



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ "ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ"**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ
ΤΗΣ ΕΘΕΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.
ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΟ OPEN STREET MAP ΓΙΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ
ΠΟΛΕΙΣ**

ΔΗΜΗΤΡΑ ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Βύρωνας Νάκος

Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2020



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF RURAL AND SURVEYING ENGINEERING
MSc "GEOINFORMATICS"

**EVALUATION AND VISUALISATION OF VOLUNTEERED
GEOGRAPHIC INFORMATION CONSISTENCY. STUDY OF
OPENSTREETMAP FOR EUROPEAN CITIES**

DIMITRA ZACHAROPOULOU

MASTER THESIS

SUPERVISOR

Byron Nakos
Professor NTUA

Athens, July 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ "ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ"**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΕΠΕΙΑΣ
ΤΗΣ ΕΘΕΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.
ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΟ OPEN STREET MAP ΓΙΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ
ΠΟΛΕΙΣ**

Μεταπτυχιακή Εργασία
Δήμητρα Ζαχαροπούλου

Επιβλέπων
Βύρωνας Νάκος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την Επιτροπή:

Βύρωνας Νάκος Μαργαρίτα Κόκλα Ανδριανή Σκοπελίτη
Καθηγητής Ε.Μ.Π Λέκτορας Ε.Μ.Π Διδάκτωρ Ε.Μ.Π

Copyright © Ζαχαροπούλου Δήμητρα, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Χαρτογραφίας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ και σηματοδοτεί την ολοκλήρωση του κύκλου των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Η εκπλήρωση αυτής της εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την συμβολή προσώπων του ακαδημαϊκού χώρου και όχι μόνο.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή ΕΜΠ, κ. Βύρωνα Νάκο, για την προτροπή ενασχόλησης με το συγκεκριμένο θέμα και την επίβλεψη της εργασίας.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Ανδριανή Σκοπελίτη, Διδάκτωρ της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών για τη σημαντική καθοδήγηση, την ενθάρρυνση και την υποστήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Οι πολύτιμες συμβουλές της για ακόμη μία φορά αποτέλεσαν καθοριστικό παράγοντα στην επιτυχή ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής εργασίας και την ευχαριστώ θερμά για αυτό.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω του γονείς μου και τον αδερφό μου Γιώργο για τη δύναμη που μου δίνουν να συνεχίζω και να εκπληρώνω τους στόχους μου.

Περίληψη

Στη σημερινή εποχή παρατηρείται μία ραγδαία εξέλιξη της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (Volunteered Geographic Information) η οποία χρησιμοποιείται ευρέως ως πηγή δεδομένων σε διάφορους τομείς και υπηρεσίες όπως η δημιουργία χαρτών, η παρακολούθηση περιβαλλοντικών φαινομένων, η διαχείριση καταστροφών και κρίσεων, η χωρική ανάλυση κ.ά. Ωστόσο, η έλλειψη ενός τυποποιημένου προτύπου έχει οδηγήσει την ποιότητα των VGI να ποικίλει μεταξύ των ετερογενών πηγών δεδομένων, δημιουργώντας μια μεταβλητή ποιότητα στα γεωγραφικά δεδομένα των εθελοντών.

Η διάδοση του πληθοπορισμού (crowd-sourcing) στη συλλογή γεωγραφικών δεδομένων, δημιούργησε δεδομένα προς οπτικοποίηση που δεν συνοδεύονται από τις αναμενόμενες διαδικασίες εξασφάλισης της ποιότητας, που χρησιμοποιούν οι συνήθεις πάροχοι γεωγραφικών δεδομένων π.χ. Εθνικοί Χαρτογραφικοί Οργανισμοί. Ο μέσος χρήστης της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΕΓΠ) σπάνια αναρωτιέται για την ποιότητά τους, είτε επειδή την αγνοεί ως έννοια είτε γιατί εσφαλμένα πιστεύει ότι είναι εξασφαλισμένη. Δεδομένου ότι το πλήθος των χρηστών της ΕΓΠ, περιλαμβάνει άτομα με διαφορετικές ανάγκες και ικανότητες, η χαρτογραφική απόδοση της ποιότητας, λόγω της ποικίλης λειτουργικότητάς της, μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης για τον απλό χρήστη, καθώς και ένα εργαλείο εξερεύνησης και μελέτης για τον επιστήμονα.

Η εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση της λογικής συνέπειας και της πληρότητας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας χρησιμοποιώντας εθελοντικά δεδομένα από το πιο γνωστό συμμετοχικό έργο, το OpenStreetMap για οκτώ ευρωπαϊκές πόλεις, την Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη, το Παρίσι, την Ουτρέχτη, την Κοϊμπρα, το Βερολίνο, τη Βιέννη και τη Ζυρίχη και στην οπτικοποίησή της με τη δημιουργία μίας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής.

Η εκτίμηση της συνέπειας και της πληρότητας βασίζεται στις τοπολογικές και τοπο-εννοιολογικές σχέσεις που πρέπει να ικανοποιούν τα γεωγραφικά στοιχεία που καταγράφονται, αξιοποιώντας παράλληλα την πληροφορία της θέσης τους και των περιγραφικών ιδιοτήτων τους. Για την επίτευξη της εκτίμησης της ποιότητας των εθελοντικών γεωγραφικών δεδομένων αξιοποιήθηκε ως βάση το λογισμικό ελέγχου της συνέπειας της πληρότητας της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας που είχε δημιουργηθεί στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας προπτυχιακών σπουδών (Ζαχαροπούλου, 2018), το οποίο βελτιώθηκε και επεκτάθηκε ώστε να εκτελείται χωρίς σφάλματα και να καλύπτει τις ανάγκες μιας πανευρωπαϊκής εφαρμογής. Το εργαλείο δημιουργήθηκε σε περιβάλλον ArcGIS.

Η χαρτογραφική εφαρμογή για το διαδίκτυο αξιοποιεί τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση του εργαλείου αξιολόγησης της συνέπειας και μέσω της οπτικοποίησης επιτυγχάνει την ενημέρωση του χρήστη για την ποιότητα της ΕΓΠ. Δημιουργήθηκε ένα περιβάλλον χαρτογραφικής απόδοσης με ποικιλία διαδραστικών εργαλείων πλοήγησης, ενημέρωσης, πληροφόρησης και εναλλαγής στον τρόπο

οπτικοποίησης των δεδομένων, συμπληρώνοντας το αποτέλεσμα και ενισχύοντας τις πληροφορίες που μεταδίδονται στον χρήστη. Για την εφαρμογή αξιοποιήθηκε λογισμικό ΕΛ/ΛΑΚ. Η ιστοσελίδα δημιουργήθηκε μέσω της HTML και οι λειτουργίες της διαδραστικότητας δημιουργήθηκαν μέσω της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript και της χαρτογραφικής βιβλιοθήκης Leaflet. Τα γεωγραφικά δεδομένα δημοσιοποιούνται μέσω του Geoserver ή ως αρχεία GeoJSON.

Τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής εργασίας καλύπτουν τρία αντικείμενα:

- Την δημιουργία ενός εργαλείου σε περιβάλλον ΣΓΠ (ArcGIS) για την αξιολόγηση της συνέπειας της ΕΓΠ που διαθέτει το OSM σε πανευρωπαϊκό επίπεδο
- Την μελέτη των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα των ΕΓΠ για τη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή
- Τη δημιουργία μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής που οπτικοποιεί τα αποτελέσματα αξιολόγησης της ποιότητας και επιτυγχάνει την ενημέρωση του χρήστη για αυτή με εύληπτο τρόπο.

Abstract

Nowadays there is a rapid development of Volunteered Geographic Information which is widely used as a data source in various sectors and services such as environmental monitoring, disaster and crisis management, mapping of areas etc. However, due to a lack of standardization, quality in VGI has shown to vary across heterogeneous data sources, creating a variable quality in volunteer geographic data.

The spread of crowd-sourcing in the collection of geographic data, created data for visualisation that do not follow the standard quality evaluation procedures used by the authoritative data providers, e.g. National Cartographic Organizations. The average user of Voluntary Geographic Information (VGI) rarely doubts their quality, either because he ignores it as a meaning or because he mistakenly believes that it is guaranteed. Since the crowd encompasses a diverse pool of users, VGI quality visualisation caters for different needs and exhibits variable functionality, operating as an awareness tool for the novice user as well as an exploration tool for the expert user / scientist.

The study focuses on assessing the logical consistency and completeness of Volunteered Geographic Information, using volunteered data from the most known collaborative project, OpenStreetMap for eight European cities, Athens, Thessaloniki, Paris, Utrecht, Coimbra, Berlin, Vienna and Zurich and its visualization by creating a web mapping application.

The assessment of consistency and completeness is based on the topological and topo – semantic relationships of the geographic data, the degree of identification of the descriptive attributes of the spatial data and their position. In order to achieve the assessment of the quality of Volunteered Geographic Information, a tool for assessing its consistency and completeness was used that has been developed in a previous diploma thesis. This tool was improved and expanded to run without errors and meet the requirements of a pan-European implementation. The tool was created in the Geographic Information System ArcGIS.

The web mapping application utilizes the results from the execution of the consistency assessment tool and through the visualisation achieves the update and information of the user for the quality of Volunteered Geographic Information. A visualisation environment has been created that contains a variety of interactive tools for navigating, updating, informing and alternating the way data is visualized, enhancing the result and the information communicated to the user. For the application an open-source software was used. The website was created using HTML and the interactive functions using the programming language JavaScript and the Leaflet library. Geographic data was published through Geoserver or as GeoJSON files.

The results of the master thesis cover three subjects:

- The development of a tool in the Geographic Information System (ArcGIS) for assessing the consistency of OSM volunteered data at pan-European level

- The examination of the results and the drawing of conclusions for the quality of VGI for the specific geographic area
- The development of a web mapping application that visualizes the results of quality evaluation and achieves the information of the user about it in an intelligible way.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	17
1.1. Αντικείμενο και Σκοπός της Μεταπτυχιακής εργασίας	18
1.2. Δομή της Μεταπτυχιακής Εργασίας	18
2. Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία.....	20
2.1. Ποιότητα και εθελοντική γεωγραφική πληροφορία.....	21
2.1.1. Εκτίμηση της ποιότητας της ΕΓΠ.....	21
2.2. Οπτικοποίηση της ποιότητας της ΕΓΠ.....	24
2.2.1. Πλαίσιο οπτικοποίησης της ποιότητας της ΕΓΠ.....	25
3. Διαδικτυακή Χαρτογραφία – Απόδοση χαρτογραφικών δεδομένων στο διαδίκτυο	29
3.1. Διαδίκτυο.....	29
3.2. Διαδικτυακή Χαρτογραφία.....	30
3.2.1. Εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας	31
3.3. Αρχιτεκτονική συστήματος για χαρτογραφική εφαρμογή και χαρτογραφικές υπηρεσίες.....	34
3.3.1. Χαρτογραφικές υπηρεσίες	35
3.3.2. Πρότυπα του OGC για δημοσιοποίηση χαρτών.....	36
3.4. Διαδραστικότητα και Διαδικτυακές Χαρτογραφικές Βιβλιοθήκες.....	39
3.4.1. Διαδικτυακές Χαρτογραφικές Βιβλιοθήκες.....	40
3.4.2. Μορφότυπος GeoJSON.....	41
4. Έλεγχος της συνέπειας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας	42
4.1.1. Έλεγχοι πληρότητας.....	42
4.1.2. Έλεγχοι συνέπειας.....	43
4.2. Εφαρμογή του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ.....	52
4.2.1. Προετοιμασία δεδομένων	53
4.2.2. Έλεγχοι πληρότητας.....	58
4.2.3. Τοπο – εννοιολογικοί έλεγχοι.....	63
4.3. Αποτελέσματα και αξιολόγηση του εργαλείου.....	76
4.3.1. Πληρότητα και πληροφόρηση ως προς το είδος	76
4.3.2. Τοπο-εννοιολογική συνέπεια	78
4.4. Αξιολόγηση του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ.....	88

5. Δημιουργία διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής για την οπτικοποίηση της τοπο- εγνωσιολογικής συνέπειας.....	90
5.1. Αρχιτεκτονική του συστήματος.....	91
5.2. Δημοσίευση των γεωγραφικών δεδομένων ως υπηρεσίες WMS στον εξυπηρετητή Geoserver και δημιουργία του συμβολισμού	92
5.3. Δημοσίευση δεδομένων ως αρχεία GeoJSON	99
5.4. Διαμόρφωση σελίδας με HTML και CSS	101
5.5. Βιβλιοθήκες JavaScript και Leaflet.....	106
5.6. Παρουσίαση της χαρτογραφικής εφαρμογής.....	113
6. Αξιολόγηση – Προτάσεις.....	123
6.1. Αξιολόγηση εργαλείου	123
6.2. Αξιολόγηση διαδικτυακής εφαρμογής	124
6.3. Μελλοντικές προτάσεις.....	125
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	126
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	129

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2. 1 Ποιότητα της ΕΓΠ, οπτικοποίηση, χρήστες και λειτουργικότητα (Πηγή: Skoreliti et al., 2017)	25
Εικόνα 2. 2 Προτεινόμενο πλαίσιο για την οπτικοποίηση της ποιότητας της ΕΓΠ (Πηγή: Skoreliti et al., 2017)	26
Εικόνα 3. 1 Αναπαράσταση του μοντέλου επικοινωνίας του πελάτη (client) και του εξυπηρετητή (server) (Πηγή: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/First_steps/Introduction)	30
Εικόνα 3. 2 Χρονολόγιο σημαντικών εξελίξεων της διαδικτυακής χαρτογραφίας (Πηγή: Veenendaal et al., 2017)	31
Εικόνα 3. 3 Εποχές της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας (Πηγή: Veenendaal et al, 2017)	32
Εικόνα 3. 5 Το πρότυπο WMS (Πηγή: Χαρτογραφική σύνθεση & Απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον, Α. Τσούλος, Α. Στάμου, Α. Σκοπελίτη)	37
Εικόνα 3. 6 Το πρότυπο WFS (Πηγή: Χαρτογραφική σύνθεση & Απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον, Α. Τσούλος, Α. Στάμου, Α. Σκοπελίτη)	38
Εικόνα 3. 7 Περιεχόμενο αρχείου SLD στον εξυπηρετητή Geoserver	38
Εικόνα 4. 1 Η στάση λεωφορείου βρίσκεται πάνω στον άξονα του οδικού δικτύου	44
Εικόνα 4. 2 Το φαρμακείο βρίσκεται εκτός του ορίου του κτηρίου	44
Εικόνα 4. 3 Το πολύγωνο αυτό έχει χαρακτηριστεί ως “residential” (οικιστική περιοχή) από το θεματικό επίπεδο των κτηρίων, ενώ από το θεματικό επίπεδο των χρήσεων γης ως “ industrial” (βιομηχανική περιοχή)	44
Εικόνα 4. 4 Παράδειγμα Sliver Polygon	48
Εικόνα 4. 5 Παράδειγμα στο οποίο υπάρχει εννοιολογική ταύτιση μεταξύ του ΣΕ (hospital) και του κτηρίου (hospital)	51
Εικόνα 4. 6 Παράδειγμα όπου δεν υπάρχει ταύτιση καθώς το κτήριο έχει χαρακτηριστεί ως commercial ενώ η χρήση γης ως residential	51
Εικόνα 4.7 Παρουσίαση του εργαλείου Consistency and Completeness checks στον πίνακα του ArcToolbox	53
Εικόνα 4.8 Οι ευρωπαϊκές πόλεις που μελετήθηκαν	55
Εικόνα 4.9 Toolset: Prepare data (optional)	55
Εικόνα 4.10 Περιεχόμενο του εργαλείου 1.Create GDB with Dataset (optional) για τις πόλεις της Ελλάδας	56
Εικόνα 4.11 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου 2.Add new field with name "type" (optional) για την πόλη της Αθήνας	57
Εικόνα 4.12 Αποτελέσματα του εργαλείου 3.Merge all Point Features into One (optional) για την πόλη της Βιέννης	57
Εικόνα 4.13 Περιεχόμενο του εργαλείου 4.Select the polygon area (optional) για εφαρμογή στην Κοϊμπρα	58
Εικόνα 4.14 Αποτελέσματα του εργαλείου 4.Select the polygon area (optional) για τη Ζυρίχη	58
Εικόνα 4.15 Εργαλείο “ Completeness check”	59
Εικόνα 4.16 Λειτουργία “Type field completeness”	59

Εικόνα 4.17 Περιεχόμενο του εργαλείου “Type field completeness”	60
Εικόνα 4.18 Αποτελέσματα του εργαλείου “Type field completeness” στο Catalog για τη Θεσσαλονίκη. ..	60
Εικόνα 4.19 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τα Σημεία Ενδιαφέροντος του Παρισιού.	61
Εικόνα 4.20 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τις Χρήσεις γης στην Αθήνα.....	61
Εικόνα 4. 21 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τα Κτήρια στο Βερολίνο.	62
Εικόνα 4.22 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για το Οδικό δίκτυο στην Ουτρέχτη	62
Εικόνα 4. 23 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για το Σιδηροδρομικό δίκτυο στη Βιέννη.....	63
Εικόνα 4. 24 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για το Υδρολογικό δίκτυο στη Ζυρίχη.....	63
Εικόνα 4. 25 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τη Φύση στην Κοϊμπρα	63
Εικόνα 4. 26 Εργαλείο Topo-Semantic checks for POIs.....	68
Εικόνα 4. 27 Απόσπασμα για categorie1 – POIs must be inside buildings και type.....	69
Εικόνα 4. 28 Απόσπασμα για categorie2 – POIs of roads that must be outside of Roads και type	70
Εικόνα 4. 29 Απόσπασμα για categorie3 – POIs of roads that must be outside of Buildings και type	70
Εικόνα 4. 30 Απόσπασμα για categorie4 – POIs of roads that should be on Roads και type.....	71
Εικόνα 4. 31 Απόσπασμα για categorie5 – POIs must be outside of Natural και type	71
Εικόνα 4. 32 Απόσπασμα για categorie6 – POIs must be on Railways και type.....	72
Εικόνα 4. 33 Απόσπασμα για categorie7 – POIs that must be outside of Buildings και type	72
Εικόνα 4.34 Περιεχόμενο του εργαλείου Εργαλείο 2.POIs VS Buildings, Landuse, Nature and Network. .	73
Εικόνα 4.35 Περιεχόμενο του χωρικού πίνακα της σημειακής οντότητας για την Κοϊμπρα	74
Εικόνα 4.36 Περιεχόμενο του χωρικού πίνακα της σημειακής οντότητας για την Ουτρέχτη.....	74
Εικόνα 4.37 Τα επτά feature classes που περιέχουν τα σφάλματα της κάθε κατηγορίας	75
Εικόνα 4. 38 Επτά πίνακες στατιστικών για την κάθε κατηγορία	75
Εικόνα 4. 39 Πίνακες με στατιστικούς δείκτες της κάθε κατηγορίας για το Παρίσι	76
Εικόνα 4.40 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας POIs must be inside of Buildings για τη σημειακή οντότητα που αντιπροσωπεύει μία καφετέρια.	79
Εικόνα 4.41 Παράδειγμα πληροφόρησης ως προς την τιμή της απόστασης και τον κωδικό του στοιχείου με το οποίο ελέγχθηκε το ΣΕ.....	80
Εικόνα 4.42 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Roads όπου η στάση λεωφορείου είναι πάνω στο οδικό δίκτυο.	81
Εικόνα 4.43 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Buildings όπου η σημειακή οντότητα που αντιπροσωπεύει μία διασταύρωση βρίσκεται μέσα στο κτήριο.	82
Εικόνα 4.44 Παράδειγμα σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads όπου τα περισσότερα βρίσκονται περιμετρικά του οδικού δικτύου.	84
Εικόνα 4.45 Παράδειγμα σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads όπου παρατηρείται έλλειψη καταγραφής τμημάτων του οδικού δικτύου στα αρχεία που λήφθηκαν.	84
Εικόνα 4.46 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας POIs that should be on Railways το οποίο έχει εξ αρχής καταγραφεί λανθασμένα στην είσοδο του σταθμού.....	86

<i>Εικόνα 4.47 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας POIs that must be outside of Buildings, όπου η σημειακή οντότητα που αντιπροσωπεύει ένα σιντριβάνι βρίσκεται μέσα στο κτήριο.....</i>	<i>87</i>
<i>Εικόνα 5.1 Αρχιτεκτονική συστήματος για την δημιουργία διαδικτυακού χάρτη (Πηγή: https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/684).....</i>	<i>92</i>
<i>Εικόνα 5.2 Επιλογές της πηγής δεδομένων που θα αποτελούν το Store στον Geoserver.....</i>	<i>93</i>
<i>Εικόνα 5.3 Δημιουργία των οκτώ Stores, ένα για κάθε πόλη.....</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 5.4 Σύνολο το θεματικών επιπέδων (Layers) που δημοσιεύτηκαν για την Αθήνα.....</i>	<i>94</i>
<i>Εικόνα 5.5 Απόσπασμα επιλογών κατά τη διαδικασία δημοσιοποίησης των θεματικών επιπέδων της Αθήνας στον Geoserver.....</i>	<i>95</i>
<i>Εικόνα 5.6 Απόσπασμα επιλογών κατά τη διαδικασία δημοσιοποίησης των θεματικών επιπέδων της Κοΐμπρας στον Geoserver.....</i>	<i>95</i>
<i>Εικόνα 5.7 Τα Layer Groups που δημιουργήθηκαν και περιέχει το καθένα τα δεδομένα της πόλης που αναφέρεται.....</i>	<i>96</i>
<i>Εικόνα 5.8 Περιεχόμενο του Layer Group utrecht2_errors με τα θεματικά επίπεδα της Ουτρέχτης.....</i>	<i>96</i>
<i>Εικόνα 5.9 Περιεχόμενο ενός αρχείου SLD.....</i>	<i>97</i>
<i>Εικόνα 5.10 Περιεχόμενο των επιλογών που χρησιμοποιήθηκαν στο αρχείο SLD για τον συμβολισμό των σημειακών οντοτήτων.....</i>	<i>98</i>
<i>Εικόνα 5.11 Παράδειγμα διαδικασίας αποθήκευσης ενός αρχείου σε μορφότυπο GeoJSON.....</i>	<i>100</i>
<i>Εικόνα 5.12 Περιεχόμενο αρχείου GeoJSON.....</i>	<i>100</i>
<i>Εικόνα 5.13 Περιεχόμενο αρχείου GeoJSON.....</i>	<i>101</i>
<i>Εικόνα 5. 14 Περιεχόμενο της ετικέτας <title> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.....</i>	<i>102</i>
<i>Εικόνα 5. 15 Περιεχόμενο της ετικέτας <meta> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.....</i>	<i>102</i>
<i>Εικόνα 5.16 Απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας <link> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.....</i>	<i>102</i>
<i>Εικόνα 5.17 Απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας <script> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.....</i>	<i>103</i>
<i>Εικόνα 5.18 Πρώτο απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας <style> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.....</i>	<i>103</i>
<i>Εικόνα 5.19 Δεύτερο απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας <style> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.....</i>	<i>104</i>
<i>Εικόνα 5.20 Περιεχόμενο του τμήματος <body> της σελίδας με τις καρτέλες (tablinks) που δημιουργήθηκαν.....</i>	<i>104</i>
<i>Εικόνα 5.21 Οι υποπεριοχές (div) που δημιουργήθηκαν όπου η κάθε μία ορίζει τον χάρτη, τα δεδομένα και το υπόμνημα της κάθε καρτέλας.....</i>	<i>105</i>
<i>Εικόνα 5.22 Ο σύνδεσμος της καρτέλας «Πληροφορίες» που ορίστηκε.....</i>	<i>105</i>
<i>Εικόνα 5.23 Συνάρτηση επαναληπτικής διαδικασίας για την εναλλαγή των καρτελών της σελίδας.....</i>	<i>106</i>
<i>Εικόνα 5. 24 Η εντολή map.invalidateSize() χρησιμοποιείται για την ανανέωση των χαρτών και των δεδομένων ανάλογα με την καρτέλα που είναι ενεργή.....</i>	<i>107</i>
<i>Εικόνα 5.25 Παράδειγμα δημιουργίας του χάρτη και των παραμέτρων του για την Αθήνα και την Κοΐμπρα.....</i>	<i>107</i>
<i>Εικόνα 5.26 Παράδειγμα ορισμού του υποβάθρου.....</i>	<i>108</i>
<i>Εικόνα 5.27 Παράδειγμα ορισμού των θεματικών επιπέδων και των παραμέτρων του για την Αθήνα.....</i>	<i>108</i>
<i>Εικόνα 5.28 Παράδειγμα ορισμού των θεματικών επιπέδων και των παραμέτρων του για την Ουτρέχτη.....</i>	<i>109</i>

Εικόνα 5.29 Τρόπος εισαγωγής των αρχείων GeoJSON που περιέχουν τις οντότητες που πέρασαν τον έλεγχο.....	109
Εικόνα 5.30 Τρόπος εισαγωγής των αρχείων GeoJSON που περιέχουν τις οντότητες που δεν πέρασαν τον έλεγχο.....	110
Εικόνα 5.31 Απόσπασμα του πίνακα πληροφοριών.....	111
Εικόνα 5.32 Δημιουργία του χάρτη της Ευρώπης και καθορισμός των παραμέτρων του.....	112
Εικόνα 5.33 Παράδειγμα διαμόρφωσης των γραφημάτων και οι παράμετροι τους.....	113
Εικόνα 5.34 Δημιουργία διαδραστικού πίνακα για τα γραφήματα του χάρτη της Ευρώπης.....	113
Εικόνα 5.35 Το μενού των επιλογών περιήγησης στη σελίδα.....	114
Εικόνα 5.36 Περιεχόμενο της καρτέλας Ευρώπη για τον έλεγχο POIs must be inside Buildings.....	115
Εικόνα 5.37 Περιεχόμενο της καρτέλας Ευρώπη για τον έλεγχο POIs of roads that must be outside of Roads.....	115
Εικόνα 5.38 Πληροφορίες γραφήματος του Βερολίνου για τον έλεγχο POIs of roads that must be outside of Roads.....	116
Εικόνα 5.39 Οπτικοποίηση των συνολικών σφαλμάτων λόγω της τοπο-ενοσιολογικής συνέπειας για την Αθήνα με υπόβαθρο στον χάρτη το OSM.....	116
Εικόνα 5.40 Οπτικοποίηση των συνολικών σφαλμάτων λόγω της τοπο-ενοσιολογικής συνέπειας για την Ουτρέχτη με υπόβαθρο στον χάρτη το OSM με γκρι τόνους.....	117
Εικόνα 5.41 Οπτικοποίηση των συνολικών σφαλμάτων λόγω της τοπο-ενοσιολογικής συνέπειας για τη Ζυρίχη με υπόβαθρο στον χάρτη δορυφορικές εικόνες.....	117
Εικόνα 5.42 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs must be inside Buildings και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για την Αθήνα.....	118
Εικόνα 5.43 Οπτικοποίηση των εσφαλμένων (με κόκκινο χρώμα) και των σωστών (με πράσινο χρώμα) σημείων για την κατηγορία POIs of roads that must be outside of Roads για την Αθήνα.....	118
Εικόνα 5.44 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Buildings και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για το Παρίσι.....	119
Εικόνα 5.45 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για την Ουτρέχτη.....	119
Εικόνα 5.46 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that must be outside of Buildings και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για τη Βιέννη.....	120
Εικόνα 5.47 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Railways και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για το Βερολίνο.....	120
Εικόνα 5.48 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs must be outside of Natural και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για την Κοϊμπρα.....	121
Εικόνα 5.49 Παράδειγμα χρήσης του εργαλείου του μέτρου για μέτρηση μίας απόστασης μεταξύ ενός σημείου και ενός δρόμου.....	121
Εικόνα 5.50 Επιλογή της καρτέλας Πληροφορίες από το μενού περιήγησης της σελίδας.....	122
Εικόνα 5.51 Αρχείο με τις πληροφορίες λειτουργίας του εργαλείου Consistency and Completeness checks.....	122

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2. 1 Στοιχεία ποιότητας του ISO, οι απαιτήσεις τους και τα θέματα που σχετίζονται με τη χρήση τους στην ΕΓΠ (Πηγή: Fonte et al., 2017).....	22
Πίνακας 2. 2 Κατηγορίες προτεινόμενων μέτρων ποιότητας για την ΕΓΠ. (Πηγή: Fonte et al., 2017).....	23
Πίνακας 2. 3 Προτεινόμενοι δείκτες ποιότητας της ΕΓΠ με βάση τα δεδομένα (Πηγή: Fonte et al., 2017) 24	
Πίνακας 4. 1 Λίστα με βασικούς τοπολογικούς ελέγχους των πολυγώνων και του δικτύου.....	47
Πίνακας 4. 2α Βασικοί τοπο-ενοσιολογικοί περιορισμοί μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος και των υπόλοιπων θεματικών επιπέδων σύμφωνα με την περιγραφική πληροφορία του είδους του κάθε σημείου..	49
Πίνακας 4.3 Σύνολο στοιχείων ανά θεματικό επίπεδο και έκταση της κάθε πόλης.....	54
Πίνακας 4.4 Πόλεις και το αντίστοιχο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που επιλέχθηκε.	56
Πίνακας 4. 5α Κατηγορίες τοπο-ενοσιολογικών κανόνων των ΣΕ με άλλα θεματικά επίπεδα για τις 8 ευρωπαϊκές πόλεις	66
Πίνακας 4.6 Σύνολο διαφορετικών τιμών στο πεδίο του είδους (type) για τα θεματικά επίπεδα για τις 8 πόλεις.....	77
Πίνακας 4. 7 Συγκριτικά αποτελέσματα των πόλεων ως προς το ποσοστό της ελλιπούς πληροφορίας του είδους στο θεματικό επίπεδο των κτηρίων τους.....	77
Πίνακας 4.8 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs must be inside of Buildings ανά πόλη.....	78
Πίνακας 4.9 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Roads ανά πόλη.	80
Πίνακας 4.10 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Buildings ανά πόλη.....	82
Πίνακας 4.11 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads ανά πόλη.....	83
Πίνακας 4.12 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs must be outside of Natural ανά πόλη.....	85
Πίνακας 4.13 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Railways ανά πόλη.....	86
Πίνακας 4.14 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that must be outside of Buildings ανά πόλη.....	87
Πίνακας 4.15 Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων με τα ποσοστά των σφαλμάτων της κάθε κατηγορίας ανά πόλη.....	88
Πίνακας 5.1 Λεπτομέρειες επιλογών που χρησιμοποιήθηκαν στα αρχεία συμβολισμού SLD των σημειακών δεδομένων.....	98

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 4. 1 Σημεία Ενδιαφέροντος που πρέπει να βρίσκονται εντός Κτηρίων.	79
Διάγραμμα 4. 2 Σημεία Ενδιαφέροντος που ενοσιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται εκτός Οδικού Δικτύου (POIs of roads that must be outside of Roads).	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Εισαγωγή

Η Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (Volunteered Geographic Information – VGI), μία ειδική περίπτωση του πληθοπορισμού, επιτρέπει στους πολίτες να έχουν πιο ενεργό ρόλο στις δραστηριότητες χαρτογραφικού σχεδιασμού και γεωπληροφορικής. Πρόκειται για τη συλλογή, τη συγκέντρωση και τη διάδοση γεωγραφικών δεδομένων, μέσω της αξιοποίησης εργαλείων, που παρέχονται οικειοθελώς από ιδιώτες (Wikipedia, 2020). Ορισμένα παραδείγματα που στηρίζονται στο φαινόμενο αυτό είναι τα ακόλουθα. WikiMapia (www.wikimapia.org/), OpenStreetMap (www.openstreetmap.org) κ.ά. Οι ιστοσελίδες αυτές παρέχουν γενικές χαρτογραφικές πληροφορίες και επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν το δικό τους περιεχόμενο εισάγοντας τη γεωγραφική θέση τοποθεσιών όπου εμφανίστηκαν διάφορα συμβάντα ή υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία δεν υπάρχουν ακόμα στο βασικό χάρτη υποβάθρου. Συγκεκριμένα, το OpenStreetMap (OSM) αποτελεί πλέον έναν από τους μεγαλύτερους συμμετοχικούς χάρτες στον κόσμο, όπου οι χρήστες μπορούν ελεύθερα να συλλέξουν, να επεξεργαστούν και να χρησιμοποιήσουν χωρικά δεδομένα.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και ειδικότερα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) η χαρτογραφική παραγωγή, σε ένα μεγάλο της μέρος, έχει μεταφερθεί στο διαδίκτυο. Χάρτες που στο παρελθόν ήταν προσβάσιμοι μόνο από λίγους, πλέον είναι δημόσιοι και έτοιμοι για χρήση από οποιονδήποτε το επιθυμεί. Αποτέλεσμα είναι η δημιουργία χαρτών από απλούς εθελοντές - χρήστες του διαδικτύου χωρίς απαραίτητα κάποιο υπόβαθρο γνώσης του αντικειμένου χαρτογράφησης. Ωστόσο, η ραγδαία εξέλιξη της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας (ΕΓΠ) οδήγησε στη δημιουργία ανησυχιών σχετικά με την ποιότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων αυτών, αν τα δεδομένα αυτά είναι έγκυρα και αν μπορούν να συνδυαστούν με τα δεδομένα των επίσημων φορέων. Η επιστημονική κοινότητα, μελετώντας την εθελοντική γεωγραφική πληροφορία έχει προτείνει έναν μεγάλο αριθμό δεικτών και μέτρων αξιολόγησης της ποιότητας των εθελοντικών δεδομένων, είτε συγκρίνοντάς τα με τα επίσημα δεδομένα είτε ως ξεχωριστό σύνολο δεδομένων.

Καθώς ο απλός χρήστης δύσκολα κατανοεί το θέμα της ποιότητας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας (ΕΓΠ), η χαρτογραφική απόδοση της ποιότητας μπορεί να παίξει έναν σημαντικό ρόλο. Δεδομένου ότι το κοινό αποτελείται από ποικιλία χρηστών, που ο καθένας έχει διαφορετικές γνώσεις και προέρχεται από διαφορετικό υπόβαθρο, η οπτικοποίηση της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες και παρουσιάζει μεγάλο εύρος λειτουργικότητας, με αποτέλεσμα να αποτελεί τον μόνο τρόπο διερεύνησης της ποιότητας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας.

1.1. Αντικείμενο και Σκοπός της Μεταπτυχιακής εργασίας

Αντικείμενο της Μεταπτυχιακής εργασίας είναι ο προσδιορισμός της ποιότητας της ΕΓΠ, η αξιολόγηση και η δημιουργία μίας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής μέσω της οποίας γίνεται η οπτικοποίηση και η ενημέρωση για την ποιότητα των εθελοντικών δεδομένων σε οκτώ ευρωπαϊκές πόλεις: Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Παρίσι, Ουτρέχτη, Κοϊμπρα, Βερολίνο, Βιέννη και Ζυρίχη. Συγκεκριμένα, επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός και η χαρτογραφική απόδοση των σφαλμάτων της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας των πόλεων.

Τα σφάλματα της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας προέκυψαν μετά την εκτέλεση του λογισμικού *Consistency and Completeness checks* που δημιουργήθηκε ειδικά για αυτό το σκοπό στο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS. Το λογισμικό αυτό αξιολογεί την ποιότητα των εθελοντικών δεδομένων ως προς τους δείκτες της πληρότητας και της συνέπειας με ένα σύνολο από ελέγχους. Τα αποτελέσματα του εργαλείου αποδόθηκαν χαρτογραφικά και αποτέλεσαν το θέμα της εφαρμογής.

Η μεταπτυχιακή εργασία αναπτύσσεται σε τρεις άξονες.

- Αξιολόγηση της τοπο - εννοιολογικής συνέπειας του OSM σε 8 ευρωπαϊκές πόλεις με τη βοήθεια του ειδικού λογισμικού που δημιουργήθηκε σε περιβάλλον ΣΓΠ.
- Μελέτη των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα των ΕΓΠ για τη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή
- Ανάπτυξη μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων του εργαλείου αξιολόγησης της συνέπειας.

1.2. Δομή της Μεταπτυχιακής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία δομείται σε έξι (6) κεφάλαια τα οποία συνοδεύονται από εικόνες και πίνακες για καλύτερη κατανόηση. Τα κεφάλαια αυτά είναι:

Το πρώτο κεφάλαιο, το οποίο είναι το παρόν κεφάλαιο, αποτελεί μια εισαγωγή των όσων πραγματεύονται στη συνέχεια και αναλύει το θέμα της εργασίας, καθώς και τους λόγους που οδήγησαν στην εκπόνησή της.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει την Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (ΕΓΠ), τους δείκτες και τις παραμέτρους εκτίμησης της ποιότητάς της, καθώς και τις χαρτογραφικές μεθόδους οπτικοποίησής της.

Το τρίτο κεφάλαιο περιγράφει την έννοια και την εξέλιξη της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας καθώς και την αρχιτεκτονική ενός συστήματος για διαδικτυακούς χάρτες, τις χαρτογραφικές υπηρεσίες και τις τεχνολογίες αιχμής.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την αναλυτική παρουσίαση και περιγραφή του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ που βασίζεται στην έννοια της τοπολογίας των γεωγραφικών δεδομένων σε συνδυασμό με τα περιγραφικά τους χαρακτηριστικά και τις τοπο – εννοιολογικές σχέσεις.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιγράφει αναλυτικά την εφαρμογή του διαδικτυακού χάρτη . Αναλύονται οι μέθοδοι οπτικοποίησης τόσο θεωρητικά όσο και εφαρμοσμένα, ο τρόπος υλοποίησης τους και παρουσιάζεται η ιστοσελίδα της εφαρμογής.

Το έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την αξιολόγηση της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής και κάποιες προτάσεις για μελλοντική αξιοποίηση και περαιτέρω ανάπτυξή της.

Τέλος, στο παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά αποσπάσματα από τον κώδικα προγραμματισμού που δημιουργήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής στη γλώσσα JavaScript, HTML και Leaflet.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία

Η Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (ΕΓΠ) αναφέρεται στην αξιοποίηση εργαλείων για τη δημιουργία, συγκέντρωση και διάδοση γεωγραφικών δεδομένων που παρέχονται οικειοθελώς από ιδιώτες. Ο όρος Volunteered Geographic Information (VGI) πρώτο εισήχθη από τον Βρετανό Γεωγράφο Michael Goodchild το 2007 στην προσπάθειά του να περιγράψει την παρακάτω φράση: "η διαδεδομένη εισχώρηση μεγάλου αριθμού ιδιωτών, που συχνά διαθέτουν ελάχιστα τυπικά προσόντα, στη δημιουργία της γεωγραφικής πληροφορίας" (Goodchild, 2007).

Ένα σύνολο παραγόντων βοήθησε τις πρώιμες μορφές συνεργασίας της γεωχωρικής επιστήμης να προχωρήσουν σε ένα διαφορετικό επίπεδο. Η συνεργασία αυτή ήταν συνήθως υπό την αιγίδα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών Δημόσιας Συμμετοχής (Public Participation Geographic Information System) που χρησιμοποιείτο από ερευνητές και ιδρύματα για να συνεργαστούν με πολίτες και τοπικές αρχές σε διάφορα θέματα ώστε να συλλέξουν τόσο την επιστημονική όσο και την τοπική γνώση. Αυτού του είδους η συνεργασία χρησιμοποιούσε ως υπόβαθρο χάρτες, όπου οι ενδιαφερόμενοι πάροχοι ή τα μέλη της κοινότητας μπορούσαν να παρέχουν τα δικά τους δεδομένα, τις δικές τους απαιτήσεις και αναλύσεις προκειμένου να υπάρχει καλύτερη κατανόηση σε ένα συγκεκριμένο θέμα και στη συνέχεια να βρεθεί η καλύτερη λύση από όλα τα εμπλεκόμενα μέλη (Antoniou et al., 2016).

Έκτοτε το μέγεθος της ΕΓΠ έχει αυξηθεί ραγδαία, τροφοδοτούμενο από παράγοντες όπως η ευρεία διαθεσιμότητα του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System - GPS) το 2000 (Clinton, 2000), η διάδοση συσκευών με GPS με χαμηλό κόστος και με ακρίβεια και η στροφή προς ένα αμφίδρομο δίκτυο (Web) όπου οι διαχωριστικές γραμμές μεταξύ των εθελοντών χρηστών και των παραγωγών δεδομένων έχουν γίνει αυξανόμενα θολές, οδηγώντας σε αυτό που ονομάζεται "producers" (Bruns, 2006; Coleman et al., 2009).

Η χρήση της ΕΓΠ ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο και το είδος της, το τρόπο συλλογής της με τις διαφορετικές πλατφόρμες και το πλαίσιο χρήσης της. Η μορφή στην οποία παρουσιάζεται η εθελοντική γεωγραφική πληροφορία μπορεί να είναι:

1. Μορφή διανυσματικής δομής, η οποία αφορά όλες τις πηγές που καταγράφουν γεωμετρίες όπως σημεία, γραμμές και πολύγωνα, τα βασικά δηλαδή στοιχεία για τη σχεδίαση ενός χάρτη καθώς και τις περιγραφικές τους ιδιότητες.
2. Μορφή εικόνας, η οποία παράγεται κυρίως έμμεσα από ιστοσελίδες όπως Flickr, Panoramio, Instagram κ.α όπου οι χρήστες δημοσιοποιούν φωτογραφίες από ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό αντικείμενο ή περιβάλλον με κάμερες, κινητά τηλέφωνα ή κάποια άλλη συσκευή χειρός και επισυνάπτουν μια γεωχωρική αναφορά σε αυτό.
3. Μορφή κειμένου, η οποία παράγεται συνήθως έμμεσα σε ιστοσελίδες όπως Twitter, Reddit ή σε διάφορα blogs όπου οι χρήστες συνεισφέρουν στη γεωγραφική πληροφορία με τη μορφή κειμένου μέσω κινητών τηλεφώνων, ηλεκτρονικών υπολογιστών ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή χειρός.

Η επανάσταση που επήλθε με την εισαγωγή των γεωγραφικών δεδομένων που έχουν ως βάση τον εθελοντισμό, οδήγησε σε μία νέα εποχή όπου τα προϊόντα των γεωγραφικών

συστημάτων μπορούν να παραχθούν και να μοιραστούν από όλους. Αυτή η ανάπτυξη της εθελοντικής πληροφορίας έχει αλληλένδετη σχέση με το επιστημονικό πεδίο της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας. Μέσω των εθελοντικών δεδομένων καθίσταται πλέον πολύ εύκολη η δημιουργία νέων χαρτών χωρίς κάποιο κόστος στη χρήση των δεδομένων. Επιπλέον τα δεδομένα αυτά είναι ευέλικτα και ανανεώνονται συνεχώς διευκολύνοντας έτσι τη διόρθωση ενός προϋπάρχοντος χάρτη ή τη βελτίωσή του. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της εθελοντικής πληροφορίας που βοηθάει τον τομέα της Χαρτογραφίας είναι η πληθώρα των χωρικών δεδομένων προς απόδοση που προσφέρει. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το περιεχόμενο των εθελοντικών δεδομένων είναι πιο πλούσιο από το αντίστοιχο ενός επίσημου φορέα με αποτέλεσμα να υπάρχει έλλειψη οντοτήτων σε κάποιες επίσημες βάσεις. Σε αυτή την περίπτωση η ΕΓΠ είναι πολύ σημαντική καθώς συνεισφέρει στη χαρτογράφηση περιοχών που μπορεί να μην είχαν αποτυπωθεί νωρίτερα ή να είχαν αποτυπωθεί ελλιπώς.

2.1. Ποιότητα και εθελοντική γεωγραφική πληροφορία

Λόγω των αυξημένων πλεονεκτημάτων και της ευρύτητας χρήσης της ΕΓΠ, αποκτά ιδιαίτερη σημασία η ποιότητα των εθελοντικών δεδομένων προκειμένου να εξαχθούν ακριβείς πληροφορίες και να ληφθούν αποφάσεις για την καταλληλότητα χρήσης. Η έλλειψη ενός τυποποιημένου προτύπου έχει οδηγήσει την ποιότητα των VGI να ποικίλει μεταξύ ετερογενών πηγών δεδομένων (κείμενο, εικόνα, χάρτες, κ.ά.). Υπάρχει δηλαδή περίπτωση να εμφανίζεται ανομοιογένεια στην κάλυψη μεταξύ διαφορετικών τόπων καθώς και να τοποθετείται λανθασμένα η γεωγραφική πληροφορία (παράδειγμα το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, η απόσταση, τα τοπωνύμια) σε κάποια πλατφόρμα διαδικτύου, όπως το OpenStreetMap, Flickr κ.ά. Αυτό δημιουργεί μια μεταβλητή ποιότητα στα γεωγραφικά δεδομένα των εθελοντών και οφείλεται στο ότι οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται και εκφράζουν τις γεωγραφικές περιοχές και τις χωρικές σχέσεις με ανακρίβεια και με όρους αορίστων εννοιών. Αυτή η ασάφεια στην ανθρώπινη αντίληψη της θέσης οφείλεται όχι μόνο στο γεγονός ότι οι γεωγραφικές οντότητες έχουν συνεχή χαρακτήρα, αλλά και στην ποιότητα και στους περιορισμούς της χωρικής γνώσης. Λανθασμένοι ή κακόβουλοι γεωγραφικοί σχολιασμοί μπορούν να ελαχιστοποιηθούν μέσω διαφόρων διαδικασιών αξιολόγησης και εκτίμησης της ποιότητας της ΕΓΠ (Senaratne et al., 2016).

2.1.1. Εκτίμηση της ποιότητας της ΕΓΠ

Για την εκτίμηση της ποιότητας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας έχουν προταθεί ποικίλες μέθοδοι. Πολλές προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στη χρήση καθιερωμένων μεθοδολογιών για την εκτίμηση της ποιότητας των στοιχείων των ΕΓΠ έναντι των επίσημων δεδομένων. Παρόλα αυτά, επειδή η διαθεσιμότητα των επίσημων δεδομένων δεν είναι πάντα πιθανή, πολλοί ερευνητές έχουν επικεντρώσει το ενδιαφέρον τους στην αξιολόγηση της ποιότητας των ΕΓΠ ως σύνολο δεδομένων και στη χρήση εγγενών δεικτών. Ο Πίνακας 2.1 συνοψίζει τις απαιτήσεις και τις συγκεκριμένες πτυχές των παραμέτρων αξιολόγησης της ποιότητας των δεδομένων, όπως ορίστηκαν από το πρότυπο ISO 19157 (2013), σχετικά με την εφαρμογή τους στις ΕΓΠ.

