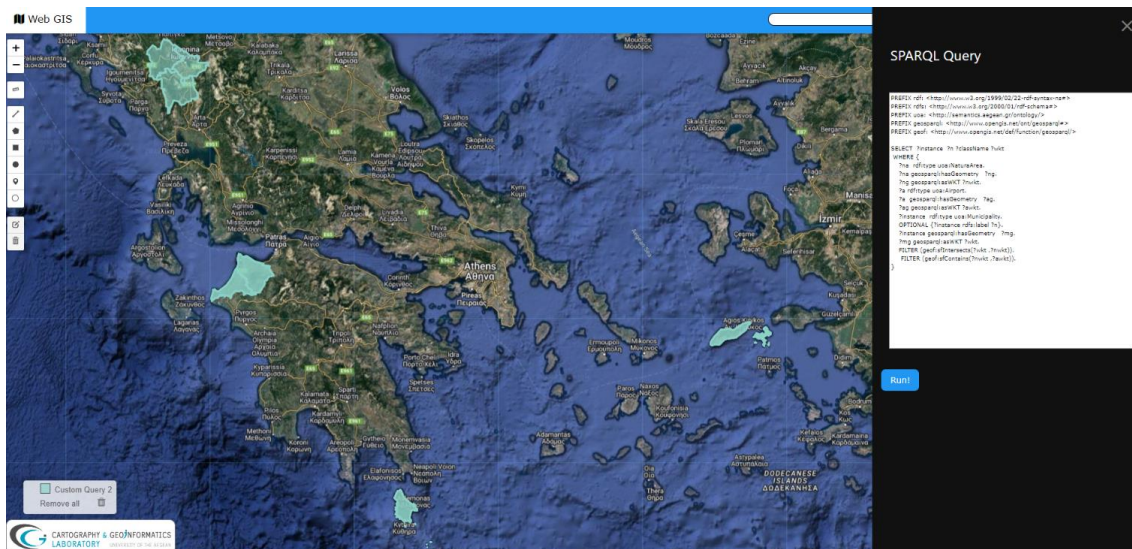


Εικόνα 8. Η οπτικοποίηση της κλάσης Airport στο Web GIS



Εικόνα 9. Η ιστοσελίδα του RDF πόρου "Ελευθέριος Βενιζέλος" μέσω URI dereferencing

Η εφαρμογή webGIS υποστηρίζει τη δυνατότητα αποστολής SPARQL ερωτημάτων στο Triple Store και την εμφάνιση αποτελεσμάτων στο χάρτη. Με το τρόπο αυτό αξιοποιούνται οι δυνατότητες της SPARQL για την αποστολή σύνθετων ερωτημάτων και τη λήψη πληροφοριών που συνδυάζουν σημασιολογική πληροφορία. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 10 εμφανίζεται ένα SPARQL ερώτημα (δεξιά) που συνδυάζει πληροφορία για Δήμους, περιοχές NATURA και αεροδρόμια (εύρεση Δήμων που περιέχουν περιοχές NATURA μέσα στα όρια των οποίων λειτουργεί αεροδρόμιο) και η αντίστοιχη χαρτογραφική προβολή των αποτελεσμάτων (αριστερά). Στις μελλοντικές εκδόσεις της WebGIS εφαρμογής σχεδιάζεται η ανάπτυξη καινοτόμων λειτουργιών που αξιοποιούν τις τεχνολογίες του σημασιολογικού ιστού, όπως η εμφάνιση των σημασιολογικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών οντοτήτων στο χάρτη και η εμφάνιση σχέσεων των γεωγραφικών οντοτήτων της υποδομής με οντότητες που είναι δημοσιευμένες σε άλλες πηγές του σημασιολογικού ιστού.



**Εικόνα 10.** SPARQL ερώτημα που εμφανίζει τους Δήμους στα όρια των οποίων υπάρχουν περιοχές NATURA μέσα στις οποίες λειτουργούν αεροδρόμια

Η ανάπτυξη της εφαρμογής WebGIS βασίστηκε στις τεχνολογίες HTML, CSS και JavaScript. Οι χαρτογραφικές λειτουργίες υποστηρίζονται από τη βιβλιοθήκη Leaflet και χρησιμοποιούνται τα χαρτογραφικά υπόβαθρα του OpenStreetMap.org, Mapbox.com και GoogleMaps. Η λειτουργία URI dereferencing υποστηρίζεται από το λογισμικό rubby.