Στοιχεία ποιότητας ISO		Απαιτήσεις	Θέματα για την εφαρμογή στις ΕΓΠ
Εσωτερική ποιότητα	Ακρίβεια θέσης	<ul style="list-style-type: none"> • Προσδιορισμός δεδομένων 	<ul style="list-style-type: none"> • Έλλειψη προδιαγραφών • Δυναμική φύση της ΕΓΠ • Μη ύπαρξη συγκρίσιμων δεδομένων αναφοράς • Χωρική και θεματική ετερογένεια
	Θεματική ακρίβεια	<ul style="list-style-type: none"> • Ύπαρξη δεδομένων αναφοράς με παρόμοια χαρακτηριστικά και έγκυρο χρονικό πλαίσιο 	
	Πληρότητα		
	Χρονική ακρίβεια		
Λογική συνέπεια	<ul style="list-style-type: none"> • Άλλα δεδομένα της ίδιας πηγής ή ανεξάρτητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Εφαρμόσιμο στην ΕΓΠ • Μπορεί να επιτρέψει αυτόματους ελέγχους 	
Εξωτερική ποιότητα	Χρηστικότητα	<ul style="list-style-type: none"> • Καθορισμός των αναγκών των χρηστών 	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να εκτιμηθεί συνδυάζοντας μέτρα και δείκτες ποιότητας

Πίνακας 2. 1 Στοιχεία ποιότητας του ISO, οι απαιτήσεις τους και τα θέματα που σχετίζονται με τη χρήση τους στην ΕΓΠ (Πηγή: Fonte et al., 2017)

Κατά την εξέταση της ποιότητας της ΕΓΠ, απαιτούνται άλλοι δείκτες της ποιότητας των δεδομένων για να συμπληρωθούν οι προτεινόμενοι του προτύπου ISO. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο επειδή σε πολλές περιπτώσεις η σύγκριση με τα επίσημα δεδομένα δεν είναι δυνατή αλλά και επειδή τα χαρακτηριστικά και η φύση της ΕΓΠ επιτρέπουν τη χρήση δεικτών που συνήθως δεν έχουν νόημα όταν εφαρμόζονται σε δεδομένα που δημιουργούνται από επαγγελματίες (Fonte et al., 2017). Δεδομένου ότι αυτοί οι δείκτες αξιολογούν την ποιότητα σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπουν την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων προσεγγίσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της διαδικασίας συλλογής δεδομένων, απαιτώντας, για παράδειγμα την επιβεβαίωση ή / και πρόσθετους ελέγχους κατά τη συλλογή.

Έχουν διατυπωθεί διάφορες προτάσεις σχετικά με τις κατηγορίες των εν λόγω δεικτών (Πίνακας 2.2).

Goodchild and Li (2012)	Meek et al. (2014)	Bordogna et al. (2014)	Antoniou and Skopeliti (2015)	Senaratne et al. (2016)
<ul style="list-style-type: none"> • Αναθεώρηση πληθοπορισμού • Κοινωνικά μέτρα • Γεωγραφική συνέπεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Εσωτερικοί δείκτες ποιότητας • Μοντέλο του εθελοντή φορέα • Εξωτερικοί δείκτες ποιότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • Εσωτερική ποιότητα • Εξωτερική ποιότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Δείκτες δεδομένων • Δημογραφικοί και κοινωνικοοικονομικοί δείκτες • Δείκτες εθελοντών 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέτρα ποιότητας • Δείκτες ποιότητας • Αντληση δεδομένων (data mining)

Πίνακας 2. 2 Κατηγορίες προτεινόμενων μέτρων ποιότητας για την ΕΓΠ. (Πηγή: Fonte et al., 2017)

Από τις παραπάνω κατηγορίες προτεινόμενων μέτρων εκτίμησης της ποιότητας της ΕΓΠ, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις κατηγορίες που όρισαν οι Αντωνίου και Σκοπελίτη (2015) και συγκεκριμένα στους δείκτες δεδομένων.

Δείκτες δεδομένων

Μια σημαντική ομάδα δεικτών ποιότητας της ΕΓΠ είναι εκείνη που βασίζεται στη σύγκριση με άλλα δεδομένα που προέρχονται από το πλήθος (Πίνακας 3.3). Μία δυνατότητα είναι η μέτρηση της «συμφωνίας» με τα αντίστοιχα δεδομένα, την οποία ορίζουμε εδώ ως «συνοχή» των δεδομένων με άλλες πηγές. Η συμφωνία αυτή μπορεί να μετρηθεί μεταξύ των συνόλων δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα μέτρο Boolean ή μια συνεχή μεταβλητή με παραδοσιακά μέτρα όπως η απόσταση μεταξύ των αντίστοιχων στοιχείων, οι συγκρίσεις των ιδιοτήτων κ.λπ. και μπορεί να θεωρηθεί δείκτης αξιοπιστίας των δεδομένων. Η λογική συνέπεια των διαθέσιμων δεδομένων από διαφορετικές πηγές δεδομένων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των δεδομένων, ελέγχοντας εάν, σύμφωνα με τους τύπους των οντοτήτων που υπάρχουν σε όλες τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων, μια συγκεκριμένη συμβολή είναι πιθανό να είναι σωστή ή όχι.

Μία άλλη σειρά δεικτών είναι εκείνη που βασίζεται στην αξιολόγηση της ποιότητας εξετάζοντας αποκλειστικά το ίδιο το σύνολο ΕΓΠ και τα σχετικά μεταδεδομένα (Πίνακας 3.3). Τέτοιοι δείκτες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν το συνολικό μήκος των χαρακτηριστικών και την πυκνότητα σημείων σε ένα τετράγωνο πλέγμα, ή τον αριθμό των εκδόσεων, τη σταθερότητα έναντι των αλλαγών και τις διορθώσεις και επαναφορές των χαρακτηριστικών. Η παρούσα εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση της εσωτερικής λογικής συνέπειας, δηλαδή αυτή που προσδιορίζεται αποκλειστικά από το ίδιο το σύνολο της ΕΓΠ.

Κατηγορία δεικτών	Δείκτες	Περιγραφή/Παραδείγματα
Δείκτες που βασίζονται στα δεδομένα (αξιολόγηση της αξιοπιστίας των δεδομένων)	Συνάφεια με άλλες πηγές αντίστοιχων δεδομένων (δεν θεωρείται ως αναφορά)	Σύγκριση, για παράδειγμα γεωμετρικών χαρακτηριστικών όπως η απόσταση μεταξύ των αντίστοιχων στοιχείων ή οι επικαλύψεις
	Εξωτερική λογική συνέπεια	Λογική συνέπεια της ΕΓΠ με δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε άλλες πηγές δεδομένων
	Εσωτερική λογική συνέπεια	Λογική συνέπεια του ίδιου του συνόλου ΕΓΠ
	Μεταδεδομένα ΕΓΠ	Αριθμός διορθώσεων, σταθερότητα έναντι αλλαγών, μέθοδοι παρατήρησης, χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, ημερομηνία παρατήρησης

Πίνακας 2. 3 Προτεινόμενοι δείκτες ποιότητας της ΕΓΠ με βάση τα δεδομένα (Πηγή: Fonte et al., 2017)

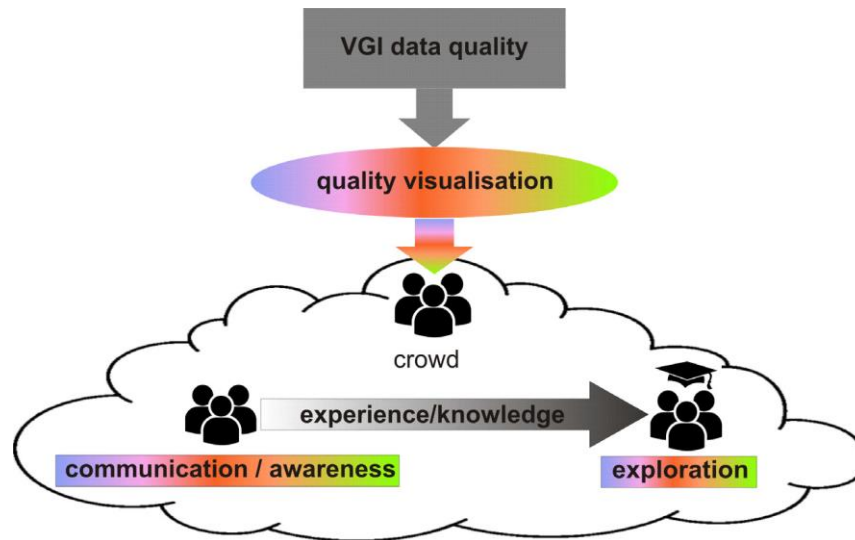
2.2. Οπτικοποίηση της ποιότητας της ΕΓΠ

Η εντυπωσιακή ανάπτυξη της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΕΓΠ) μετέτρεψε τον μέσο χρήστη του διαδικτύου σε έναν δυναμικό δημιουργό, ο οποίος συνεισφέρει στη συλλογή γεωγραφικών δεδομένων, δημιουργώντας δεδομένα προς χαρτογραφική απόδοση που δεν συνοδεύονται από τις αναμενόμενες διαδικασίες εξασφάλισης της ποιότητας τις οποίες χρησιμοποιούν οι συνήθεις πάροχοι γεωγραφικών δεδομένων π.χ. Εθνικοί Χαρτογραφικοί Οργανισμοί. Ο μέσος χρήστης της ΕΓΠ, μη έχοντας την εμπειρία που χρειάζεται, σπάνια αναρωτιέται για την ποιότητά της, είτε επειδή δεν γνωρίζει το πρόβλημα και την αγνοεί ως έννοια είτε γιατί εσφαλμένα πιστεύει ότι είναι εξασφαλισμένη. Ένας καλοσχεδιασμένος χάρτης από άποψη χαρτογραφίας και ένα λειτουργικό περιβάλλον θέασης της ΕΓΠ στο διαδίκτυο π.χ. OSM, θεωρείται αξιόπιστη πηγή από έναν ανυποψίαστο χρήστη καθώς η κρίση του βασίζεται κυρίως σε περιφερειακά ζητήματα όπως ο οπτικός σχεδιασμός και ο συμβολισμός με αποτέλεσμα να μην αμφισβητείται η ποιότητα. Δεδομένου ότι το κοινό αποτελείται από ποικιλία χρηστών, που ο καθένας έχει διαφορετικές γνώσεις και προέρχεται από διαφορετικό υπόβαθρο, η οπτικοποίηση της ΕΓΠ εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες και παρουσιάζει μεγάλο εύρος λειτουργικότητας, είτε ως εργαλείο ευαισθητοποίησης για τον αρχάριο χρήστη είτε ως εργαλείο διερεύνησης για τον έμπειρο χρήστη/επιστήμονα, με αποτέλεσμα να αποτελεί το μόνο τρόπο διερεύνησης της ποιότητας της ΕΓΠ (Εικόνα 2.1) (Skopeliti et al., 2017).

Η οπτικοποίηση της ποιότητας της ΕΓΠ :

- Ως εργαλείο ευαισθητοποίησης για τον απλό χρήστη χρησιμοποιείται ώστε να τραβήξει την προσοχή του πλήθους στην ποιότητα, να επικοινωνήσει την ποιότητα με ένα τρόπο κατανοητό από όλους, να υποχρεώσει το πλήθος να αμφισβητήσει την ποιότητα, να προκαλέσει τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων που συλλέγονται κ.ά. Επομένως, μόνο με την κατάλληλη ενημέρωση για την ποιότητα που εξασφαλίζει η οπτικοποίησή της, είναι δυνατό οι χρήστες να επιλέξουν δεδομένα κατάλληλα για την επιθυμητή εφαρμογή.

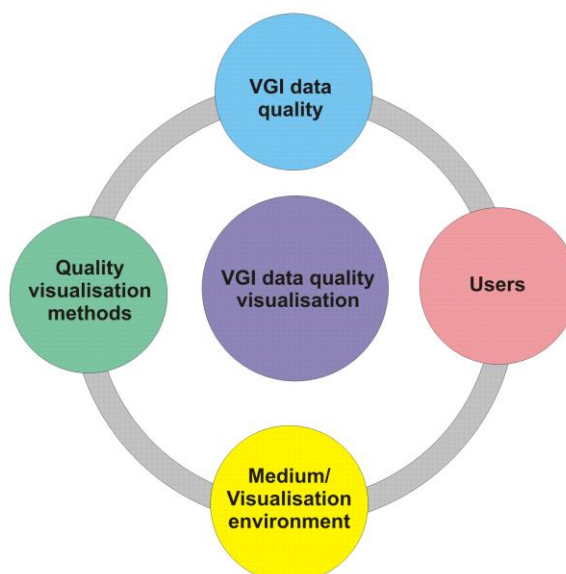
- Ως εργαλείο διερεύνησης για τον έμπειρο χρήστη/επιστήμονα συντελεί: στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα και την καταλληλότητα των μέτρων και των δεικτών που έχουν προταθεί για την ποιότητα της ΕΓΠ, στη διερεύνηση των εξαρτήσεων της ποιότητας από εξωτερικούς παράγοντες όπως κοινωνικοοικονομικοί και δημογραφικοί δείκτες, στη μελέτη της χωρικής κατανομής και της ετερογένειας της ποιότητας κ.ά.



Εικόνα 2. 1 Ποιότητα της ΕΓΠ, οπτικοποίηση, χρήστες και λειτουργικότητα (Πηγή: Skoreliti et al., 2017)

2.2.1. Πλαίσιο οπτικοποίησης της ποιότητας της ΕΓΠ

Για τον επιτυχή σχεδιασμό της οπτικοποίησης της ποιότητας της ΕΓΠ, προτάθηκε ένα πλαίσιο (Skoreliti et al., 2017) που περιλαμβάνει τους παρακάτω αλληλοεπιδρώντες παράγοντες: 1) την ποιότητα της ΕΓΠ, 2) τις χαρτογραφικές μεθόδους για την οπτικοποίηση της ποιότητας των χαρτογραφικών δεδομένων, 3) τους χρήστες και 4) το μέσο / περιβάλλον απόδοσης (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2. 2 Προτεινόμενο πλαίσιο για την οπτικοποίηση της ποιότητας της ΕΓΠ (Πηγή: Skopeliti et al., 2017)

1. Ποιότητα της ΕΓΠ

Όπως αναφέρθηκε και στην Ενότητα 2.1.1, οι επιστήμονες έχουν κάνει διάφορες εκτιμήσεις της ποιότητας της ΕΓΠ μέσω δεικτών και μέτρων. Αρκετές μελέτες προσέγγισαν την εκτίμηση της ποιότητας μέσω της σύγκρισης με τα επίσημα δεδομένα χρησιμοποιώντας μέτρα που προέρχονται από την αξιολόγηση της ποιότητας, της γενίκευσης, την αντιστοίχιση γεωγραφικών οντοτήτων κ.ά., τα οποία δεν ήταν πάντα επαρκή με αποτέλεσμα η ακαδημαϊκή έρευνα να στραφεί σε δείκτες που ομαδοποιούνται ως εξής (Antoniou and Skopeliti, 2015): i) δείκτες δεδομένων, ii) δημογραφικοί δείκτες, iii) κοινωνικοοικονομικοί δείκτες και iv) δείκτες του εθελοντή.

Η φύση της ΕΓΠ και τα χαρακτηριστικά της επηρεάζουν τις επιλογές για την οπτικοποίηση της ποιότητας. Έρευνες αποδεικνύουν ότι η επιλογή της μεθόδου οπτικοποίησης πρέπει να σχετίζεται με τη συνιστώσα της ποιότητας και το μέτρο ή τον δείκτη που χρησιμοποιείται. Η βασική πληροφορία που πρέπει να λάβουν οι χρήστες της ΕΓΠ, έγκειται στην καταλληλότητα των δεδομένων για την επιθυμητή εφαρμογή. Καθώς η απόφαση για την καταλληλότητα των δεδομένων διαμορφώνεται από τα στοιχεία της ποιότητας (π.χ. ορθότητα θέσης, πληρότητα, συνέπεια κ.ά.) σε συνδυασμό με σχετικά κριτήρια για κάθε ένα από αυτά, πρέπει να εξασφαλίζεται για τους χρήστες η οπτικοποίηση διαφορετικών δεικτών της ποιότητας, σε συνδυασμό με μια ποικιλία μεθόδων οπτικοποίησης καθώς και διαδραστικότητας που μεγιστοποιεί τη λειτουργικότητα.

Η φύση των δεικτών ή μέτρων για την ποιότητα, επηρεάζουν τη λειτουργία της οπτικοποίησης. Συγκεκριμένα, τα μέτρα ποιότητας που υπολογίζονται από τη συγκριτική εξέταση των εθελοντικών δεδομένων και των επίσημων δεδομένων, αν και περιγράφουν την ποιότητα, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία ευαισθητοποίησης. Δεν υπολογίζονται σε πραγματικό χρόνο, απαιτείται επεξεργασία και βασίζονται στην ύπαρξη δεδομένων αναφοράς, τα οποία δεν είναι πάντα διαθέσιμα. Όμως υποστηρίζουν την επιστημονική διερεύνηση της ποιότητας. Η οπτικοποίηση ως εργαλείο ευαισθητοποίησης απαιτεί δείκτες ποιότητας που μπορούν να

υπολογιστούν σε πραγματικό χρόνο από τα εθελοντικά δεδομένα ή άλλα δεδομένα για ταυτόχρονη παρουσίαση στον χρήστη μαζί με τα δεδομένα.

Επομένως, για την κατανόηση της ποιότητας και την κρίση ως προς την καταλληλότητα χρήσης, προτείνεται η παροχή πλήθους μέτρων και δεικτών για την ποιότητα, μέσω της οπτικοποίησής τους (Skopeliti et al., 2017).

2. Χαρτογραφικές μέθοδοι οπτικοποίησης της ποιότητας της ΕΓΠ

Η οπτικοποίηση της ποιότητας μπορεί να αντιμετωπιστεί όπως η χαρτογραφική απεικόνιση οποιουδήποτε άλλου χωρικού φαινομένου. Επομένως, η ανάλυση του μέτρου / δείκτη και των τιμών που το περιγράφουν, η ταξινόμηση σύμφωνα με τη γεωμετρία (σημείο, γραμμή, περιοχή) και την κλίμακα μέτρησης (ονομαστική, τάξης ή διαστήματος) θα οδηγήσει στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου οπτικοποίησης. Η οπτικοποίηση των VGI δεδομένων και η οπτικοποίηση ποιότητας πρέπει να λειτουργούν μαζί στο σύνολό τους (ολιστική / συνδυαστική προσέγγιση) και να ισορροπούν την απλότητα, τη λεπτομέρεια, τον πλούτο της οπτικοποίησης και την ευκολία κατανόησης. Θα πρέπει επίσης να εξεταστεί η τεχνική σκοπιμότητα. Οι μέθοδοι δεν πρέπει να είναι πολύ περίπλοκες, έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα. Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση των μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Οι εγγενείς (intrinsic) μέθοδοι οπτικοποίησης αφορούν στη μεταβολή του συμβόλου που ήδη χρησιμοποιείται, ώστε να αποδίδει και την ποιότητα, με τη χρήση των οπτικών μεταβλητών που δεν αξιοποιούνται για την οπτικοποίηση των περιγραφικών χαρακτηριστικών των δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κορεσμός του χρώματος, η ένταση του χρώματος, η διαφάνεια (transparency - fog), η σαφήνεια/διαύγεια (η διαύγεια των επιφανειακών συμβόλων ή η σαφήνεια των γραμμικών συμβόλων, η ανάλυση των γραμμικών ή των επιφανειακών συμβόλων, η υφή (texture) (ενσωματωμένη σε υπάρχοντα σύμβολα με αποτέλεσμα να θεωρείται εγγενής).

Οι εξωγενείς τεχνικές (extrinsic) εισάγουν νέα γραφικά αντικείμενα για την οπτικοποίηση της ποιότητας, όπως σημειακά γραφικά αντικείμενα (glyphs) δισδιάστατα ή τρισδιάστατα, όπως κύκλος, σφαίρα κ.ά., κανάβους ή πλέγματα (grids / tessellations), ισ αριθμικές/ισοπληθείς καμπύλες κ.α. Η οπτικοποίηση της ποιότητας μπορεί να υπερτίθεται στον χάρτη ή να σχεδιάζεται σε έναν άλλον χάρτη που παρατίθεται σε διπλανή θέση. Από μία άλλη οπτική, οι μέθοδοι μπορεί να είναι στατικές ή δυναμικές. Οι δυναμικές μέθοδοι χρησιμοποιούν τον ήχο και την απεικόνιση με κίνηση (animation). Πέρα από τη διατύπωση και την εφαρμογή μεθόδων για την οπτικοποίηση της ποιότητας, πολλές μελέτες ασχολούνται και με την αποτελεσματικότητα των μεθόδων στους χρήστες (Skopeliti et al., 2017).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες οδηγίες για την οπτικοποίηση της ποιότητας της ΕΓΠ σε σχέση με τις δύο βασικές ομάδες χρηστών: τον απλό και τον εξειδικευμένο χρήστη.

- Εγγενή ή εξωτερικά σύμβολα: Οι Slocum et al. (2003) διαπίστωσαν ότι οι εγγενείς τεχνικές δίνουν μια καλύτερη σφαιρική εικόνα, αλλά η σε βάθος ανάλυση είναι πιο απλή με εξωτερικά σύμβολα. Επομένως, προτείνεται η χρήση εγγενών συμβόλων για τους απλούς χρήστες και εξωτερικά σύμβολα ως εργαλεία εξερεύνησης.
- Ποια οπτική μεταβλητή να χρησιμοποιηθεί στα εγγενή σύμβολα: Σε σχέση με την ευκολία κατανόησης από τους απλούς χρήστες η ένταση, η διαφάνεια και διαύγεια είναι προτιμητέες. Αντίθετα οι πιο έμπειροι χρήστες προτιμούν τη διαφάνεια ή τον κορεσμό. Σε σχέση με την απόδοση του χρήστη, βέλτιστες είναι η ένταση και η

διαφάνεια σε συνδυασμό με την απόχρωση, ενώ ο κορεσμός δεν προτείνεται. Καλά αποτελέσματα έχουν επίσης η υφή και η ανάλυση.

- Ποια μέθοδος να χρησιμοποιηθεί στις εξωτερικές μεθόδους: Οι μελέτες (Kinkeldey et al., 2014a) επισημαίνουν την αποτελεσματικότητα των σημειακών συμβόλων (glyph) και των τεχνικών με τη χρήση κανάβων. Άλλες μελέτες επιβεβαιώνουν και την λειτουργικότητα των ισარიθμικών καμπυλών (Senaratne et al., 2016).
- Ταυτόχρονη ή σε παράθεση οπτικοποίηση (coincident vs. adjacent): Σύμφωνα με μελέτες (Kinkeldey et al., 2014a), η ταυτόχρονη οπτικοποίηση θεωρείται ως προτιμητέα λύση, καθώς η ενσωμάτωση της ποιότητας στον χάρτη καθιστά πιο εύκολη τη συνδυασμένη ανάγνωση των δεδομένων και της ποιότητας. Για τον λόγο αυτό, προτείνονται για τον απλό χρήστη. Οι πιο πεπειραμένοι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν κάθε τεχνική.
- Στατική ή δυναμική οπτικοποίηση: Οι δυναμικές τεχνικές θεωρούνται οι πλέον κατάλληλες για την πρόκληση του ενδιαφέροντος του χρήστη για την ποιότητα (Blenkinsop et al., 2000) και για το λόγο αυτό προτείνονται για τους απλούς χρήστες. Οι πιο πεπειραμένοι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν κάθε τεχνική.

Τέλος, θα πρέπει να γίνει αναφορά στη δυναμική κλίμακα που διαθέτει το διαδικτυακό περιβάλλον οπτικοποίησης της ΕΓΠ. Η κλίμακα διαδραματίζει επίσης ρόλο στην επιλογή της μεθόδου, καθώς οι εγγενείς μέθοδοι είναι βέλτιστες για τις μεγαλύτερες κλίμακες ενώ οι εξωτερικές μέθοδοι όπως ο κανάβος/πλέγμα και οι ισარიθμικές/ισοπληθείς καμπύλες ή ζώνες είναι βέλτιστες για μια συνολικότερη οπτικοποίηση της ποιότητας που ταιριάζει με τις μικρότερες κλίμακες (Skopeliti et al., 2017).

Στην εργασία αυτή η οπτικοποίηση της ποιότητας χρησιμοποιείται ως εργαλείο ευαισθητοποίησης και απαιτεί δείκτες ποιότητας που μπορούν να υπολογιστούν σε πραγματικό χρόνο από τα εθελοντικά δεδομένα ή άλλα δεδομένα για ταυτόχρονη παρουσίαση στον χρήστη μαζί με τα δεδομένα. Η λήψη του χάρτη του OpenStreetMap ως έτοιμο χαρτογραφικό υπόβαθρο στην εφαρμογή, δεν επιτρέπει τη χρήση των εγγενών (intrinsic) μεθόδων οπτικοποίησης που αφορούν στη μεταβολή του συμβόλου που ήδη χρησιμοποιείται. Αξιοποιούνται οι εξωγενείς τεχνικές (extrinsic) που εισάγουν νέα γραφικά αντικείμενα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται κύκλοι με περίγραμμα σε διαφορετικές αποχρώσεις και απόλυτη διαφάνεια στο εσωτερικό του. Η οπτικοποίηση της ποιότητας υπερτίθεται στον χάρτη. Η απόχρωση συνδέεται με τον έλεγχο ο οποίος εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό της εσωτερικής συνέπειας του συγκεκριμένου στοιχείου. Παράλληλα, εντός του κύκλου εμφανίζεται από τον χάρτη υπόβαθρο το σύμβολο της οντότητας που αποκαλύπτει την ταυτότητά της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Διαδικτυακή Χαρτογραφία – Απόδοση χαρτογραφικών δεδομένων στο διαδίκτυο

3.1. Διαδίκτυο

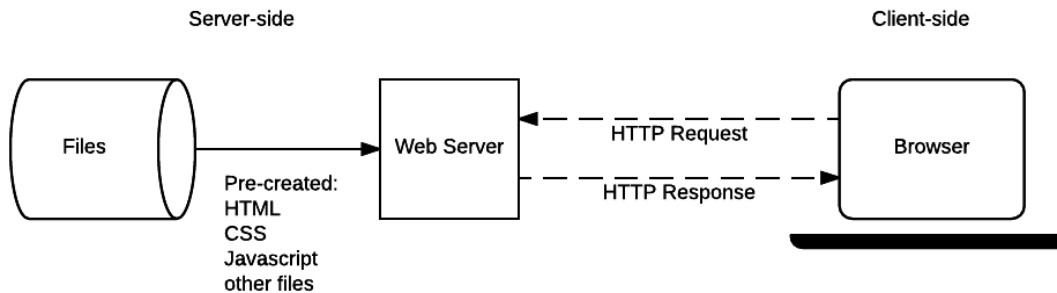
Το **Διαδίκτυο** ή **Internet** όπως είναι η διεθνής ονομασία του που έχει επικρατήσει, είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας ένα κοινό πρωτόκολλο επικοινωνίας, το TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Το TCP προσδιορίζει κανόνες ανταλλαγής πληροφοριών στο διαδίκτυο(π.χ. www.) και το IP τις ανταλλασσόμενες πληροφορίες. Το πρωτόκολλο εξασφαλίζει την διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων τύπων συσκευών και δικτύων. Για την επικοινωνία των επιμέρους υπολογιστών του διαδικτύου έχουν διαμορφωθεί πρωτόκολλα επικοινωνίας, με κυριότερο το **HyperText Transfer Protocol (HTTP)**. Το HTTP χρησιμοποιείται στους φυλλομετρητές του παγκόσμιου ιστού για να μεταφέρει δεδομένα μεταξύ ενός διακομιστή (server) και ενός πελάτη (client). Ο όρος υπερκείμενο (hypertext), που περιέχεται στην ονομασία του πρωτοκόλλου, χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Τεντ Νέλσον το 1965. Η γενική ιδέα του πρωτοκόλλου προτάθηκε, μαζί με τη δημιουργία της γλώσσας HTML, από τον Τιμ Μπέρνερς Λι και την ομάδα του, ώστε, σε συνδυασμό με το ήδη υπάρχον Διαδίκτυο και το πρωτόκολλο TCP, να γίνει εφικτή η δημιουργία του Παγκόσμιου Ιστού(WWW) (Wikipedia, 2020).

Οι ιστοσελίδες γράφονται σε γλώσσα HTML. Κάθε φυλλομετρητής διαβάζει τα έγγραφα HTML και τα συνθέτει σε σελίδες που μπορεί κανείς να διαβάσει ή να ακούσει. Ο φυλλομετρητής δεν εμφανίζει τις ετικέτες HTML, αλλά τις χρησιμοποιεί για να ερμηνεύσει το περιεχόμενο της σελίδας. Για την δυναμική αναπαράσταση του περιεχομένου αναπτύχθηκαν οι δύο παρακάτω μέθοδοι προγραμματισμού.

Ο **client-side** προγραμματισμός αναφέρεται στις ενέργειες που πραγματοποιούνται από την πλευρά του πελάτη κατά την επικοινωνία πελάτη-εξυπηρετητή. Στην περίπτωση των διαδικτυακών χαρτών πελάτης θεωρείται ο φυλλομετρητής που τρέχει στην συσκευή και έχει πρόσβαση στα τοπικά της αρχεία. Η πιο διαδεδομένη γλώσσα για την συγγραφή σεναρίων από την πλευρά του πελάτη είναι η Javascript. Το σενάριο Javascript εκτελείται όταν ο φυλλομετρητής έχει λάβει το αρχείο HTML από τον εξυπηρετητή και έχει μεταφράσει τον κώδικα της γλώσσας. Η εκτέλεση του σεναρίου πραγματοποιείται πριν την φόρτωση της σελίδας στον φυλλομετρητή (Τσούλος και Σκοπελίτη, 2019). Οι σημαντικότερες βιβλιοθήκες της Javascript, προοριζόμενες για τις ανάγκες της διαδικτυακής χαρτογραφίας, είναι η Google Maps API, η OpenLayers και η ανερχόμενη Leaflet. Με τον client-side προγραμματισμό ο χρήστης έχει πλήρη έλεγχο της διαδικασίας, χωρίς να εξαρτάται από τον εξυπηρετητή.

Ο **server-side** προγραμματισμός αναφέρεται σε ενέργειες που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον του εξυπηρετητή. Τα σενάρια δημιουργούνται στον εξυπηρετητή ο οποίος διαμορφώνει το αποτέλεσμα σε πραγματικό, με βάση το αίτημα του πελάτη, σε μορφή HTML. Οι ιστοσελίδες αυτές σε αντίθεση με τις ιστοσελίδες που παράγονται μέσω γλωσσών προγραμματισμού στη πλευρά του πελάτη, δεν περιέχουν κώδικα και ενσωματωμένα σενάρια,

παρά μόνο ετικέτες HTML που καθορίζουν τη δομή της σελίδας. Εκτός από τη δημιουργία δυναμικού περιεχομένου, οι γλώσσες προγραμματισμού στη πλευρά του εξυπηρετητή χρησιμοποιούνται ευρέως για τη σύνδεση και επικοινωνία με εξωτερικές Βάσεις Δεδομένων από τις οποίες αντλούν και διαχειρίζονται δεδομένα (Τσούλος και Σκοπελίτη, 2019).



Εικόνα 3. 1 Αναπαράσταση του μοντέλου επικοινωνίας του πελάτη (client) και του εξυπηρετητή (server)
(Πηγή: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/First_steps/Introduction)

3.2. Διαδικτυακή Χαρτογραφία

Διαδικτυακή Χαρτογραφία είναι η διαδικασία σχεδιασμού, υλοποίησης, δημιουργίας, εφαρμογής και δημοσιοποίησης χαρτών στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web) (Neumann, 2007), απαιτώντας επιπροσθέτως γνώσεις στην χαρτογραφική θεωρία. Αυτό σημαίνει ότι οι καινούργιες τεχνολογίες και χαρτογραφικές αρχές είναι απαραίτητες για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό χαρτών στο διαδίκτυο, σε συνδυασμό με την εφαρμογή συγκεκριμένων πρωτοκόλλων δικτύων που χρησιμοποιεί η διαδικτυακή χαρτογραφία και όχι απλά την τήρηση των διαφόρων διαδικτυακών πρωτοκόλλων. Η διαδικτυακή χαρτογραφία είναι μία διαδικασία χρήσης χαρτών και χαρακτηρίζεται από τη ζωντανή ενημέρωση πληροφοριών και δεδομένων, την ασφάλεια και την επαλήθευση της ταυτότητας του χρήστη, την πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων κ.ά. Η έννοια της διαδικτυακής χαρτογραφίας επικεντρώνεται στην παροχή και υποστήριξη λειτουργιών χαρτογράφησης σε διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας τόσο για εφαρμογές όσο και χρήστες (Veenendaal, 2017).

Τρία (3) είναι τα βασικά στοιχεία που εμπεριέχονται στη διαδικτυακή χαρτογραφία:

1. Γεωχωρικά δεδομένα/γεωπληροφορική και η οπτικοποίησή τους (χάρτες).
2. Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)/ λογισμικό διαχείρισης γεωχωρικών δεδομένων.
3. Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web).

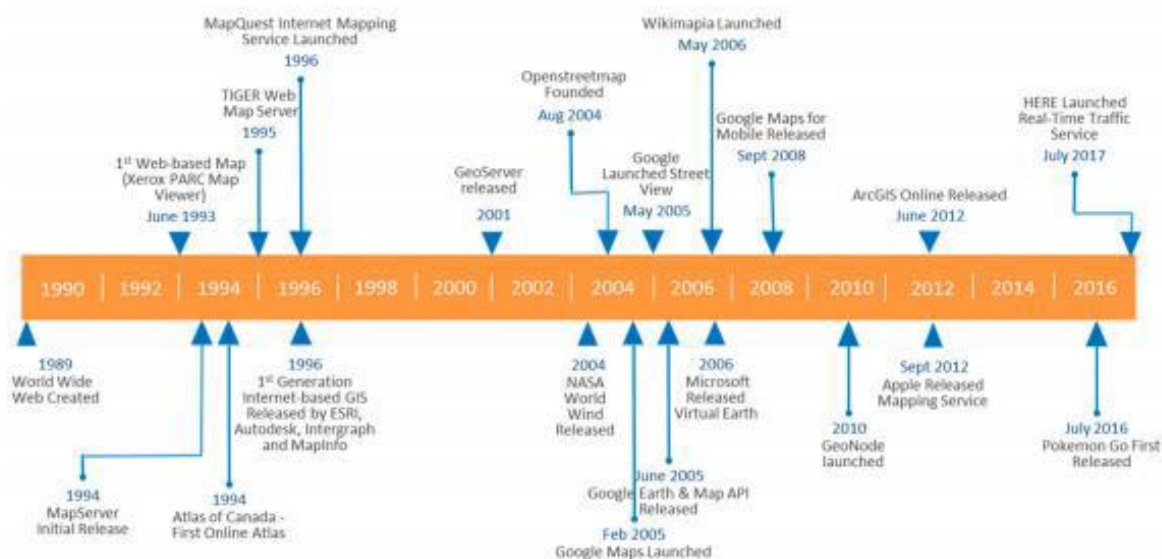
Η διαδικτυακή χαρτογραφία απαιτεί συχνά κάποιον προγραμματισμό και ένα εύρος δεξιοτήτων, γνώσεων και οργανωτικών δομών για την ανάπτυξη πρακτικών εφαρμογών. Οι διαδικτυακοί χάρτες και το σχετικό περιεχόμενό τους που παρουσιάζονται σε περιβάλλον διαδικτύου, δηλαδή προγράμματα περιήγησης ιστού, απαιτούν κατάλληλη διεπαφή και συχνά προαιρετική λειτουργικότητα για ερωτήματα και αναφορές. Κατά τον σχεδιασμό διαδικτυακών χαρτών, το κοινό, η διεπαφή (π.χ. μέγεθος, χώρος και χρώμα) και οι λειτουργίες γρήγορης απόκρισης γίνονται σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για παράδειγμα, το

διαδραστικό χαρακτηριστικό της διαδικτυακής χαρτογραφίας απαιτεί ορισμένες εργασίες, αν όχι όλες, να εκτελούνται σχεδόν στιγμιαία για τη διατήρηση της συνάφειας, της λογικής ροής και της προσοχής του χρήστη.

Η εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας σχετίζεται τόσο με τη δυναμική της επιστήμης και της τεχνολογίας, όσο και με τα αυξημένα ενδιαφέροντα στην κατανάλωση νέων ειδών χαρτών που δημιουργούνται από διαδικτυακές υπηρεσίες χαρτογράφησης (Veenendaal et al., 2017).

3.2.1. Εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας

Η ανάπτυξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας ξεκίνησε αμέσως μετά τη δημιουργία του Ιστού, κυρίως με τη μορφή δημοσιευμένων διαδικτυακών χαρτών, με το PARC Map Viewer να είναι ο πρώτος διαδικτυακός χάρτης. Η πρόοδος των τεχνολογιών του διαδικτύου βοήθησε στην εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας σε σημαντικό επίπεδο που κανείς δεν μπορούσε να φανταστεί δύο δεκαετίες πριν. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.2) παρουσιάζονται σε ένα χρονικό πλαίσιο σημαντικά επιτεύγματα στην χαρτογραφία του διαδικτύου (Veenendaal et al., 2017).

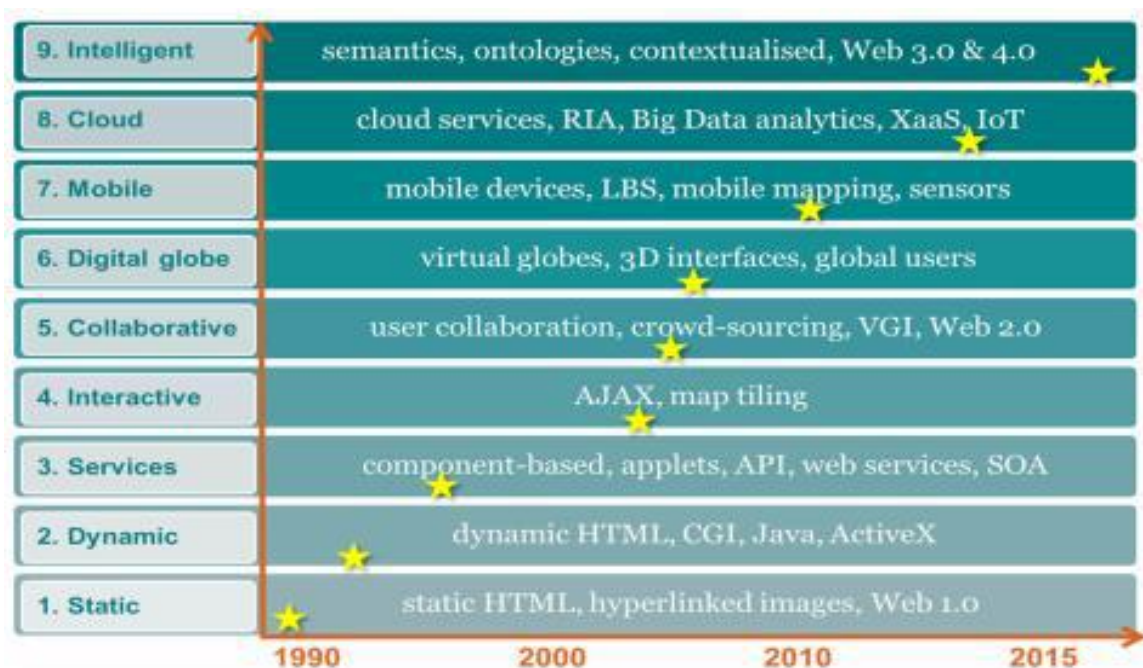


Εικόνα 3. 2 Χρονολόγιο σημαντικών εξελίξεων της διαδικτυακής χαρτογραφίας (Πηγή: Veenendaal et al., 2017)

Η ανάπτυξη του διαδικτύου έθεσε τα θεμέλια για την εξέλιξη της διαδικτυακής χαρτογραφίας η οποία έχει περάσει από μία σειρά διακριτών αλλά αλληλοσυνδεόμενων σταδίων. Για να ερμηνευτούν τα στάδια αυτά και οι αλλαγές που έγιναν στους χάρτες πρέπει πρώτα να κατανοηθεί η ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού. Ο Παγκόσμιος Ιστός χωρίζεται σε τέσσερις γενιές, από την Web 1.0 έως την Web 4.0, μέχρι σήμερα.

Η Web 1.0 γενιά, γνωστή ως Ιστός Υπερκειμένου (Hypertext Web), καθόρισε την πρώτη εποχή των αναγνωσμένων ιστών, με επίκεντρο την ανάκτηση πληροφοριών. Οι βασικές τεχνολογίες HTTP και HTML ήταν τα κύρια μέσα για τη διάδοση διαδικτυακών συνδεδεμένων

πληροφοριών. Στην Web 2.0 γενιά, η οποία αναφέρεται και ως Κοινωνικός Ιστός (Social Web), οι χρήστες μπορούν πλέον να αλληλοεπιδράσουν συνεργατικά για τη δημιουργία, την τροποποίηση και την κοινή χρήση περιεχομένου. Η Web 3.0 γενιά, γνωστή ως Σημασιολογικός Ιστός (Semantic Web), επικεντρώνεται στην ευκολία κατανόησης σημασιολογικών δεδομένων από τις μηχανές οι οποίες παρέχουν στους χρήστες πιο σημαντικές και σχετικές πληροφορίες. Η Web 4.0 γενιά χαρακτηρίζεται ως η «έξυπνη» γενιά και υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων με τον ίδιο τρόπο όπως ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Αν και έχουν γίνει προσπάθειες για την περιγραφή της Web 5.0 γενιάς, ονοματίζοντάς την ως Sensory and Emotive Web, παραμένει ακόμα απροσδιόριστη (Veenendaal et al, 2017). Με βάση τις γενιές του Ιστού και τα τεχνολογικά βήματα που τις χαρακτηρίζει, διαμορφώθηκαν και οι εποχές της διαδικτυακής χαρτογραφίας (Εικόνα 3.3) που αξιοποιούν όλα τα παραπάνω και περιγράφονται στη συνέχεια.



Εικόνα 3. 3 Εποχές της Διαδικτυακής Χαρτογραφίας (Πηγή: Veenendaal et al, 2017)

1. Στατική διαδικτυακή χαρτογραφία: Αντιστοιχεί στη Web 1.0 εποχή του διαδικτύου στην οποία οι χάρτες αναπαρίστανται μέσω εικόνων και HTML και παρουσιάζονταν με το πάτημα ενός κουμπιού σε έναν υπερσύνδεσμο. Η αρχιτεκτονική του διαδικτυακού χάρτη ακολουθούσε έναν προγραμματισμό από την πλευρά του πελάτη (client-side προγραμματισμό), με πελάτη(client) τον φυλλομετρητή που αλληλοεπιδρούσε με έναν εξυπηρετητή και έδινε τα δεδομένα που ζητούσε το αίτημα του πελάτη (Veenendaal et al., 2017). Οι στατικοί διαδικτυακοί χάρτες ενημερώνονται σπάνια και συνήθως αποτελούν ψηφιακή μορφή χαρτών που έχουν σχεδιαστεί για εκτύπωση.
2. Δυναμική Διαδικτυακή Χαρτογραφία: Η αύξηση των χρηστών στη διαδικασία ανταλλαγής διαδικτυακών χαρτών είχε ως αποτέλεσμα την ανάγκη τροποποίησης του χάρτη από τον κάθε χρήστη ξεχωριστά ή την προσαρμογή του χάρτη για διαφορετικούς χρήστες. Ως λογική εξέλιξη των παραπάνω χαρτών έρχεται η

- εισαγωγή των δυναμικών HTML (DHTML) εφαρμογών της Java και αυτοματοποιημένων διαδικασιών στους χάρτες που πλέον εισάγουν τα πρώτα δείγματα διαδραστικότητας. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αντιστοιχούν στις προτιμήσεις του χρήστη ο οποίος αποκτά έλεγχο του τι βλέπει (Veenendaal et al., 2017).
3. Υπηρεσίες Διαδικτυακής Χαρτογραφίας: Η ανάπτυξη πολλών χαρτών που δημιουργούνταν από χαρτογραφικούς εξυπηρετητές (map servers) και μια σειρά επιλογών χαρτογράφησης για τους χρήστες συνοδεύτηκε από την ανάγκη προτυποποίησης της διεπαφής χρήστη-εξυπηρετητή. Ο σκοπός ήταν η άμεση παροχή πληροφοριών χαρτογράφησης, όχι μόνο στους χρήστες, αλλά και σε άλλα προγράμματα λογισμικού που μπορούν να καταναλώνουν και να παράγουν πληροφορίες. Σε αυτό το πλαίσιο δημιουργήθηκαν τα πρότυπα και οι προδιαγραφές της Open Geospatial Consortium (OGC) (Veenendaal et al., 2017).
 4. Διαδραστική Διαδικτυακή Χαρτογραφία: Η τεχνολογική λύση για την ενίσχυση της αλληλεπίδρασης των χρηστών με το χάρτη ήταν η παροχή αλληλεπίδρασης μεταξύ χρηστών-πελατών ταυτόχρονα με την αλληλεπίδραση πελάτη-διακομιστή. Η αναδυόμενη τεχνολογία AJAX σε συνδυασμό με την τεχνολογία image tiling βελτίωσε σημαντικά την αλληλεπίδραση των χρηστών με το χάρτη, επιτρέποντας την παράδοση διαδικτυακών χαρτών σε έναν χρήστη με συνεχή τρόπο που ανταποκρίνεται, ενώ ο χρήστης αλληλοεπιδρούσε ταυτόχρονα με τη διεπαφή του χάρτη. Ένα ακόμη πλεονέκτημα της αλληλεπίδρασης ήταν ο δυναμικός και εξατομικευμένος συνδυασμός δεδομένων από πολλές πηγές σε έναν χάρτη (Mashups) που είχε ως αποτέλεσμα τη διευκόλυνση της βελτιωμένης πρόσβασης σε γεωχωρικά δεδομένα και χάρτες από προγραμματιστές και τελικούς χρήστες (Veenendaal et al., 2017).
 5. Συνεργατική (Collaborative) Διαδικτυακή Χαρτογραφία: Η εποχή της διαδραστικής χαρτογράφησης αύξησε το ενδιαφέρον των χρηστών να συμμετέχουν σε χαρτογραφικές δραστηριότητες ανάκτησης και δημιουργίας δεδομένων. Η Web 2.0 εποχή χαρακτηρίζεται από αυξημένη αλληλεπίδραση των χρηστών, όχι μόνο στην επιλογή παραμέτρων για την προβολή του περιεχομένου, αλλά και στη δημιουργία περιεχομένου που προέρχεται από χρήστες. Στην νέα αυτή φάση της χαρτογραφίας, ο χρήστης όχι μόνο ελέγχει το περιεχόμενο που απεικονίζεται κάθε φορά στον χάρτη του, αλλά συμβάλλει στη διαμόρφωση των δεδομένων του, σύμφωνα με τις ανάγκες του με αποτέλεσμα να παράγει γεωχωρικές πληροφορίες και χάρτες. Μία από τις πιο διαδεδομένες προσπάθειες συλλογής εθελοντικών χαρτογραφικών δεδομένων είναι η πρωτοβουλία OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.org/>), της οποίας οι χάρτες της χρησιμοποιούνται πλέον καθημερινά για πολλές δραστηριότητες (Veenendaal et al., 2017).
 6. Ψηφιακή Σφαίρα (Digital Globe): Οι ψηφιακές σφαίρες εκμεταλλεύονται τα οφέλη των αναδυόμενων τεχνολογιών των προηγούμενων κατηγοριών (π.χ. από υπηρεσίες, διαδραστικές και συνεργατικές εξελίξεις εποχής) για να δημιουργήσουν ένα γενικευμένο περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης διαθέτει μια εντυπωσιακή εμπειρία σε εικόνες της Γης, όχι μόνο σε 2D (δισδιάστατο) αλλά και σε 3D (τριδιάστατο) περιβάλλον. Η εμφάνιση των Google Earth, BING, NASA World Wind και μια

σειρά από πρόσθετες πλατφόρμες εικονικής γης έχουν διαθέσει χάρτες και ψηφιακές εικόνες γης σε κάθε πολίτη, ανεξαρτήτως της τοποθεσίας του (Veenendaal et al., 2017).

7. Κινητή (Mobile) και Location-Based Διαδικτυακή Χαρτογραφία: Η εμφάνιση φορητών συσκευών και η χρήση της λειτουργίας εντοπισμού (GPS) του κινητού έδωσε την ευκαιρία στους χρήστες να έχουν πρόσβαση και να αλληλοεπιδρούν με διαδικτυακούς χάρτες ανεξάρτητα από τον τόπο και το χρόνο τους. Η πρόσβαση στη γεωγραφική θέση της συσκευής αποτέλεσε σημαντικό κομμάτι για την ταχεία ανάπτυξη υπηρεσιών τοποθεσίας σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία αυτή αποτέλεσε τη βάση ανάπτυξης εφαρμογών που όλοι χρησιμοποιούμε καθημερινά όπως της πλοήγησης, της αναγνώρισης της κίνησης, της ενημέρωσης του καιρού ανάλογα με την τοποθεσία κ.ά (Veenendaal et al., 2017).
8. Διαδικτυακή Χαρτογραφία στο Cloud: Επικεντρώνεται στη διαθεσιμότητα και επεκτασιμότητα των αυξανόμενων πληροφοριών, παρέχοντας λύσεις μέσω του cloud. Η αποθήκευση, το λογισμικό, οι υπηρεσίες και οι υποδομές μπορούν να παρέχονται διαδικτυακά στο cloud ως υπηρεσίες, προσφέροντας ένα μέτρο αξιοπιστίας, σταθερότητας και επεκτασιμότητας για πληροφορίες, εφαρμογές και χρήστες. Η τεχνολογία cloud παρέχει συγκέντρωση πόρων, οπτικοποιημένες εφαρμογές και μια κοινή πλατφόρμα από την οποία μπορούν να δημιουργηθούν, να ενσωματωθούν και να κοινοποιηθούν εφαρμογές χαρτογράφησης και βάσεις δεδομένων στο διαδίκτυο (Veenendaal et al., 2017).
9. Έξυπνη (Intelligent) Διαδικτυακή Χαρτογραφία: Περιλαμβάνει σημασιολογικές τεχνολογίες και έξυπνα περιβάλλοντα που προσφέρουν γνώση, περιεχόμενο και προσαρμογή στις πληροφορίες που παρέχονται στους χρήστες και στις εφαρμογές. Τόσο η σημασιολογία όσο και το περιεχόμενο πρέπει να εκπροσωπούνται, να κατασκευάζονται, να ανακαλύπτονται και να χρησιμοποιούνται με τρόπο που φιλτράρει έξυπνα τις κατάλληλες πληροφορίες για καλύτερη γνώση και λήψη αποφάσεων (Veenendaal et al., 2017).

3.3. Αρχιτεκτονική συστήματος για χαρτογραφική εφαρμογή και χαρτογραφικές υπηρεσίες

Η δημιουργία και η χρήση διαδικτυακών χαρτών διαφέρει από την απλή εργασία σε ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Σε ένα διαδικτυακό χάρτη κάθε πληροφορία που υπάρχει μεταφέρεται από έναν ή πολλούς εξυπηρετητές (servers) στο πρόγραμμα περιήγησης (browser) με αποτέλεσμα να δημιουργείται καθυστέρηση και η απόδοση του χάρτη να περιορίζεται από τη διαθεσιμότητα και την ταχύτητα των εξυπηρετητών. Αποτελεί μεγάλη πρόκληση για τους δημιουργούς διαδικτυακών χαρτών η κατανόηση του όγκου των δεδομένων που εμφανίζονται στους χάρτες τους και πώς να μεταφέρουν όλες αυτές τις πληροφορίες στην οθόνη ενός χρήστη του διαδικτύου σε ταχύτητες δευτερολέπτου. Για να επιτευχθεί αυτό, οι περισσότεροι διαδικτυακοί χάρτες χωρίζουν τα επίπεδα (layers) των δεδομένων τους σε ομάδες που αντιμετωπίζονται διαφορετικά. Επίπεδα όπου ο μοναδικός σκοπός τους είναι η παροχή γεωγραφικού χώρου ομαδοποιούνται και μεταφέρονται στον χάρτη ως υπόβαθρο. Αντίθετα τα θεματικά επίπεδα (τα επίπεδα που αποτελούν το επίκεντρο του χάρτη) εισάγονται ως μία ή

περισσότερες ξεχωριστές διαδικτυακές υπηρεσίες και τοποθετούνται πάνω από το υπόβαθρο. Παράλληλα είναι δυνατή και η προσθήκη ενός συνόλου διαδραστικών λειτουργιών όπως αναδυόμενα παράθυρα, γραφήματα, εργαλεία ανάλυσης κ.ά.

Το υπόβαθρο (basemap) είναι απαραίτητο για έναν διαδικτυακό χάρτη γιατί ορίζει τον γεωγραφικό χώρο στον οποίο πραγματοποιείται η απόδοση της πληροφορίας που θέλουμε να μεταφέρουμε. Μπορεί να μην είναι το κύριο περιεχόμενο αλλά συνήθως μεταφέρει γεωχωρικές πληροφορίες όπως οικοδομικά τετράγωνα, δρόμους, φυσικά στοιχεία κ.ά., ανάλογα με το είδος του χάρτη. Ταυτόχρονα μπορούν να υπάρχουν πολλαπλά υπόβαθρα που να εναλλάσσονται από τον χρήστη. Τα τελευταία χρόνια οι διαδικτυακοί χάρτες αποτελούνται από μια σειρά εικόνων, τις χαρτογραφικές πινακίδες (map tiles), οι οποίες είναι μια ιεραρχική δομή που συνδέει τον βαθμό μεγέθυνσης του χάρτη με το πλήθος των πινακίδων που χρησιμοποιούνται για την απόδοση μιας περιοχής. Το OpenStreetMap, οι Google Maps, οι Bing Maps είναι ορισμένα παραδείγματα γνωστών υποβάθρων (<https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/685>).

Τα θεματικά επίπεδα τοποθετούνται πάνω από το υπόβαθρο και είναι ουσιαστικά στοιχεία που προκύπτουν συνήθως έπειτα από επεξεργασία και αποτελούν το κυρίως θέμα του χάρτη. Είναι το κυριότερο κομμάτι της διαδικτυακής σελίδας αφού αναπαριστούν τη θεματολογία και τον σκοπό της δημιουργίας ενός χάρτη. Ένας διαδικτυακός χάρτης μπορεί να περιλαμβάνει πολλά θεματικά επίπεδα και να επιτρέπει στους χρήστες να τα ενεργοποιούν και να τα απενεργοποιούν. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται μία διαδικτυακή υπηρεσία με πολλαπλά υποεπίπεδα ή ομάδες επιπέδων ή πολλές διαδικτυακές υπηρεσίες που η κάθε μία περιέχει ένα μόνο επίπεδο (<https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/685>).

Οι διαδραστικές λειτουργίες είναι που κάνουν τη διαφορά και «ζωντανεύουν» τον χάρτη. Για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού διαδικτυακού χάρτη η χρήση διαδραστικών στοιχείων όπως η δυναμική αλλαγή κλίμακας, τα αναδυόμενα παράθυρα που παρέχουν πληροφορίες κάνοντας «κλικ» σε ένα στοιχείο, τα γραφήματα, οι μπάρες ολίσθησης, η δυναμική αλλαγή περιοχών στον χάρτη κ.ά. είναι απαραίτητη και διατηρούν το ενδιαφέρον του χρήστη για περιήγηση στο περιβάλλον. Οι διαδραστικές λειτουργίες διαμορφώνονται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Javascript, καθώς και συνδυαστικά με την χρήση εξειδικευμένων χαρτογραφικών βιβλιοθηκών όπως η Leaflet ή η OpenLayers (<https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/685>).

3.3.1. Χαρτογραφικές υπηρεσίες

Η τεχνολογία για τη δημιουργία και τη διάχυση χαρτών και γεωχωρικών δεδομένων στο διαδίκτυο βασίζεται σε πρωτόκολλα και γλώσσες που εξασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα. Η διαλειτουργικότητα (interoperability) αναφέρεται στη δυνατότητα δύο ή περισσότερων συστημάτων να ανταλλάσσουν και να χρησιμοποιούν την πληροφορία που αντάλλαξαν (Geraci, 1991), με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η επικοινωνία ανάμεσα σε ετερογενή περιβάλλοντα. Η διαλειτουργικότητα στο διαδίκτυο εξασφαλίζεται με την εφαρμογή προτύπων. Η Κοινοπραξία του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web Consortium - W3C - <http://www.w3.org>) αναπτύσσει την τεχνολογία, η οποία δημιουργεί μια ανοικτή πλατφόρμα με πρότυπα και γλώσσες για τη λειτουργία διαδικτυακών εφαρμογών όπως HTTP (HyperText Transfer Protocol), HTML (HyperText Markup Language), XML (eXtensible Mark-up Language), SVG (Scalable Vector

Graphics), OWL (Web ontology language), RDF (Resource Description Framework), WSDL (Web Service Definition Language) κ.ά.

Παράλληλα, άλλοι οργανισμοί δημοσιεύουν πρότυπα για τη γεωχωρική πληροφορία και προωθούν τη διαλειτουργικότητα στο διαδίκτυο. Μέσα από τις προσπάθειές τους η διαλειτουργικότητα της γεωχωρικής πληροφορίας εξελίχθηκε σημαντικά τα τελευταία είκοσι χρόνια π.χ. η ISO/TC 211 (International Organization for Standardization / Technical Committee 211 - www.iso.org) δημιουργεί διεθνή πρότυπα για την ποιότητα, η CEN/TC 287 (European Committee for Standardization - www.cen.eu) καλύπτει ευρωπαϊκά θέματα, η OGC (Open Geospatial Consortium - <http://www.opengeospatial.org>) αναπτύσσει πρότυπα διαλειτουργικότητας στο διαδίκτυο κ.ά. (Τσούλος Λ., Σκοπελίτη, Α., & Στάμου, Λ., 2015).

3.3.2. Πρότυπα του OGC για δημοσιοποίηση χαρτών

Το OGC (Open Geospatial Consortium) ιδρύθηκε το 1994 με στόχο να καταστήσει τη γεωχωρική πληροφορία βασικό στοιχείο της παγκόσμιας υποδομής πληροφοριών. Τα μέλη του OGC είναι πάροχοι και χρήστες. Μέσα από συνεργασία αναπτύσσουν ανοιχτά πρότυπα διεπαφής και κωδικοποίησης, καθώς επίσης και βέλτιστες τεχνικές, οι οποίες επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργούν πληροφοριακά συστήματα τα οποία ανταλλάσσουν χωρική πληροφορία και αλληλεπιδρούν με άλλα πληροφοριακά συστήματα. Τα πρότυπα του OGC (<http://www.opengeospatial.org/standards/is>) καλύπτουν θέματα εκ των οποίων τα πιο βασικά είναι: η δημοσιοποίηση χαρτών (**Web Map Service – WMS**), διανυσματικών χαρτογραφικών δεδομένων (**Web Feature Service - WFS**) και η κωδικοποίηση του συμβολισμού (**Style Layer Descriptor - SLD**). Βασική αρχή του OGC είναι τα πρότυπα να είναι «ανοικτά», δηλαδή ελεύθερα και προσβάσιμα σε όλους, χωρίς κόστος άδειας χρήσης, ανεξάρτητα από τον πάροχο και τα δεδομένα και τέλος να θεσπίζονται με μια δημοκρατική διαδικασία (Τσούλος κ.ά., 2015).

Web Map Service – WMS

Το πρότυπο WMS (<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>) (Εικόνα 3.5) περιλαμβάνει μια σειρά από υπηρεσίες όπως: η λήψη χαρτών σε μορφή εικόνας (GetMap), η λήψη πληροφοριών για τον εξυπηρετητή π.χ. μορφότυπος εικόνας χάρτη, θεματικά επίπεδα, Συστήματα Αναφοράς Συντεταγμένων κ.ά. (GetCapabilities), η ανάκτηση πληροφοριών για ένα θεματικό επίπεδο με βάση τη θέση του ποντικιού στην εικόνα του χάρτη (GetFeatureInfo) κ.ά. Με το αίτημα GetMap ο πελάτης ζητάει από τον εξυπηρετητή έναν χάρτη τα χαρακτηριστικά του οποίου περιγράφονται με παραμέτρους. Το αίτημα συντάσσεται με βάση τις ακόλουθες παραμέτρους:

VERSION : Έκδοση υπηρεσίας WMS

REQUEST: GetMap σε αυτή την περίπτωση

LAYERS : Ονόματα θεματικών επιπέδων των γεωγραφικών δεδομένων που θα αποτελούν τον χάρτη

CRS: Σύστημα Αναφοράς Συντεταγμένων

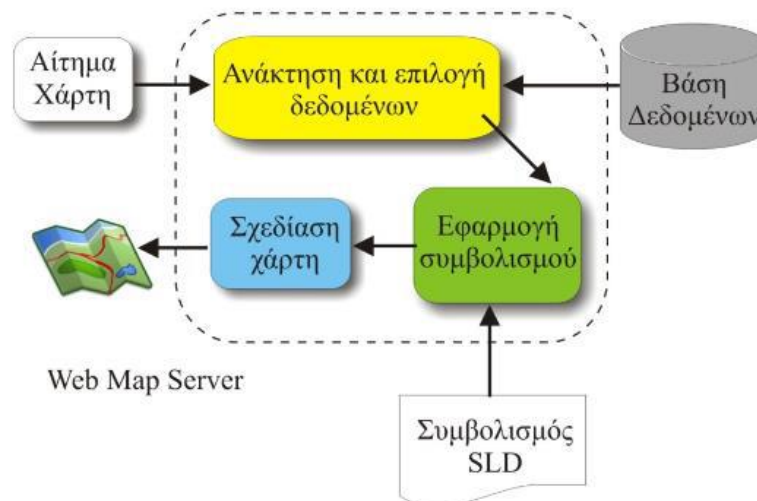
BBOX: minx,miny,maxx,maxy(όρια συντεταγμένων του χάρτη στο ορισμένο crs)

WIDTH: Πλάτος χάρτη σε εικονοστοιχεία οθόνης. Αυτό το πρότυπο του OGC επιτρέπει στα δεδομένα (διανυσματικά και κανονικοποιημένα) να είναι ανοικτά για θέαση σε όλους.

HEIGHT: Ύψος χάρτη σε εικονοστοιχεία οθόνης

FORMAT: Μορφότυπος εικόνας(π.χ. PNG,GIF κλπ)

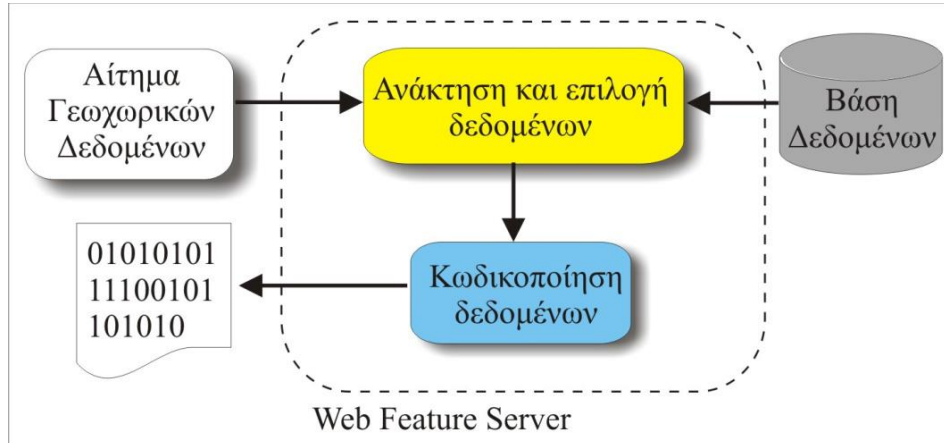
Με το αίτημα GetLegendGraphic, ο πελάτης ζητάει από τον εξυπηρετητή πληροφορίες που αφορούν τον συμβολισμό και λαμβάνει το υπόμνημα σε μορφή. Με το αίτημα GetFeatureInfo, ο πελάτης ζητάει από τον εξυπηρετητή πληροφορίες οι οποίες αφορούν σε μια συγκεκριμένη οντότητα που απεικονίζεται στον χάρτη. Ο εξυπηρετητής ανταποκρίνεται με ένα αρχείο XML. Το αίτημα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στα θεματικά επίπεδα τα οποία έχουν την ιδιότητα queryable="1" (true). Η τυπική χρήση αυτής της λειτουργίας αφορά στην περίπτωση όπου ο χρήστης αφού δει τον χάρτη διαλέγει ένα σημείο επί του χάρτη για το οποίο ζητά επιπλέον πληροφορίες (Τσούλος κ.ά., 2015).



Εικόνα 3. 4 Το πρότυπο WMS (Πηγή: Χαρτογραφική σύνθεση & Απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον, Α. Τσούλος, Α. Στάμου, Α. Σκοπελίτη)

Web Feature Service – WFS

Το πρότυπο WFS (<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>) (Εικόνα 3.6) περιλαμβάνει μια σειρά από λειτουργίες όπως: η λήψη πληροφοριών για τα δεδομένα και η επεξεργασία των δεδομένων (π.χ. ενημέρωση, προσθήκη, διαγραφή κ.ά.). Με το αίτημα DescribeFeatureType, ο πελάτης ζητάει από τον εξυπηρετητή να περιγράψει τα χαρακτηριστικά κάθε γεωχωρικής οντότητας που είναι διαθέσιμη. Με το αίτημα GetFeature ο πελάτης ζητάει από τον εξυπηρετητή να ανακτήσει το σύνολο των χαρτογραφικών δεδομένων από ένα θεματικό επίπεδο ή ένα υποσύνολό τους, όπως ορίζεται μέσω ενός λογικού ερωτήματος το οποίο αφορά στις ιδιότητες. Ο εξυπηρετητής ανακτά τα χαρτογραφικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων, τα κωδικοποιεί βάσει ενός μορφότυπου π.χ. GML και τα επιστρέφει στον χρήστη.



Εικόνα 3. 5 Το πρότυπο WFS (Πηγή: Χαρτογραφική σύνθεση & Απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον, Λ. Τσούλος, Α. Στάμου, Α. Σκοπελίτη)