### 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν άρθρο παρουσιάσαμε τις ενέργειες του Πανεπιστημίου Αιγαίου που σχετίζονται με την εφαρμογή τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού στα χωρικά δεδομένα που διαθέτει. Η υιοθέτηση των τεχνολογιών αυτών αναμένεται να προσφέρει βελτιωμένες δυνατότητες για την ενοποίηση και τον εμπλουτισμό των χωρικών δεδομένων με/από πολλαπλές πηγές, τη σύνθεση προηγμένων ερωτημάτων και την εφαρμογή τεχνικών για την ανακάλυψη γνώσης. Τα παραπάνω μπορούν να αναβαθμίσουν την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχει το Πανεπιστήμιο Αιγαίου όσο αφορά τη διάθεση χωρικών δεδομένων μέσω των πληροφοριακών του συστημάτων που λειτουργούν επί σειρά ετών. Για το λόγο αυτό, αναπτύσσουμε εφαρμογές και διαδικασίες σημασιολογικής επιστημείωσης και εμπλουτισμού χωρικών δεδομένων, δημοσίευσής τους ως διασυνδεδεμένα δεδομένα, σύνθεσης ερωτημάτων, πλοήγησης και χαρτογραφικής προβολής σημασιολογικών δεδομένων. Οι παραπάνω εφαρμογές αποτελούν τη βάση για την υλοποίηση της Υποδομής Χωρικής Γνώσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου, η οποία θα απευθύνεται στο ευρύ κοινό. Συγκεκριμένα, φιλοδοξούμε η ΥΧΓ να αποτελέσει: (α) ένα εργαλείο για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων και για την ανάπτυξη «έξυπνων» εφαρμογών από επιχειρήσεις και οργανισμούς, (β) ένα υπόβαθρο για την υποβοήθηση της έρευνας σε θέματα σημασιολογικού ιστού αλλά και ευρύτερου ενδιαφέροντος, και (γ) έναν οδηγό και βοήθημα για φορείς και επιχειρήσεις που επιθυμούν να ενταχθούν στο χώρο των σημασιολογικών δεδομένων.

Βασική πηγή του περιεχομένου της Υποδομής Χωρικής Γνώσης αποτελούν τα σύνολα χωρικών δεδομένων που διαθέτει το Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Τα σύνολα αφορούν τον

Αιγαϊακό και τον ευρύτερο ελληνικό χώρο και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κατηγοριών, όπως διοικητικά όρια (π.χ. όρια Δήμων και Περιφερειών), γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά (π.χ. ποτάμια, σπηλιές, ηφαίστεια), υποδομές (π.χ. αεροδρόμια, σχολεία, αθλητικές εγκαταστάσεις), σημεία ενδιαφέροντος (π.χ., μουσεία, ναοί, τράπεζες) και άλλα. Η σημασιολογική επισημείωσή τους και ο εμπλουτισμός τους πραγματοποιήθηκε μέσω του εργαλείου σημασιολογικής επισημείωσης. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του συγκεκριμένου εργαλείου επιτρέπει τη γρήγορη και απλή μετατροπή συνόλων χωρικών δεδομένων σε συντακτικά ορθά RDF δεδομένα και τη δημοσίευσή τους στον σημασιολογικό ιστό, ακόμα και από χρήστες που δεν είναι ειδικοί στις συγκεκριμένες τεχνολογίες. Ωστόσο, προχωρημένες εργασίες σημασιολογικού εμπλουτισμού, όπως η εύρεση και διασύνδεση πόρων που αναφέρονται στην ίδια οντότητα, ή ο ορισμός σημασιολογικών συσχετίσεων μεταξύ κλάσεων, απαιτούν την παρέμβαση ειδικού με την εκτέλεση εκ των υστέρων ενεργειών ανάλυσης δεδομένων και εναρμόνισης οντολογιών. Για την ενίσχυση της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας μεταξύ των RDF δεδομένων, υιοθετούνται διαδεδομένες οντολογίες, όπως η GeoSPARQL για την σημασιολόγηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των γεωγραφικών στοιχείων. Για αντίστοιχους λόγους, ως προεπιλεγμένο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων των γεωμετριών επιλέχθηκε το WGS84. Εκτός των χωρικών οντοτήτων, διατηρούνται μεταδεδομένα που αφορούν το αρχικό σύνολο χωρικών δεδομένων από το οποίο αυτές προέρχονται και περιγράφονται με όρους της οντολογίας Dublin Core. Για την αποθήκευση των RDF τριπλετών επιλέχθηκε το λογισμικό Fuseki, το οποίο αφενός υποστηρίζει τη γλώσσα GeoSPARQL και επιτρέπει την αποστολή χωρικών ερωτημάτων και αφετέρου επιστρέφει αποτελέσματα σε ικανοποιητικό χρόνο.