Styled Layer Descriptor - SLD

Ο χαρτογραφικός συμβολισμός περιγράφεται μέσω του προτύπου του Styled Layer Descriptor (SLD). Πρόκειται για μια γλώσσα επισήμανσης (markup language) που βασίζεται στην XML και αποτελεί πρότυπο του OGC (<http://www.opengis.org/standards/sld>). Κάθε αρχείο SLD (Εικόνα 3.7) που περιγράφει τον συμβολισμό συσχετίζεται με ένα δημοσιοποιημένο θεματικό επίπεδο π.χ. Layer του Geoserver. Χρησιμοποιείται σε διανυσματικά (σημεία, γραμμές, πολύγωνα) και σε κανονικοποιημένα δεδομένα. Μπορούν να οριστούν οι οπτικές μεταβλητές του κλασσικού συμβολισμού όπως η απόχρωση, η ένταση, το μέγεθος είτε για όλες τις οντότητες ενός θεματικού επιπέδου είτε ως προς τιμές ενός χαρακτηριστικού του. Ως σύμβολα μπορούν να αξιοποιηθούν επίσης και εικόνες σε μορφότυπο .png ή .svg.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http:
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/Styl
xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
  <NamedLayer>
    <se:Name>monuments</se:Name>
    <UserStyle>
      <se:Name>monuments</se:Name>
      <se:FeatureTypeStyle>
        <se:Rule>
          <se:Name>Μνημεία</se:Name>
          <se:MinScaleDenominator>100001</se:MinScaleDenominator>
          <se:MaxScaleDenominator>250000</se:MaxScaleDenominator>
          <se:PointSymbolizer>
            <se:Graphic>
              <se:ExternalGraphic>
                <se:OnlineResource xlink:type="simple" xlink:href="monument3.png"/>
                <se:Format>image/png</se:Format>
              </se:ExternalGraphic>
              <se:Size>12</se:Size>
            </se:Graphic>
          </se:PointSymbolizer>
        </se:Rule>
      </se:FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
  
```

Εικόνα 3. 6 Περιεχόμενο αρχείου SLD στον εξυπηρετητή Geoserver

3.4. Διαδραστικότητα και Διαδικτυακές Χαρτογραφικές Βιβλιοθήκες

Ως χαρτογραφική διαδραστικότητα ορίζεται ο διάλογος μεταξύ του ανθρώπου και του χάρτη μέσω μιας ηλεκτρονικής συσκευής (Roth, 2012). Σε έναν ψηφιακό χάρτη, η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται μέσω χαρτογραφικών συμβόλων και τύπων, υπομνημάτων, μενού, παράθυρα διαλόγου, κ.τ.λ, τα οποία συνθέτουν την υπολογιστική διαδραστική βάση (Peterson, 1995). Είναι σημαντικό για τον χαρτογράφο, να ορίσει τις λειτουργίες της διαδραστικότητας έτσι ώστε να κρατάει σε ενδιαφέρον τον χρήστη και να του προσφέρει πληροφορίες στις οποίες δεν θα είχε πρόσβαση με διαφορετικό τρόπο, όμως δεν πρέπει να ξεπεραστεί ένα όριο στο οποίο η πολυπλοκότητα των λειτουργιών θα δυσκολέψει την κατανόησή του χάρτη.

Ο Peterson (1995) ξεχώρισε ένα σύνολο διαδραστικών εργαλείων όπως το εργαλείο περιήγησης στον χάρτη, μεγέθυνσης- σμίκρυνσης, ταυτότητας χαρακτηριστικών, επιλογής. Αυτά τα διαδραστικά εργαλεία επιτρέπουν στον χρήστη να δημιουργήσει ένα προσαρμοσμένο χάρτη που να αντιστοιχεί σε ταιριαστές εμπειρίες με τις ανάγκες του.

Η αποδοτικότητα των δυναμικών χαρτών εξαρτάται από τον δημιουργό και από τους χρήστες. Αρχικά, το πόσο κατανοητός είναι συνδέεται με την αντιληπτική ικανότητα του χρήστη και την εμπειρία του στην αλληλεπίδραση με τέτοιους χάρτες ώστε να ξέρει να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που προσφέρουν. Επίσης ο χαρτογράφος πρέπει να επιλέξει τον συμβολισμό (δυναμικές και οπτικές μεταβλητές) ώστε να διευκολύνεται η αναγνωσιμότητα του χάρτη. Σημαντικά εργαλεία για την αλληλεπίδραση ανθρώπου και χάρτη είναι :

Αλλαγή κλίμακας (zoom in/zoom out): Είναι από τα σημαντικότερα και πρωταρχικά εργαλεία στους διαδικτυακούς χάρτες. Η αλλαγή κλίμακας του εύρους της περιοχής που αποδίδεται ουσιαστικά αλλάζει την κλίμακα όλου του χάρτη με αποτέλεσμα να αποδίδονται διαφορετικά επίπεδα λεπτομερειών, ανάλογα με το τι είναι σημαντικό να παρουσιάζεται σε κάθε κλίμακα (χαρτογραφική γενίκευση). Με αυτό το εργαλείο ο χρήστης νιώθει ότι έχει έλεγχο στον χάρτη και στην πληροφορία που παρουσιάζει. Έχει την δυνατότητα να λάβει πληροφορίες για διαφορετικά γεωγραφικά τμήματα μέσα στον ίδιο χάρτη.

Πλοήγηση: Η πλοήγηση σε ένα φυσικό περιβάλλον έχει αποσπάσει μεγάλη προσοχή από τους χαρτογράφους και φαίνεται να αποτελείται από αποφάσεις που πραγματοποιούνται σε διανοητικές αναπαραστάσεις. Σε έναν διαδραστικό χάρτη, πλοήγηση για τον χρήστη είναι το σύνολο των αποφάσεων που παίρνει για τους δρόμους που θα ακολουθήσει σε έναν χάρτη.

Επισήμανση οντοτήτων : Οι διαδραστικοί χάρτες πολλές φορές συγκεντρώνουν μεγάλο όγκο πληροφοριών μετατρέποντας τον χάρτη σε μία χαοτική αναπαράσταση πολλαπλών δεδομένων. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο χρήστης να μην αντιλαμβάνεται τις θέσεις της περιήγησής του μέσα στον χάρτη. Η επισήμανση οντοτήτων, δηλαδή η ανάδειξη στοιχείων του χάρτη όταν ο χρήστης βρίσκεται σε αυτά, βελτιώνει την αίσθηση κατανόησης της θέσης του στον γεωγραφικό χώρο και των χαρακτηριστικών μιας οντότητας που τον ενδιαφέρει.

Εμφάνιση πληροφοριών οντοτήτων: Πολύ βασικό πλεονέκτημα της διαδραστικότητας στους χάρτες είναι η άντληση περισσότερων πληροφοριών για το φαινόμενο ή την γεωγραφία που αναπαρίσταται σε ένα αρμονικό χαρτογραφικό περιβάλλον. Στην πλειονότητα των σημερινών διαδραστικών χαρτών αυτό επιτυγχάνεται με την εμφάνιση αναδύομενων πλαισίων που περιλαμβάνουν πληροφορίες για οποιοδήποτε στοιχείο/θεματικό επίπεδο είναι κάθε φορά

χρήσιμο. Αυτά τα παράθυρα μπορεί να περιλαμβάνουν κείμενο, αριθμητικά δεδομένα, πολυμέσα και οτιδήποτε θεωρηθεί χρήσιμο για την αποδοτικότερη παρουσίαση του χάρτη (Crampton, 2009).

3.4.1. Διαδικτυακές Χαρτογραφικές Βιβλιοθήκες

Η διαδραστικότητα στους διαδικτυακούς χάρτες μπορεί να επιτευχθεί με λειτουργίες που παρέχουν εξειδικευμένες διαδικτυακές χαρτογραφικές βιβλιοθήκες. Οι διαδικτυακές χαρτογραφικές βιβλιοθήκες (Web Mapping Libraries) είναι λογισμικά που περιέχουν εξειδικευμένα εργαλεία τα οποία προσθέτουν στην ιστοσελίδα λειτουργίες σχετικές με τη χαρτογραφία και τα χωρικά δεδομένα π.χ. παρουσίαση χαρτών. Οι βιβλιοθήκες αυτές εξασφαλίζουν πρόσθετες λειτουργίες, όπως η δυνατότητα διαμόρφωσης φιλικού περιβάλλοντος διεπικοινωνίας, η διαδραστική συμμετοχή του χρήστη και διαδραστικά εργαλεία απόδοσης. Εκτός από την παρουσίαση του χάρτη, τα συνήθη εργαλεία περιλαμβάνουν την πλοήγηση, την αλλαγή της κλίμακας με παράλληλη προσαρμογή του περιεχομένου και του συμβολισμού του χάρτη, την επιλογή θεματικών επιπέδων, την παρουσίαση των περιγραφικών χαρακτηριστικών με διαφορετικό τρόπο (π.χ. γράφημα, κείμενο), την προσαρμογή της απόδοσης στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. νέο σύμβολο, όρια ομαδοποίησης σε ένα χωροπληθή χάρτη), λειτουργίες χωρικής ανάλυσης (π.χ. προσδιορισμός ζώνης επιρροής), λειτουργίες χαρτομετρίας (π.χ. μέτρηση αποστάσεων, χάραξη μηκοτομής), λειτουργίες διαχείρισης γεωγραφικής πληροφορίας (π.χ. ενημέρωση γεωμετρίας και ιδιοτήτων, αλλαγή προβολής), τη χρήση πολυμέσων, τη δυναμική απόδοση (π.χ. χρονική αλλαγή), το διαδραστικό υπόμνημα, τον χάρτη ευρετήριο (ώστε ο χρήστης να έχει μια συνοπτική εικόνα της περιοχής που καλύπτει ο χάρτης) κ.ά. Οι πιο γνωστές ανοιχτές χαρτογραφικές βιβλιοθήκες σε JavaScript είναι η OpenLayers και η Leaflet.

Η χαρτογραφική βιβλιοθήκη OpenLayers (<https://openlayers.org/>) είναι μια βιβλιοθήκη JavaScript ανοιχτού κώδικα (παρέχεται με την άδεια BSD License 2-clause [2]) για την οπτικοποίηση δεδομένων σε προγράμματα περιήγησης ιστού ως χάρτες. Παρέχει ένα API για τη δημιουργία πλούσιων διαδικτυακών γεωγραφικών εφαρμογών παρόμοιων με τους Χάρτες Google και τους Χάρτες Bing. Η OpenLayers υποστηρίζει GeoRSS, KML (Keyhole Markup Language), Geography Markup Language (GML), GeoJSON και δεδομένα χάρτη από οποιαδήποτε πηγή χρησιμοποιώντας πρότυπα OGC ως Web Map Service (WMS) ή Web Feature Service (WFS). Η βιβλιοθήκη βασίστηκε αρχικά στο πρωτότυπο JavaScript Framework (Wikipedia, 2020).

Η χαρτογραφική βιβλιοθήκη Leaflet (<https://leafletjs.com>) είναι μια βιβλιοθήκη JavaScript ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται ευρέως για τη δημιουργία εφαρμογών διαδικτυακής χαρτογραφίας. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2011, υποστηρίζει τις περισσότερες πλατφόρμες για κινητά και επιτραπέζιους υπολογιστές, υποστηρίζοντας HTML5 και CSS3. Αναπτύχθηκε αρχικά από τον Vladimir Agafonkin και συντηρήθηκε από μεγάλες συνεισφορές της κοινότητας. Επιπλέον, η βιβλιοθήκη είναι εντελώς δωρεάν για χρήση και διανέμεται με άδεια BSD-2 Clause. Η Leaflet έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι μία εύχρηστη και ελαφριά βιβλιοθήκη η οποία διαθέτει καλά δομημένη τεκμηρίωση με πολλά παραδείγματα. Περιέχει όλες τις δυνατότητες που χρειάζονται οι περισσότεροι προγραμματιστές για τη δημιουργία διαδραστικών χαρτών, ενώ η πληθώρα προσθέτων (plugins) που διαθέτει μπορεί να καλύψει όλες τις απαιτήσεις για την επιτυχή δημιουργία διαδικτυακών χαρτών. Οι υπηρεσίες WMS υποστηρίζονται μέσω της εντολής L.tileLayer.wms που συνήθως χρησιμοποιείται για να καλέσει μία WMS υπηρεσία μέσω ενός εξυπηρετητή. Οι υπηρεσίες WFS δεν καλούνται άμεσα, μόνο μέσω πρόσθετων λειτουργιών. Αν

και υποστηρίζει λειτουργικά μόνο τον μορφότυπο GeoJSON, παρέχει προσθήκες για την υποστήριξη και άλλων μορφών CSV, WKT, TopoJSON, GPX (Wikipedia, 2020).

3.4.2. Μορφότυπος GeoJSON

Πρόκειται για ένα ανοικτό μορφότυπο καταγραφής γεωγραφικών στοιχείων δηλαδή της γεωμετρίας και των περιγραφικών χαρακτηριστικών τους. Βασίζεται στο JSON (JavaScript Notation Object) δηλαδή στον ορισμό αντικειμένων της JavaScript και αποτελεί έναν απλό και μινιμαλιστικό τρόπο περιγραφής χωρικών δεδομένων με τη σύνταξη της JavaScript, με αποτέλεσμα να παρέχεται εύκολη πρόσβαση στη γεωμετρία και τις περιγραφικές ιδιότητες. Ο μορφότυπος GeoJSON διαφέρει από άλλους μορφότυπους στο ότι γράφτηκε και διατηρείται όχι από έναν επίσημο οργανισμό τυποποίησης, αλλά από μια ομάδα εργασίας προγραμματιστών του διαδικτύου. Ένα αντικείμενο GeoJSON υποστηρίζει τα ακόλουθα είδη γεωμετρίας: σημείο, γραμμή, πολύγωνο, πολύ-σημεία(MultiPoint), πολύ-γραμμές(MultiLineString), πολύ-πολύγωνα(MultiPolygons) και συλλογές γεωμετριών που να αποτελούνται από διαφορετικές γεωμετρίες. Μπορεί να αποτελείται από μία ορισμένη οντότητα (Feature) ή από πολλές (Feature Collection) και για κάθε μία ορίζεται ο τύπος της γεωμετρίας και οι συντεταγμένες της.

Τα δεδομένα σε μορφότυπο GeoJSON μπορούν να δημοσιοποιηθούν στο διαδίκτυο και να οπτικοποιηθούν χωρίς να είναι αναγκαίος ο εξυπηρετητής χωρικών δεδομένων π.χ. Geoserver, με τη βοήθεια κάποιας χαρτογραφικής βιβλιοθήκης π.χ. Leaflet ή Open Layers. Καθώς αποτελούν αντικείμενα της ιστοσελίδας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα ενισχύοντας τη διαδραστικότητα του χάρτη με διάφορες λειτουργίες όπως π.χ. η αλλαγή συμβόλου, η ανάκτηση ιδιοτήτων κ.ά.

Σε αυτή την εργασία για τη δημιουργία της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε προγραμματισμός από την πλευρά του εξυπηρετητή και του πελάτη, ο εξυπηρετητής γεωγραφικών δεδομένων Geoserver, τα OGC πρότυπα WMS και SLD, οι γλώσσες HTML, CSS, Javascript και η βιβλιοθήκη Leaflet. Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθεται η λεπτομερής τεκμηρίωση της δημιουργίας της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Έλεγχος της συνέπειας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2, η εκτίμηση της ποιότητας της ΕΓΠ είναι μια κάθε άλλο παρά απλή διαδικασία αλλά ταυτόχρονα ιδιαίτερα σημαντική για τη σωστή χαρτογραφική σύνθεση και απόδοση της πραγματικότητας στο ψηφιακό περιβάλλον και γενικότερα για την αξιοποίηση της ΕΓΠ. Ποικιλία δεικτών έχει προταθεί ως μέτρο αξιολόγησης της ποιότητας των εθελοντικών δεδομένων. Αυτοί οι δείκτες δεν επικεντρώθηκαν μόνο στη σύγκριση της ΕΓΠ με επίσημα σύνολα δεδομένων, καθώς οι προσπάθειες σύγκρισης κρίθηκαν ανεπαρκείς, αλλά προέκυψαν από την ίδια την ΕΓΠ ως σύνολο δεδομένων και περιλαμβάνουν πολλές και διαφορετικές προσεγγίσεις της ποιότητας.

Παρατηρούμε λοιπόν πως ένα από τα μεγαλύτερα ερωτήματα που προκύπτουν από τη μελέτη των γεωγραφικών πληροφοριών που βασίζονται σε εθελοντές είναι το κατά πόσο η ακρίβεια και η ποιότητα τους είναι σωστή και με ποιον τρόπο μπορούν να αξιολογηθούν. Για αυτό το λόγο, στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας των προπτυχιακών σπουδών (Ζαχαροπούλου, 2018), δημιουργήθηκε ένα λογισμικό ελέγχου της ποιότητας των εθελοντικών δεδομένων του OSM στο Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS. Το εργαλείο αυτό εφαρμόζει ελέγχους στα γεωχωρικά δεδομένα και επισημαίνει τις εσφαλμένες οντότητες. Στα πλαίσια της μεταπτυχιακής εργασίας το λογισμικό ελέγχου της ποιότητας των εθελοντικών δεδομένων του OSM βελτιώθηκε ως προς τη λειτουργικότητα και ταχύτητα επεξεργασίας και επεκτάθηκε ώστε να εκτελείται χωρίς σφάλματα και να καλύπτει τις ανάγκες μιας πανευρωπαϊκής εφαρμογής.

Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται στο εργαλείο αφορούν τη λογική συνέπεια της ΕΓΠ και βασίζονται στην αξιοποίηση των χωρικών σχέσεων που εκφράζει η τοπολογία σε ένα θεματικό επίπεδο ή ανάμεσα σε θεματικά επίπεδα, καθώς και στην πληρότητά της ως προς τις περιγραφικές ιδιότητες των δεδομένων. Η εφαρμογή του εργαλείου ελέγχου στηρίχθηκε σε δείκτες που αφορούν την ίδια την ΕΓΠ ως σύνολο δεδομένων. Στις επόμενες ενότητες γίνεται μία περιγραφή των ελέγχων που περιέχονται στο εργαλείο ως προς την έννοιά τους και στη συνέχεια παρουσιάζεται η εφαρμογή τους στις περιοχές ενδιαφέροντος και αναλύονται τα αποτελέσματα.

4.1.1. Έλεγχοι πληρότητας

Σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση της ποιότητας της εθελοντικής πληροφορίας έχει η απουσία πληρότητας στα δεδομένα ως προς την περιγραφική πληροφορία τους.

Πρώτη παράμετρος αξιολόγησης της ποιότητας των εθελοντικών δεδομένων στο εργαλείο που δημιουργήθηκε αποτελεί αυτή της πληρότητας. Στη βάση δεδομένων του OSM παρατηρείται μεγάλη ετερογένεια, καθώς παρουσιάζεται μια μεγάλη και αρκετά ανομοιογενής ποικιλία πηγών δεδομένων που έχουν χρησιμοποιηθεί. Η πληρότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εμπειρία και γνώση του κάθε χρήστη αλλά και από την εκάστοτε περιοχή μελέτης. Προκειμένου να αποφανθεί η έλλειψη ή μη πληρότητας στο σύνολο των εθελοντικών δεδομένων, σκοπός του εργαλείου είναι να διερευνά κατά πόσο τα δεδομένα της περιοχής ενδιαφέροντος είναι πλήρη,

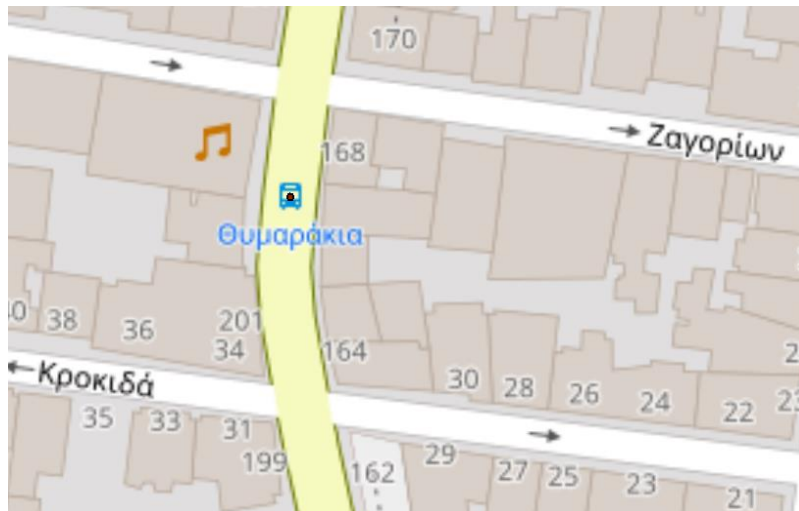
όσον αφορά την περιγραφική πληροφορία που υποδεικνύει το είδος (type). Με αυτό τον τρόπο, όλα τα είδη της κάθε οντότητας καταγράφονται και ο χρήστης μπορεί να κρίνει αν ικανοποιούν τις ανάγκες του από πλευρά πληρότητας.

4.1.2. Έλεγχοι συνέπειας

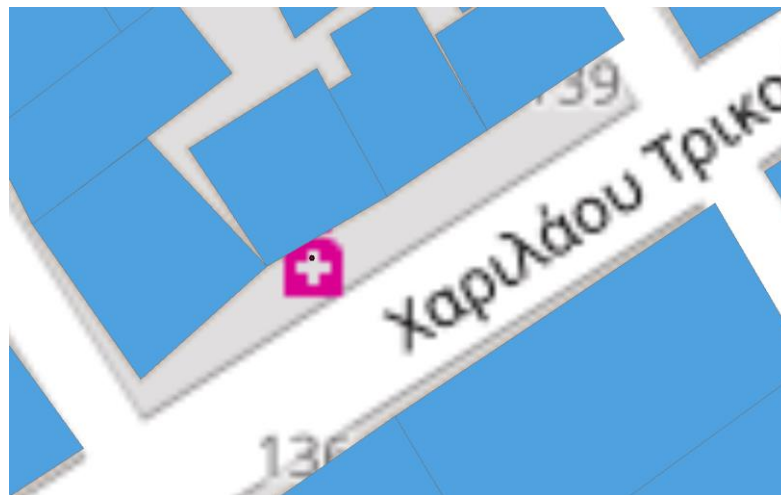
Η συνέπεια των δεδομένων είναι από τους σημαντικότερους δείκτες αξιολόγησης της ποιότητας η οποία συνδέεται με την ακρίβεια των δεδομένων. Ασυνέπεια υπάρχει στις ΕΓΠ λόγω ελλειψών περιορισμών στον ορισμό των οντοτήτων και για αυτό το λόγο εξαρτάται από την γνώση του ατόμου που συνεισφέρει στα δεδομένα.

Συγκεκριμένα, ιδιαίτερο ρόλο διαδραματίζει η έννοια της τοπο – εννοιολογικής συνέπειας (topo - semantic consistency) , η οποία είναι ένα υποσύνολο της λογικής συνέπειας όπως έχει οριστεί από τον Kainz (1990). Η τοπο – εννοιολογική συνέπεια αφορά στην ορθότητα των τοπολογικών σχέσεων μεταξύ δύο αντικειμένων σύμφωνα με την εννοιολογία τους. Μπορεί να χωριστεί στη συνέπεια γεωγραφικών αντικειμένων με άλλα γεωγραφικά αντικείμενα του ίδιου θέματος (intra-theme consistency) που θα καλείται στη συνέχεια εσωτερική ή σε γεωγραφικά αντικείμενα άλλων θεμάτων (inter-theme consistency) που θα καλείται στη συνέχεια εξωτερική. Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα από τοπο-εννοιολογικούς περιορισμούς είναι: δύο αγροτεμάχια να μην επικαλύπτονται (must not overlap), ένα σπίτι να είναι μέσα σε ένα αγροτεμάχιο (must be inside), δύο δρόμοι να μην ταυτίζονται (must not be equal), ένα ποτάμι και ένας δρόμος να μην διασταυρώνονται εκτός και αν υπάρχει ως γεωγραφικό αντικείμενο μια γέφυρα, τα αγροτεμάχια να μην επικαλύπτονται κ.τ.λ. Προκειμένου να ελεγχθεί η συνέπεια των δεδομένων, οι περιορισμοί μπορούν να διατυπωθούν βασισμένοι σε αυτές τις τοπο-εννοιολογικές σχέσεις και τα σφάλματα μπορούν να εντοπιστούν όταν οι περιορισμοί αυτοί έχουν παραβιαστεί. Τόσο η γεωμετρία όσο και η εννοιολογία των αντικειμένων απαιτούνται για τον έλεγχο των περιορισμών. Για την εννοιολογική πληροφόρηση σχετικά με τα γεωγραφικά δεδομένα χρησιμοποιείται το θεματικό επίπεδο που ανήκουν π.χ. Σημεία Ενδιαφέροντος και οι τιμές των περιγραφικών ιδιοτήτων που καταγράφονται για αυτά π.χ. εκκλησία.

Στο OSM εντοπίζονται πολλά προβλήματα ασυνέπειας καθώς παρατηρείται ότι ορισμένες οντότητες έχουν τοποθετηθεί εσφαλμένα (Εικόνα 4.1, Εικόνα 4.2) ή ότι υπάρχει ασυμφωνία περιγραφικής πληροφορίας σε οντότητες της ίδιας περιοχής (Εικόνα 4.3). Τα παραδείγματα αποτελούν ορισμένα από τα σφάλματα που πρέπει να διερευνηθούν και αφορούν την έννοια της τοπο – εννοιολογικής συνέπειας δηλαδή οι χωρικές οντότητες πρέπει να ελεγχθούν με κριτήριο τη γεωμετρία τους και την περιγραφική πληροφορία του είδους τους.



Εικόνα 4. 1 Η στάση λεωφορείου βρίσκεται πάνω στον άξονα του οδικού δικτύου



Εικόνα 4. 2 Το φαρμακείο βρίσκεται εκτός του ορίου του κτηρίου



Εικόνα 4. 3 Το πολύγωνο αυτό έχει χαρακτηριστεί ως “residential” (οικιστική περιοχή) από το θεματικό επίπεδο των κτηρίων, ενώ από το θεματικό επίπεδο των χρήσεων γης ως “industrial” (βιομηχανική περιοχή)

Ένα σύνολο μέτρων για την αξιολόγηση του βαθμού παραβίασης των τοπο-εννοιολογικών περιορισμών έχει προταθεί έπειτα από έρευνες που έχουν γίνει, όπως ο αριθμός των αντικειμένων στο σύνολο δεδομένων που παρουσιάζουν τουλάχιστον μία παραβίαση ενός τοπολογικού περιορισμού (Martínez et al., 2006) και της Σημασιολογικής Απόστασης (SD) (Papadias et al., 1998), η οποία ποσοτικοποιεί τις ασυνέπειες ως την ομαλοποιημένη σημασιολογική απόσταση στο εννοιολογικό γράφημα των τοπολογικών σχέσεων. Οι Rodríguez et al. (2010) παρουσίασαν μια σειρά μέτρων που συγκρίνουν τις τοπολογικές σχέσεις μεταξύ των γεωμετριών που αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων σε σχέση με τις αναμενόμενες τοπολογικές σχέσεις. Από αυτά τα μέτρα, μετά από γνωστική επικύρωση (Brisaboa et al., 2011), η επικαλυπτόμενη περιοχή και η εξωτερική απόσταση θεωρούνται ως τα κύρια μέτρα. Αυτά τα μέτρα μπορούν να συγκεντρωθούν για να περιγράψουν συνολικά την ποιότητα των δεδομένων μιας βάσης δεδομένων, να προσδιοριστεί εάν πληρούνται οι περιορισμοί και αν υπάρχουν αντιφατικές αναπαραστάσεις (Brisaboa et al., 2011). Επιπλέον, η διαδικασία συλλογής δεδομένων μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (δηλ. επίπεδο μεγέθυνσης) με αποτέλεσμα περισσότερες από μία γεωμετρικές αναπαραστάσεις του ίδιου αντικειμένου, γεγονός που οδηγεί σε επιπρόσθετα προβλήματα ασυνέπειας.

Η ύπαρξη προβλημάτων συνέπειας στα δεδομένα του OSM έχει επαληθευτεί σε διάφορες μελέτες (π.χ. Girres and Touya, 2010; Jokar Arsanjani et al., 2013; Ali και Schmid, 2014; Sehra et al., 2014). Σύμφωνα με τη μελέτη της τοπο – εννοιολογικής συνέπειας του OSM που έγινε στην ευρύτερη περιοχή του Παρισιού (Antonioni et al., 2016), στην περιοχή ενδιαφέροντος υπήρχαν 22.527 POIs του OSM με δύο κύριες ετικέτες χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την ταυτότητά τους: Όνομα και Τύπος. Οι τοπολογικές σχέσεις των POIs σε σχέση με άλλα θεματικά επίπεδα μελετήθηκαν βάσει ορισμένων ελέγχων και τα σφάλματα εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας φωτογραφίες από την ιστοσελίδα Flickr. Ήταν σημαντικό να διερευνηθεί η τοπολογική σχέση μεταξύ σημείων ενδιαφέροντος και κτηρίων, εξετάζοντας εάν τα POIs πρέπει να βρίσκονται εντός ή εκτός των κτηρίων. Αρχικά ένας αριθμός των POIs αποκόπηκε από την περιοχή που καλύπτεται από κτήρια δίνοντας ως αποτέλεσμα 60136 σημεία. Τα 21872 από αυτά βρέθηκαν εντός των κτηρίων, τα 2338 (4%) βρέθηκαν πάνω στο όριο των κτηρίων και 35926 (60%) βρέθηκαν εκτός αυτών. Εξετάστηκε εάν η θέση των POIs που βρέθηκαν εκτός κτηρίων ήταν έγκυρη σύμφωνα με την εννοιολογία που τους είχε δοθεί από το χαρακτηρισμό στο είδος τους (type). Βάσει αυτής της δοκιμής, 30497 σημεία (το 85% της αρχικής εκτίμησης) μπορούσαν να βρίσκονται έξω, αλλά τα υπόλοιπα 5429 (15% της αρχικής εκτίμησης) έπρεπε να βρίσκονταν εντός των κτηρίων και χρειαζόνταν επιπλέον διερεύνηση. Ομοίως ένας αριθμός σημείων (24210) βρίσκονταν μέσα σε κτήρια. Με βάση μία παρόμοια δοκιμή, τα 22047 σημεία από αυτά (91%) βρίσκονταν ορθώς εντός των κτηρίων, ενώ τα υπόλοιπα 2163 σημεία (9%) έπρεπε να είχαν τοποθετηθεί εκτός των κτηρίων και χρειαζόνταν περαιτέρω διερεύνηση. Στην παραπάνω μελέτη, η σωστή θέση των σημείων σε σχέση με τα κτήρια αποφασίστηκε σύμφωνα με την κοινή λογική.

Σε μία άλλη μελέτη (Touya et al., 2017) τα POIs που σχετίζονταν εννοιολογικά με τους δρόμους και τους σιδηροδρόμους εξετάστηκαν σε σχέση με τη γεωμετρία του δικτύου. Όσον αφορά τα POIs που είχαν χαρακτηρισμό ετικέτας «διασταύρωση» τα οποία σε αριθμό ήταν 12612, τα 12552 από αυτά (99,5%) βρίσκονταν σε οδικές διασταυρώσεις και μόνο 60 από το συνολικό αριθμό (0,5%) είχαν διαφορετική θέση και χρειαζόνταν έλεγχο. Όσον αφορά τα POIs που είχαν χαρακτηρισμό ετικέτας «φωτεινοί σηματοδότες», τα οποία σε αριθμό ήταν 2612, τα

2292 από αυτά (99.2%) βρίσκονταν σε οδικές διασταυρώσεις και μόνο 18 από το συνολικό αριθμό (0.8%) είχαν διαφορετική θέση και χρειάζονταν έλεγχο. POIs που είχαν χαρακτηρισμό ετικέτας «ισόπεδη διάβαση» και «σιδηροδρομική διέλευση» βρίσκονται στις διασταυρώσεις του σιδηροδρομικού δικτύου. Τα σημεία που σχετίζονται εννοιολογικά με τις διασταυρώσεις οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου όπως οι ισόπεδες διαβάσεις ελέγχονται σε σχέση με τις πραγματικές διασταυρώσεις του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου. Από τα 1101 σημεία που υπήρχαν, τα 949 (86%) βρίσκονταν πάνω στις διασταυρώσεις, ενώ τα υπόλοιπα 152 (14%) είχαν διαφορετική θέση και χρειάζονταν επιπλέον διερεύνηση. Φυσικά η κλίμακα του χάρτη είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας όταν εξετάζεται η απόσταση. Για παράδειγμα, η απόσταση μεταξύ των διασταυρώσεων δικτύου και των POIs που έχουν χαρακτηριστεί ως διασταυρώσεις μπορεί να είναι αμελητέα σε σχέση με την κλίμακα.

Η επιθεώρηση των τοπο-εννοιολογικών σχέσεων επισημαίνει περιοχές όπου η συνέπεια δεν πληρείται και πρέπει να διορθωθεί κατά τη διαδικασία της χαρτογράφησης. Η προ επεξεργασία που βασίζεται σε τοπο-εννοιολογικές σχέσεις περιορίζει την παρέμβαση των χαρτογράφων μόνο στις περιπτώσεις που χαρακτηρίζονται προβληματικές (Touya et al., 2017).

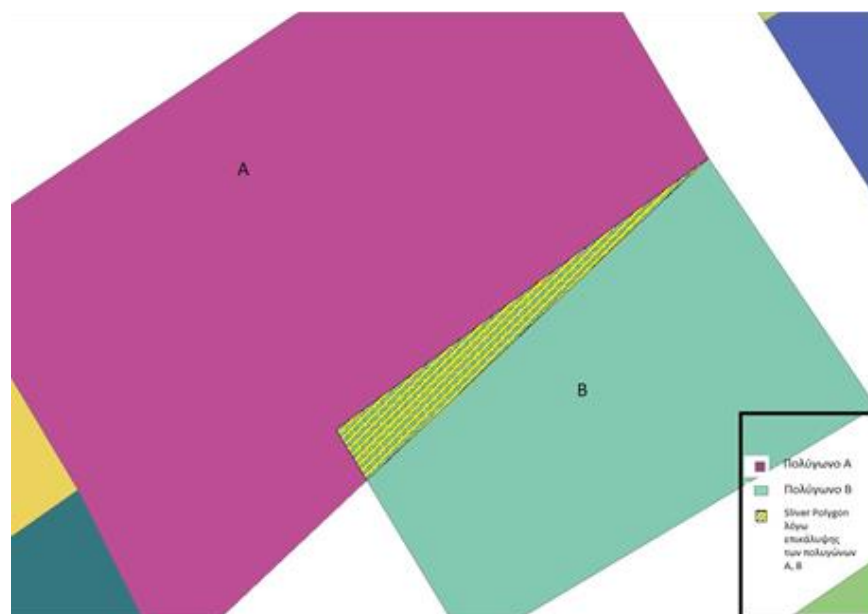
4.1.2.1. Εσωτερική λογική συνέπεια

Ένα σύνολο δεδομένων, για να θεωρηθεί αξιόπιστο σε μία πρώτη φάση, πρέπει να χαρακτηρίζεται από ορθές τοπολογικές σχέσεις. Η εσωτερική λογική συνέπεια αφορά στις τοπολογικές σχέσεις των χωρικών οντοτήτων ενός θεματικού επιπέδου ή των θεματικών πεδίων μεταξύ τους χωρίς να χρησιμοποιεί το είδος κάθε οντότητας π.χ. ο έλεγχος αφορά όλα κτήρια χωρίς να διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος τους κτηρίου. Παρακάτω παρουσιάζεται μία λίστα με βασικούς τοπολογικούς ελέγχους των πολυγώνων και των δικτύων που εφαρμόζονται (Πίνακας 4.1).

Πολύγωνα	Δίκτυο
Τα κτήρια δεν πρέπει να επικαλύπτονται μεταξύ τους	Το οδικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται από τμήμα άλλης γραμμής
Οι χρήσεις γης δεν πρέπει να επικαλύπτονται μεταξύ τους	Το οδικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται ή να τέμνεται από κάποιο τμήμα του εαυτού του
Τα κτήρια δεν πρέπει να καλύπτουν το οδικό δίκτυο	Το οδικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται με τον εαυτό του
Τα κτήρια δεν πρέπει να καλύπτουν το σιδηροδρομικό δίκτυο	Το σιδηροδρομικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται από τμήμα άλλης γραμμής
Τα κτήρια δεν πρέπει να καλύπτουν το υδρολογικό δίκτυο	Το σιδηροδρομικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται ή να τέμνεται από κάποιο τμήμα του εαυτού του
	Το σιδηροδρομικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται με τον εαυτό του
	Το υδρολογικό δεν πρέπει να επικαλύπτεται από τμήμα άλλης γραμμής
	Το υδρολογικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται ή να τέμνεται από κάποιο τμήμα του εαυτού του
	Το υδρολογικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται με τον εαυτό του
	Το οδικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται με το σιδηροδρομικό δίκτυο
	Το οδικό δίκτυο δεν πρέπει να επικαλύπτεται με το υδρολογικό δίκτυο

Πίνακας 4. 1 Λίστα με βασικούς τοπολογικούς ελέγχους των πολυγώνων και του δικτύου

Όσον αφορά στην επικάλυψη των πολυγωνικών οντοτήτων, ένας επιπλέον έλεγχος που συμπληρώνει τους τοπολογικούς ελέγχους είναι η εύρεση των Sliver Polygons (Εικόνα 4.4). Τα Sliver Polygons είναι μικρά, στενά πολυγωνικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται κατά μήκος των ορίων πολυγώνων που επικαλύπτονται εσφαλμένα και δημιουργούν σφάλματα τοπολογίας. Η μαθηματική συνθήκη που εφαρμόζεται προκειμένου να διερευνηθεί αν ένα πολύγωνο χαρακτηρίζεται ως Sliver είναι: Εμβαδόν πολυγώνου/Περίμετρο πολυγώνου ≤ 1 . Τα πολύγωνα αυτά δημιουργούνται από σφάλματα θέσης των οντοτήτων που υπάρχουν στο σύνολο δεδομένων που εισάγεται και συγκεκριμένα από επικαλύψεις δύο ή περισσότερων οντοτήτων, από μετατροπές γραμμικών οντοτήτων σε πολυγωνικές, από μία γραμμή που τέμνεται με τον εαυτό της και δημιουργεί ένα βρόχο κοντά στο άκρο της ή ακόμη και από σφάλματα των χρηστών που εισάγουν δεδομένα στο OSM και δεν εφαρμόζουν το κατάλληλο επίπεδο μεγέθυνσης



Εικόνα 4. 4 Παράδειγμα Sliver Polygon

4.1.2.2. Εξωτερική λογική συνέπεια

Η εξωτερική λογική συνέπεια αφορά στη μελέτη των χωρικών οντοτήτων συνδυάζοντας τις τοπολογικές και εννοιολογικές τους σχέσεις (τοπο-εννοιολογική συνέπεια). Οι χωρικές οντότητες που διατίθενται από το OSM μελετήθηκαν με κριτήριο τη γεωμετρία αλλά και τις περιγραφικές πληροφορίες τους. Εκτός από τη γεωμετρία, η ύπαρξη πληθώρας ετικετών (tags) παρέχει ένα πλούσιο εννοιολογικό σύνολο δεδομένων και έτσι μπορούν να διερευνηθούν οι τοπο-εννοιολογικές σχέσεις τους. Συγκεκριμένα, η περιγραφική πληροφορία του είδους των οντοτήτων συνδέεται με τη σωστή γεωμετρική θέση που πρέπει να έχουν και θα αποτελεί κριτήριο αξιολόγησης της συνέπειας. Επομένως το εργαλείο περιέχει ελέγχους που αξιολογούν την τοπολογία των χωρικών οντοτήτων λαμβάνοντας υπόψη ταυτόχρονα και τη σημειολογία των δεδομένων όπως περιγράφονται από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους (attributes).

Οι τοπο-εννοιολογικοί έλεγχοι της συνέπειας που υλοποιήθηκαν, αρχικά μελετούν κατά πόσο τα Σημεία Ενδιαφέροντος (ΣΕ) βρίσκονται σε σωστή θέση σε σχέση με άλλα θεματικά επίπεδα (κτήρια, πολύγωνα φύσης, οδικό δίκτυο, σιδηροδρομικό δίκτυο) σύμφωνα με την έννοια της περιγραφικής πληροφορίας τους. Για παράδειγμα μία καφετέρια θα πρέπει να βρίσκεται εντός κτηρίου και παράλληλα εκτός δρόμου, μία στάση του τραμ να βρίσκεται πάνω σε σιδηροδρομική γραμμή και ταυτόχρονα εκτός κτηρίου, κ.ά.

Μελετώντας τις χωρικές οντότητες του OSM, δημιουργήθηκε μία λίστα (Πίνακες 4.2α και 4.2β) με βασικούς τοπο-εννοιολογικούς περιορισμούς μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος και των υπόλοιπων θεματικών επιπέδων σύμφωνα με την περιγραφική πληροφορία του είδους του κάθε σημείου.

Εντός κτηρίων	Εκτός κτηρίων	Εκτός πολυγώνων φύσης	Εντός πολυγώνων φύσης	Εντός πολυγώνων χρήσεως	Πάνω σε διασταυρώσεις του οδικού δικτύου	Εκτός του οδικού δικτύου	Πάνω σε διασταυρώσεις του σιδηροδρομικού δικτύου	Εκτός του υδρολογικού δικτύου
Aquarium	Bicycle entrance	Apartment	Animal shelter	Casino	Crossing	Bus stop	Level crossing	Boat rental
Arts center	Bicycle parking	Atm	Aquarium	Cinema	Crossing traffic	Bus station	Railway crossing	Boat storage
Atm	Bicycle rental	Bank	Archaeological site	Construction	Motorway junction	Bicycle rental	Station	Ferry terminal
Bank	Boat rental	Bar	Arts centre	Grave yard	Stop	Parking	Subway entrance	
Bar	Bus station	Car wash	Artwork	Lighthouse	Traffic signals	Parking entrance	Tram stop	
Cafe	Bus stop	Car rental	Monument	Public building		Street lamp		
Casino	Camp site	Cinema	Museum					
Clinic	Crossing	Casino	Theme park					
College	Drinking water	Clinic	Zoo					
Community center	Ferry terminal	Hospital						
Driving school	Kiosk	Marketplace						
Embassy	Level crossing	Money transfer						
Fast food	Motorcycle parking	Music school						
Gallery	Motorcycle junction	Nightclub						
Hospital	Parking	Parking						
Hostel	Parking entrance	Parking entrance						
Hotel	Parking space	Parking space						
Internet cafe	Picnic site	School						
Kindergarten	Post box	Taxi						
Language school	Pumping station							
Library	Railway crossing							
Love hotel	Speed camera							

Πίνακας 4. 2α Βασικοί τοπο-εννοιολογικοί περιορισμοί μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος και των υπόλοιπων θεματικών επιπέδων σύμφωνα με την περιγραφική πληροφορία του είδους του κάθε σημείου

Εντός κτηρίων	Εκτός κτηρίων	Εκτός πολυγώνων φύσης	Εντός πολυγώνων φύσης	Εντός πολυγώνων χρήσεως γης	Πάνω σε διασταυρώσεις του οδικού δικτύου	Εκτός του οδικού δικτύου	Πάνω σε διασταυρώσεις του σιδηροδρομικού δικτύου	Εκτός του υδρολογικού δικτύου
Marketplace	Station							
Money transfer	Stop							
Motel	Street cabinet							
Museum	Street lamp							
Music school	Subway entrance							
Nightclub	Taxi							
Pharmacy	Telephone							
Police	Traffic signals							
Pub	Tram stop							
Public bookcase	Waste basket							
Public building								
Restaurant								
School								
Theatre								
Townhall								
University								
Water tower								

Πίνακας 4. 2β Βασικοί τοπο-εννοιολογικοί περιορισμοί μεταξύ των σημείων ενδιαφέροντος και των υπόλοιπων θεματικών επιπέδων σύμφωνα με την περιγραφική πληροφορία του είδους του κάθε σημείου

Το εργαλείο, εφαρμόζει τους παραπάνω τοπο - εννοιολογικούς περιορισμούς υλοποιώντας ένα σύνολο κατηγοριών ελέγχου. Σε κάθε μία από τις περιπτώσεις, οι εσφαλμένες χωρικές οντότητες, που υπάρχουν, εντοπίζονται στο σύνολο δεδομένων, επισημαίνονται και καταχωρούνται εκ νέου ως ξεχωριστές οντότητες στη βάση δεδομένων. Επομένως, δίνεται η δυνατότητα οπτικοποίησης και διόρθωσής τους στο χρήστη. Επιπλέον, καταγράφεται και η απόσταση της κάθε εσφαλμένης χωρικής οντότητας από το θεματικό επίπεδο αναφοράς. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για το χρήστη, καθώς πολλές φορές η απόκλιση είναι πολύ μικρή και μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα ανάλογα με την κλίμακα εργασίας.

Η εφαρμογή τοπο-εννοιολογικών ελέγχων εμπλουτίζεται περαιτέρω, ερευνώντας σε ορισμένα θεματικά επίπεδα που ταυτίζονται εννοιολογικά, αν υπάρχει συμβατότητα στις περιγραφικές τους πληροφορίες και σε τι βαθμό. Μελετώντας τα είδη των θεματικών επιπέδων του OSM, παρατηρήθηκε ότι ορισμένες τιμές που παίρνουν τα κτήρια και οι χρήσεις γης ταυτίζονται καθώς και ορισμένες τιμές των κτηρίων και των ΣΕ. Είναι επόμενο λοιπόν να χρειάζεται μία επιπλέον διερεύνηση στο κατά πόσο σε μία συγκεκριμένη περιοχή τα θεματικά

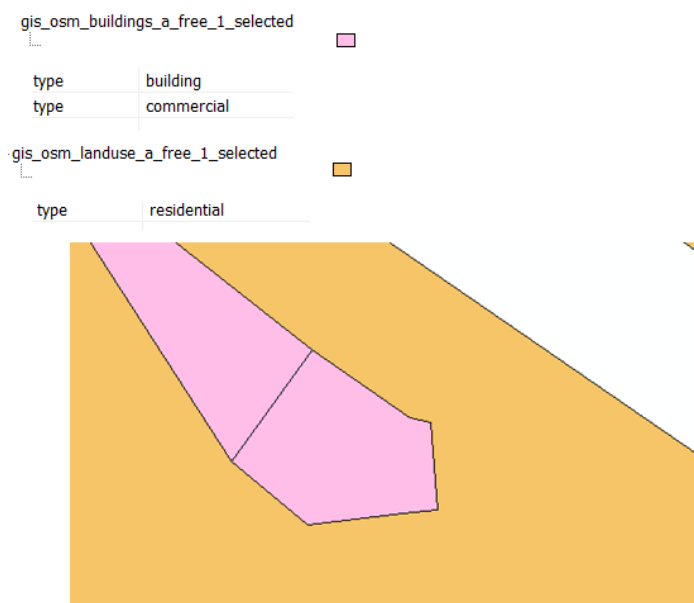
επίπεδα παρέχουν συμβατές χωρικές πληροφορίες. Αν δηλαδή μία χρήση γης έχει προσδιοριστεί ως βιομηχανική και τα κτήρια που υπάρχουν εκεί έχουν επίσης το χαρακτηρισμό αυτό ή αν έχουν χαρακτηρισμό κατοικίας είναι κάτι που πρέπει να αξιολογηθεί και αντικατοπτρίζει το βαθμό της συνέπειας που υπάρχει στο σύνολο δεδομένων. Προκειμένου να εφαρμοστεί ο παραπάνω έλεγχος, το εργαλείο εξετάζει αν υπάρχει εννοιολογική ταύτιση στο πεδίο του είδους μεταξύ των ΣΕ και των κτηρίων, των χρήσεων γης και των πολυγώνων φύσης (Εικόνα 4.5).

Shape	Point
type	hospital
type	building
type	hospital



Εικόνα 4. 5 Παράδειγμα στο οποίο υπάρχει εννοιολογική ταύτιση μεταξύ του ΣΕ (hospital) και του κτηρίου (hospital)

Όσον αφορά τις πολυγωνικές οντότητες, εφαρμόζονται ξεχωριστοί έλεγχοι μόνο για αυτές, όπου σε αυτή την περίπτωση το εργαλείο δεν λειτουργεί μόνο ως ένα εργαλείο εύρεσης κοινών πεδίων ως προς το είδος, αλλά διερευνά και το βαθμό της ταύτισης που υπάρχει (Εικόνα 4.6). Συγκεκριμένα, διερευνά ποιες περιοχές καλύπτονται χωρικά και περιγραφικά από την μία οντότητα ενώ από την άλλη όχι, βρίσκει τις περιοχές όπου υπάρχει περιγραφική πληροφορία και από τις δύο και τέλος αν αυτή η πληροφορία ταυτίζεται μεταξύ των δύο πηγών.



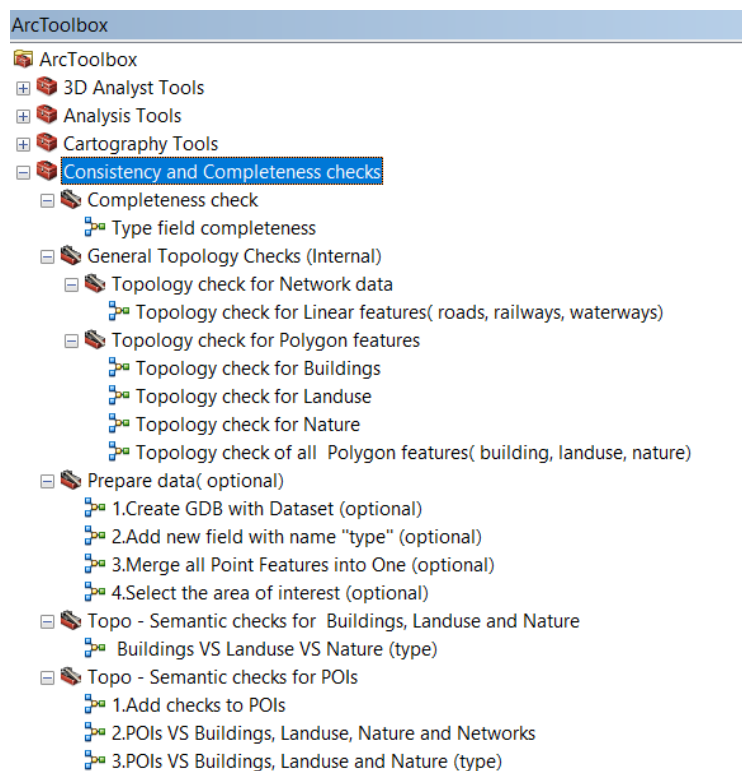
Εικόνα 4. 6 Παράδειγμα όπου δεν υπάρχει ταύτιση καθώς το κτήριο έχει χαρακτηριστεί ως commercial ενώ η χρήση γης ως residential

Συνολικά, οι διαδικασίες των ελέγχων καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος των ελέγχων πληρότητας και συνέπειας που θα έπρεπε να γίνονται για την αξιολόγηση της ποιότητας της εθελοντικής πληροφορίας του OSM συνδυάζοντας την τοπολογία των χωρικών οντοτήτων, τη γεωμετρία τους, την εννοιολογία και την περιγραφική πληροφορία τους, ενώ προς διευκόλυνση του χρήστη το εργαλείο εξάγει για την κάθε διαδικασία πίνακες με στατιστικούς δείκτες των αποτελεσμάτων.

4.2. Εφαρμογή του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία εφαρμογής του προαναφερθέντος λογισμικού ελέγχου της συνέπειας της διανυσματικής εθελοντικής πληροφορίας στο περιβάλλον του ArcGIS σε οκτώ (8) ευρωπαϊκές πόλεις: στην Αθήνα, στη Θεσσαλονίκη, στο Παρίσι, στην Ουτρέχτη, στην Κοϊμπρα, στο Βερολίνο, στη Βιέννη και στη Ζυρίχη.

Το λογισμικό που δημιουργήθηκε ονομάζεται “*Consistency and Completeness checks*” και περιέχει ένα σύνολο από ελέγχους που αξιολογούν την ποιότητα των εθελοντικών δεδομένων του OSM μέσα από τους δείκτες της πληρότητας, της συνέπειας και των τοπολογικών σχέσεων και ελέγχουν τα ακόλουθα θεματικά επίπεδα: τα σημεία ενδιαφέροντος, τα κτήρια, το οδικό δίκτυο, το σιδηροδρομικό δίκτυο, το υδρολογικό δίκτυο, τις χρήσεις γης και τα πολύγωνα της φύσης (Εικόνα 4.7). Το εργαλείο, εκτός από τους πίνακες που δημιουργεί οι οποίοι περιέχουν τα στατιστικά αποτελέσματα όλων των ελέγχων και διαδικασιών που πραγματοποιήθηκαν και αποτελούν μία συνοπτική εικόνα της περιοχής ενδιαφέροντος, ορίζει επιπλέον τους κανόνες που πρέπει να ισχύουν για τις οντότητες και εξάγει ως αποτέλεσμα τα σφάλματα που υπάρχουν. Στις παραπάνω πόλεις εφαρμόστηκαν οι έλεγχοι πληρότητας (Completeness check) που περιέχει το εργαλείο καθώς και οι τοπο-εννοιολογικοί έλεγχοι για τα Σημεία Ενδιαφέροντος (Topo-Semantic checks for POIs) οι οποίοι προσαρμόστηκαν κατάλληλα ώστε να καλύπτουν την ποικιλία περιεχομένου της κάθε πόλης. Επιπλέον, πριν την εφαρμογή των ελέγχων εκτελέστηκε το εργαλείο Prepare data (optional) για την προετοιμασία των δεδομένων. Μετά την ολοκλήρωση της περιγραφής ακολουθεί η αξιολόγηση του εργαλείου και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν μεταξύ των πόλεων.



Εικόνα 4.7 Παρουσίαση του εργαλείου *Consistency and Completeness checks* στον πίνακα του ArcToolbox.

4.2.1. Προετοιμασία δεδομένων

Αρχικά έγινε η λήψη και η προετοιμασία των δεδομένων εφαρμόζοντας ένα σύνολο από λειτουργίες που περιέχονται στο λογισμικό προκειμένου τα δεδομένα της κάθε πόλης να έχουν τη σωστή μορφή για τη μετέπειτα εκτέλεση των ελέγχων πληρότητας και τοπο-εννοιολογικής συνέπειας.

Από την ιστοσελίδα του Geofabrik (<https://www.geofabrik.de/>) έγινε η λήψη των δεδομένων (Οκτώβριος 2019) των χωρών που περιλαμβάνουν τις πόλεις ενδιαφέροντος σε μορφότυπο shapefile. Τα δεδομένα που εξάγονται από την ιστοσελίδα αυτή είναι οργανωμένα στα ακόλουθα θεματικά επίπεδα:

- Σημεία Ενδιαφέροντος (Points of Interest- POIs), δηλαδή σημεία με ετικέτες που περιγράφουν τη λειτουργία που εκπροσωπούν και μπορεί να είναι ένα μέρος του τόπου, για παράδειγμα ένα αξιοθέατο, μνημείο, εστιατόριο, σούπερ-μάρκετ, φαρμακείο, σχολείο, μία σημειακή τοποθεσία που κάποιος μπορεί να θεωρεί χρήσιμη ή ενδιαφέρουσα.
- Τόποι (Places), σε μορφή σημείων.
- Κτήρια (Buildings), σε μορφή πολυγώνων.
- Χρήσεις Γης (Landuse), σε μορφή πολυγώνων.
- Φύση (Nature), σε μορφή πολυγώνων.
- Οδικό δίκτυο (Roads), σε γραμμική μορφή.
- Σιδηροδρομικό δίκτυο (Railways), σε γραμμική μορφή.

- Υδρολογικό δίκτυο (Waterways), σε γραμμική μορφή.

Το σύνολο των δεδομένων των πόλεων που λήφθηκαν από την ιστοσελίδα παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ως προς τον αριθμό των στοιχείων που περιέχονται στα θεματικά επίπεδα. Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται για κάθε πόλη η συνολική έκταση της περιοχής που μελετήθηκε και το σύνολο των στοιχείων του κάθε θεματικού επιπέδου της, ενώ η Εικόνα 4.8 παρουσιάζει τη θέση της κάθε πόλης στον χάρτη.

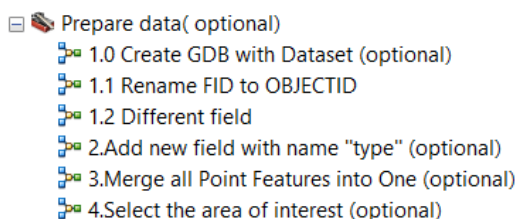
<i>Πόλη</i>	<i>Έκταση (km²)</i>	<i>POIs</i>	<i>Buildings</i>	<i>Roads</i>	<i>Landuse</i>	<i>Nature</i>	<i>Railways</i>	<i>Waterways</i>
Αθήνα	38.98	11831	67391	10395	1234	1	136	10
Θεσσαλονίκη	19.67	4081	4069	3722	617	0	117	4
Παρίσι	12,063.52	53752 4	3260545	521021	65615	59	18498	8073
Ουτρέχτη	1,446.25	38082	730446	128857	85135	83	2754	3994
Κοϊμπρα	3,972.60	7518	17247	46848	2986	34	361	1199
Βερολίνο	884.10	26173 3	464960	162193	25218	96	9003	1719
Βιέννη	418.9	18562 8	225687	82579	15307	14	8049	792
Ζυρίχη	1,744.71	35134 1	285054	179650	28495	41	7892	19914

Πίνακας 4.3 Σύνολο στοιχείων ανά θεματικό επίπεδο και έκταση της κάθε πόλης.



Εικόνα 4.8 Οι ευρωπαϊκές πόλεις που μελετήθηκαν.

Η προετοιμασία των δεδομένων έγινε με του Toolset **“Prepare data (optional)”** (Εικόνα 4.9) το οποίο περιέχεται στο συνολικό εργαλείο **Consistency and Completeness checks**.



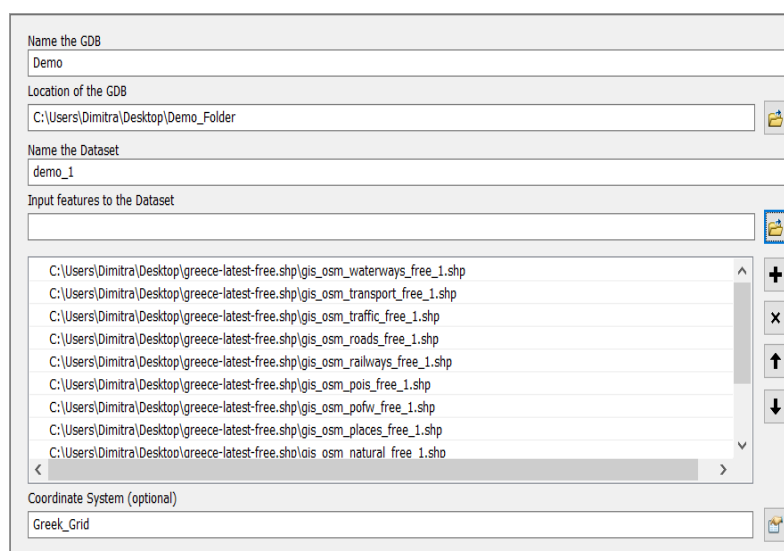
Εικόνα 4.9 Toolset: Prepare data (optional).

Μέσω του παραπάνω Toolset **“Prepare data (optional)”** δημιουργήθηκε μία Γεωβάση (**Geodatabase**) και ένα σύνολο δεδομένων (**Dataset**) για κάθε μία πόλη, προκειμένου να γίνει η αποθήκευση των δεδομένων σε μορφή feature class, καθώς και η κατάλληλη μετατροπή του Συστήματος Συντεταγμένων τους (Coordinate System) μέσω του Tool **“1.Create GDB with Dataset(optional)”** (Εικόνα 4.10).

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από το OSM χρησιμοποιούν τις γεωγραφικές συντεταγμένες στο WGS 84 αλλά για να εφαρμοστούν οι τοπολογικοί έλεγχοι πρέπει να μετατραπούν σε καρτεσιανές συντεταγμένες. Όσον αφορά στο Σύστημα Συντεταγμένων, για κάθε πόλη επιλέχθηκε το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς της αντίστοιχης χώρας. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν τα ακόλουθα (Πίνακας 4.4) :

Πόλη	Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς
Αθήνα	ΕΓΣΑ'87 (Greek Grid)
Θεσσαλονίκη	ΕΓΣΑ'87 (Greek Grid)
Παρίσι	RGF93 / Lambert-93
Ουτρέχτη	Amersfoort / RD New
Κοϊμπρα	ETRS89 / Portugal TM06
Βερολίνο	ETRS89 / LCC Germany (E-N)
Βιέννη	MGI / Austria Lambert
Ζυρίχη	CH1903 / LV03

Πίνακας 4.4 Πόλεις και το αντίστοιχο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που επιλέχθηκε.



Εικόνα 4.10 Περιεχόμενο του εργαλείου 1. Create GDB with Dataset (optional) για τις πόλεις της Ελλάδας.

Επόμενο βήμα ήταν η αλλαγή του πεδίου αποθήκευσης του είδους. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα θεματικά επίπεδα με τα δεδομένα του OSM (points, buildings, roads, κ.τ.λ.) έχουν διαφορετικές ονομασίες στο πεδίο που καταγράφει το είδος τους. Για παράδειγμα το πεδίο αυτό συνήθως έχει την ονομασία type (π.χ. πλατφόρμα λήψης δεδομένων OSM BBBike), ωστόσο κάποιες φορές το βλέπουμε και με την ονομασία fclass (π.χ. πλατφόρμα λήψης δεδομένων OSM Geofabrik), όπως συνέβη στη συγκεκριμένη περίπτωση. Για αυτό το λόγο έγινε η εκτέλεση του εργαλείου **“2.Add new field with name “type” (optional)”** που περιέχεται στο Toolset **“Prepare data (optional)”** το οποίο δημιουργεί ένα επιπλέον πεδίο ονόματι type και περιέχει τις αντίστοιχες τιμές (values) που αναφέρονται στο είδος του κάθε θεματικού επιπέδου (Εικόνα 4.11).

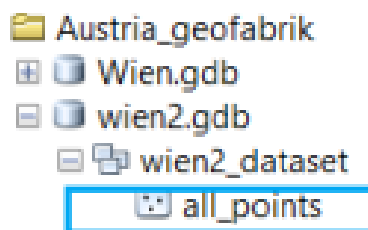
code	fclass	name	type
2082	school	45ο, 122ο Δημοτικά Σχολεία	school
2301	restaurant	Το Μπαλκόνι του Αιγαίου	restaurant
2301	restaurant	Eucalyptus Taverna	restaurant
2101	pharmacy	Λυκουρέσης Καραμπάτσου Ο.Ε	pharmacy

Εικόνα 4.11 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου 2.Add new field with name "type" (optional) για την πόλη της Αθήνας.

Η ιστοσελίδα του Geofabrik δεν περιέχει ένα ενιαίο αρχείο με τα Σημεία Ενδιαφέροντος. Αντίθετα, παρέχει υποκατηγορίες των σημείων ενδιαφέροντος. Αυτές είναι:

- Οντότητες που αφορούν αποκλειστικά τη φύση (δένδρα, κορυφές, γκρεμούς κ.ά.) (Natural Points).
- Οντότητες που αφορούν αποκλειστικά εκκλησιαστικά μνημεία (Pofw).
- Οντότητες με τα σημεία ενδιαφέροντος (αξιοθέατα, τόπους διαμονής, εστιατόρια κ.ά.) (Pois).
- Οντότητες που αφορούν αποκλειστικά στοιχεία που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο (διασταυρώσεις, στάσεις λεωφορείων, στάσεις τραμ κ.ά.) (Traffic Points, Transport Points).

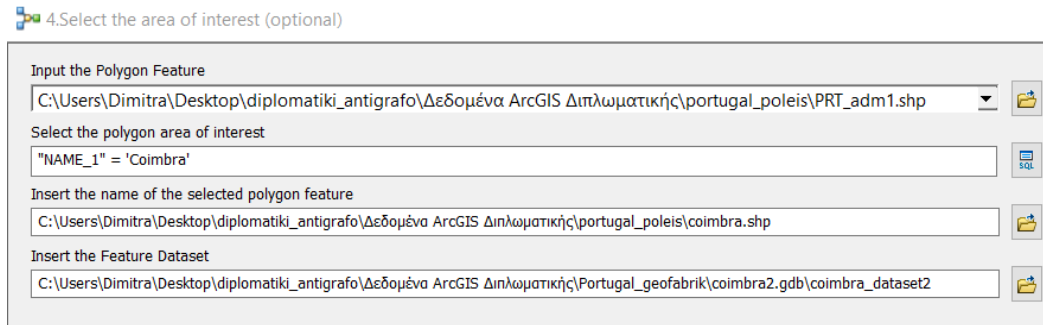
Προκειμένου να γίνει η **συγχώνευση** των παραπάνω σημειακών οντοτήτων σε ένα ενιαίο Point Feature Class (Εικόνα 4.12) για τις μετέπειτα διαδικασίες, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο **"3.Merge all Point Features into One (optional)"** το οποίο βρίσκεται επίσης στο ίδιο Toolset.



Εικόνα 4.12 Αποτελέσματα του εργαλείου 3.Merge all Point Features into One (optional) για την πόλη της Βιέννης.

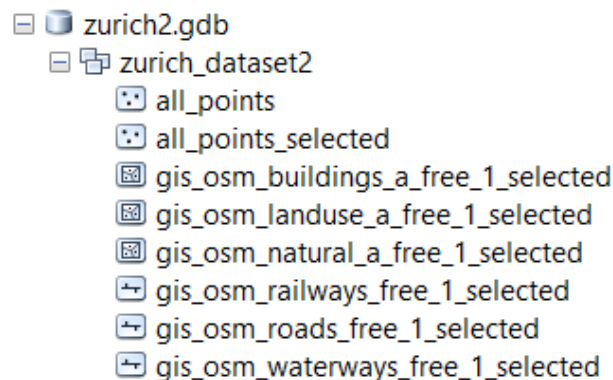
Τελευταίο βήμα για την προετοιμασία των δεδομένων ήταν η επιλογή της περιοχής ενδιαφέροντος, δηλαδή της κάθε πόλης για την εφαρμογή των ελέγχων. Για την επιλογή της περιοχής χρειάστηκε ένα αρχείο σε μορφότυπο shapefile με τα όρια ενός πολυγώνου για την κάθε πόλη και εφαρμόστηκε το εργαλείο **"4.Select the area of interest (optional)"** που βρίσκεται στο ίδιο Toolset. Το εργαλείο αυτό λειτουργεί ως εξής:

1. Επιλέγει το αρχείο με τα όρια του πολυγώνου για την κάθε πόλη.
2. Ανατρέχει σε όλο το Σύνολο Δεδομένων που δημιουργήθηκε και μέσω του Select by Location επιλέγει και στη συνέχεια αποθηκεύει σε νέο feature class τις οντότητες που υπάρχουν στην περιοχή ορισμού για το κάθε θεματικό επίπεδο (Εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.13 Περιεχόμενο του εργαλείου 4.Select the polygon area (optional) για εφαρμογή στην Κοΐμπρα.

Αποτέλεσμα της λειτουργίας αυτής είναι να προστεθούν στο Dataset για κάθε θεματικό επίπεδο, το αντίστοιχο για την περιοχή μελέτης (στη συγκεκριμένη περίπτωση της κάθε πόλης). Τα feature classes που τελειώνουν σε selected είναι αυτά της επιλεγμένης περιοχής (Εικόνα 4.14).



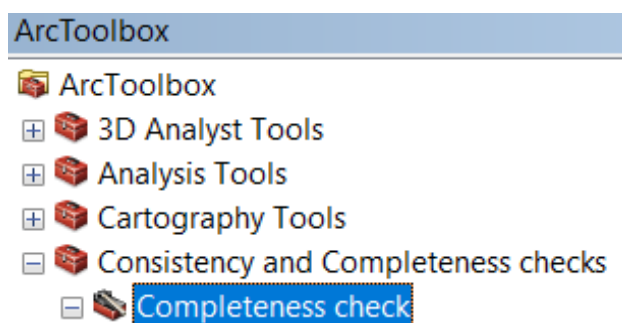
Εικόνα 4.14 Αποτελέσματα του εργαλείου 4.Select the polygon area (optional) για τη Ζυρίχη.

Ολοκληρώνοντας, οι παραπάνω διαδικασίες αποτέλεσαν τη σωστή προετοιμασία των δεδομένων για την κάθε πόλη ώστε στη συνέχεια να εφαρμοστούν τα εργαλεία ελέγχου της πληρότητας των δεδομένων και της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας των Σημείων Ενδιαφέροντος με τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα ως προς τη γεωμετρία και τις περιγραφικές τους ιδιότητες τους.

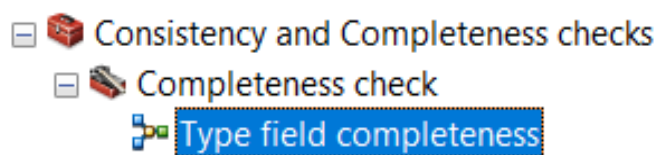
4.2.2. Έλεγχοι πληρότητας

Οι έλεγχοι πληρότητας επιλέχθηκαν να γίνουν προκειμένου να υπάρχει μία γενική εικόνα για το είδος των στοιχείων του κάθε θεματικού επιπέδου και κυρίως για τα Σημεία Ενδιαφέροντος, ώστε να αποφανθεί αν η ποικιλία τους σε κάθε πόλη καλύπτει τις ανάγκες της εργασίας για την

μετέπειτα εφαρμογή των τοπο-εννοιολογικών ελέγχων, αλλά και για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν στοιχεία χωρίς πληροφορία όσον αφορά στο είδος τους. Για την εφαρμογή των ελέγχων πληρότητας εκτελέστηκε το εργαλείο “**Completeness check**” (Εικόνα 4.15) και επιλέχθηκε η λειτουργία που περιέχει η οποία ονομάζεται “**Type field completeness**” (Εικόνα 4.16).



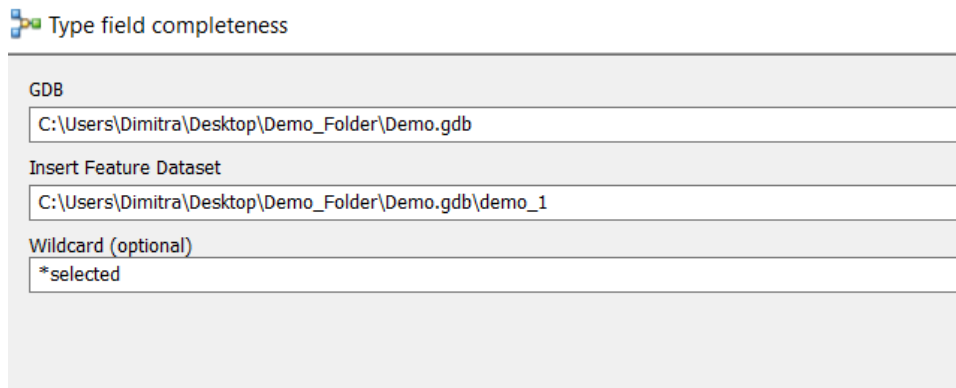
Εικόνα 4.15 Εργαλείο “Completeness check”.



Εικόνα 4.16 Λειτουργία “Type field completeness”.

Η λειτουργία αυτή είναι μία επαναληπτική διαδικασία και αποτελεί έναν έλεγχο πληρότητας. Βρίσκει για κάθε χωρικό πίνακα (feature class) που υπάρχει στο σύνολο δεδομένων σας (Dataset) τις διάφορες τιμές που υπάρχουν στο πεδίο του είδους (type), κενές ή μη και τα ποσοστά τους.

Στα πεδία που απαιτούνται (Εικόνα 4.17) εισάγεται η τοποθεσία της γεωβάσης (Geodatabase), η τοποθεσία του συνόλου δεδομένων (Feature Dataset) και η επιλογή *selected στο πεδίο Wildcard(optional). Μετά την εκτέλεση του εργαλείου, θα υπάρχει στο *Catalog* ένα σύνολο πινάκων (Εικόνα 4.18) που ο καθένας αφορά ξεχωριστά κάθε χωρικό πίνακα (feature class) και περιέχει μία στήλη με τις τιμές του είδους (type), μία στήλη με τον αριθμό των στοιχείων που υπάρχουν στο κάθε είδος καθώς και μία στήλη με το ποσοστό του αριθμού αυτού ως προς το σύνολο των στοιχείων (Εικόνα 4.19). Στο πεδίο Type καταγράφονται τα είδη, στο πεδίο COUNT_type το πλήθος των στοιχείων που ανήκουν σε αυτό το type και στο πεδίο percentage το αντίστοιχο ποσοστό.



Εικόνα 4.17 Περιεχόμενο του εργαλείου “Type field completeness”.

- gis_osm_waterways_free_1_selected_statistics
- gis_osm_roads_free_1_selected_statistics
- gis_osm_railways_free_1_selected_statistics
- gis_osm_natural_a_free_1_selected_statistics
- gis_osm_landuse_a_free_1_selected_statistics
- gis_osm_buildings_a_free_1_selected_statistics
- all_points_selected_statistics

Εικόνα 4.18 Αποτελέσματα του εργαλείου “Type field completeness” στο Catalog για τη Θεσσαλονίκη.

all_points_selected_statistics				
	OBJECTID *	type *	COUNT type	percentage
	28	community_centre	2	0.049008
	29	computer_shop	9	0.220534
	30	convenience	49	1.200686
	31	crossing	647	15.853957
	32	dentist	2	0.049008
	33	department_store	3	0.073511
	34	doctors	6	0.147023
	35	doityourself	8	0.19603
	36	drinking_water	24	0.588091
	37	embassy	1	0.024504
	38	fast_food	119	2.915952
	39	ferry_terminal	1	0.024504
	40	fire_station	2	0.049008
	41	florist	12	0.294046
	42	fountain	12	0.294046
	43	fuel	33	0.808625
	44	furniture_shop	5	0.122519
	45	gift_shop	7	0.171527
	46	graveyard	1	0.024504
	47	greengrocer	14	0.343053
	48	guesthouse	6	0.147023
	49	hairdresser	32	0.784122
	50	hospital	4	0.098015
	51	hostel	5	0.122519
	52	hotel	35	0.857633
	53	jeweller	5	0.122519
	54	jewish	1	0.024504
	55	kindergarten	6	0.147023

Εικόνα 4.19 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τα Σημεία Ενδιαφέροντος του Παρισιού.

Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα αποτελεσμάτων του εργαλείου και για τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα στις διάφορες πόλεις.

gis_osm_landuse_a_free_1_selected_statistics				
	FID *	type	COUNT type	percentage
	1	cemetery	4	0,324149
	2	commercial	33	2,67423
	3	farm	12	0,972447
	4	forest	67	5,429498
	5	grass	169	13,6953
	6	heath	2	0,162075
	7	industrial	14	1,134522
	8	meadow	1	0,081037
	9	military	6	0,486224
	10	orchard	6	0,486224
	11	park	410	33,225284
	12	recreation_ground	70	5,672609
	13	residential	390	31,604538
	14	retail	32	2,593193
	15	scrub	17	1,377634
	16	vineyard	1	0,081037

Εικόνα 4.20 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τις Χρήσεις γης στην Αθήνα

gis_osm_buildings_a_free_1_statistics			
OBJECTID *	type	COUNT type	percentage
1		363577	72.88084
9	apartments	37906	7.598448
91	house	26031	5.218045
134	residential	21181	4.245838
72	garage	10428	2.090345
176	terrace	7387	1.480761
148	shed	5404	1.083259
49	commercial	3576	0.716827
59	detached	3466	0.694777
140	roof	3047	0.610786
8	allotment_house	2168	0.434587
73	garages	1844	0.369639
145	school	1735	0.347789
96	industrial	1172	0.234933
136	retail	1049	0.210277
94	hut	877	0.175799
30	bungalow	651	0.130496
115	office	631	0.126487
88	hospital	552	0.110651
52	construction	489	0.098023

Εικόνα 4.21 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τα Κτήρια στο Βερολίνο.

gis_osm_roads_free_1_selected_statistics			
OBJECTID *	type *	COUNT type	percentage
11	residential	24517	19.026518
3	footway	22522	17.47829
14	service	17106	13.275181
2	cycleway	14412	11.184491
26	unclassified	14234	11.046354
7	path	8152	6.326393
16	tertiary	5123	3.975725
12	secondary	3548	2.75344
9	primary	2567	1.992131
8	pedestrian	2436	1.890468
4	living_street	2296	1.78182
23	track_grade5	1879	1.458206
18	track	1873	1.453549
19	track_grade1	1523	1.18193
15	steps	1496	1.160977
22	track_grade4	1087	0.843571
20	track_grade2	1033	0.801664
5	motorway	978	0.758981
21	track_grade3	777	0.602994
6	motorway_link	761	0.590577
1	bridleway	249	0.193237
10	primary_link	98	0.076053
13	secondary_link	69	0.053548
24	trunk	60	0.046563
25	trunk_link	37	0.028714
17	tertiary_link	20	0.015521
27	unknown	4	0.003104

Εικόνα 4.22 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για το Οδικό δίκτυο στην Ουτρέχτη.

gis_osm_railways_free_1_selected_statistics				
	OBJECTID *	type	COUNT type	percentage
	1	light_rail	58	0.720586
	2	narrow_gauge	25	0.310598
	3	rail	4714	58.566282
	4	subway	1121	13.927196
	5	tram	2131	26.475339

Εικόνα 4. 23 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για το Σιδηροδρομικό δίκτυο στη Βιέννη

gis_osm_waterways_free_1_selected_statistics				
	OBJECTID *	type	COUNT type	percentage
	1	canal	193	0.969167
	2	drain	310	1.556694
	3	river	218	1.094707
	4	stream	19193	96.379432

Εικόνα 4. 24 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για το Υδρολογικό δίκτυο στη Ζυρίχη

gis_osm_natural_a_free_1_selected_statistics				
	OBJECTID *	type	COUNT type	percentage
	1	beach	32	94.117647
	2	cliff	1	2.941176
	3	spring	1	2.941176

Εικόνα 4. 25 Απόσπασμα αποτελέσματος του εργαλείου “Type field completeness” για τη Φύση στην Κοϊμπρα

4.2.3. Τοπο – εννοιολογικοί έλεγχοι

Οι τοπο-εννοιολογικοί έλεγχοι εφαρμόζονται προκειμένου να εξαχθούν τα τοπολογικά και ταυτόχρονα εννοιολογικά σφάλματα που υπάρχουν μεταξύ των Σημείων Ενδιαφέροντος και των υπόλοιπων θεματικών επιπέδων ως προς το είδος και τη γεωμετρία τους, μέσω ενός συνόλου κανόνων. Ωστόσο, η εφαρμογή του εργαλείου σε 8 διαφορετικές πόλεις, απαιτούσε την περαιτέρω διερεύνηση των Σημείων Ενδιαφέροντος της κάθε πόλης ώστε να διαπιστωθεί εάν οι κανόνες που προϋπήρχαν στο εργαλείο (Ζαχαροπούλου, 2018) και είχαν διατυπωθεί για την Αθήνα ικανοποιούν και μπορούν να οδηγήσουν σε ένα σωστό αποτέλεσμα εξαγωγής των σφαλμάτων ως προς την παράμετρο της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας και για άλλες ευρωπαϊκές πόλεις.

Μέσα από τη διαδικασία των ελέγχων πληρότητας δεν διαπιστώθηκε μόνο αν υπάρχει έλλειψη πληροφορίας των θεματικών επιπέδων ως προς το είδος τους, αλλά δόθηκαν και πληροφορίες που αφορούν στην ποικιλία του είδους των Σημείων Ενδιαφέροντος για τις οκτώ (8) πόλεις. Οι πληροφορίες αυτές ήταν σημαντικές καθώς το εργαλείο **Consistency and Completeness checks** είχε δημιουργηθεί αρχικά για τις ανάγκες της προπτυχιακής εργασίας στην οποία η περιοχή ενδιαφέροντος ήταν η Αθήνα (Ζαχαροπούλου, 2018).

Σε αρκετές πόλεις όπως για παράδειγμα το Παρίσι και το Βερολίνο που το σύνολο των Σημείων Ενδιαφέροντος είναι πολύ μεγάλο σε σύγκριση με αυτό της Αθήνας, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ποικιλία Σημείων Ενδιαφέροντος ως προς το είδος καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή του εργαλείου χωρίς κάποιες αλλαγές ίσως να μην οδηγούσε στην ακριβή σύγκριση και αξιολόγηση των σφαλμάτων για όλες τις πόλεις.

Αρχικά όταν αναφερόμαστε σε **Σημεία Ενδιαφέροντος** εννοούμε τα παρακάτω είδη βάσει των στοιχείων του OSM:

- Σημεία Διαμονής
- Τράπεζες
- Καφετέριες – Εστιατόρια
- Αλυσίδες Καταστημάτων
- Εκπαίδευση
- Ψυχαγωγία – Πολιτισμός
- Πρατήρια Καυσίμων
- Καζίνο
- Αγορές
- Σημεία Θρησκευτικού Ενδιαφέροντος
- Υγεία
- Αξιοθέατα
- Πάρκα
- Μεταφορές – Συγκοινωνίες
- Υπηρεσίες
- Δημόσιοι Χώροι

Αυτά αποτελούν ορισμένες από τις κατηγορίες που υπάρχουν. Τα σημεία αυτά έχουν κάποιες προκαθορισμένες τοπολογικές σχέσεις ως προς τις άλλες χωρικές οντότητες. Για παράδειγμα, οι Υπηρεσίες και τα Σημεία Διαμονής πρέπει να βρίσκονται εντός κτηρίων και όχι πάνω σε δρόμο, τα σημεία που αφορούν τις Συγκοινωνίες όπως Στάσεις Λεωφορείων πρέπει να βρίσκονται εκτός κτηρίων αλλά εκτός δρόμου κ.τ.λ. Έτσι εξηγείται η ορολογία “ τοπο – ενοιολογική” διότι τα σημεία αυτά πρέπει να είναι ορθά τοπολογικά σε σχέση με τα άλλα θεματικά επίπεδα ώστε να εξασφαλίζεται η λογική συνέπεια των δεδομένων συνδυάζοντας παράλληλα και την έννοια τους.

Για να ελεγχθεί η τοπο-εννοιολογική συνέπεια, το εργαλείο εφαρμόζει ένα σύνολο κανόνων που εκφράζονται μέσω των ακόλουθων επτά (7) κατηγοριών:

1. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που πρέπει να βρίσκονται **εντός Κτηρίων** (POIs must be inside buildings).
2. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται **εκτός Οδικού Δικτυού** (POIs of roads that must be outside of Roads).
3. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται **εκτός Κτηρίων** (POIs of roads that must be outside of Buildings).
4. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο που πρέπει να βρίσκονται **επάνω στο Οδικό Δίκτυο** (POIs that should be on Roads).
5. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που πρέπει να βρίσκονται **εκτός των πολυγώνων της Φύσης** (POIs must be outside of Natural).
6. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που εννοιολογικά σχετίζονται με το Σιδηροδρομικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται **επάνω στο Σιδηροδρομικό Δίκτυο** (POIs that should be on Railways).
7. **Σημεία Ενδιαφέροντος** που πρέπει να βρίσκονται **εκτός Κτηρίων** (POIs that must be outside of Buildings).

Ύστερα από τροποποιήσεις, που έγιναν ώστε η σύγκριση και η εξαγωγή των σφαλμάτων να αφορά τα σημεία που είναι κοινά σε όλες τις πόλεις, παρουσιάζονται τα είδη των Σημείων Ενδιαφέροντος που ανήκουν σε κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες (Πίνακας 4.5α και Πίνακας 4.5β και Πίνακας 4.5γ).

POIs must be inside buildings	POIs of roads that must be outside of Roads	POIs of roads that must be outside of Buildings	POIs that should be on Roads	POIs must be outside of Natural	POIs that should be on Railways	POIs that must be outside of Buildings
arts_centre	bicycle_rental	bus_stop	crossing	bus_stop	railway_station	archaeological
atm	bus_stop	crossing	motorway_junction	butcher		artwork
bakery	camera_surveillance	motorway_junction	traffic_signals	cafe		attraction
bank	car_dealership	stop	turning_circle	car_dealership		bench
bar	car_rental	street_lamp		car_rental		drinking_water
beauty_shop	fuel	taxi		cinema		fountain
beverages	parking	traffic_signals		clothes		kiosk
bicycle_shop	parking_bicycle	turning_circle		college		memorial
bookshop	parking_underground			community_centre		monument
butcher	stop			computer_shop		picnic_site
cafe	street_lamp			convenience		playground
car_dealership				dentist		ruins
cinema				department_store		viewpoint
clothes				doctors		post_box
college				doityourself		recycling
community_centre				fast_food		recycling_glass
computer_shop				fire_station		recycling_paper
convenience				florist		shelter
dentist				fuel		telephone
department_store				furniture_shop		tourist_info
doctors				gift_shop		waste_basket
doityourself				greengrocer		toilet

Πίνακας 4. 5α Κατηγορίες τοπο-εννοιολογικών κανόνων των ΣΕ με άλλα θεματικά επίπεδα για τις 8 ευρωπαϊκές πόλεις

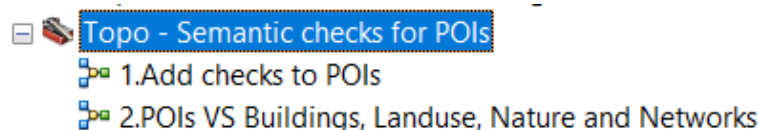
POIs must be inside buildings	POIs of roads that must be outside of Roads	POIs of roads that must be outside of Buildings	POIs that should be on Roads	POIs must be outside of Natural	POIs that should be on Railways	POIs that must be outside of Buildings
fast_food				guesthouse		vending_any
fire_station				hairdresser		
florist				hostel		
furniture_shop				hotel		
gift_shop				jeweller		
greengrocer				kindergarten		
guesthouse				kiosk		
hairdresser				laundry		
hostel				library		
hotel				mobile_phone_shop		
jeweller				museum		
kindergarten				nightclub		
laundry				optician		
library				outdoor_shop		
mobile_phone_shop				parking		
museum				parking_bicycle		
nightclub				pharmacy		
optician				pitch		
outdoor_shop				police		
pharmacy				post_office		
police				pub		
post_office				restaurant		
pub				school		

Πίνακας 4. 5β Κατηγορίες τοπο-εννοιολογικών κανόνων των ΣΕ με άλλα θεματικά επίπεδα για τις 8 ευρωπαϊκές πόλεις

POIs must be inside buildings	POIs of roads that must be outside of Roads	POIs of roads that must be outside of Buildings	POIs that should be on Roads	POIs must be outside of Natural	POIs that should be on Railways	POIs that must be outside of Buildings
restaurant				shoe_shop		
school				sports_centre		
shoe_shop				sports_shop		
sports_centre				supermarket		
sports_shop				taxi		
supermarket				theatre		
theatre				toy_shop		
toy_shop				travel_agent		
travel_agent				veterinary		
veterinary				vending_any		

Πίνακας 4. 5γ Κατηγορίες τοπο-ενοσιολογικών κανόνων των ΣΕ με άλλα θεματικά επίπεδα για τις 8 ευρωπαϊκές πόλεις

Το εργαλείο εφαρμογής των ελέγχων που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται **“Topo-Semantic checks for POIs”** και βρίσκεται στο συνολικό λογισμικό ελέγχου **Consistency and Completeness checks** (Εικόνα 4.26). Το εργαλείο αυτό εκτελέστηκε 8 φορές, μία φορά για κάθε πόλη.



Εικόνα 4. 26 Εργαλείο Topo-Semantic checks for POIs

Αρχικά έγινε η προσθήκη των επτά (7) κατηγοριών που περιέχουν τους κανόνες σε κάθε point feature class της κάθε πόλης μέσω του Tool **“1. Add checks to POIs”**. Μέσω αυτού του εργαλείου προστέθηκαν σε κάθε Attribute Table των Point Features καινούργια πεδία που ανάλογα με το είδος του Σημείου, όπως παρουσιάστηκε και στους Πίνακες 4.5α, 4.5β και 4.5γ, κατηγοριοποιούνται σε επτά (7) διαφορετικούς ελέγχους (Εικόνα 4.27, Εικόνα 4.28, Εικόνα 4.29, Εικόνα 4.30, Εικόνα 4.31, Εικόνα 4.32, Εικόνα 4.33). Επίσης, κάθε Attribute table θα περιέχει και τις στήλες checkcat1, checkcat2, checkcat3, checkcat4, checkcat5, checkcat6, checkcat7 οι οποίες προς το παρόν θα είναι κενές (Null) και θα λάβουν αργότερα τιμές με τα αποτελέσματα των ελέγχων (error ή correct).

type	name	catigorie1
restaurant	Adega Típica Pharmácia	POIs must be inside buildings
cafe	Café Casa da Barba	POIs must be inside buildings
pharmacy	Farmácia Lima Natário	POIs must be inside buildings
pharmacy	Farmácia Antunes	POIs must be inside buildings
college	St. Paul's School	POIs must be inside buildings
school		POIs must be inside buildings
pharmacy	Farmácia Lusitana	POIs must be inside buildings
college	Colégio de São Teotónio	POIs must be inside buildings
college	Colégio Rainha Santa	POIs must be inside buildings
cafe	Café Dom João	POIs must be inside buildings
pub	New On The Rocks	POIs must be inside buildings
bar	B'qs	POIs must be inside buildings
cafe	Correia	POIs must be inside buildings
hotel	Residencial Botânico	POIs must be inside buildings
pub	Bar Botânico	POIs must be inside buildings
cafe	A Tasquinha do João	POIs must be inside buildings
restaurant		POIs must be inside buildings
school	Escola Primária	POIs must be inside buildings
restaurant	Dom Duarte II	POIs must be inside buildings
cafe	Esquininha	POIs must be inside buildings
cafe	Mónaco	POIs must be inside buildings
cafe	Tetris	POIs must be inside buildings
post office	Estação de Correios do Vale da	POIs must be inside buildings
pharmacy	Farmácia Rocha	POIs must be inside buildings
supermarket	Pingo Doce	POIs must be inside buildings
restaurant	Taberna Costa	POIs must be inside buildings
post office		POIs must be inside buildings
pharmacy	Farmácia Barros	POIs must be inside buildings
arts centre	Associação Cultural e Recreativ	POIs must be inside buildings
supermarket	Intermarché	POIs must be inside buildings
supermarket	MiniPreço	POIs must be inside buildings
butcher	Talho Bento	POIs must be inside buildings
bank	BPI	POIs must be inside buildings
restaurant	Restaurante O Pentágono	POIs must be inside buildings
school	Escola Professor Doutor Ferrer	POIs must be inside buildings
post office	CTT	POIs must be inside buildings
pharmacy		POIs must be inside buildings
fire station	Bombeiros Voluntários de Mira	POIs must be inside buildings
cafe	Café O Trevo	POIs must be inside buildings
sports centre	Pavilhão Gimnodesportivo de S	POIs must be inside buildings
pharmacy	Farmácia Fonseca	POIs must be inside buildings
supermarket	Intermarché	POIs must be inside buildings

Εικόνα 4. 27 Απόσπασμα για catigorie1 – POIs must be inside buildings και type

type	name	catigorie2
bus stop	Zwijnsbergen	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwijnsbergen	POIs of roads that must be outside of Roads
parking bicycle	Zwerfkei	POIs of roads that must be outside of Roads
parking bicycle	Zwerfkei	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwenkgras	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwenkgras	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwemstrand Haarijn	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad de Duker	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad de Duker	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad Blauwkapel	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad Blauwkapel	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwembad	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwaaiplein	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zwaaiplein	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuilenselaan	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuilenselaan	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuilensebrug	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuilensebrug	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuiderbreedte	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuiderbreedte	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuid	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zuid	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zorcqcentrum Zuilenstein	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zorcqcentrum Zuilenstein	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zorcqcentrum De Lichtenberg	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zorcqcentrum De Lichtenberg	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonnewijzer	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonneplein	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonneplein	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonnehof-West	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonnehof-Oost	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonnebaan	POIs of roads that must be outside of Roads
bus stop	Zonnebaan	POIs of roads that must be outside of Roads
parking	Zonnebaan	POIs of roads that must be outside of Roads

Εικόνα 4. 28 Απόσπασμα για catigorie2 – POIs of roads that must be outside of Roads και type

type	name	catigorie3
bus stop	Zwinglihaus	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwinglihaus	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwinglihaus	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwinglihaus	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwinggarten	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwinggarten	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwillikon Gemeindeplatz	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zwielplatz	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zweierhof	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zweidlergraben	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zweidlergraben	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zweidlen/Rheinsfelden	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zweidlen/Rheinsfelden	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zweidlen Bahnhof	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zweiackerstrasse	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zweiackerstrasse	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zürichweg	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zürichstrasse	POIs of roads that must be outside of Buildings
bus stop	Zürichstrasse	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich Wollishofen	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich Wollishofen	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich Wiedikon	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich West	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich West	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich West	POIs of roads that must be outside of Buildings
motorway junction	Zürich Unterstrass	POIs of roads that must be outside of Buildings

Εικόνα 4. 29 Απόσπασμα για catigorie3 – POIs of roads that must be outside of Buildings και type

type	name	catigorie4
turning circle	Villa du Cep	POIs that should be on Roads
crossing	Traboule	POIs that should be on Roads
turning circle	Square Charles Gounod	POIs that should be on Roads
turning circle	Square Camille Saint-Saens	POIs that should be on Roads
motorway junction	Saint-Germain Laxis	POIs that should be on Roads
motorway junction	Saint-Germain Laxis	POIs that should be on Roads
crossing	Rue des Bourdonnais	POIs that should be on Roads
traffic signals	Rond Point de la Glandée	POIs that should be on Roads
traffic signals	Rond-Point Pierre Semard	POIs that should be on Roads
turning circle	Rond-Point du Belvédère	POIs that should be on Roads
motorway junction	Quai d'Ivry	POIs that should be on Roads
motorway junction	Quai d'Ivry	POIs that should be on Roads
motorway junction	Quai d'Issy	POIs that should be on Roads
motorway junction	Quai d'Issy	POIs that should be on Roads
crossing	Porte Saint-Gilles	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte Molitor	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte Maillot	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte Maillot	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte Maillot	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte du Pré-Saint-Gervais	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte Dorée	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte des Ternes	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte des Lilas	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte des Lilas	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte de Vincennes	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte de Vincennes	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte de Vanves	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte de Vanves	POIs that should be on Roads
motorway junction	Porte de Sèvres	POIs that should be on Roads

Εικόνα 4. 30 Απόσπασμα για catigorie4 – POIs of roads that should be on Roads και type

type	name	catigorie5
questhouse	Ότεπυ Επιδαυρος	POIs must be outside of Natural
school	Όδειο Μουσικής Πράξης	POIs must be outside of Natural
bus stop	ΌΔΕΙΟ	POIs must be outside of Natural
bus stop	ΨΥΓΕΙΑ	POIs must be outside of Natural
cafe	Ψιψίνα	POIs must be outside of Natural
convenience	Ψιλικά	POIs must be outside of Natural
convenience	Ψιλικά	POIs must be outside of Natural
museum	Ψηφιακό Μουσείο της Ακαδημίας Π	POIs must be outside of Natural
fast food	Ψητοπωλείο	POIs must be outside of Natural
fast food	Ψητοπωλείο	POIs must be outside of Natural
pharmacy	Ψαρρός Δημήτριος	POIs must be outside of Natural
restaurant	Ψαρατβέρνα στου Γιώργου	POIs must be outside of Natural
pharmacy	ΨΑΡΙΑΝΟΣ ΑΔΑΜΑΝΤΙΟΣ ΚΑΙ ΣΙΑ	POIs must be outside of Natural
convenience	Χύμα... κατάσταση	POIs must be outside of Natural
pharmacy	Χρυσομάλλη Αρετή	POIs must be outside of Natural
furniture shop	Χρυσοβιτσιώτης	POIs must be outside of Natural
greengrocer	Χρυσή Καρδιά	POIs must be outside of Natural
clothes	Χρυσάνθη	POIs must be outside of Natural
cafe	Χρονοκαψούρα	POIs must be outside of Natural
optician	Χριστοπούλου	POIs must be outside of Natural
hairdresser	Χριστίνα	POIs must be outside of Natural
clothes	Χριστάκης	POIs must be outside of Natural
bus stop	ΧΡΗΣΤΟΜΑΝΟΥ	POIs must be outside of Natural
bus stop	ΧΡΗΣΤΟΜΑΝΟΥ	POIs must be outside of Natural
bus stop	ΧΡΕΜΩΝΙΔΟΥ	POIs must be outside of Natural
pharmacy	Χουλιάρα	POIs must be outside of Natural
cafe	Χουζούρι	POIs must be outside of Natural
nightclub	Χοροστάσιο	POIs must be outside of Natural
school	Χοροκίνηση	POIs must be outside of Natural
theatre	Χοροθέατρο Δώρας Στράτου	POIs must be outside of Natural
restaurant	Χόβολη	POIs must be outside of Natural

Εικόνα 4. 31 Απόσπασμα για catigorie5 – POIs must be outside of Natural και type

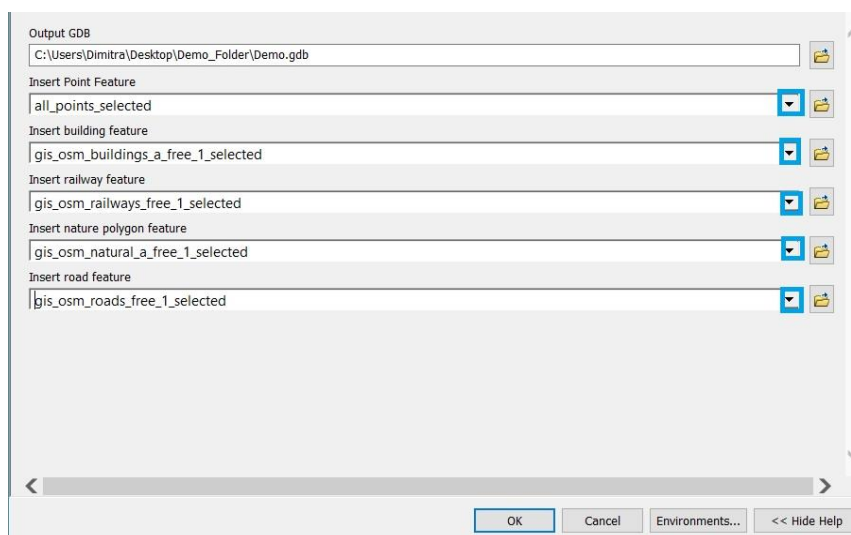
type	name	catigorie6
railway station	S Tiergarten	POIs that should be on Railways
railway station	S Westend	POIs that should be on Railways
railway station	S Wannsee	POIs that should be on Railways
railway station	S Pichelsberg	POIs that should be on Railways
railway station	S Grunewald	POIs that should be on Railways
railway station	Berlin Zoologischer Garten	POIs that should be on Railways
railway station	U Ruhleben	POIs that should be on Railways
railway station	S Karow	POIs that should be on Railways
railway station	U Amrumer Straße	POIs that should be on Railways
railway station	U Zoologischer Garten	POIs that should be on Railways
railway station	U Kurfürstendamm	POIs that should be on Railways
railway station	U Güntzelstraße	POIs that should be on Railways
railway station	U Berliner Straße	POIs that should be on Railways
railway station	U Friedrich-Wilhelm-Platz	POIs that should be on Railways
railway station	U Walther-Schreiber-Platz	POIs that should be on Railways
railway station	U Schloßstraße	POIs that should be on Railways
railway station	U Rathaus Steglitz	POIs that should be on Railways
railway station	U Französische Straße	POIs that should be on Railways
railway station	S Beusselstraße	POIs that should be on Railways
railway station	U Theodor-Heuss-Platz	POIs that should be on Railways
railway station	U Neu-Westend	POIs that should be on Railways
railway station	U Deutsche Oper	POIs that should be on Railways
railway station	U Ernst-Reuter-Platz	POIs that should be on Railways
railway station	U Lindauer Allee	POIs that should be on Railways
railway station	U Jannowitzbrücke	POIs that should be on Railways

Εικόνα 4. 32 Απόσπασμα για catigorie6 – POIs must be on Railways και type

type	name	catigorie7
attraction	Zwergziege	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Zwei kämpfende Ritter	POIs that must be outside of Buildings
memorial	Zwangarbeit	POIs that must be outside of Buildings
attraction	Zur schönen Laterne	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Zum Waffen-Schmied	POIs that must be outside of Buildings
attraction	Zum süßen Eck	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Zugberg - Maurer Wald	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Zu Huf oder Pfote	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Zirbenskulpturen	POIs that must be outside of Buildings
picnic site	Zigeunerbrünnl	POIs that must be outside of Buildings
vending any	Zigaretten-Automat	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Zierleiten	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Zerreiche	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Zeitweise	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Zeichen	POIs that must be outside of Buildings
attraction	Zebamanquste	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Zapfenwerfen	POIs that must be outside of Buildings
fountain	Yunus-Emre-Brunnen	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Yunus-Emre-Brunnen	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Wurzeln	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Wunderwesen Baum	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	WUK Infobüro	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Wolfgang Amadeus Mozart S	POIs that must be outside of Buildings
memorial	Wolfgang Amadeus Mozart S	POIs that must be outside of Buildings
memorial	Wolfgang Amadeus Mozart	POIs that must be outside of Buildings
tourist info	Wohnhausanlage der Gemein	POIs that must be outside of Buildings
artwork	Wohnen seit 1919	POIs that must be outside of Buildings
kiosk	Wofinger	POIs that must be outside of Buildings
fountain	Witve-von-Sarepta-Brunnen	POIs that must be outside of Buildings

Εικόνα 4. 33 Απόσπασμα για catigorie7 – POIs that must be outside of Buildings και type

Στη συνέχεια ακολούθησε η εκτέλεση του εργαλείου “**2.POIs VS Buildings, Landuse, Nature and Networks**”, όπου ανάλογα με την κατηγορία που έχει το κάθε σημείο υλοποιεί τον έλεγχο, και βρίσκει αυτά που είναι λανθασμένα. Το εργαλείο αυτό ζητά την εισαγωγή της γεωβάσης που βρίσκονται τα δεδομένα, έπειτα τα σημεία (Point Feature) δηλαδή τη σημειακή οντότητα που προστέθηκαν πριν ως νέα πεδία οι παραπάνω κατηγορίες και τέλος τα κτήρια (Building Feature), το οδικό δίκτυο (Road Feature), το σιδηροδρομικό δίκτυο (Railway Feature) και τα πολύγωνα της φύσης (Natural Polygon Feature) (Εικόνα 4.34).



Εικόνα 4.34 Περιεχόμενο του εργαλείου Εργαλείο 2.POIs VS Buildings, Landuse, Nature and Network.

Μετά την επιτυχή εκτέλεση του εργαλείου για τις οκτώ (8) πόλεις, τα αποτελέσματα ήταν τα ακόλουθα. Στο γενικό Point Feature class που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο όλων των Σημείων Ενδιαφέροντος και περιέχει και τα πεδία των **κατηγοριών ελέγχου (catigorie1-catigorie7)**, προστέθηκαν επιπλέον οι τιμές στα **πεδία (checkcat1-checkcat7) error ή correct** ανάλογα με το αν το σημείο πέρασε τον έλεγχο ή όχι, καθώς και τα νέα **πεδία απόστασης**. Τα πεδία απόστασης είναι δύο (2) για κάθε κατηγορία και το ένα αναφέρεται στο **OBJECTID** του Feature class που ήταν στον έλεγχο με την ονομασία **near_** ακολουθούμενο από το αντίστοιχο feature class και τον αριθμό της κατηγορίας και το δεύτερο αναφέρεται στην απόσταση του σημείου από το αντίστοιχο feature class του ελέγχου με την ονομασία **near_distance** ακολουθούμενο από τον αριθμό της κατηγορίας. Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 4.35), (Εικόνα 4.36) φαίνεται στον πίνακα ιδιοτήτων (Attribute table) του Point feature class για το κάθε είδος του σημείου ενδιαφέροντος (*type*), στο πεδίο **catigorie1** τον τίτλο της κατηγορίας **POIs must be inside of buildings**, στο πεδίο **catigorie2** τον τίτλο της κατηγορίας **POIs of roads that must be outside of Road**, στα αντίστοιχα πεδία **checkcat1, checkcat2** το αν πέρασε (**correct**) ή όχι τον έλεγχο (**error**) ή αν δεν συμμετείχε στον έλεγχο (**Null**), το **OBJECTID** του feature class ως προς το οποίο ελέγχθηκε στο πεδία **near_building1, near_road2** και την απόστασή του από αυτό **near_distance1, near_diastance2**. Σε περίπτωση που ο έλεγχος επαληθεύεται, η τιμή της απόστασης θα είναι Null καθώς υπολογίζεται μόνο για τα σφάλματα. Τα αντίστοιχα ισχύουν για όλες τις κατηγορίες και στο Point Feature class μπορείτε να τα δείτε όλα μαζί σε έναν πίνακα.

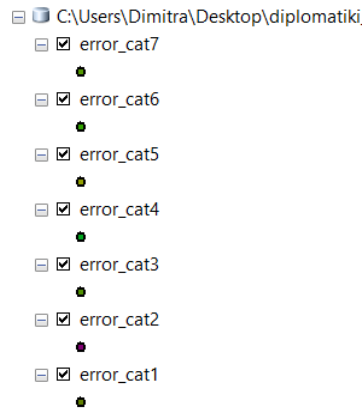
type	name	catigorie1	checkcat1	near_building1	near_distance1
cafe	카페	POIs must be inside buildings	error	17040	695.892906751858
supermarket	마트	POIs must be inside buildings	error	4135	113.887258344025
cafe	Ceapor	POIs must be inside buildings	error	16438	2.73053383010962
bar	Zeitgeist Caffé	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
clothes	Zé Surf Shop	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
optician	Zé Optica	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
restaurant	Zé Neto	POIs must be inside buildings	error	10087	5.30939418691905
restaurant	Zé Manel dos Ossos	POIs must be inside buildings	error	10226	4.35187773541029
bar	XL Bar	POIs must be inside buildings	error	4928	16.4587174257649
fast food	Wurstmeister	POIs must be inside buildings	error	10150	1.77650096940821
bar	Wine Bar Estúdio 24	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
bar	What's Up Doc	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
clothes	W52	POIs must be inside buildings	error	4178	5.12241657613665
restaurant	Volta & Meia	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
gift_shop	Vodafone	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
mobile phone shop	Vodafone	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
mobile phone shop	Vodafone	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
pub	Vintage Caffé	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
bar	Vinharia da Sé	POIs must be inside buildings	error	16588	8.17342879148234
hotel	Villa Pampilhosa Hotel	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
restaurant	Villa Lausana	POIs must be inside buildings	error	8068	158.666000709028
cafe	Viaduto	POIs must be inside buildings	error	1515	40.5486317029321
veterinary	VetMondego	POIs must be inside buildings	error	1386	59.4344686511842
veterinary	Vetcondeixa	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
veterinary	Vetargus	POIs must be inside buildings	correct	<Null>	<Null>
car_dealership	Vera Passione	POIs must be inside buildings	error	4672	2.47385673833929

Εικόνα 4.35 Περιεχόμενο του χωρικού πίνακα της σημειακής οντότητας για την Κοϊμπρα.

type	catigorie2	checkcat2	near_road2	near_distance2
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
parking_bicycle	POIs of roads that must be outside of Roads	error	104223	0
parking_bicycle	POIs of roads that must be outside of Roads	error	104731	0
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	correct	<Null>	<Null>
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	error	89458	0
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	error	89457	0
bus stop	POIs of roads that must be outside of Roads	error	87902	0

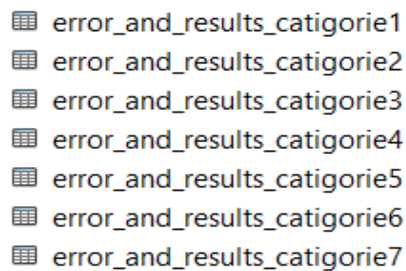
Εικόνα 4.36 Περιεχόμενο του χωρικού πίνακα της σημειακής οντότητας για την Ουτρέχτη.

Εκτός από το γενικό πίνακα των σημείων που υπάρχουν όλες οι κατηγορίες και τα αποτελέσματα συνολικά, για τα εσφαλμένα σημεία αποκλειστικά δημιουργούνται επτά (7) νέα feature classes με ονομασία error_cat1, error_cat2, error_cat3, error_cat4, error_cat5, error_cat6, error_cat7 όπου το καθένα περιέχει **τα σημεία που αποτελούν σφάλματα της κάθε κατηγορίας** (Εικόνα 4.37). Ο χωρικός πίνακας του κάθε feature class από τα παραπάνω θα περιέχει το πεδίο **checkcat** που υπάρχει σε κάθε οντότητα και θα έχει την τιμή error, την απόσταση του κάθε σημείου από το Feature class ως προς το οποίο ελέγχθηκε (Near Distance) καθώς και τον κωδικό του (OBJECTID).



Εικόνα 4.37 Τα επτά *feature classes* που περιέχουν τα σφάλματα της κάθε κατηγορίας

Τέλος, για κάθε κατηγορία ελέγχου, δημιουργούνται επτά (7) πίνακες στατιστικών, ένας για κάθε κατηγορία με ονομασία ***error_and_results_catigorie*** (Εικόνα 4.38) όπου ο καθένας περιέχει για την αντίστοιχη κατηγορία τον συνολικό αριθμό των σφαλμάτων (***Number of errors***), τον συνολικό αριθμό που ελέγχθηκε (***Number of features checked***), και το ποσοστό των σφαλμάτων (***percentage of errors***) (Εικόνα 4.39).



Εικόνα 4. 38 Επτά πίνακες στατιστικών για την κάθε κατηγορία

error_and_results_categorie7			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked	percentage of errors7
1	9376	60666	15,455115

error_and_results_categorie6			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked	percentage of errors6
1	514	762	67,454068

error_and_results_categorie5			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked	percentage of errors5
1	1	100436	0,000996

error_and_results_categorie4			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked	percentage of error4
1	929	149584	0,621056

error_and_results_categorie3			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked	percentage of error3
1	974	196299	0,496182

error_and_results_categorie2			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked *	percentage of error2
1	8165	63355	12,887696

error_and_results_categorie1			
OBJECTID *	Number of errors	Number of features checked	percentage of error1
1	10715	62976	17,014418

Εικόνα 4. 39 Πίνακες με στατιστικούς δείκτες της κάθε κατηγορίας για το Παρίσι

Η εφαρμογή του παραπάνω εργαλείου είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή ενός συνόλου σφαλμάτων για κάθε μία από τις επτά κατηγορίες ελέγχου και για κάθε πόλη. Στην επόμενη ενότητα γίνεται η αξιολόγηση του εργαλείου, συγκρίνοντας και ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα μεταξύ των πόλεων. Τα σφάλματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του εργαλείου ελέγχου της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας αποτέλεσαν τα δεδομένα οπτικοποίησης στη διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5, η οποία δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να δει τα αποτελέσματα ανά περιοχή αλλά και να τα συγκρίνει σε σχέση με τις υπόλοιπες πόλεις τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

4.3. Αποτελέσματα και αξιολόγηση του εργαλείου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του εργαλείου στις πόλεις, πρώτα για τους ελέγχους της πληρότητας και έπειτα για τους τοπο-εννοιολογικούς ελέγχους, και στη συνέχεια ακολουθεί η αξιολόγησή του.

4.3.1. Πληρότητα και πληροφόρηση ως προς το είδος

Η επιτυχής εφαρμογή των ελέγχων πληρότητας είχε ως αποτέλεσμα να ενημερωθούμε τόσο για την έλλειψη ή μη περιγραφικής πληροφορίας ως προς τις τιμές του πεδίου που αναφέρεται στο είδος των θεματικών επιπέδων, όσο και για την ποικιλία των ειδών ανά πόλη.

Καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως σχεδόν όλα τα θεματικά επίπεδα των πόλεων ήταν πλήρη ως προς την πληροφορία του είδους και με πλούσιο περιεχόμενο, εκτός από το θεματικό επίπεδο των κτηρίων, όπου εκεί υπήρχε σημαντική έλλειψη πληροφορίας και το θεματικό επίπεδο της φύσης που είχε μικρό σύνολο διαφορετικών τιμών.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.6 παρουσιάζεται για κάθε πόλη η αντίστοιχη ποικιλία διαφορετικών τιμών στο πεδίο του είδους για κάθε θεματικό επίπεδο.

Πόλη	Σημεία Ενδιαφέροντος	Κτήρια	Οδικό δίκτυο	Σιδηροδρομικό δίκτυο	Φύση	Χρήσεις Γης	Υδρολογικό δίκτυο
Αθήνα	117	46	20	5	1	16	3
Θεσσαλονίκη	109	29	22	1	0	13	2
Παρίσι	186	183	27	8	7	19	4
Ουτρέχτη	169	117	27	5	1	18	4
Κοϊμπρα	150	51	26	2	3	19	4
Βερολίνο	173	195	26	6	2	19	4
Βιέννη	168	103	26	5	1	19	4
Ζυρίχη	172	105	27	6	2	19	4

Πίνακας 4.6 Σύνολο διαφορετικών τιμών στο πεδίο του είδους (type) για τα θεματικά επίπεδα για τις 8 πόλεις.

Παρατηρείται λοιπόν πως υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών ανά πόλη, με μεγαλύτερο σύνολο να έχει το Παρίσι και το Βερολίνο και σημαντικά μικρότερο η Θεσσαλονίκη. Στην περίπτωση των Σημείων Ενδιαφέροντος που μας ενδιαφέρουν για τους ελέγχους, παρατηρήθηκε ότι σε όλες τις πόλεις εκτός από την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, το σύνολο των διαφορετικών τιμών του είδους ήταν πολύ μεγάλο, ενώ υπήρχαν πολλά διαφορετικά είδη σημείων που σχετίζονται με θρησκευτικά μνημεία. Το γεγονός αυτό οδήγησε και στην κατάλληλη προσαρμογή των μετέπειτα τοπο-εννοιολογικών ελέγχων, ώστε η σύγκριση να είναι σωστή και ακριβής.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.7 παρουσιάζεται για κάθε πόλη το αντίστοιχο ποσοστό έλλειψης πληροφορίας του είδους για το θεματικό επίπεδο των κτηρίων.

Πόλη	Ποσοστό έλλειψης πληροφορίας του είδους (type) των κτηρίων
Αθήνα	97.27%
Θεσσαλονίκη	74.58%
Παρίσι	97.83%
Ουτρέχτη	44.39%
Κοϊμπρα	72.56%
Βερολίνο	72.88%
Βιέννη	89.25%
Ζυρίχη	81.19%

Πίνακας 4. 7 Συγκριτικά αποτελέσματα των πόλεων ως προς το ποσοστό της ελλιπούς πληροφορίας του είδους στο θεματικό επίπεδο των κτηρίων τους

Παρατηρείται ότι τα ποσοστά έλλειψης πληροφορίας του είδους στα κτήρια είναι πολύ μεγάλα, με μεγαλύτερο αυτό του Παρισιού (97,83%) και της Αθήνας (97,27%), γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα σε χρήστες οι οποίοι χρειάζονται την πληροφορία του είδους των κτηρίων για τις εργασίες τους.

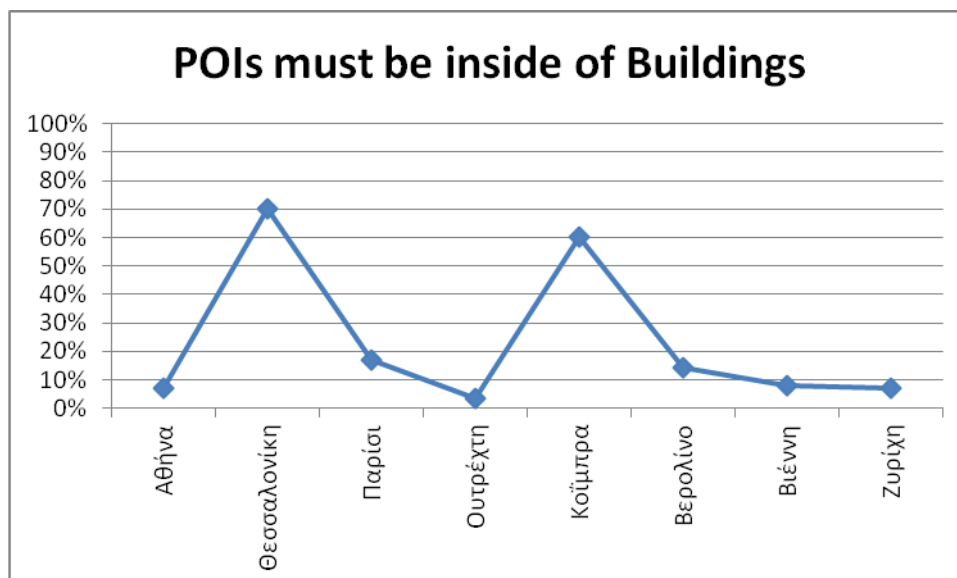
4.3.2. Τοπο-εννοιολογική συνέπεια

Στους τοπο – εννοιολογικούς ελέγχους που εφαρμόστηκαν μεταξύ των ΣΕ και των υπόλοιπων θεματικών επιπέδων ως προς τη γεωμετρία και την ακρίβεια της θέσης των σημείων, τα σφάλματα ανά πόλη ήταν λίγα. Στην κατηγορία **Σημεία Ενδιαφέροντος που εννοιολογικά σχετίζονται με το Σιδηροδρομικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται επάνω στο Σιδηροδρομικό Δίκτυο (POIs that should be on Railways)** βρέθηκαν τα περισσότερα σφάλματα σε όλες τις πόλεις, τα οποία όμως χρειάστηκαν περαιτέρω διερεύνηση η οποία αναλύεται παρακάτω για το αν είναι λάθος ή σωστά, ενώ στην κατηγορία **Σημεία Ενδιαφέροντος που πρέπει να βρίσκονται εκτός των πολυγώνων της Φύσης (POIs must be outside of Natural)** βρέθηκαν τα λιγότερα σφάλματα. Παρακάτω παρουσιάζονται σε πίνακες τα συγκριτικά αποτελέσματα των πόλεων με το ποσοστό των σφαλμάτων ανά κατηγορία ελέγχου και δίνονται κάποιες επεξηγήσεις ως προς αυτά.

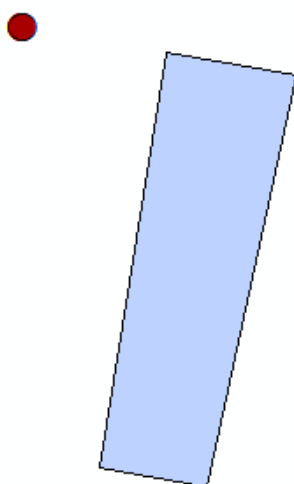
Στην κατηγορία 1 **Σημεία Ενδιαφέροντος που πρέπει να βρίσκονται εντός Κτηρίων (POIs must be inside buildings)**, τα περισσότερα σφάλματα τα είχε η Θεσσαλονίκη σε ποσοστό 70.23% (Πίνακας 4.8, Διάγραμμα 4.1), ενώ τα λιγότερα η Ουτρέχτη (3.48%). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν Σημεία Ενδιαφέροντος όπως καφετέριες, σχολεία, φαρμακεία, σούπερ-μάρκετ τα οποία θα έπρεπε να βρίσκονται μέσα στο θεματικό επίπεδο των κτηρίων (Εικόνα 4.40). Οι πόλεις Αθήνα, Βερολίνο, Ουτρέχτη Ζυρίχη και Βιέννη παρουσιάζουν ποσοστό σφάλματος μικρότερο από 15%, το Παρίσι και το Βερολίνο μεσαίες τιμές (< 20%), ενώ υψηλές τιμές της τάξης του 60 – 70% δηλαδή πάνω από τα μισά παρουσιάζουν η Θεσσαλονίκη και η Κοϊμπρα.

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs must be inside of Buildings</i>
Αθήνα	7.21%
Θεσσαλονίκη	70.23%
Παρίσι	17.01%
Ουτρέχτη	3.48%
Κοϊμπρα	60.16%
Βερολίνο	14.08%
Βιέννη	8.06%
Ζυρίχη	7.08%

Πίνακας 4.8 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs must be inside of Buildings* ανά πόλη.



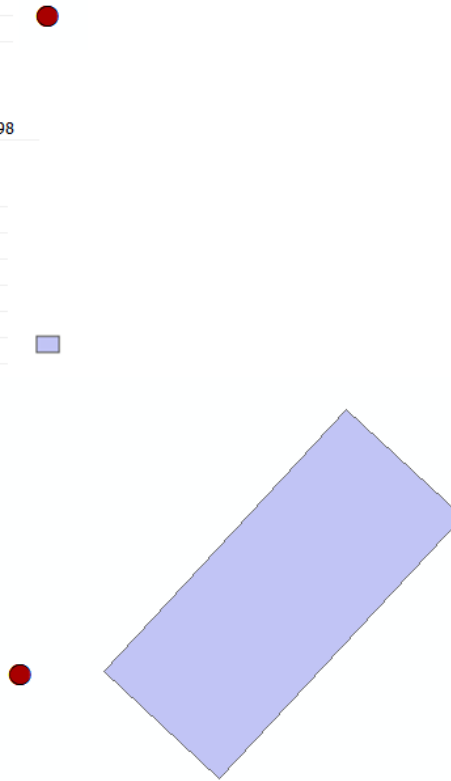
Διάγραμμα 4. 1 Σημεία Ενδιαφέροντος που πρέπει να βρίσκονται εντός Κτηρίων.



Εικόνα 4.40 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας *POIs must be inside of Buildings* για τη σημειακή οντότητα που αντιπροσωπεύει μία καφετέρια.

Σε περιπτώσεις όπως η συγκεκριμένη κατηγορία ελέγχου, η πληροφορία της απόστασης αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη. Η σημειακή οντότητα των σφαλμάτων περιέχει στον πίνακα ιδιοτήτων της, δύο (2) πεδία απόστασης. Το ένα αναφέρεται στον κωδικό του στοιχείου του θεματικού επιπέδου που ήταν στον έλεγχο (στην περίπτωση της Εικόνας 4.40 στον κωδικό του κτηρίου) και το δεύτερο αναφέρεται στην απόσταση του σημείου από αυτό το στοιχείο. Έτσι, ο χρήστης είναι σε θέση να γνωρίζει τόσο την τιμή της απόστασης του εσφαλμένου σημείου, όσο και το ακριβές στοιχείο ως προς το οποίο ελέγχθηκε (Εικόνα 4.41).

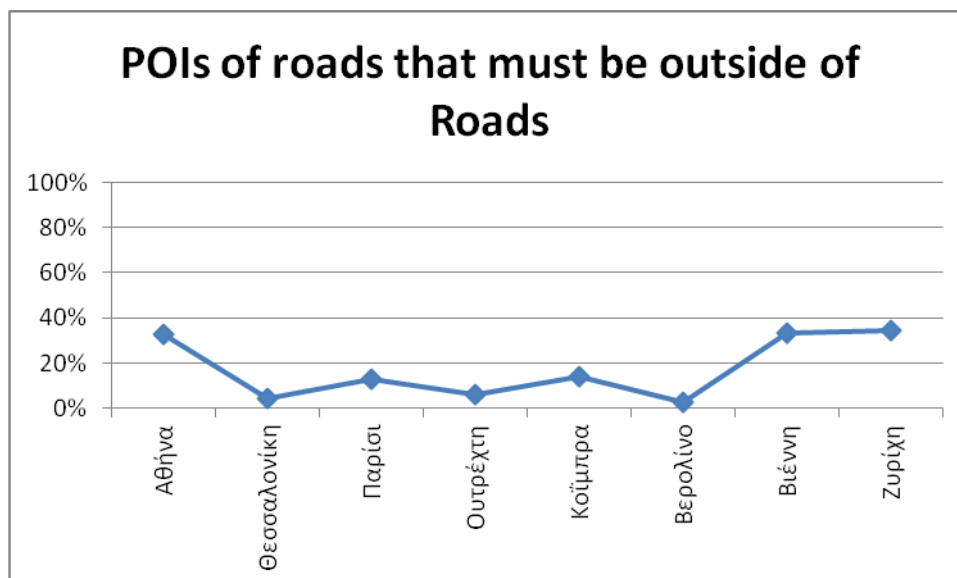
OBJECTID	915
osm_id	5164585526
Shape	Point
type	gift_shop
near_building1	2832
near_distance1	8,18865606625698
Field	Value
code	1500
name	ΕΔΟΘ
OBJECTID	2832
osm_id	239134959
Shape	Polygon
Shape_Area	541.918679
Shape_Length	100.924506



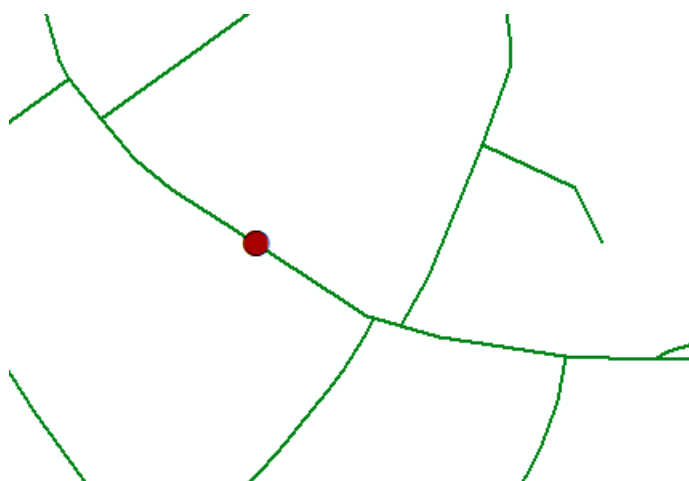
Εικόνα 4.41 Παράδειγμα πληροφόρησης ως προς την τιμή της απόστασης και τον κωδικό του στοιχείου με το οποίο ελέγχθηκε το ΣΕ

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs of roads that must be outside of Roads</i>
Αθήνα	32.73%
Θεσσαλονίκη	4.37%
Παρίσι	12.88%
Ουτρέχτη	5.91%
Κοϊμπρα	13.72%
Βερολίνο	2.45%
Βιέννη	33.2%
Ζυρίχη	34.4%

Πίνακας 4.9 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs of roads that must be outside of Roads* ανά πόλη.



Διάγραμμα 4. 2 Σημεία Ενδιαφέροντος που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται εκτός Οδικού Δικτύου (POIs of roads that must be outside of Roads).



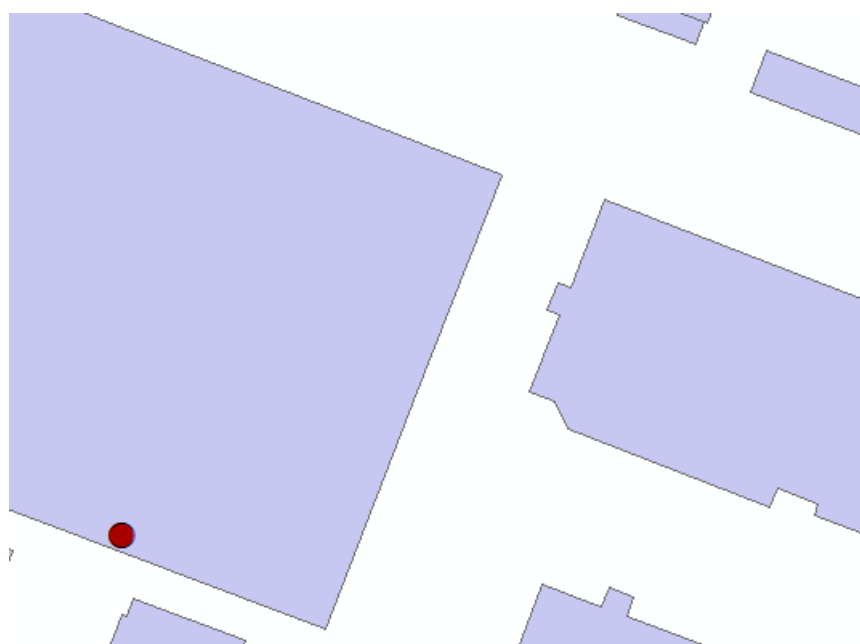
Εικόνα 4.42 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Roads όπου η στάση λεωφορείου είναι πάνω στο οδικό δίκτυο.

Στην κατηγορία 2 **Σημεία Ενδιαφέροντος που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται εκτός Οδικού Δικτύου (POIs of roads that must be outside of Roads)**, ανήκουν σημεία όπως οι στάσεις λεωφορείου, τα πάρκινγκ, οι λάμπες δρόμου, κ.ά., τα οποία σχετίζονται με τους δρόμους, πρέπει να βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτούς αλλά όχι πάνω (Εικόνα 4.42). Το μεγαλύτερο ποσοστό σφαλμάτων παρατηρήθηκε στη Ζυρίχη (34.4%) ενώ το μικρότερο ποσοστό στο Βερολίνο (2.45%) όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.9 και στο Διάγραμμα 4.2. Οι πόλεις Βερολίνο, Θεσσαλονίκη και Ουτρέχτη παρουσιάζουν ποσοστό σφάλματος μικρότερο από 6%, το Παρίσι και η Κοϊμπρα μεσαίες τιμές (< 14%), ενώ υψηλές τιμές της τάξης του 30% παρουσιάζουν η Αθήνα, η Βιέννη και η Ζυρίχη.

Στην κατηγορία 3 **Σημεία Ενδιαφέροντος που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται εκτός Κτηρίων (POIs of roads that must be outside of Buildings)**, ανήκουν σημεία όπως στάσεις λεωφορείου, διασταυρώσεις, φωτεινοί σηματοδότες, κ.ά, τα οποία δεν θα έπρεπε να βρίσκονται μέσα στο θεματικό επίπεδο των κτηρίων. Το ποσοστό το σφαλμάτων για όλες τις πόλεις στην κατηγορία αυτή ήταν πολύ μικρότερο του 1%, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.10.

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs of roads that must be outside of Buildings</i>
Αθήνα	0.85%
Θεσσαλονίκη	0.55%
Παρίσι	0.49%
Ουτρέχτη	0.50%
Κοϊμπρα	0.57%
Βερολίνο	0.29%
Βιέννη	0.21%
Ζυρίχη	0.39%

Πίνακας 4.10 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs of roads that must be outside of Buildings* ανά πόλη.



Εικόνα 4.43 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας *POIs of roads that must be outside of Buildings* όπου η σημειακή οντότητα που αντιπροσωπεύει μία διασταύρωση βρίσκεται μέσα στο κτήριο.

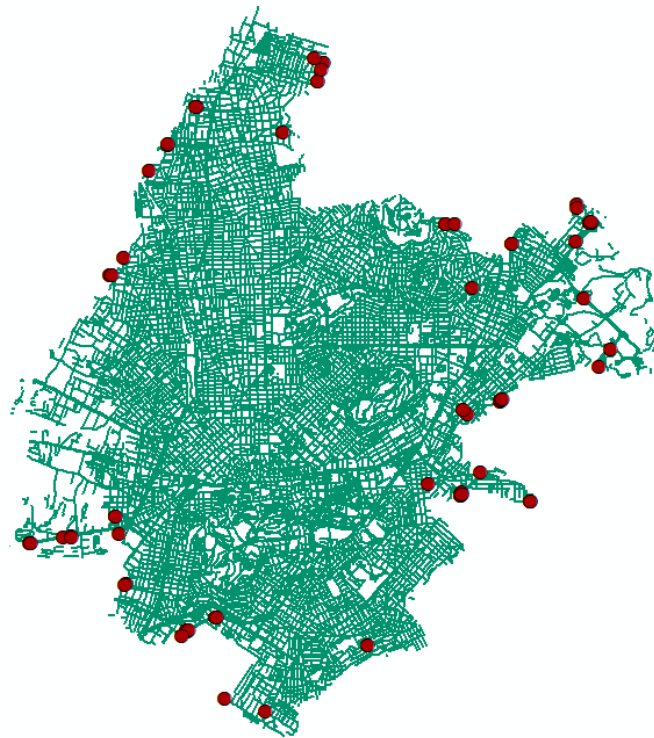
Στην κατηγορία 4 **Σημεία Ενδιαφέροντος που εννοιολογικά σχετίζονται με το Οδικό Δίκτυο που πρέπει να βρίσκονται επάνω στο Οδικό Δίκτυο (POIs that should be on Roads)**, ανήκουν σημεία όπως διασταυρώσεις, φωτεινοί σηματοδότες, σημεία αναστροφής.

Αν και το ποσοστό των σφαλμάτων ήταν πολύ μικρό για όλες τις πόλεις (Πίνακας 4.11), μικρότερο του 3%, παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα σφάλματα βρίσκονταν περιμετρικά του οδικού δικτύου λόγω του ότι από το συνολικό οδικό δίκτυο της κάθε χώρας επιλέχθηκε ένα κομμάτι που αντιπροσώπευε την πόλη ενδιαφέροντος, με αποτέλεσμα να αποκοπεί το δίκτυο, τα σημεία να μην πέφτουν πάνω σε αυτό και να χαρακτηρίζονται ως σφάλματα (Εικόνα 4.44).

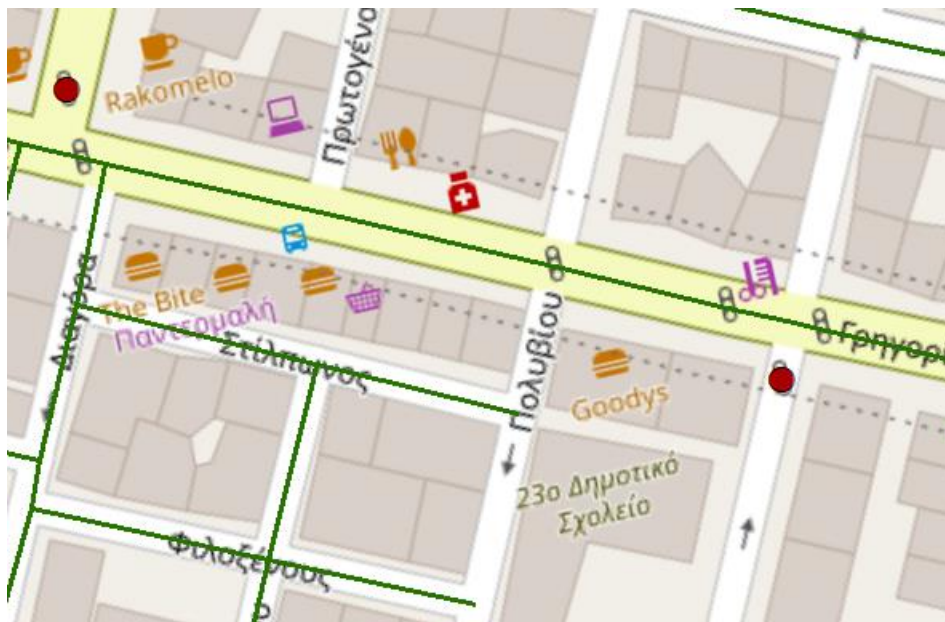
Μελετώντας τα σφάλματα της κατηγορίας αυτής που βρίσκονταν στο κέντρο της πόλης και όχι περιμετρικά, παρατηρήθηκε έλλειψη καταγραφής του οδικού δικτύου. Συγκεκριμένα, τοποθετώντας ως υπόβαθρο το OpenStreetMap διαπιστώθηκε ότι αρκετοί δρόμοι, που υπήρχαν στο υπόβαθρο και τα σημεία έπεφταν πάνω σε αυτούς, δεν υπήρχαν στο θεματικό επίπεδο του οδικού δικτύου που λήφθηκε από την ιστοσελίδα Geofabric με αποτέλεσμα τα σημεία να χαρακτηριστούν ως σφάλματα (Εικόνα 4.45).

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs that should be on Roads</i>
Αθήνα	2.91%
Θεσσαλονίκη	2.85%
Παρίσι	0.62%
Ουτρέχτη	0.36%
Κοϊμπρα	1.39%
Βερολίνο	0.38%
Βιέννη	0.76%
Ζυρίχη	0.55%

Πίνακας 4.11 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs that should be on Roads* ανά πόλη.



Εικόνα 4.44 Παράδειγμα σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads όπου τα περισσότερα βρίσκονται περιμετρικά του οδικού δικτύου.



Εικόνα 4.45 Παράδειγμα σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads όπου παρατηρείται έλλειψη καταγραφής τμημάτων του οδικού δικτύου στα αρχεία που λήφθηκαν.

Στην κατηγορία 5 **Σημεία Ενδιαφέροντος που πρέπει να βρίσκονται εκτός των πολυγώνων της Φύσης (POIs must be outside of Natural)**, παρατηρήθηκαν τα λιγότερα σφάλματα (< 1%) με κάποιες πόλεις να μην έχουν καθόλου εσφαλμένα σημεία (Πίνακας 4.12). Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι τα θεματικά επίπεδα των πολυγώνων της φύσης ήταν πολύ λίγα σε αριθμό σε όλες τις πόλεις, γεγονός που δικαιολογεί και το μικρό αριθμό σφαλμάτων.

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs must be outside of Natural</i>
Αθήνα	0.016%
Θεσσαλονίκη	0%
Παρίσι	0.001%
Ουτρέχτη	0%
Κοϊμπρα	0.048%
Βερολίνο	0.005%
Βιέννη	0%
Ζυρίχη	0%

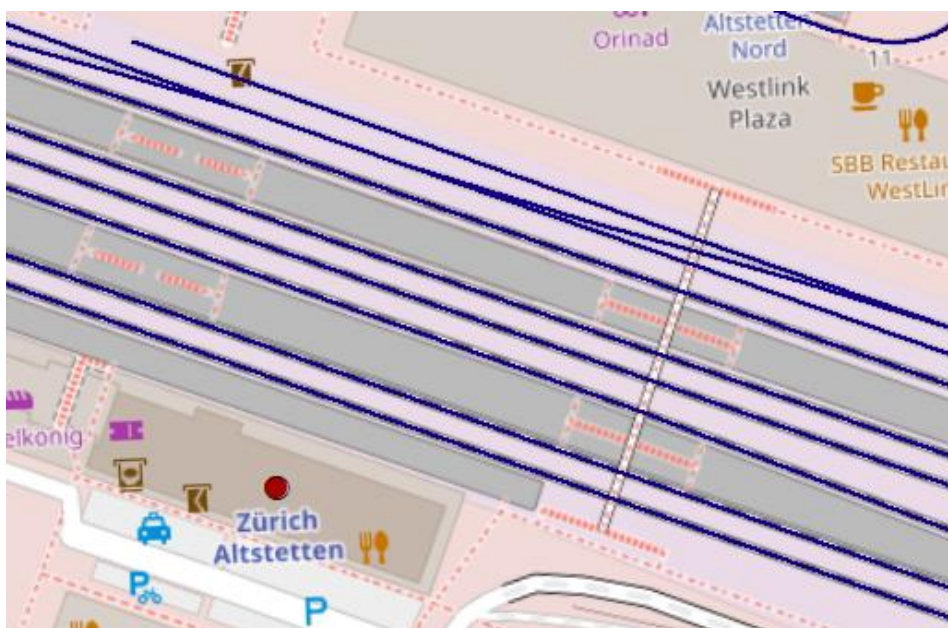
Πίνακας 4.12 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs must be outside of Natural* ανά πόλη.

Στην κατηγορία 6 **Σημεία Ενδιαφέροντος που εννοιολογικά σχετίζονται με το Σιδηροδρομικό Δίκτυο και πρέπει να βρίσκονται επάνω στο Σιδηροδρομικό Δίκτυο (POIs that should be on Railways)**, ανήκε μόνο ένα είδος σημείου ενδιαφέροντος, οι σιδηροδρομικές στάσεις, ωστόσο ήταν η κατηγορία με το μεγαλύτερο αριθμό σφαλμάτων από 70 έως και 100% (Πίνακας 4.13).

Κάνοντας μία παραπάνω διερεύνηση παρατηρήθηκε ότι ενώ η σιδηροδρομική στάση (railway station) χαρακτηρίζεται από τις ετικέτες του OSM, όπως έχουν προσδιοριστεί από την κοινότητα του έργου, ως το μέρος όπου σταματάνε οι συρμοί και γίνεται η επιβίβαση/αποβίβαση, οι εθελοντές χρήστες τις περισσότερες φορές έχουν δώσει αυτή την ετικέτα στις εισόδους των σταθμών με αποτέλεσμα το εργαλείο να βγάλει ένα μεγάλο αριθμό σφαλμάτων (Εικόνα 4.46). Σε περιπτώσεις σαν κι αυτή, ένας χρήστης που θα επιθυμούσε παραπάνω εξακρίβωση των σφαλμάτων μπορεί να χρησιμοποιήσει την πληροφορία της απόστασης. Στην σημειακή οντότητα που περιέχει τα σφάλματα της κατηγορίας αυτής (error_cat6) υπάρχει στον πίνακα ιδιοτήτων μία στήλη με το όνομα *near_distance6* όπου αναγράφεται για κάθε σημειακή οντότητα η απόστασή της από το θεματικό επίπεδο του σιδηροδρομικού δικτύου με το οποίο έγινε ο έλεγχος. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να ορίσει ως μέγιστη απόσταση τα 5 ή 10 μέτρα και να δει σε αυτό το εύρος τα σφάλματα που υπάρχουν στην κατηγορία αυτή, καθώς σφάλματα που συνδέονται με μεγάλες τιμές απόστασης πιθανώς αφορούν τα σημεία που έχουν καταγραφεί εξ αρχής λανθασμένα στην είσοδο του σταθμού.

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs that should be on Railways</i>
Αθήνα	77.77%
Θεσσαλονίκη	100%
Παρίσι	67.45%
Ουτρέχτη	62.5%
Κοϊμπρα	93.75%
Βερολίνο	99.27%
Βιέννη	100%
Ζυρίχη	96.69%

Πίνακας 4.13 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs that should be on Railways* ανά πόλη.



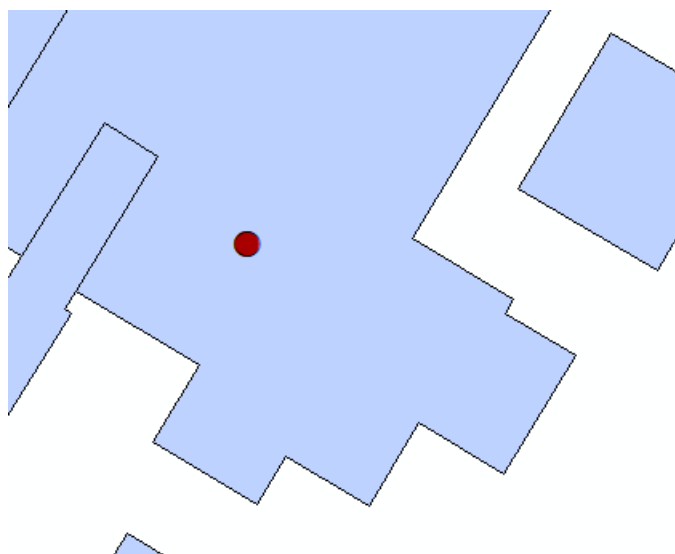
Εικόνα 4.46 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας *POIs that should be on Railways* το οποίο έχει εξ αρχής καταγραφεί λανθασμένα στην είσοδο του σταθμού.

Στην κατηγορία 7 **Σημεία Ενδιαφέροντος που πρέπει να βρίσκονται εκτός Κτηρίων (*POIs that must be outside of Buildings*)**, τα σφάλματα δεν ήταν πολλά, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.14 με τιμές από 3 έως 9% και μόνο το Βερολίνο παρουσιάζει τιμές της τάξης του 15%. Αν και τα περισσότερα σημεία θα έπρεπε να βρίσκονται εκτός των κτηρίων (Εικόνα 4.47) σύμφωνα και με τις ετικέτες του OSM, όπως έχουν προσδιοριστεί από την κοινότητα του έργου, επειδή ο χαρακτήρας κάποιων σημείων από αυτά δεν είναι απόλυτος, οντότητες όπως οι κάδοι

ανακύκλωσης ή τα παγκάκια, που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία, ενδέχεται να μπορούν να βρίσκονται και μέσα σε κάποιο κτήριο. Συνεπώς, προτείνεται μετά την εκτέλεση αυτής της κατηγορίας ελέγχου ο χρήστης, εφόσον το επιθυμεί, να κάνει μία επιπλέον διερεύνηση των σφαλμάτων.

Πόλη	Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας <i>POIs that must be outside of Buildings</i>
Αθήνα	7.41%
Θεσσαλονίκη	3.39%
Παρίσι	15.45%
Ουτρέχτη	3.69%
Κοϊμπρα	5.57%
Βερολίνο	6.70%
Βιέννη	8.42%
Ζυρίχη	5.89%

Πίνακας 4.14 Ποσοστό σφαλμάτων της κατηγορίας *POIs that must be outside of Buildings* ανά πόλη.



Εικόνα 4.47 Παράδειγμα σφάλματος της κατηγορίας *POIs that must be outside of Buildings*, όπου η σημειακή οντότητα που αντιπροσωπεύει ένα σιντριβάνι βρίσκεται μέσα στο κτήριο.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.15 παρουσιάζονται για όλες τις πόλεις τα συνολικά αποτελέσματα όλων των κατηγοριών ελέγχου.

<i>Πόλη</i>	<i>POIs must be inside of Buildings</i>	<i>POIs of roads that must be outside of Roads</i>	<i>POIs of roads that must be outside of Buildings</i>	<i>POIs that should be on Roads</i>	<i>POIs must be outside of Natural</i>	<i>POIs that should be on Railways</i>	<i>POIs that must be outside of Buildings</i>
Αθήνα	7.21%	32.73%	0.85%	2.91%	0.016%	77.77%	7.41%
Θεσσαλονίκη	70.23%	4.37%	0.55%	2.85%	0%	100%	3.39%
Παρίσι	17.01%	12.88%	0.49%	0.62%	0.001%	67.45%	15.45%
Ουτρέχτη	3.48%	5.91%	0.50%	0.36%	0%	62.5%	3.69%
Κοϊμπρα	60.16%	13.72%	0.57%	1.39%	0.048%	93.75%	5.57%
Βερολίνο	14.08%	2.45%	0.29%	0.38%	0.005%	99.27%	6.70%
Βιέννη	8.06%	33.2%	0.21%	0.76%	0%	100%	8.42%
Ζυρίχη	7.08%	34.4%	0.39%	0.55%	0%	96.69%	5.89%

Πίνακας 4.15 Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων με τα ποσοστά των σφαλμάτων της κάθε κατηγορίας ανά πόλη

Σύμφωνα με τον συγκεντρωτικό πίνακα των αποτελεσμάτων η πόλη που έχει συνολικά τον μικρότερο αριθμό σφαλμάτων στις κατηγορίες είναι η Ουτρέχτη. Αντίθετα, η πόλη που σύμφωνα με τα αποτελέσματα έχει τον μεγαλύτερο αριθμό σφαλμάτων είναι η Θεσσαλονίκη. Πέρα από αυτή τη γενική παρατήρηση δεν υπάρχει κάποια συνολική τάση των δεικτών ανά πόλη. Οι μεγαλύτερες τιμές σφάλματος παρουσιάζονται σε σχέση με τα σημεία ενδιαφέροντος και τα κτήρια, αν εξαιρέσουμε τα σφάλματα που σχετίζονται με το σιδηροδρομικό δίκτυο για τους λόγους που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Διαπιστώνεται ότι πέρα από τις τιμές, η οπτικοποίηση των σφαλμάτων και οι αποστάσεις ως προς τα σχετιζόμενα αντικείμενα συνεισφέρουν στη διαμόρφωση μιας ορθότερης εικόνας της ποιότητας,

4.4. Αξιολόγηση του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ

Η εφαρμογή του εργαλείου στις πόλεις ήταν επιτυχής και καλύπτει μεγάλο εύρος των δεικτών αξιολόγησης της ποιότητας. Οι δείκτες δεδομένων που υλοποιήθηκαν περιγράφουν πλήρως το θέμα της πληρότητας των δεδομένων ως προς την περιγραφική πληροφορία του είδους τους, καθώς και το θέμα της συνέπειας μέσω των τοπο-εννοιολογικών ελέγχων. Οι δείκτες δεδομένων αφορούν το εννοιολογικό μοντέλο των γεωγραφικών δεδομένων του OSM.

Η υλοποίηση των παραπάνω δεικτών δεδομένων για την πληρότητα και τη συνέπεια αναπτύχθηκε στο ΣΓΠ ArcGIS αξιοποιώντας τα εργαλεία τοπολογίας και άλλα αναλυτικά εργαλεία που διατίθενται και στη συνέχεια τροποποιήθηκε ώστε να καλύπτει τις ανάγκες των οκτώ (8) ευρωπαϊκών πόλεων. Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε η σωστή αξιολόγηση της ποιότητάς τους και τα αποτελέσματα εξετάζονται και συγκριτικά ώστε να υπάρχει μία πιο γενική

εικόνα για την αξιοπιστία του συνόλου δεδομένων του OSM και του τρόπου που λειτουργούν οι χρήστες ανά περιοχή.

Το εργαλείο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο τόσο στην αξιολόγηση της ποιότητας ενός συνόλου εθελοντικών δεδομένων στο πλαίσιο της έρευνάς της, όσο και στην παροχή βοήθειας σε χρήστες, οι οποίοι δεν έχουν κάποια συγκεκριμένη γνώση του θέματος και επιθυμούν περαιτέρω πληροφόρηση για τις συγκεκριμένες παραμέτρους της ποιότητας αλλά και για το σύνολο δεδομένων που διαθέτουν. Ένας χρήστης μπορεί με τον έλεγχο πληρότητας να πληροφορηθεί για το ποσοστό των δεδομένων που φέρουν ιδιότητες και το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων ώστε να αποφασίσει για την καταλληλότητα χρήσης στην εφαρμογή που επιθυμεί. Επιπλέον από τον εντοπισμό των τοπο – εννοιολογικών ελέγχων πληροφορείται για το ποσοστό διατάραξης των δοκίμων σχέσεων των δεδομένων και στη συνέχεια μπορεί να αποφασίσει αν αυτό το ποσοστό μπορεί να γίνει αποδεκτό ή πρέπει να διερευνηθεί κατά περίπτωση.

Το λογισμικό ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ καταφέρει να εφαρμόζει ελέγχους συνδυάζοντας τη γεωμετρία αλλά και τις ιδιότητες των χωρικών οντοτήτων, ξεπερνώντας τις δυνατότητες του ArcGIS που περιορίζονται συνήθως σε ένα μόνο θεματικό επίπεδο το οποίο συμμετέχει συνολικά σε έναν τοπολογικό έλεγχο χωρίς να είναι δυνατή η επιλογή επιμέρους στοιχείων για συγκεκριμένους ελέγχους. Μπορεί να εφαρμοστεί στα δεδομένα του OSM για πόλεις που λαμβάνονται από την ιστοσελίδα Geofabrik χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη γνώση του περιεχομένου του OSM ούτε του ArcGIS. Το λογισμικό αναλαμβάνει το μετασχηματισμό των δομών και την εφαρμογή των ελέγχων στα γεωγραφικά δεδομένα που του υποδεικνύει ο χρήστης.

Παράλληλα το εργαλείο είναι έτσι δομημένο ώστε να είναι δυνατή η ανανέωση του περιεχομένου των τοπο – εννοιολογικών ελέγχων με προσθήκη νέων ειδών ΣΕ στους υπάρχοντες ελέγχους ή ακόμα και τη δόμηση νέων κανόνων ανάμεσα σε οντότητες του OSM που δεν συμμετείχαν στους παρόντες ελέγχους.

Το εργαλείο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να πληροφορείται τα αποτελέσματα της εφαρμογής τόσο γραφικά με απόδοση σε χάρτη όσο και σε πίνακες στατιστικών στοιχείων. Για τη βελτίωση της επικοινωνίας της ποιότητας στον χρήστη δημιουργήθηκε η διαδικτυακή εφαρμογή οπτικοποίησης των δεικτών που περιγράφουν την ποιότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Δημιουργία διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής για την οπτικοποίηση της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας

Στο Κεφάλαιο 4 έγινε η παρουσίαση του λογισμικού ελέγχου της συνέπειας της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας και των δεικτών αξιολόγησης της ποιότητας που περιλαμβάνει. Στη συνέχεια, το εργαλείο ελέγχου εφαρμόστηκε σε οκτώ ευρωπαϊκές πόλεις προκειμένου να αξιολογηθεί το σύνολο των εθελοντικών δεδομένων τους ως προς την πληρότητα και την τοπο-εννοιολογική συνέπεια. Για τον δείκτη της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας διατυπώθηκαν κανόνες οι οποίοι εφαρμόστηκαν μέσα από επτά (7) κατηγορίες ελέγχου που ορίζουν την τοπολογική και παράλληλα εννοιολογική σχέση που πρέπει να έχουν ορισμένα Σημεία Ενδιαφέροντος με τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα. Αποτέλεσμα του εργαλείου ήταν ένα σύνολο σφαλμάτων ανά κατηγορία στην κάθε πόλη.

Αν και το λογισμικό αυτό δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να πληροφορείται τα αποτελέσματα τόσο γραφικά, με απόδοση σε χάρτη, όσο και σε πίνακες στατιστικών στοιχείων, η οπτικοποίησή τους σε μία διαδικτυακή εφαρμογή κρίθηκε απαραίτητη ως μέσο διερεύνησης της ποιότητας καθώς προσφέρει διαδραστικές λειτουργίες, πληροφόρηση για κάθε μία πόλη και έλεγχο ξεχωριστά ή συνολικά ως γενική εικόνα για την αξιοπιστία του συνόλου δεδομένων του OSM και λειτουργίες καλύτερης κατανόησης της φύσης των σφαλμάτων.

Η οπτικοποίηση των σφαλμάτων που προέκυψαν από την εκτέλεση του λογισμικού ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ αποτελεί το αντικείμενο της διαδραστικής χαρτογραφικής εφαρμογής που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Σκοπός της εφαρμογής είναι η παρουσίαση των σφαλμάτων που οφείλονται στην τοπο-εννοιολογική συνέπεια ως παράμετρο της ποιότητας των εθελοντικών δεδομένων σε οκτώ (8) ευρωπαϊκές πόλεις, προσφέροντας διαδραστικές λειτουργίες που την καθιστούν πλήρως κατανοητή στον χρήστη που επιθυμεί να δει τα σφάλματα, να τα συγκρίνει αλλά και να ενημερωθεί τόσο για τις ποσοτικές τιμές του κάθε σφάλματος, όσο και για πληροφορίες που σχετίζονται με το είδος και την κατηγορία ελέγχου στο οποίο ανήκει.

Προκειμένου η οπτικοποίηση να είναι λειτουργική και η αξιολόγηση της συνέπειας να είναι πλήρως κατανοητή από τον χρήστη, η εφαρμογή θα πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Διαδραστικό μενού επικοινωνίας με το χρήστη
- Χάρτη υποβάθρου: συνήθως προσφέρονται ένας ή περισσότεροι χάρτες υποβάθρου που είναι διαθέσιμοι στο διαδίκτυο ως χαρτογραφικές υπηρεσίες π.χ. Google maps, OSM κ.ά. ή ακόμα και δορυφορικές εικόνες
- Θεματικοί χάρτες που προκύπτουν από τη χαρτογραφική απόδοση των δεικτών της ποιότητας επί του χάρτη υποβάθρου. Η χρήση του χάρτη του OpenStreetMap ως έτοιμο χαρτογραφικό υπόβαθρο στην εφαρμογή δεν επιτρέπει τη χρήση των εγγενών (intrinsic) μεθόδων οπτικοποίησης που αφορούν στη μεταβολή του συμβόλου που ήδη χρησιμοποιείται. Αξιοποιούνται οι εξωγενείς τεχνικές (extrinsic) που εισάγουν νέα γραφικά αντικείμενα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται κύκλοι με περίγραμμα σε διαφορετικές αποχρώσεις και απόλυτη διαφάνεια στο εσωτερικό του. Η οπτικοποίηση της

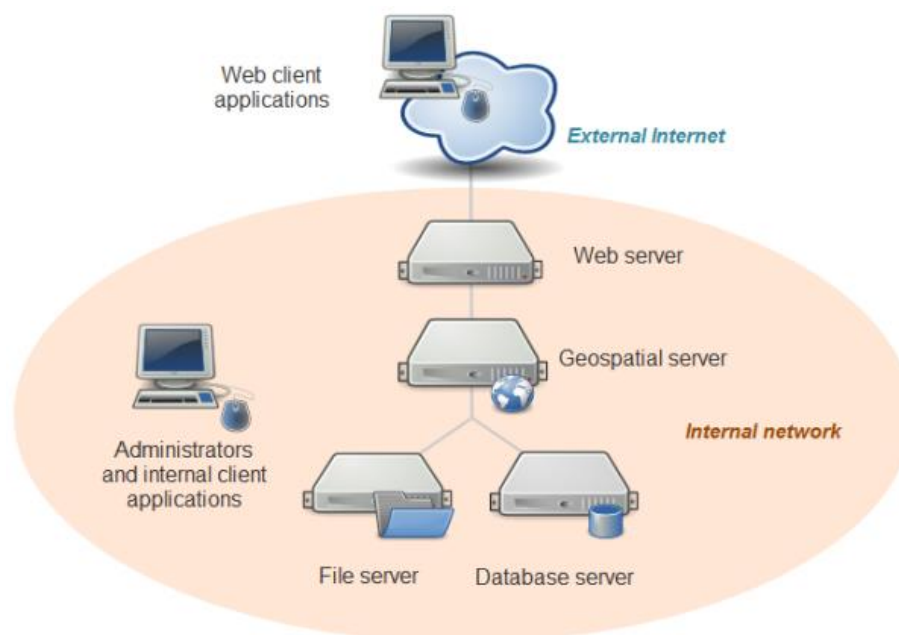
ποιότητας υπερτίθεται στον χάρτη. Η απόχρωση συνδέεται με τον έλεγχο ο οποίος εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό της εσωτερικής συνέπειας του συγκεκριμένου στοιχείου. Παράλληλα, εντός του κύκλου εμφανίζεται από τον χάρτη υπόβαθρο το σύμβολο της οντότητας που αποκαλύπτει την ταυτότητά της.

- Κατάλογο επιλογής του δείκτη που θα αποδίδεται
- Κατάλογο επιλογής του Χάρτη υπόβαθρο
- Δυνατότητα ανάκτησης πληροφοριών για τους δείκτες ποιότητας που αποδίδονται
- Υπόμνημα του συμβολισμού που χρησιμοποιείται κάθε φορά
- Απόδοση των δεικτών ποιότητας σε επίπεδο Ευρώπης και για κάθε χώρα
- Βασικά διαδραστικά εργαλεία των διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών όπως αλλαγή κλίμακας, μετάθεση, εργαλείο μέτρησης αποστάσεων κ.ά.,

Με αφετηρία τα παραπάνω κριτήρια, η εφαρμογή ξεκινάει με τον χάρτη της Ευρώπης που περιλαμβάνει τη χαρτογραφική απόδοση των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων όλων των πόλεων ανά κατηγορία ελέγχου, δίνοντας μία συνολική εικόνα μέσω στατιστικών δεικτών και τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης καθώς οι δείκτες θα αποδίδονται συγκεντρωτικά για κάθε κατηγορία. Στη συνέχεια, η εφαρμογή παρουσιάζει τη χαρτογραφική απόδοση των αποτελεσμάτων του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας για κάθε πόλη ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα ανά πόλη, δηλαδή τα σφάλματα των κατηγοριών ελέγχου θα έπρεπε να απεικονίζονται τόσο συνολικά όσο και ανά κατηγορία ώστε ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα, αν το επιθυμεί, να κάνει περαιτέρω διερεύνηση των σφαλμάτων. Για να επιτευχθεί αυτό κρίθηκε απαραίτητο να προστεθούν στην εφαρμογή διαδραστικές λειτουργίες, δυνατότητες ανάκτησης πληροφοριών που ενημερώνουν για τα δεδομένα της χαρτογραφικής απόδοσης.

5.1. Αρχιτεκτονική του συστήματος

Για τη δημιουργία ενός διαδικτυακού χάρτη χρειάζεται ένα περιβάλλον αποστολής και λήψης του αιτήματος όπως π.χ. ένας φυλλομετρητής ή ένα ΣΓΠ, καθώς και ένα περιβάλλον λήψης του αιτήματος και αποστολής της απάντησης, όπως π.χ. ο διαδικτυακός εξυπηρετητής Apache ή Jetty. Απαραίτητα είναι επίσης τα γεωγραφικά δεδομένα, τα οποία μπορεί να είναι μεμονωμένα αρχεία, βάσεις δεδομένων, δεδομένα από το διαδίκτυο κ.ά., καθώς και το περιβάλλον δημοσιοποίησής τους, ορισμού του συμβολισμού τους και δημιουργίας μίας χαρτοσύνθεσης. Ένα τέτοιο περιβάλλον, κατάλληλο για γεωγραφικά δεδομένα και χάρτες είναι ο διαδικτυακός εξυπηρετητής Geoserver. Τέλος για την ολοκλήρωση της χαρτογραφικής εφαρμογής χρειάζεται ένα περιβάλλον παρουσίασης του χάρτη, το οποίο δημιουργείται μέσω εργαλείων διαμόρφωσης ιστοσελίδων (html, css κ.ά.), ειδικές βιβλιοθήκες με βασικά εργαλεία π.χ. OpenLayers, Leaflet κ.ά. και γλώσσες προγραμματισμού που ενισχύουν τη διαδραστικότητα όπως π.χ. η Javascript (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1 Αρχιτεκτονική συστήματος για την δημιουργία διαδικτυακού χάρτη (Πηγή: <https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/684>).

Για την επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων της παρούσας εφαρμογής, βασικό ρόλο είχαν τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcMap και QGIS, ο εξυπηρετητής Geoserver και η γλώσσα προγραμματισμού Javascript με την εξειδικευμένη χαρτογραφική βιβλιοθήκη Leaflet. Τα αρχικά δεδομένα επεξεργάστηκαν στο περιβάλλον του ArcMap και στη συνέχεια δημοσιεύτηκαν στον Geoserver, όπου και ορίστηκε ο συμβολισμός τους. Στο περιβάλλον του QGIS δημιουργήθηκε ένα σύνολο από αρχεία σε μορφότυπο GeoJSON και με τη χρήση της γλώσσας Javascript και της βιβλιοθήκης Leaflet γράφτηκαν σενάρια με τα οποία ορίστηκαν οι διαδραστικές λειτουργίες του διαδικτυακού χάρτη. Η διαμόρφωση της ιστοσελίδας έγινε μέσω της HTML και CSS. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των παραπάνω ενεργειών για τη δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής.

5.2. Δημοσίευση των γεωγραφικών δεδομένων ως υπηρεσίες WMS στον εξυπηρετητή Geoserver και δημιουργία του συμβολισμού

Η προετοιμασία των θεματικών επιπέδων ξεκινά με τη δημοσίευσή τους στον Geoserver. Ο Geoserver είναι Ελεύθερο Λογισμικό/Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Java και αποτελεί έναν εξυπηρετητή γεωχωρικών δεδομένων και χαρτών στον οποίο είναι δυνατή η προβολή, η επεξεργασία και η δημοσίευση χωρικών δεδομένων και χαρτών. Χρησιμοποιεί τα ανοιχτά πρότυπα της Open Geospatial Consortium(OGC) όπως Web Map Service(WMS), Web Feature Service(WFS), Web Coverage Service(WCS), Style Layer Descriptor(SLD), Geography Markup Language(GML) κ.ά. Η διαδικασία οργάνωσης και δημοσίευσης των δεδομένων στον Geoserver ήταν η ακόλουθη.

Αρχικά, στο Workspace του Geoserver που αποτελεί έναν εικονικό χώρο αποθήκευσης και ομαδοποίησης των δεδομένων, δημιουργήθηκε ένα σύνολο από Stores. Τα Stores είναι μία δομή

που συνδέεται με μία πηγή δεδομένων, η οποία περιέχει διανυσματικά ή κανονικοποιημένα δεδομένα. Η πηγή δεδομένων μπορεί να είναι ένα μεμονωμένο αρχείο ή ένα σύνολο αρχείων, ένας πίνακας σε μία βάση δεδομένων, ένα κανονικοποιημένο αρχείο ή ένας κατάλογος (directory) με δεδομένα (Εικόνα 5.2).

New data source

Choose the type of data source you wish to configure

Vector Data Sources

- Directory of spatial files (shapefiles) - Takes a directory of shapefiles and exposes it as a data store
- GeoPackage - GeoPackage
- PostGIS - PostGIS Database
- PostGIS (JNDI) - PostGIS Database (JNDI)
- Properties - Allows access to Java Property files containing Feature information
- Shapefile - ESRI(tm) Shapefiles (*.shp)
- Web Feature Server (NG) - Provides access to the Features published a Web Feature Service, and the

Raster Data Sources

- ArcGrid - ARC/INFO ASCII GRID Coverage Format
- GeoPackage (mosaic) - GeoPackage mosaic plugin
- GeoTIFF - Tagged Image File Format with Geographic information
- ImageMosaic - Image mosaicking plugin
- WorldImage - A raster file accompanied by a spatial data file

Other Data Sources

- WMS - Cascades a remote Web Map Service
- WMTS - Cascades a remote Web Map Tile Service

Εικόνα 5.2 Επιλογές της πηγής δεδομένων που θα αποτελούν το Store στον Geoserver.

Για την παρούσα εφαρμογή επιλέχθηκε το Directory of spatial files (shapefiles) ως πηγή δεδομένων των Stores για τη δημοσίευση διανυσματικών δεδομένων, που στη συγκεκριμένη περίπτωση τα διανυσματικά δεδομένα προς δημοσίευση είναι για την κάθε πόλη τα επτά (7) αρχεία σε μορφότυπο shapefile που αποτελούν τα σφάλματα της κάθε κατηγορίας ελέγχου που προέκυψαν από την εκτέλεση του εργαλείου *Consistency and Completeness checks*. Έγινε η δημιουργία οκτώ (8) συνολικά Stores, ένα για κάθε πόλη, που το καθένα περιείχε τις επτά κατηγορίες σφαλμάτων (Εικόνα 5.3). Κατά τη δημιουργία των Stores χρησιμοποιήθηκε η κωδικοποίηση UTF-8.

Workspace	Store Name	Type
w_zaharopoulou	athens2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	berlin2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	coimbra2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	paris2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	thess2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	utrecht2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	wien2	Directory of spatial files (shapefiles)
w_zaharopoulou	zurich2	Directory of spatial files (shapefiles)

Εικόνα 5.3 Δημιουργία των οκτώ Stores, ένα για κάθε πόλη.

Ακολούθησε η δημοσίευση των δεδομένων που υπήρχαν στα Stores ως Layers (θεματικά επίπεδα). Η δημοσίευσή τους έγινε δίνοντας το κατάλληλο όνομα στο καθένα, προσδιορίζοντας τα Bounding Boxes τους και επιλέγοντας σε όλα ως Σύστημα Αναφοράς το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς WGS 84/ EPSG: 4326 (Εικόνα 5.4).

Title	Name
athens_error_cat1	w_zaharopoulou:athens_error_cat1
athens_error_cat2	w_zaharopoulou:athens_error_cat2
athens_error_cat3	w_zaharopoulou:athens_error_cat3
athens_error_cat4	w_zaharopoulou:athens_error_cat4
athens_error_cat5	w_zaharopoulou:athens_error_cat5
athens_error_cat6	w_zaharopoulou:athens_error_cat6
athens_error_cat7	w_zaharopoulou:athens_error_cat7

Εικόνα 5.4 Σύνολο το θεματικών επιπέδων (Layers) που δημοσιεύτηκαν για την Αθήνα.

Η επιλογή του Παγκόσμιου Συστήματος Αναφοράς ως σύστημα αναφοράς των θεματικών επιπέδων γίνεται διότι οι χάρτες της εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρο, οι οποίοι ουσιαστικά είναι δεδομένα που λαμβάνονται μέσω διαδικτύου ως εικόνες (π.χ. OpenStreetMap, Google Maps, Esri Maps), χρησιμοποιούν είτε αυτό το σύστημα αναφοράς (WGS 84) είτε την Web Mercator (EPSG: 3857) και δεν γίνεται να αλλάξουν προβολικό σύστημα, συνεπώς τα θεματικά δεδομένα θα έπρεπε να μετασχηματιστούν πριν την απόδοσή τους και να προσαρμοστούν σε αυτό (Εικόνα 5.5, Εικόνα 5.6).

Coordinate Reference Systems

Native SRS
 [EPSG:GGRS87 / Greek Grid...](#)

Declared SRS
 [EPSG:WGS 84...](#)

SRS handling

Bounding Boxes

Native Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
23.688869532539ε	37.950397683340ε	23.789069608580ε	38.026058226922ε

[Compute from data](#)
[Compute from SRS bounds](#)

Lat/Lon Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
23.688869532539ε	37.950397683340ε	23.789069608580ε	38.026058226922ε

[Compute from native bounds](#)

Εικόνα 5.5 Απόσπασμα επιλογών κατά τη διαδικασία δημοσιοποίησης των θεματικών επιπέδων της Αθήνας στον Geoserver

Coordinate Reference Systems

Native SRS
 [EPSG:ETRS89 / Portugal TM06...](#)

Declared SRS
 [EPSG:WGS 84...](#)

SRS handling

Bounding Boxes

Native Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
-8.3652081759186	40.2026110702987	-8.3651846242250	40.202629129011ε

[Compute from data](#)
[Compute from SRS bounds](#)

Lat/Lon Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
-8.3652081759186	40.2026110702987	-8.3651846242250	40.202629129011ε

[Compute from native bounds](#)

Εικόνα 5.6 Απόσπασμα επιλογών κατά τη διαδικασία δημοσιοποίησης των θεματικών επιπέδων της Κοΐμπρας στον Geoserver

Μετά τη δημοσίευση του κάθε θεματικού επιπέδου (Layer) έγινε η δημιουργία των Layer Groups δηλαδή συνόλων από θεματικά επίπεδα που αποτελούν έναν χάρτη βάσει της δομής Layer Group του Geoserver. Δημιουργήθηκαν συνολικά οκτώ Layer Groups, ένα για κάθε πόλη, όπου το καθένα περιλαμβάνει τα επτά θεματικά επίπεδα που του αντιστοιχούν (Εικόνα 5.7, Εικόνα 5.8).

Layer Group	Workspace
thess2_errors	w_zaharopoulou
athens2_errors	w_zaharopoulou
paris2_errors	w_zaharopoulou
utrecht2_errors	w_zaharopoulou
coimbra2_errors	w_zaharopoulou
berlin2_errors	w_zaharopoulou
zurich2_errors	w_zaharopoulou
wien2_errors	w_zaharopoulou

Εικόνα 5.7 Τα Layer Groups που δημιουργήθηκαν και περιέχει το καθένα τα δεδομένα της πόλης που αναφέρεται.

Type	Layer	Default Style
Layer	w_zaharopoulou:utrecht_error_cat1_d	<input checked="" type="checkbox"/>
Layer	w_zaharopoulou:utrecht_error_cat2_d	<input checked="" type="checkbox"/>
Layer	w_zaharopoulou:utrecht_error_cat3_d	<input checked="" type="checkbox"/>
Layer	w_zaharopoulou:utrecht_error_cat4_d	<input checked="" type="checkbox"/>
Layer	w_zaharopoulou:utrecht_error_cat6_d	<input checked="" type="checkbox"/>
Layer	w_zaharopoulou:utrecht_error_cat7_d	<input checked="" type="checkbox"/>

Εικόνα 5.8 Περιεχόμενο του Layer Group utrecht2_errors με τα θεματικά επίπεδα της Ουτρέχτης.

Επειδή τα γεωγραφικά δεδομένα δεν διαθέτουν πληροφορίες για τον τρόπο οπτικοποίησής τους, ο συμβολισμός τους στον Geoserver γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο Styled Layer Descriptor (SLD) του OGC, που αποτελεί μια κωδικοποίηση για την περιγραφή του. Ένα αρχείο SLD είναι βασισμένο στη γλώσσα επισήμανσης XML (Extensible Markup Language), η οποία χαρακτηρίζεται από την απλότητά της να περιγράφει δομές δεδομένων. Για κάθε μία από τις επτά κατηγορίες σφαλμάτων, που αποτελούν σημειακές οντότητες, δημιουργήθηκε και ένα αρχείο τύπου SLD. Κάθε SLD καθορίζει ένα named layer και ένα user style για το κάθε Layer. Στο SLD μπορούν να περιλαμβάνονται ένα ή περισσότερα feature type styles με τα οποία μπορεί να γίνει η δημιουργία σύνθετων συμβολισμών. Κάθε feature type style μπορεί να περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους κανόνες συμβολισμού (Rules). Οι κανόνες αυτοί ελέγχουν τον τρόπο συμβολισμού των γεωγραφικών οντοτήτων με βάση τις ιδιότητες αυτών ή την κλίμακα. Με τη χρήση των Rules γίνεται η επιλογή των επιθυμητών γεωγραφικών οντοτήτων ενός Layer με τη βοήθεια φίλτρων επιλογής οντοτήτων (filters), τα οποία είναι λογικοί κανόνες που εφαρμόζονται επί των γεωγραφικών οντοτήτων του Layer (Εικόνα 5.9).