Η υλοποίηση της ΥΧΓ του Πανεπιστημίου Αιγαίου βρίσκεται σε εξέλιξη και απαιτούνται αρκετές ακόμα ενέργειες για την πληρέστερη αξιοποίηση των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού. Σε αυτές περιλαμβάνονται η διασύνδεση των RDF δεδομένων της υποδομής με άλλες πηγές (π.χ. DBPedia, GeoNames), η εναρμόνιση της οντολογίας με άλλες οντολογίες, η αξιολόγηση της ποιότητας των RDF δεδομένων και των υπηρεσιών της υποδομής, η διερεύνηση τρόπων αξιοποίησης της υποδομής και η δημιουργία σεναρίων χρήσης της, η ανάπτυξη εύχρηστων γραφικών διεπαφών για το ευρύ κοινό, και η εφαρμογή τεχνικών συμπερασματολογίας για την δημιουργία νέας γνώσης.

## **ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ**

Η παρούσα έρευνα χρηματοδοτείται από την Ερευνητική Υποδομή [e- Aegean R&D Network], που υλοποιείται στο πλαίσιο της Πράξης «Περιφερειακή Αριστεία» του Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία». Η Πράξη συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και το Ελληνικό Κράτος (ΕΣΠΑ 2014-2020).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Arnold, L. M., McMeekin, D. A., Ivánová, I., & Armstrong, K., 2021, Knowledge on-demand: a function of the future spatial knowledge infrastructure. *Journal of Spatial Science*, 66(3), 365–382. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1654942>

Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O., 2001, "The Semantic Web". *Scientific American* 284.5, p. 34. ISSN: 00368733.

Berners-Lee, T., 2006, *Linked Data - Design Issues*. Τελευταία πρόσβαση: 12/10/2022. URL: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

Duckham, M., Arnold, L., Armstrong, K., McMeekin, D., & Mottolini, D., 2017, *Towards a Spatial Knowledge Infrastructure*. 1–19. <https://www.crcsi.com.au/assets/Program-3/CRCSTowardsSpatialKnowledgeWhitepaperwebMay2017.pdf>

Fonseca, F. T., Egenhofer, M. J., Agouris, P., & Cmara, G., 2002, Using ontologies for integrated geographic information systems. *Transactions in GIS*, 6(3), 231–257. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00109>

Goodwin, J., Dolbear, C., & Hart, G., 2008, Geographical linked data: The administrative geography of Great Britain on the semantic web. *Transactions in GIS*, 12(SUPPL. 1), 19–30. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2008.01133.x>

Ivánová, I., Siao Him Fa, J., McMeekin, D. A., Arnold, L. M., Deakin, R., & Wilson, M., 2020, From spatial data to spatial knowledge infrastructure: A proposed architecture. *Transactions in GIS*, 24(6), 1526–1558. <https://doi.org/10.1111/tgis.12656>

Janowicz, K., Schade, S., Bröring, A., Keßler, C., Maué, P., & Stasch, C., 2010, Semantic enablement for spatial data infrastructures. *Transactions in GIS*, 14(2), 111–129. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2010.01186.x>

Kopsachilis, V., 2021, *Infrastructure for discovering geographically related linked data*, PhD Dissertation, University of the Aegean.

Lutz, M., 2005, Ontology-based service discovery in spatial data infrastructures. *International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings*, 45–54. <https://doi.org/10.1145/1096985.1096997>

Nebert, D., 2004, *The SDI Cookbook*, Version 2.0. Global Spatial Data Infrastructure Association, Technical Working Group Report.

Schade, S., Granell, C., & Díaz, L., 2010, Augmenting SDI with linked data. *CEUR Workshop Proceedings*, 691.

W3C, 2014a, *RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax*. Τελευταία πρόσβαση: 12/10/2022. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>

W3C, 2014b, *RDF Schema 1.1*. Τελευταία πρόσβαση: 12/10/2022. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

W3C, 2012, *OWL 2 Web Ontology Language*, Τελευταία πρόσβαση: 12/10/2022. URL: <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-overview-20121211/>