```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
3   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
4   xmlns="http://www.opengis.net/sld"
5   xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
6   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
7   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
8   <!-- a Named Layer is the basic building block of an SLD document -->
9   <NamedLayer>
10    <Name>default_point</Name>
11    <UserStyle>
12      <!-- Styles can have names, titles and abstracts -->
13      <Title>Default Point</Title>
14      <Abstract>A sample style that draws a point</Abstract>
15      <!-- FeatureTypeStyles describe how to render different features -->
16      <!-- A FeatureTypeStyle for rendering points -->
17      <FeatureTypeStyle>
18        <Rule>
19          <Name>rule1</Name>
20          <Title>Circle</Title>
21          <Abstract>A 12 pixel circle</Abstract>

```

Εικόνα 5.9 Περιεχόμενο ενός αρχείου SLD

Για το συμβολισμό των γεωγραφικών οντοτήτων οι κανόνες (Rules) περιλαμβάνουν ένα ή περισσότερα Symbolizers. Στη συγκεκριμένη περίπτωση των σημειακών οντοτήτων χρησιμοποιήθηκε το PointSymbolizer. Το PointSymbolizer περιέχει το στοιχείο Graphic το οποίο ορίζει το σύμβολο είτε με το στοιχείο External Graphic που χρησιμοποιείται για να εισάγει ένα εξωτερικό αρχείο εικόνας σε μορφότυπο PNG ή SVG με το σύμβολο που θα χρησιμοποιηθεί, είτε με το στοιχείο Mark που χρησιμοποιείται για τη χρήση ενός προκαθορισμένου διανυσματικού γεωμετρικού σχήματος που περιγράφεται με ένα τυποποιημένο όνομα (well-known name). Στη συγκεκριμένη περίπτωση των σημειακών οντοτήτων χρησιμοποιήθηκε το στοιχείο Mark στο οποίο ορίστηκαν τα παρακάτω (Εικόνα 5.10).

1. Το σχήμα του συμβόλου ως κύκλος (circle) μέσω του στοιχείου **WellKnownName**.
2. Το γέμισμα της εσωτερικής επιφάνειας του κύκλου μέσω του στοιχείου **Fill** και του ποσοστού της αδιαφάνειάς του **fill-opacity** όπου ορίστηκε μηδέν (0), δηλαδή πλήρως διαφανές.
3. Η απόχρωση του περιγράμματός του με τον επιθυμητό κωδικό χρώματος μέσω του στοιχείου **Stroke**.
4. Το πάχος του περιγράμματος μέσω του στοιχείου **stroke-width** που ορίστηκε 2.5.
5. Το μέγεθος του συμβόλου σε pixel μέσω του στοιχείου **Size** που ορίστηκε 12.

```

<PointSymbolizer>
  <Graphic>
    <Mark>
      <WellKnownName>circle</WellKnownName>
      <Fill>
        <CssParameter name="fill-opacity">0</CssParameter>
      </Fill>
      <Stroke>
        <CssParameter name="stroke">#984ea3</CssParameter>
        <CssParameter name="stroke-width">2.5</CssParameter>
      </Stroke>
    </Mark>
    <Size>12</Size>
  </Graphic>
</PointSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Εικόνα 5.10 Περιεχόμενο των επιλογών που χρησιμοποιήθηκαν στο αρχείο SLD για τον συμβολισμό των σημειακών οντοτήτων

Για τα επτά αρχεία SLD που δημιουργήθηκαν για το συμβολισμό των σημειακών οντοτήτων, ορίστηκαν ίδιες τιμές στα στοιχεία του σχήματος, του γεμίσματος, του πάχους του περιγράμματος και του μεγέθους ενώ το κάθε ένα αρχείο είχε διαφορετική επιλογή χρώματος στο περίγραμμα (Πίνακας 5.1).

Η συγκεκριμένη επιλογή του συμβόλου έγινε προκειμένου ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να βλέπει και το αντίστοιχο συμβολισμό του σημείου που έχει δοθεί από το υπόβαθρο του OpenStreetMap στον χάρτη, ο οποίος αποδίδει εν γένει την ταυτότητα του σημείου ενδιαφέροντος. Για το συμβολισμό του είδους του τοπο-εννοιολογικού ελέγχου χρησιμοποιήθηκε η οπτική μεταβλητή της απόχρωσης που είναι κατάλληλη για την απόδοση δεδομένων που διαφοροποιούνται κατά την ονομαστική κλίμακα.

Σύμβολο	Κωδικός χρώματος	Κατηγορία
	#984EA3	Errors of category 1
	#FF8C00	Errors of category 2
	#4499D6	Errors of category 3
	#253494	Errors of category 4
	#636363	Errors of category 5
	#24F242	Errors of category 6
	#DD1C77	Errors of category 7

Πίνακας 5.1 Λεπτομέρειες επιλογών που χρησιμοποιήθηκαν στα αρχεία συμβολισμού SLD των σημειακών δεδομένων.

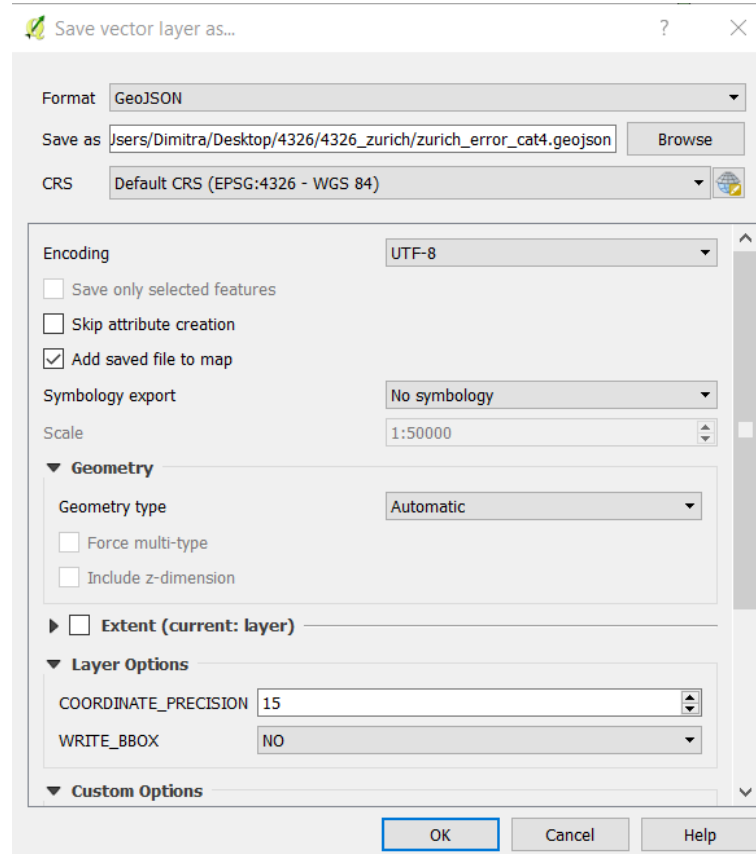
5.3. Δημοσίευση δεδομένων ως αρχεία GeoJSON

Η προετοιμασία των δεδομένων προς οπτικοποίηση ολοκληρώνεται με τη δημιουργία ενός συνόλου αρχείων GeoJSON. Ο μορφότυπος GeoJSON είναι μία γεωχωρική μορφή ανταλλαγής δεδομένων βασισμένος στον μορφότυπο JavaScript Object Notation (JSON). Αναπαριστά γεωγραφικές οντότητες, τις ιδιότητές τους, τη γεωμετρία και την περιγραφή τους σε ένα ορισμένο σύστημα αναφοράς. Ένα αντικείμενο GeoJSON υποστηρίζει τις γεωμετρίες: σημείο, γραμμή, πολύγωνο, πολύ-σημεία (MultiPoint), πολύ-γραμμές (MultiLineString), πολύ-πολύγωνα (MultiPolygons) και συλλογές γεωμετριών που να αποτελούνται από διαφορετικές γεωμετρίες. Μπορεί να αποτελείται από μία ορισμένη οντότητα (Feature) ή από πολλές (Feature Collection) και για κάθε μία ορίζεται ο τύπος της γεωμετρίας και οι συντεταγμένες της. Αυτό που κάνει την διαφορά σε ένα αρχείο GeoJSON είναι η λίστα των ιδιοτήτων (properties) που καταγράφει για κάθε οντότητα. Δηλαδή, πέρα από την χωρική πληροφορία, καταγράφει και τις ιδιότητες, που οι τιμές τους είναι αντικείμενα JSON και ορίζουν τα χαρακτηριστικά του.

Για την κάθε πόλη δημιουργήθηκαν 14 αρχεία GeoJSON. Τα επτά από αυτά ήταν τα σφάλματα της κάθε κατηγορίας, δηλαδή τα σημεία που δεν πέρασαν τους ελέγχους και χαρακτηρίστηκαν ως “errors” και τα υπόλοιπα επτά ήταν τα σωστά σημεία της κάθε κατηγορίας, δηλαδή αυτά που πέρασαν τους ελέγχους και χαρακτηρίστηκαν ως “correct”. Η δημιουργία τους έγινε με τη βοήθεια του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών QGIS ως εξής:

Αρχικά, το αρχείο σε μορφότυπο shapefile που περιείχε τις συνολικές σημειακές οντότητες της κάθε πόλης (all_points_selected) είχε στον πίνακα ιδιοτήτων του (Attribute Table) τα επτά πεδία checkcat1, checkcat2, checkcat3, checkcat4, checkcat5, checkcat6, checkcat7 που παίρνουν τις τιμές “error” αν το σημείο χαρακτηρίζεται ως σφάλμα επειδή δεν πέρασε τον έλεγχο, “correct” αν το σημείο χαρακτηρίζεται ως σωστό επειδή πέρασε τον έλεγχο και “NULL” αν το σημείο δεν συμμετείχε στον συγκεκριμένο έλεγχο. Χρησιμοποιώντας την εντολή “Select by Attributes” για κάθε πεδίο checkcat1-checkcat7 επιλέχθηκαν να δημιουργηθούν ως ξεχωριστά αρχεία σε μορφότυπο shapefiles τα errors και τα correct.

Στη συνέχεια, στο Layer Panel, πατώντας σε κάθε ένα ξεχωριστό shapefile έγινε η επιλογή Save as σε Format GeoJSON, δηλώνοντας το όνομα του αρχείου και ορίζοντας ως σύστημα αναφοράς του το WGS 84 (Εικόνα 5.11)



Εικόνα 5.11 Παράδειγμα διαδικασίας αποθήκευσης ενός αρχείου σε μορφότυπο GeoJSON.

Η μορφή που είχαν τα αρχεία GeoJSON που δημιουργήθηκαν παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες που αποτελούν τμήματα ενός Feature Collection (Εικόνα 5.12), (Εικόνα 5.13).

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "name": "wien2_error_cat6",
  "crs": { "type": "name", "properties": { "name": "urn:ogc:def:crs:OGC:1.3:CRS84" } },
  "features": [
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 1, "osm_id": "8091317", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 2, "osm_id": "8091423", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 3, "osm_id": "60093107", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 4, "osm_id": "60215284", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 5, "osm_id": "62687115", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 6, "osm_id": "62687123", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 7, "osm_id": "66432827", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" },
    { "type": "Feature", "properties": { "OBJECTID": 8, "osm_id": "67029576", "code": 5601, "type": "railway_station", "name": "wien2_error_cat6" }
  ]
}
```

Εικόνα 5.12 Περιεχόμενο αρχείου GeoJSON.

```

"geometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.311193599540537, 48.211817400106497 ] } },
4 }, "geometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.365545199919531, 48.248980700209636 ] } },
, "geometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.336281700098919, 48.196544499925132 ] } },
etry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.406747099534567, 48.194413799862161 ] } },
ometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.417470200060986, 48.185144099809492 ] } },
"geometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.4120644006167, 48.18043859979128 ] } },
"geometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.333965200439657, 48.174529700339896 ] } },
ometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.452070300667124, 48.277582000259933 ] } },
{ "type": "Point", "coordinates": [ 16.392254400204592, 48.202085100257655 ] } },
ometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.414796299584147, 48.174718600270083 ] } },
99999 }, "geometry": { "type": "Point", "coordinates": [ 16.399883100453579, 48.197558700379716 ] } },

```

Εικόνα 5.13 Περιεχόμενο αρχείου GeoJSON.

Τα αρχεία GeoJSON έχουν γεωμετρική αναπαράσταση, μπορούν να συμβολιστούν όπως κάθε μορφότυπος γεωχωρικής δομής και είναι δυνατή η παρουσίαση πληροφοριών από τις τιμές των ιδιοτήτων τους. Για να γίνει αυτό, μεσολαβεί η γλώσσα JavaScript που καθορίζει τον τρόπο και τις ιδιότητες των αρχείων που θα είναι ορατές στον χάρτη. Η διαδικτυακή χαρτογραφική βιβλιοθήκη Leaflet διαχειρίζεται εύκολα και αποτελεσματικά τα αρχεία GeoJSON χρησιμοποιώντας εξειδικευμένες εντολές, μετατροπές και διαδικασίες για την επεξεργασία και την απόδοσή τους.

5.4. Διαμόρφωση σελίδας με HTML και CSS

Για τη διαμόρφωση της δομής και την εμφάνιση του περιεχομένου της ιστοσελίδας της χαρτογραφικής εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν οι γλώσσες HTML και CSS αντίστοιχα.

Η HTML (Hyper Text Markup Language-Γλώσσα μορφοποίησης υπερκειμένου) αποτελεί τη βασική γλώσσα δόμησης για ιστοσελίδες και καθορίζει τη δομή και το περιεχόμενό τους. Αποτελείται από τα στοιχεία (elements) που περιέχονται μέσα σε <> και αποκαλούνται tags (ετικέτες). Υπάρχουν οι ετικέτες έναρξης, όπως <head>, και οι ετικέτες λήξης, όπως </head> που δηλώνουν την έναρξη και λήξη του στοιχείου αντίστοιχα. Ενδιάμεσα των ετικετών υπάρχει το περιεχόμενο σε μορφή κώδικα, το οποίο μπορεί να είναι κείμενο, εικόνα, ιδιότητες ή και άλλα HTML στοιχεία. Ο φυλλομετρητής διαβάζει το αρχείο HTML, αναγνωρίζοντας την κάθε ετικέτα λόγω της χαρακτηριστικής ονομασίας της και ερμηνεύει το περιεχόμενο, παρουσιάζοντάς το στην σελίδα χωρίς την αναγραφή των ετικετών.

Οι βασική δομή της HTML αποτελείται από:

- Την ετικέτα <html> με την οποία ξεκινάει κάθε αρχείο HTML και περιέχει δύο ενότητες, την ενότητα HEAD και την ενότητα BODY. Με την ετικέτα <html> αρχίζει ο κώδικας ενώ με την ετικέτα </html> τερματίζεται. Με αυτόν τον τρόπο πληροφορούμε τον φυλλομετρητή ότι οι γραμμές που περικλείονται μέσα σε αυτές τις δύο ετικέτες είναι κώδικας γραμμένος σε γλώσσα HTML.
- Η ενότητα HEAD της HTML ορίζεται με τις ετικέτες <head>...</head> και αποτελεί το πρώτο μέρος του αρχείου. Περιέχει βασικές ετικέτες όπως:
 - Την ετικέτα <title> η οποία καθορίζει τον τίτλο της σελίδας ο οποίος εμφανίζεται στο πάνω μέρος του παραθύρου του web browser.

- Την ετικέτα <meta> που σχετίζεται με τα μεταδεδομένα του εγγράφου και μία από τις λειτουργίες της είναι ο ορισμός του σετ των χαρακτήρων που θα χρησιμοποιηθούν στη σελίδα.
 - Την ετικέτα <style> η οποία καθορίζει τον τρόπο εμφάνισης των στοιχείων.
 - Την ετικέτα <link> η οποία ορίζει τη σχέση μεταξύ του τρέχοντος εγγράφου με ένα εξωτερικό αρχείο. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να εισάγουμε για παράδειγμα έναν σύνδεσμο εξωτερικών φύλλων εμφάνισης.
 - Την ετικέτα <script> η οποία εισάγει τον κώδικα script στην σελίδα όπως η JavaScript. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εισαγωγής κώδικα script από εξωτερικά αρχεία με την χρήση της ιδιότητας src της ετικέτας.
- Η ενότητα BODY της HTML ορίζεται με τις ετικέτες <body>...</body> και αποτελεί το κύριο περιεχόμενο της σελίδας. Ό,τι περιέχεται εντός της ετικέτας είναι και αυτό που εμφανίζεται στον φυλλομετρητή. Η ενότητα αυτή μπορεί να περιέχει κάποιο κείμενο που θέλουμε να εμφανιστεί, κάποια εικόνα, κάποιο video καθώς και σεναρία (scripts) γραμμένα στην JavaScript.

Στη σελίδα που διαμορφώθηκε για τη δημιουργία της χαρτογραφικής εφαρμογής οι ετικέτες της HTML ορίστηκαν από τα παρακάτω.

Η ετικέτα < head> περιέχει:

- Την ετικέτα <title> που ορίζει τον τίτλο της σελίδας (Εικόνα 5.14)

```
<html>
  <head>
    <title>Αξιολόγηση της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας</title>
```

Εικόνα 5. 14 Περιεχόμενο της ετικέτας <title> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.

- Την ετικέτα <meta> που σχετίζεται με τα μεταδεδομένα του εγγράφου (Εικόνα 5.15)

```
<meta charset='utf-8' />
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
```

Εικόνα 5. 15 Περιεχόμενο της ετικέτας <meta> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.

- Ένα σύνολο από ετικέτες <link> που περιέχουν συνδέσμους εξωτερικών φύλλων εμφάνισης (Εικόνα 5.16)

```
<link rel="stylesheet" href="leaflet.measure/leaflet.measure.css" />
<link rel="stylesheet" href="leaflet.css" />
<link rel = "stylesheet" href = "L.Control.Layers.Tree.css" />
```

Εικόνα 5.16 Απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας <link> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.

- Ένα σύνολο από ετικέτες `<script>` που περιέχουν σενάρια με κώδικα JavaScript από εξωτερικά αρχεία (Εικόνα 5.17)

```
<script src="leaflet1/debug/leaflet-include.js"></script>
<script src="leaflet.measure/leaflet.measure.js"></script>
<script src="leaflet.js"></script>
<script src="L.Control.Layers.Tree.js"></script>
```

Εικόνα 5.17 Απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας `<script>` του αρχείου `html` για τη διαμόρφωση της σελίδας.

- Την ετικέτα `<style>` για τον ορισμό του τρόπου εμφάνισης της σελίδας. Ο τρόπος εμφάνισης της σελίδας ορίστηκε μέσω της γλώσσας CSS (Cascading Style Sheets) και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης ενός εγγράφου που γράφτηκε σε γλώσσα HTML (Εικόνα 5.18), (Εικόνα 5.19).

```
<style>
  /* Set height of body and the document to 100% to enable "full page tabs" */
  body, html {
    height:100%;
    margin: 0;
    font-family: Times New Roman, sans-serif;
  }

  /* Style tab links eine ta buttons ayta*/
  .tablink {
    background-color: #D2CDCC;
    color: black;
    display: block;
    left:0;
    border: none;
    outline: none;
    cursor: pointer;
    padding: 8px;
    font-size: 18px;
    font-family: Times New Roman, sans-serif;
    width: 20%;
    margin-top: 5px;
  }

  .tablink:hover {
    background-color: #7F7F7F;
  }

  /* Style the tab content (and add height:100% for full page content) */
  .tabcontent {
    color: black;
    background-color: white;

    padding: 15px 5px;
    height: 95%;
    top:0px;
    left:0px;
    bottom:0px;
    margin-left:0px;
    margin-top:0px;
  }
}
```

Εικόνα 5.18 Πρώτο απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας `<style>` του αρχείου `html` για τη διαμόρφωση της σελίδας.

```

.map {
  /*Standard */
  width: calc(100% - 316px) !important;
  width:82%;
  /* Firefox */
  width: -moz-calc(100% - 316px) !important;
  /* WebKit */
  width: -webkit-calc(100% - 316px) !important;
  /* Opera */
  width: -o-calc(100% - 316px) !important;
  display:block;
  width:80%;
  min-width: 900px;
  min-height:20%;
  height:auto;
  position:absolute;
  top:0px;
  float:left;
  right:0px;
  bottom:0px;
  margin-left:0px;
  margin-top:0px;
  background-color:#99ccff;
  border: 2px black;
  z-index:100;
}

.leaflet-popup-content-wrapper{
  background-color: white;
  opacity: 0.9;
  max-width: 300px;
}

.leaflet-popup-tip {
  background: lightblue;
  width:3px;
  height:3px;
}
}
</style>
</head>

```

Εικόνα 5.19 Δεύτερο απόσπασμα περιεχομένου της ετικέτας <style> του αρχείου html για τη διαμόρφωση της σελίδας.

Η ενότητα <body> αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του αρχείου της html καθώς περιέχει οτιδήποτε επιθυμούμε να εμφανιστεί στον φυλλομετρητή, συμπεριλαμβανομένων των εντολών και των συναρτήσεων της JavaScript. Η ενότητα <body> της χαρτογραφικής εφαρμογής περιέχει:

- Ένα σύνολο από tablinks δηλαδή καρτέλες οι οποίες ενεργοποιούνται πατώντας πάνω στο όνομα της καθεμίας ως κουμπί (button). Οι καρτέλες αυτές είναι στο σύνολο 10, οι 8 από αυτές είναι οι πόλεις που οπτικοποιήθηκαν τα αποτελέσματα, η πρώτη είναι μία γενική καρτέλα της Ευρώπης που αποτελεί συγκεντρωτικό υλικό με ποσοστά των αποτελεσμάτων και η τελευταία είναι μία καρτέλα που ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί παραπάνω για το πώς λειτουργεί το εργαλείο των ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν στα δεδομένα (Εικόνα 5.20).

```

<body>
<button class="tablink" onclick="openPage('Europe', this)" id="defaultOpen">Ευρώπη</button>
<button class="tablink" onclick="openPage('Athina', this)">Αθήνα</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Thessaloniki', this)">Θεσσαλονίκη</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Paris', this)">Παρίσι</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Utrecht', this)">Ουτρέχτη</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Coimbra', this)">Κοΐμπρα</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Berlin', this)">Βερολίνο</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Wien', this)">Βιέννη</button>

<button class="tablink" onclick="openPage('Zurich', this)">Ζυρίχη</button>

<button class="tablink" onclick="window.open('');">Πληροφορίες</button>

```

Εικόνα 5.20 Περιεχόμενο του τμήματος <body> της σελίδας με τις καρτέλες (tablinks) που δημιουργήθηκαν.

- Για κάθε μία καρτέλα (tablink) ορίστηκε ένα ξεχωριστό <div> το οποίο είναι ένα στοιχείο που δημιουργεί διακριτές περιοχές στη σελίδα και μπορεί να περιέχει επικεφαλίδα, παράγραφο, αλλαγή γραμμής, υποπεριοχή, πίνακα, εικόνα κ.ά. Ο ορισμός του ξεχωριστού <div> ανά καρτέλα έγινε δίνοντας στο κάθε ένα μία ονομασία id.

Για να επιτευχθεί η διαδραστικότητα της χαρτογραφικής εφαρμογής και να μπορεί ο χρήστης να βλέπει σε μία ενιαία σελίδα διαφορετικούς χάρτες με διαφορετικά δεδομένα ανάλογα με την επιλογή που κάνει, εκτός από τον κώδικα της JavaScript που είναι απαραίτητος για να γίνει αυτό και θα αναλυθεί στη συνέχεια, έπρεπε να γίνει και ένας επιπλέον ορισμός στο τμήμα <body>. Έτσι, για κάθε μία από τις πρώτες 9 διαφορετικές περιοχές <div>της σελίδας ορίστηκε μία ξεχωριστή υποπεριοχή <div> που η καθεμία εκπροσωπεί τον δικό της χάρτη με τα δικά της δεδομένα, καθώς και μία εικόνα που αποτελεί το υπόμνημα του κάθε χάρτη (Εικόνα 5.21).

```
<div id="Europe" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapEurope" class="map"></div>
</div>

<div id="Athina" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapAthina" class="map"></div>
</div>

<div id="Thessaloniki" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapThessaloniki" class="map"></div>
</div>

<div id="Paris" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapParis" class="map"></div>
</div>

<div id="Utrecht" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapUtrecht" class="map"></div>
</div>

<div id="Coimbra" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapCoimbra" class="map"></div>
</div>

<div id="Berlin" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapBerlin" class="map"></div>
</div>

<div id="Wien" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapWien" class="map"></div>
</div>

<div id="Zurich" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapZurich" class="map"></div>
</div>
```

Εικόνα 5.21 Οι υποπεριοχές (div) που δημιουργήθηκαν όπου η κάθε μία ορίζει τον χάρτη, τα δεδομένα και το υπόμνημα της κάθε καρτέλας.

Για την τελευταία καρτέλα και <div> που αφορά στις πληροφορίες, δεν ορίστηκε κάποια υποπεριοχή αλλά ένας σύνδεσμος που περιέχει τις πληροφορίες του εργαλείου ελέγχου. Ο σύνδεσμος αυτός δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να έχει μία αναλυτική ενημέρωση για τον τρόπο λειτουργίας του εργαλείου. Σκοπός είναι, πατώντας πάνω στην καρτέλα «Πληροφορίες» να οδηγείται σε νέο παράθυρο του φυλλομετρητή ώστε να διαβάζει τις πληροφορίες μέσω ενός αρχείου σε μορφή pdf κι αν επιθυμεί να κάνει λήψη και αποθήκευση στον προσωπικό του υπολογιστή.

```
<button class="tablink" onclick="window.open('pliofories.pdf');">Πληροφορίες</button>
```

Εικόνα 5.22 Ο σύνδεσμος της καρτέλας «Πληροφορίες» που ορίστηκε.

- Την ετικέτα <script> που περιλαμβάνει τον κώδικα στη γλώσσα Javascript και περιέχει εντολές, συναρτήσεις καθώς και τη χρήση της χαρτογραφικής βιβλιοθήκης Leaflet που σε συνδυασμό δημιούργησαν την διαδραστική χαρτογραφική εφαρμογή.

5.5. Βιβλιοθήκες JavaScript και Leaflet

Στην παρούσα εργασία η χαρτογραφική βιβλιοθήκη Leaflet χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με συναρτήσεις και εντολές της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript, της βασικής γλώσσας σήμανσης για τις ιστοσελίδες HTML και της γλώσσας οπτικής διαμόρφωσης των ιστοσελίδων CSS ως μέσο σύνδεσης των δεδομένων και των επεξεργασιών που έγιναν ώστε το αποτέλεσμα να είναι η δημιουργία της διαδραστικής χαρτογραφικής εφαρμογής. Η Leaflet δηλαδή, συνδέει όλα τα αρχεία που δημιουργήθηκαν από την εκτέλεση του εργαλείου **Consistency and Completeness checks** μέσω του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcMap, τα οποία στη συνέχεια δημοσιεύτηκαν στον εξυπηρετητή Geoserver όπου και τους δόθηκε ο κατάλληλος συμβολισμός, καθώς και τα αρχεία GeoJSON που δημιουργήθηκαν μέσω του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών QGIS με τον φυλλομετρητή. Εκτός από τη σύνδεση αυτή, εμπλουτίζει με επιπλέον λειτουργίες διεπαφής τον τρόπο παρουσιάσής τους στο διαδίκτυο, παρέχοντας διαδραστικότητα στον χάρτη και διαμορφώνοντας το περιβάλλον στο οποίο θα αναπαρασταθούν τα δεδομένα. Η έκδοση της χαρτογραφικής βιβλιοθήκης Leaflet που χρησιμοποιήθηκε ήταν η 1.0.3.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εφαρμογή αποτελείται από 10 καρτέλες εκ των οποίων οι πρώτες 9 αποτελούν έναν ξεχωριστό χάρτη η καθεμία. Προκειμένου να επιτευχθεί η εναλλαγή χαρτών και δεδομένων σε μία σελίδα με την επιλογή της επιθυμητής καρτέλας δημιουργήθηκε αρχικά μία συνάρτηση με ένα σύνολο εντολών στη γλώσσα JavaScript. Η συνάρτηση αυτή περιλαμβάνει έναν κώδικα επανάληψης ο οποίος επιτρέπει την προβολή του συγκεκριμένου περιεχομένου που επιλέγει ο χρήστης, ορίζοντας και κάποιους τρόπους εμφάνισης (Εικόνα 5.23) καθώς και συγκεκριμένες εντολές της βιβλιοθήκης Leaflet οι οποίες ορίζουν το περιεχόμενο αυτό που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο εκάστοτε χάρτης με τα δεδομένα (Εικόνα 5.24).

```
function openPage (pageName, elmnt) {
  // Hide all elements with class="tabcontent" by default */
  var i, tabcontent, tablinks;

  tabcontent = document.getElementsByClassName("tabcontent");
  for (i = 0; i < tabcontent.length; i++) {
    tabcontent[i].style.display = "none";
  }

  // Remove the background color of all tablinks/buttons
  tablinks = document.getElementsByClassName("tablink");
  for (i = 0; i < tablinks.length; i++) {
    tablinks[i].style.backgroundColor = "";
  }

  // Show the specific tab content
  document.getElementById (pageName).style.display = "block";

  // Add the specific color to the button used to open the tab content
  elmnt.style.backgroundColor = "#ffffff";
}
```

Εικόνα 5.23 Συνάρτηση επαναληπτικής διαδικασίας για την εναλλαγή των καρτελών της σελίδας.

```

setTimeout (function() {
...
mapAthina.invalidateSize ();
mapThessaloniki.invalidateSize ();
mapParis.invalidateSize ();
mapUtrecht.invalidateSize ();
mapCoimbra.invalidateSize ();
mapBerlin.invalidateSize ();
mapWien.invalidateSize ();
mapZurich.invalidateSize ();
mapEurope.invalidateSize ();

}, 0);

```

Εικόνα 5. 24 Η εντολή `map.invalidateSize()` χρησιμοποιείται για την ανανέωση των χαρτών και των δεδομένων ανάλογα με την καρτέλα που είναι ενεργή

Το περιβάλλον της εφαρμογής αποτελείται από 8 χάρτες δεδομένων των πόλεων, 1 χάρτη της Ευρώπης και μία καρτέλα με πληροφορίες για τη λειτουργία του εργαλείου ελέγχου. Η περιγραφή των βημάτων που έγιναν θα γίνει πρώτα για τις πόλεις, παρουσιάζοντας τον κώδικα για μία από αυτές καθώς η διαδικασία ήταν η ίδια και έπειτα για την Ευρώπη.

Ξεκινώντας με τις πόλεις, ο κάθε χάρτης αποτελείται από το υπόβαθρο, τα θεματικά επίπεδα που είχαν δημοσιευτεί στον Geoserver και τα αρχεία GeoJSON. Αρχικά δημιουργήθηκε σαν μεταβλητή ο χάρτης κάθε πόλης, στον οποίον ορίστηκαν επιλογές όπως το κέντρο του, ο βαθμός μεγέθυνσης, το σύστημα αναφοράς του και η επιλογή μέτρησης αποστάσεων πάνω στο χάρτη που αποτελεί μία συνάρτηση προσθήκης στη βιβλιοθήκη Leaflet (Εικόνα 5.25).

```

//ATHINA
var centerLatAthina = 37.983810;
var centerLngAthina = 23.727539;
var initialZoomAthina = 12;

var mapAthina = L.map('mapAthina', {
  measureControl: true,
  center: [centerLatAthina, centerLngAthina],
  zoom: initialZoomAthina,

  crs: L.CRS.EPSG3857
});

```

```

//COIMBRA
var centerLatCoimbra = 40.2056;
var centerLngCoimbra = -8.4196;
var initialZoomCoimbra = 10;

var mapCoimbra = L.map('mapCoimbra', {
  measureControl: true,
  center: [centerLatCoimbra, centerLngCoimbra],
  zoom: initialZoomCoimbra,
  crs: L.CRS.EPSG3857
});

```

Εικόνα 5.25 Παράδειγμα δημιουργίας του χάρτη και των παραμέτρων του για την Αθήνα και την Κοΐμπρα.

Ακολούθησε ο καθορισμός του υποβάθρου. Σκοπός ήταν ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να βλέπει τα δεδομένα με πολλαπλές επιλογές υποβάθρων, ώστε να μπορεί να διακρίνει τα σφάλματα είτε σε δορυφορικό χάρτη είτε έχοντας ένα ασπρόμαυρο υπόβαθρο που αναδεικνύει τη φύση του κάθε σφάλματος και να τα αναγνωρίζει μέσω του υπομνήματος. Συνεπώς, ως υπόβαθρο ορίστηκαν οι Mapnik και Grayscale χάρτες του OpenStreetMap καθώς και ο World Imagery δορυφορικός χάρτης της Esri. Ο ορισμός του υποβάθρου έγινε μέσω μεταβλητών (Εικόνα 5.26).

```
//set one map tiles source
var Mapnik = L.tileLayer('http://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  maxZoom: 18,
  attribution: '© OpenStreetMap contributors'
});
Mapnik.addTo(mapAthina);

var osmBw = L.tileLayer(
  'http://{s}.tiles.wmflabs.org/bw-mapnik/{z}/{x}/{y}.png',
  {attribution: '© OpenStreetMap contributors'}
);

var Esri_WorldImagery = L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/
attribution: 'Tiles &copy; Esri &mdash; Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, G
');
```

Εικόνα 5.26 Παράδειγμα ορισμού του υποβάθρου.

Στη συνέχεια για κάθε χάρτη έγινε η σύνδεση με τα θεματικά επίπεδα που είχαν δημοσιευτεί στον Geoserver μέσω της υπηρεσίας WMS και ο καθορισμός των παραμέτρων του (Εικόνα 5.27), (Εικόνα 5.28).

```
var url = 'http://atlas.geocenter.survey.ntua.gr:8080/geoserver/wms';

var mywms= L.tileLayer.wms(url, {
  layers: 'w_zaharopoulou:athens2_errors',
  format: 'image/png',
  version: '1.1.0',
  transparent: true,
  attribution: "",
  maxZoom: 18,
  tiled: true
}).addTo(mapAthina);
```

Εικόνα 5.27 Παράδειγμα ορισμού των θεματικών επιπέδων και των παραμέτρων του για την Αθήνα.

```

var wms3 = L.tileLayer.wms("http://atlas.geocenter.survey.ntua.gr:8080/geoserver/wms", {
  layers: 'w_zaharopoulou:utrecht2_errors',
  format: 'image/png',
  version: '1.1.0',
  transparent: true,
  attribution: "",
  maxZoom: 18,
  tiled: true
});
wms3.addTo(mapUtrecht);

```

Εικόνα 5.28 Παράδειγμα ορισμού των θεματικών επιπέδων και των παραμέτρων του για την Ουτρέχτη.

Επόμενο βήμα ήταν η εισαγωγή των αρχείων GeoJSON. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που περιείχαν τα αρχεία αυτά, μόνο στην Αθήνα χρησιμοποιήθηκαν και τα 14, καθώς τα δεδομένα τους ήταν μικρότερα σε αριθμό. Στις υπόλοιπες πόλεις χρησιμοποιήθηκαν τα 7 αρχεία που περιείχαν τα εσφαλμένα σημεία.

Ο τρόπος εισαγωγής των αρχείων GeoJSON έγινε αναθέτοντας το κάθε ένα σε μία μεταβλητή και ορίζοντας ορισμένες παραμέτρους που θα αναλυθούν παρακάτω (Εικόνα 5.29), (Εικόνα 5.30).

```

var athenscorrect1 = L.geoJson(athens2_correct_cat1, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#006400" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",
    weight: 2,
    opacity: 3,
    fillOpacity: 0});
  },
  onEachFeature: function (feature, layer) {
    var popupContentathens11 = "<p> Type: <b>" +
    feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
    feature.properties.catigorie1 + " </b> </p>";
    if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens11) {
      popupContentathens11 += feature.properties.popupContentathens11;
    }
    layer.bindPopup(popupContentathens11);
    myathenscorrect1.addLayer( layer );
  }
});

```

Εικόνα 5.29 Τρόπος εισαγωγής των αρχείων GeoJSON που περιέχουν τις οντότητες που πέρασαν τον έλεγχο.

```

var athenserrors1 = L.geoJson(athens2_error_cat1, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#FF0000" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
  },
  onEachFeature: function (feature, layer) {
    var popupContentathens1 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category1 + " </b> </p>";
    if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens1) {
      popupContentathens1 += feature.properties.popupContentathens1;
    }
    layer.bindPopup(popupContentathens1);
    myathenserrors1.addLayer( layer );
  },
});

```

Εικόνα 5.30 Τρόπος εισαγωγής των αρχείων GeoJSON που περιέχουν τις οντότητες που δεν πέρασαν τον έλεγχο.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.30, για τον τρόπο απεικόνισης του αρχείου ορίστηκε η συνάρτηση `pointToLayer` όπου για κάθε γεωγραφικό πλάτος και μήκος (`latlng`) ενός σημείου, επιστρέφει τον συμβολισμό που του έχουμε ορίσει. Έπειτα ορίστηκε η συνάρτηση `onEachFeature` η οποία καλείται ανά σημειακή οντότητα και η οποία περιέχει ως μεταβλητή το περιεχόμενο ενός αναδυόμενου παραθύρου (`popupContent`) που θα δίνει πληροφορίες που περιέχονται στις περιγραφικές ιδιότητες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι πληροφορίες αφορούν το είδος της κάθε οντότητας και την κατηγορία ελέγχου. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης πατώντας πάνω στο εκάστοτε σημείο θα μπορεί να λαμβάνει την πληροφορία αυτή σε μορφή αναδυόμενου παραθύρου.

Μετά τον ορισμό του υποβάθρου και την εισαγωγή των θεματικών επιπέδων και των αρχείων GeoJSON σε κάθε χάρτη δημιουργήθηκε ένας διαδραστικός πίνακας, ο οποίος περιέχει για κάθε πόλη τα παραπάνω στοιχεία κατηγοριοποιημένα, τις επιλογές υποβάθρων, τα συνολικά σφάλματα και τα σφάλματα ανά κατηγορία, ώστε ο χρήστης να μπορεί να επιλέξει ποια επιθυμεί να δει και ποια όχι ή να αλλάξει την επιλογή υποβάθρου. Η λειτουργία αυτή επιτεύχθηκε με ένα σύνολο εντολών, χρησιμοποιώντας και την επέκταση `L.Control.Layers.Tree` της βιβλιοθήκης Leaflet (Εικόνα 5.31).

```

var baseTree = {
  label: 'Base Layers',
  children: [
    { label: 'OpenStreetMap', layer: Mapnik },
    {label: 'OpenStreetMap B&W', layer: osmBw, name: 'OpenStreeMap <b>B&W</b>'},
    { label: 'World Imagery', layer: Esri_WorldImagery },
  ]
};

var overlaysTree = {
  label: "<b>Errors of all the categories</b>",
  children: [
    {label: 'All errors', layer: mywms},
    {label: "<b>POIs must be inside Buildings</b>", children:
      [
        {label: 'Errors', layer: myathenserrors1},
        {label: ' Correct', layer: myathenscorrect1}
      ]
    },
    {label: "<b>POIs of roads that must be outside of Roads</b>", children:
      [
        {label: 'Errors', layer: myathenserrors2},
        {label: ' Correct', layer: myathenscorrect2}
      ]
    },
    {label: "<b>POIs of roads that must be outside of Buildings</b>", children:
      [
        {label: 'Errors', layer: myathenserrors3},
        {label: ' Correct', layer: myathenscorrect3}
      ]
    },
    {label: "<b>POIs that should be on Roads</b>", children:
      [
        {label: 'Errors', layer: myathenserrors4},
        {label: ' Correct', layer: myathenscorrect4}
      ]
    }
  ]
};

```

Εικόνα 5.31 Απόσπασμα του πίνακα πληροφοριών.

Οι παραπάνω εντολές και διαδικασίες ολοκλήρωσαν τη δημιουργία χαρτών των 8 πόλεων εισάγοντας τα απαραίτητα δεδομένα και αρχεία που χρειάζονταν για την οπτικοποίηση των σφαλμάτων. Ωστόσο, κρίθηκε απαραίτητη η προσθήκη ενός ακόμη γενικού χάρτη, αυτού της Ευρώπης, ο οποίος περιέχει για όλες τις πόλεις συνολικές πληροφορίες σχετικά με τα αποτελέσματα του εργαλείου, δίνοντας στον χρήστη τη δυνατότητα της άμεσης σύγκρισης. Η διαδικασία του χάρτη της Ευρώπης ήταν η ακόλουθη.

Η καρτέλα της Ευρώπης είναι ο πρώτος χάρτης της διαδικτυακής εφαρμογής. Δημιουργήθηκε προκειμένου ο χρήστης πριν δει αναλυτικά τα αποτελέσματα σε κάθε πόλη ξεχωριστά, να μπορεί να έχει μία συνολική εικόνα τόσο για τις πόλεις όσο και για τους ελέγχους. Σκοπός ήταν η δημιουργία ενός χάρτη όπου θα περιείχε τους στατιστικούς δείκτες των αποτελεσμάτων των ελέγχων, δηλαδή το ποσοστό των εσφαλμένων και των σωστών σημείων, για όλες τις πόλεις που εφαρμόστηκε το εργαλείο, με τέτοιο τρόπο ώστε οπτικά ο χρήστης να καταλαβαίνει τόσο το μέγεθος των σφαλμάτων, όσο και το σύνολο των σημείων που ελέγχθηκαν για κάθε πόλη, κάνοντας μία άμεση σύγκριση και αξιολογώντας ορθά τα αποτελέσματα.

Αρχικά δημιουργήθηκε σαν μεταβλητή ο χάρτης της Ευρώπης στον οποίον ορίστηκαν επιλογές όπως το κέντρο του, ο βαθμός μεγέθυνσης, το σύστημα αναφοράς του και στη συνέχεια ορίστηκε και το υπόβαθρο του χάρτη το οποίο ήταν το OpenStreetMap (Εικόνα 5.32).

```
var centerLatEurope = 45.534058;
var centerLngEurope = 10.933099;
var initialZoomEurope = 5;

var mapEurope = L.map('mapEurope', {
  measureControl: true,
  center: [centerLatEurope, centerLngEurope],
  zoom: initialZoomEurope,

  crs: L.CRS.EPSG3857
});

//set one map tiles source
var Mapnik1 = L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  attribution: '&copy; <a href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>'
});
Mapnik1.addTo(mapEurope);
```

Εικόνα 5.32 Δημιουργία του χάρτη της Ευρώπης και καθορισμός των παραμέτρων του.

Για την χαρτογραφική απόδοση των στατιστικών δεικτών προτιμήθηκαν τα γραφήματα κυκλικού σχήματος (pie charts) ώστε να δείχνουν δύο συνιστώσες: το ποσοστό των σφαλμάτων και το ποσοστό των σωστών σημείων του κάθε ελέγχου. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε, το σύνολο των σημείων που συμμετείχαν στον κάθε έλεγχο διαφέρει αρκετά μεταξύ των πόλεων με το Παρίσι και το Βερολίνο να έχουν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό σημείων. Για αυτό το λόγο κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία των γραφημάτων κυκλικού σχήματος με μεταβλητό μέγεθος. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε η το εμβαδόν του κάθε κύκλου, ο οποίος αντιπροσωπεύει τα αποτελέσματα μίας πόλης, να εκπροσωπεί το σύνολο των σημείων που συμμετείχαν στον έλεγχο και άρα η ακτίνα του κάθε κύκλου να προκύπτει κάθε φορά διαφορετική, ανάλογα με το εμβαδόν/σύνολο σημείων. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση της ακτίνας ήταν $r = \sqrt{E/\pi}$, όπου r η ακτίνα, E το εμβαδόν και $\pi=3.14$. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιήθηκε στις 6 από τις 7 κατηγορίες ελέγχων. Στην κατηγορία *POIs that should be on Railways* λόγω του πολύ μικρού αριθμού των σημείων που συμμετείχαν η ακτίνα προέκυψε από τον παραπάνω τύπο και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε με έναν σταθερό αριθμό για όλες τις πόλεις ώστε να είναι διακριτή.

Για τη δημιουργία των γραφημάτων μέσω της χαρτογραφικής βιβλιοθήκης Leaflet χρησιμοποιήθηκε για κάθε κυκλικό γράφημα η εντολή `L.piechartMarker` συνοδευόμενη από τον καθορισμό παραμέτρων όπως το γεωγραφικό μήκος και πλάτος (`L.latLng`), το μέγεθος της ακτίνας (radius) υπολογισμένο με την προαναφερθείσα διαδικασία και η καταχώρηση των δεδομένων, τα οποία ήταν οι τιμές των ποσοστών των σωστών και των σφαλμάτων και ο καθορισμός του χρωματικού συμβολισμού τους (Εικόνα 5.33). Μέσω της εντολής `bindPopup` ορίστηκε επιπλέον το περιεχόμενο ενός αναδυόμενου παραθύρου, όπου ο χρήστης πατώντας πάνω στο κάθε γράφημα να ενημερώνεται για το όνομα της πόλης, το σύνολο των σημείων που ελέγχθηκαν, το ποσοστό των εσφαλμένων σημείων και το ποσοστό των σωστών σημείων του κάθε ελέγχου.


```

piethess7 = L.piechartMarker(
  L.latLng([40.640266, 22.939524]),
  {
    radius: 15,
    data: [
      { name: 'Per_err', value: 3.39, style: { fillStyle: "#E34234", strokeStyle: "#E34234", lineWidth: 7 } },
      { name: 'Per_cor', value: 96.61, style: { fillStyle: "#03C03C", strokeStyle: "#03C03C", lineWidth: 7 } }
    ]
  }
);

pieparis1 = L.piechartMarker(
  L.latLng([48.864716, 2.349014]),
  {
    radius: 80.8,
    data: [
      { name: 'Per_err', value: 17.01, style: { fillStyle: "#E34234", strokeStyle: "#E34234", lineWidth: 7 } },
      { name: 'Per_cor', value: 82.99, style: { fillStyle: "#03C03C", strokeStyle: "#03C03C", lineWidth: 7 } }
    ]
  }
);

```

Εικόνα 5.33 Παράδειγμα διαμόρφωσης των γραφημάτων και οι παράμετροι τους.

Τέλος δημιουργήθηκε ένας διαδραστικός πίνακας όπου για κάθε έλεγχο περιέχονται τα γραφήματα της κάθε πόλης και ο χρήστης μπορεί να τα δει ξεχωριστά ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας τα (Εικόνα 5.34).

```

var baseTree = {
  label: 'Base Layers',
  children: [
    { label: 'OpenStreetMap', layer: Mapnik1 }
  ]
};

var overlaysTree = {
  label: "<b>Pie chart for each city per category </b>",
  children: [
    {label: 'POIs must be inside Buildings', layer: cities1 },
    {label: 'POIs of roads that must be outside of Roads', layer: cities2 },
    {label: 'POIs of roads that must be outside of Buildings', layer: cities3 },
    {label: 'POIs that should be on Roads', layer: cities4 },
    {label: 'POIs must be outside of Natural', layer: cities5 },
    {label: 'POIs that should be on Railways', layer: cities6 },
    {label: 'POIs that must be outside of Buildings', layer: cities7 },
  ]
};

```

Εικόνα 5.34 Δημιουργία διαδραστικού πίνακα για τα γραφήματα του χάρτη της Ευρώπης.

5.6. Παρουσίαση της χαρτογραφικής εφαρμογής

Οι διαδικασίες που προηγήθηκαν οδήγησαν στη διαμόρφωση της διαδραστικής σελίδας οπτικοποίησης των σφαλμάτων που προέκυψαν από την εκτέλεση του εργαλείου **Consistency and Completeness checks** καθώς και άλλων δεδομένων, για 8 πόλεις της Ευρώπης. Ακολουθεί η περιγραφή της δομής και της λειτουργικότητας της ιστοσελίδας. Η διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή που δημιουργήθηκε είναι προσβάσιμη μέσω της διεύθυνσης http://atlas.geocenter.survey.ntua.gr:8080/geoserver/www/osm_quality/leaflet_1.0.3/leaf_1.0.3.html.

Όταν η ιστοσελίδα φορτώνει, εμφανίζεται στην αριστερή πάνω μεριά το κεντρικό μενού της σελίδας, δηλαδή οι 9 καρτέλες που περιέχουν τους χάρτες και η μία τελευταία με τις πληροφορίες εκτέλεσης του εργαλείου. Η φόρτωση της σελίδας ξεκινά με ενεργοποιημένη την επιλογή Ευρώπη (Εικόνα 5.35).

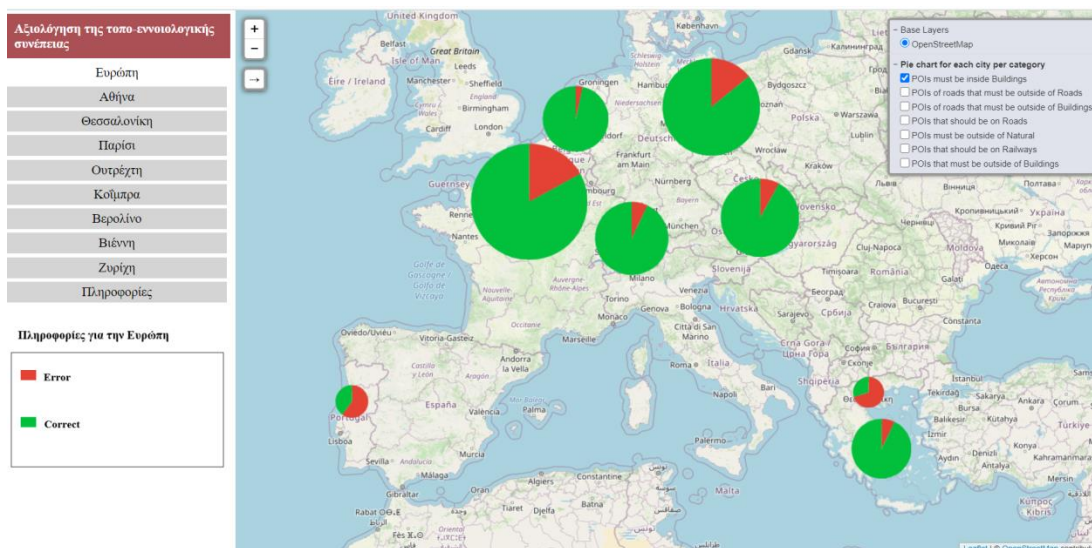


Εικόνα 5.35 Το μενού των επιλογών περιήγησης στη σελίδα.

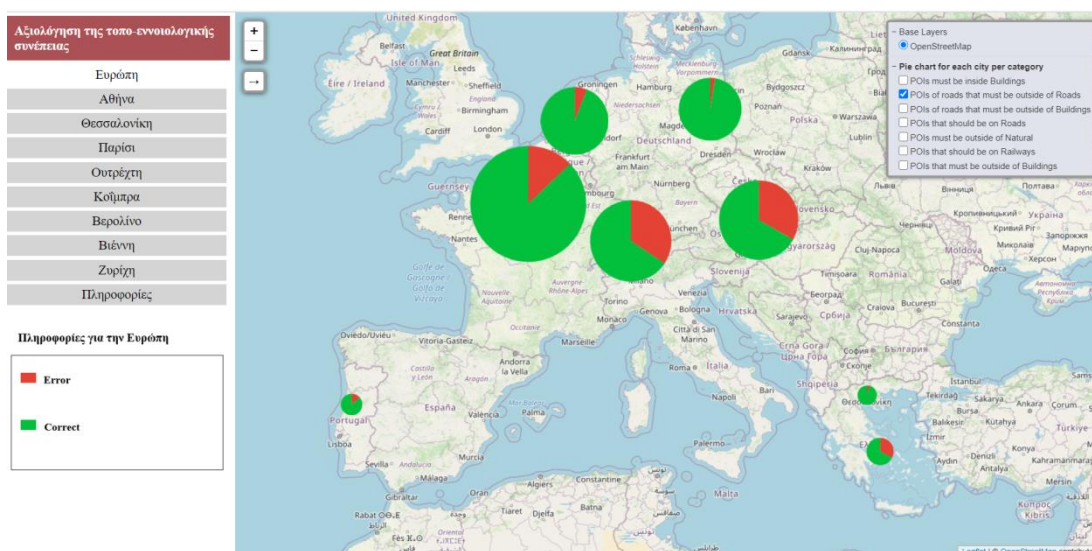
Κάθε μία επιλογή οδηγεί σε ανανέωση της δεξιάς μεριάς της σελίδας που αποτελείται από τον εκάστοτε χάρτη είτε οδηγεί τον χρήστη σε νέα καρτέλα του φυλλομετρητή που περιέχει επεξηγήσεις σε σχέση με τη χρήση του εργαλείου.

Ο χρήστης, πατώντας πάνω σε κάθε καρτέλα (tab) που σχετίζεται με τους χάρτες μπορεί να δει το σύνολο των δεδομένων με ποικίλους τρόπους. Μπορεί να επιλέξει το είδος του υποβάθρου που προτιμά, διαλέγοντας ανάμεσα στο OpenStreetMap Mapnik, OpenStreetMap Grayscale και Esri World Imagery. Επιπλέον μπορεί να δει τα σφάλματα όλων των κατηγοριών συνολικά ή να επιλέξει εκείνος την κατηγορία ή τις κατηγορίες που θέλει να δει και να ενημερωθεί με επιπλέον πληροφορίες του κάθε σφάλματος πατώντας πάνω σε αυτό.

Επιλέγοντας την καρτέλα της Ευρώπης ο χρήστης μπορεί να δει έναν συνολικό χάρτη με τις πόλεις που συμμετείχαν, όπου σε κάθε πόλη υπάρχει ένα γράφημα με ποσοστό σφαλμάτων και σωστών σημείων ανά κατηγορία ελέγχου. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα μέσω του διαδραστικού πίνακα περιεχομένων να ενεργοποιεί τον έλεγχο που επιθυμεί να δει ενώ στην κάτω αριστερά μεριά της σελίδας υπάρχει το υπόμνημα (Εικόνα 5.36 και Εικόνα 5.37).

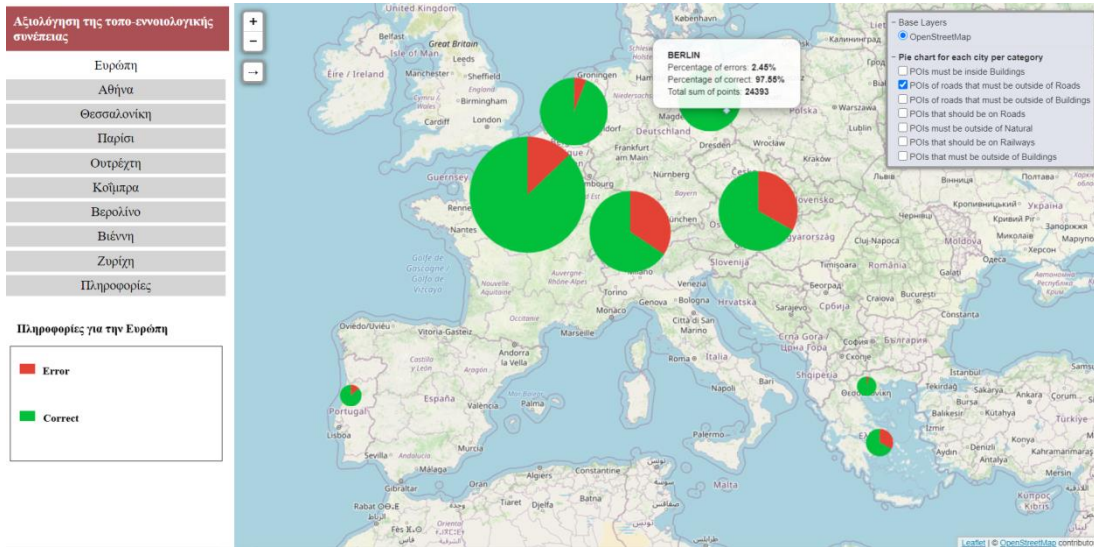


Εικόνα 5.36 Περιεχόμενο της καρτέλας Ευρώπη για τον έλεγχο POIs must be inside Buildings.



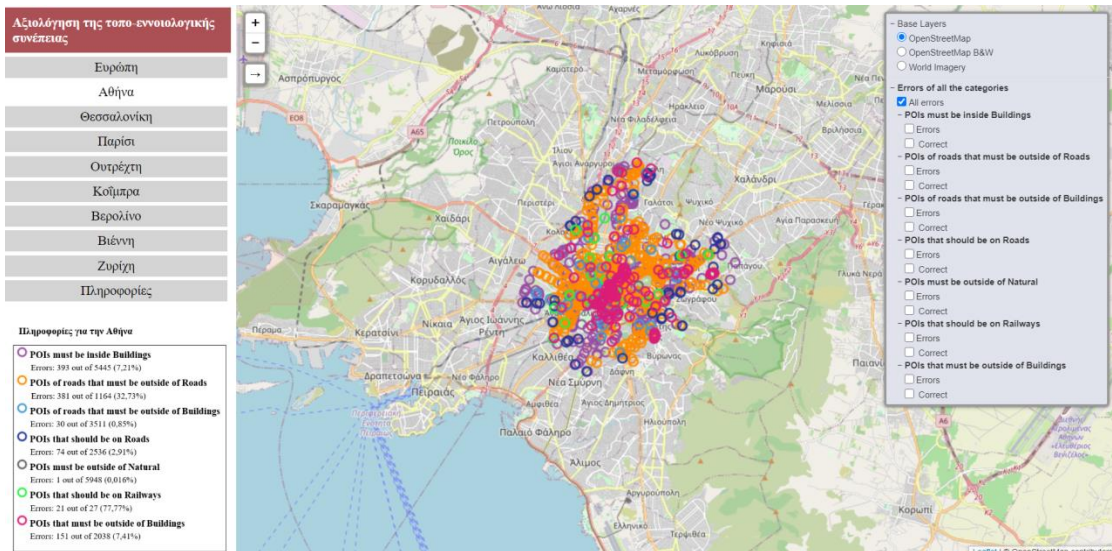
Εικόνα 5.37 Περιεχόμενο της καρτέλας Ευρώπη για τον έλεγχο POIs of roads that must be outside of Roads.

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες, τα γραφήματα κυκλικού σχήματος έχουν μέγεθος ανάλογο με το πλήθος των σημείων της κάθε πόλης που συμμετείχε στον επιλεγμένο έλεγχο, ενώ οι τομείς εκφράζουν τα ποσοστά των σωστών και των εσφαλμένων σημείων με πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα. Επίσης ο χρήστης μπορεί να πατήσει πάνω στο κάθε γράφημα για επιπλέον πληροφορίες (Εικόνα 5.38) και να ενημερωθεί για τις ακριβείς τιμές των ποσοστών.

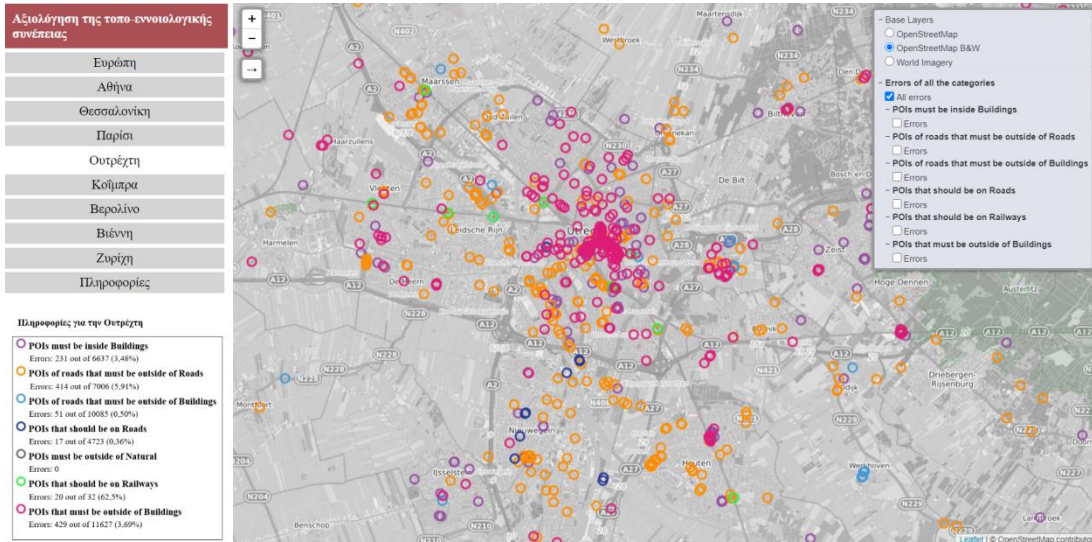


Εικόνα 5.38 Πληροφορίες γραφήματος του Βερολίνου για τον έλεγχο POIs of roads that must be outside of Roads.

Επιλέγοντας μία από τις καρτέλες των πόλεων, ο χρήστης αρχικά έχει την επιλογή να δει όλα τα σφάλματα των κατηγοριών μαζί, αλλάζοντας αν επιθυμεί το είδος του χάρτη υποβάθρου (Εικόνα 5.39,, Εικόνα 5.40,, Εικόνα 5.41). Όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες, στην κάτω αριστερή μεριά της σελίδας υπάρχει το υπόμνημα, ξεχωριστό για κάθε καρτέλα, που πληροφορεί το χρήστη σε τι κατηγορία ανήκει το κάθε σημείο, πόσα σημεία ελέγχθηκαν ανά κατηγορία και ποια από αυτά χαρακτηρίστηκαν εσφαλμένα.



Εικόνα 5.39 Οπτικοποίηση των συνολικών σφαλμάτων λόγω της τοπο-ενοσιολογικής συνέπειας για την Αθήνα με υπόβαθρο στον χάρτη το OSM.

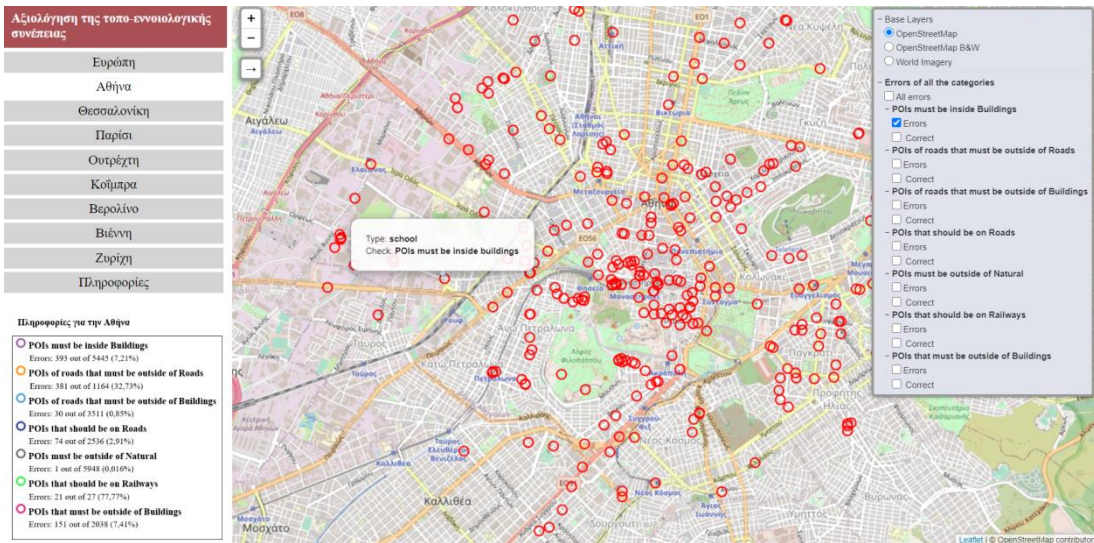


Εικόνα 5.40 Οπτικοποίηση των συνολικών σφαλμάτων λόγω της τοπο-ενοσιολογικής συνέπειας για την Ουτρέχτη με υπόβαθρο στον χάρτη το OSM με γκρι τόνους.

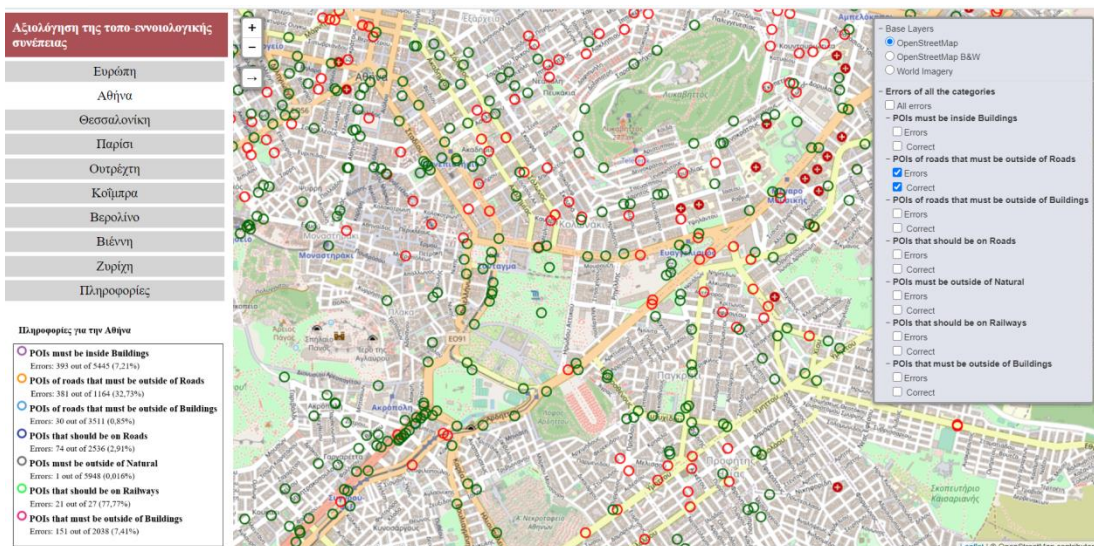


Εικόνα 5.41 Οπτικοποίηση των συνολικών σφαλμάτων λόγω της τοπο-ενοσιολογικής συνέπειας για τη Ζυρίχη με υπόβαθρο στον χάρτη δορυφορικές εικόνες.

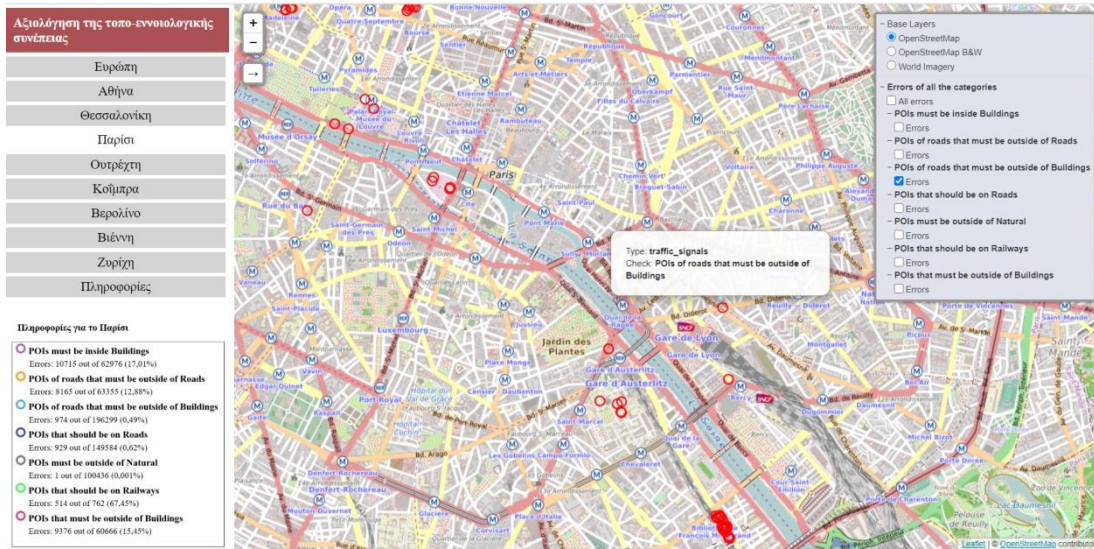
Ο χρήστης επιπλέον έχει την επιλογή να δει τα σφάλματα της κάθε κατηγορίας χωριστά και να κάνει «κλικ» πάνω σε σημεία για να πληροφορείται για το είδος και την κατηγορία σφάλματος. Ειδικά στην περίπτωση της Αθήνας, που τα σημεία δεν είναι πάρα πολλά, μπορεί να δει και τα σημεία που πέρασαν τους ελέγχους (Εικόνα 5.42, Εικόνα 5.43, Εικόνα 5.44, Εικόνα 5.45, Εικόνα 5.46, Εικόνα 5.47, Εικόνα 5.48).



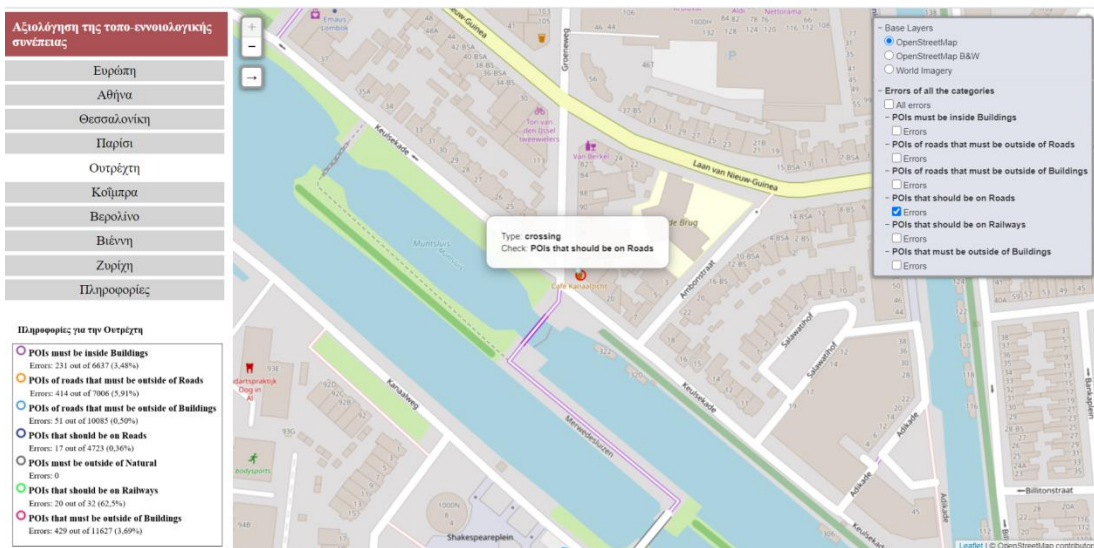
Εικόνα 5.42 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs must be inside Buildings και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για την Αθήνα.



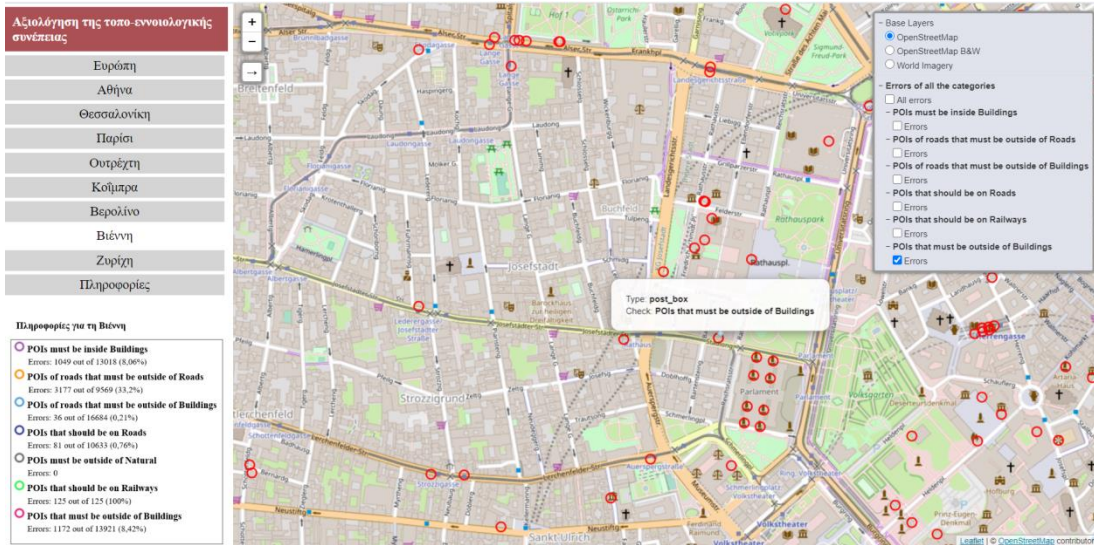
Εικόνα 5.43 Οπτικοποίηση των εσφαλμένων (με κόκκινο χρώμα) και των σωστών (με πράσινο χρώμα) σημείων για την κατηγορία POIs of roads that must be outside of Roads για την Αθήνα.



Εικόνα 5.44 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs of roads that must be outside of Buildings και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για το Παρίσι.



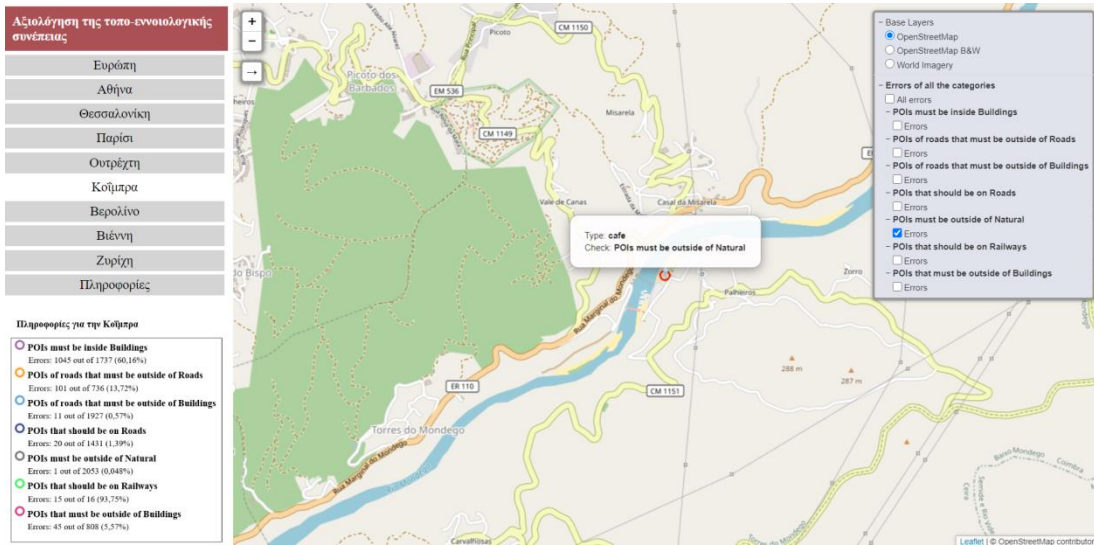
Εικόνα 5.45 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Roads και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για την Ουτρέχτη.



Εικόνα 5.46 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that must be outside of Buildings και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για τη Βιέννη.

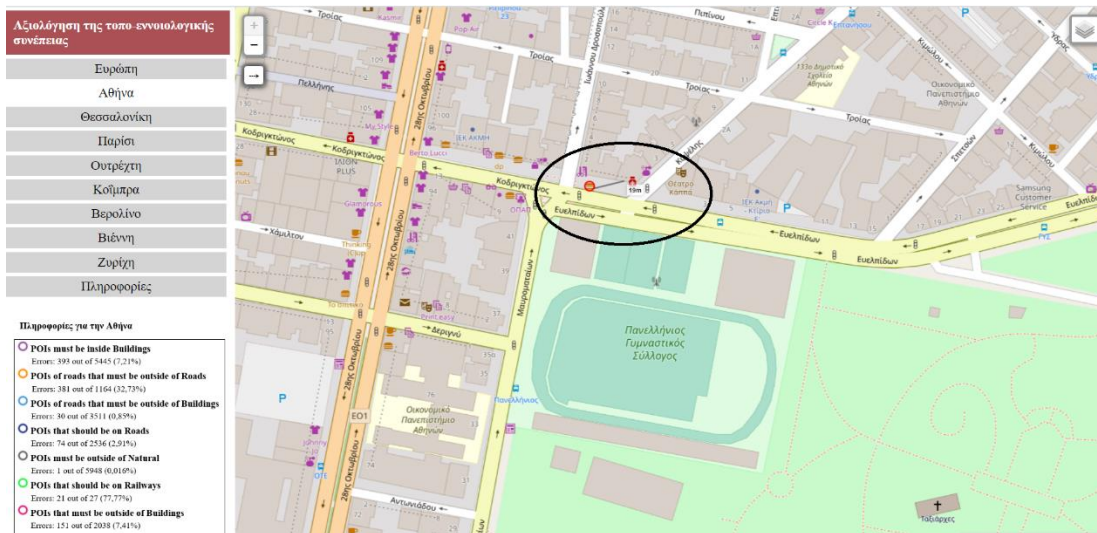


Εικόνα 5.47 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs that should be on Railways και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για το Βερολίνο.



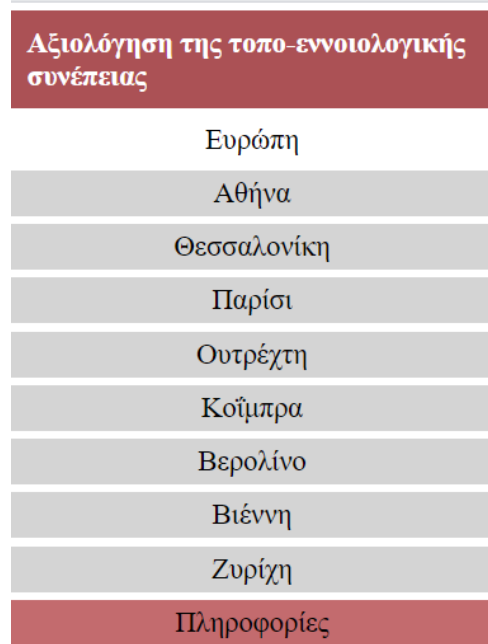
Εικόνα 5.48 Οπτικοποίηση των σφαλμάτων της κατηγορίας POIs must be outside of Natural και ενημέρωση σχετικά με το είδος και την κατηγορία για την Κοΐμπρα.

Εκτός από την οπτικοποίηση των σφαλμάτων, είτε ανά κατηγορία είτε στο σύνολο, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα με το εργαλείο του μέτρου να μετράει αποστάσεις πάνω στο χάρτη σε μονάδες μέτρου, ώστε αν το επιθυμεί να ενημερώνεται ο ίδιος για την απόσταση που απέχει ένα σημείο από το δρόμο, από ένα κτήριο κ.ά. (Εικόνα 5.49).

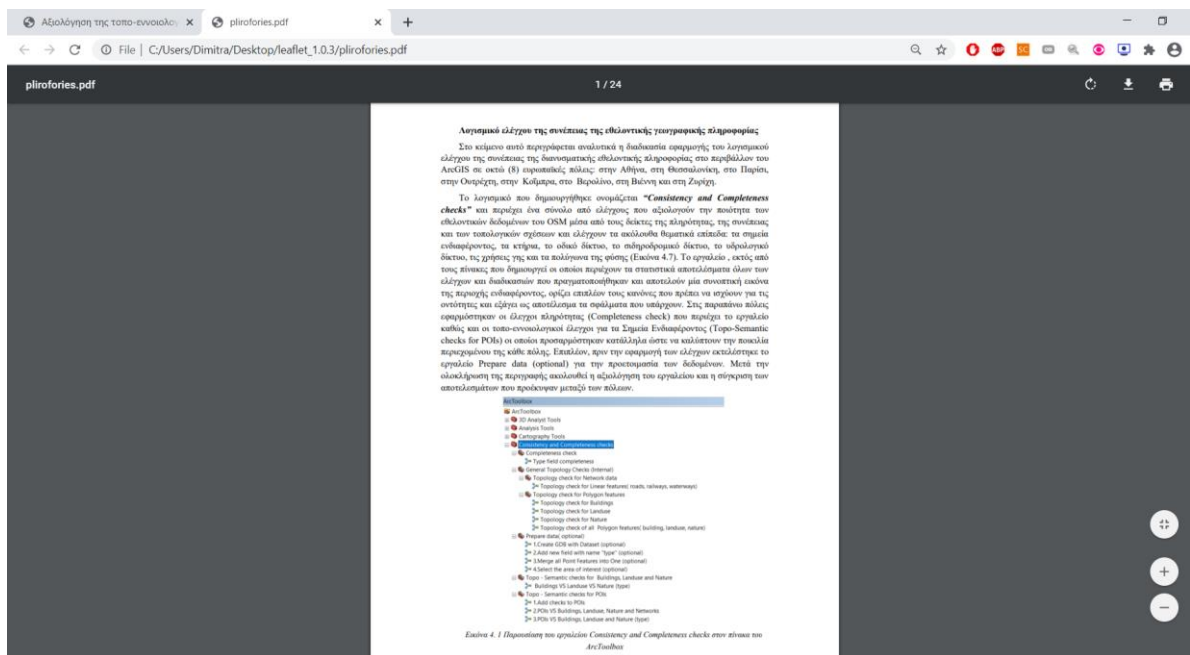


Εικόνα 5.49 Παράδειγμα χρήσης του εργαλείου του μέτρου για μέτρηση μίας απόστασης μεταξύ ενός σημείου και ενός δρόμου.

Η εφαρμογή ολοκληρώνεται με την καρτέλα «Πληροφορίες». Με την επιλογή αυτή (Εικόνα 5.50), ο χρήστης μεταφέρεται σε νέο παράθυρο του φυλλομετρητή του που περιέχει ένα κείμενο σε μορφή pdf με αναλυτικές πληροφορίες για τη λειτουργία και τον τρόπο εφαρμογής του εργαλείου ελέγχου της συνέπειας **Consistency and Completeness checks** στις ευρωπαϊκές πόλεις (Εικόνα 5.51).



Εικόνα 5.50 Επιλογή της καρτέλας Πληροφορίες από το μενού περιήγησης της σελίδας.



Εικόνα 5.51 Αρχείο με τις πληροφορίες λειτουργίας του εργαλείου Consistency and Completeness checks.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. Αξιολόγηση – Προτάσεις

Η μεταπτυχιακή εργασία καλύπτει με επιτυχία τρία αντικείμενα:

- Την δημιουργία ενός εργαλείου σε περιβάλλον ΣΓΠ (ArcGIS) για τον αξιολόγηση της πληρότητας των ιδιοτήτων και της λογικής συνέπειας με τη βοήθεια τοπο-εννοιολογικών ελέγχων της ΕΓΠ που διαθέτει το OSM
- Την μελέτη των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ποιότητα της ΕΓΠ του OSM για 8 ευρωπαϊκές πόλεις
- Τη δημιουργία μιας διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής που οπτικοποιεί τα αποτελέσματα αξιολόγησης της ποιότητας και επιτυγχάνει την ενημέρωση του χρήστη για αυτή με εύληπτο τρόπο.

Τα σφάλματα της τοπο-εννοιολογικής συνέπειας του OSM για οκτώ ευρωπαϊκές πόλεις προέκυψαν μετά την εκτέλεση του λογισμικού *Consistency and Completeness checks*. Το λογισμικό αυτό αξιολογεί την ποιότητα των εθελοντικών δεδομένων ως προς τους δείκτες της πληρότητας και της συνέπειας με ένα σύνολο από ελέγχους που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 4. Τα αποτελέσματα του εργαλείου αποδόθηκαν χαρτογραφικά και αποτέλεσαν το θέμα της χαρτογραφικής διαδικτυακής εφαρμογής.

6.1. Αξιολόγηση εργαλείου

Το εργαλείο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο τόσο στην αξιολόγηση της ποιότητας ενός συνόλου εθελοντικών δεδομένων στο πλαίσιο της έρευνάς της, όσο και στην παροχή βοήθειας σε χρήστες οι οποίοι δεν έχουν κάποια συγκεκριμένη γνώση του θέματος και επιθυμούν περαιτέρω πληροφόρηση για τις συγκεκριμένες παραμέτρους της ποιότητας αλλά και για το σύνολο δεδομένων που διαθέτουν. Ένας χρήστης μπορεί με το έλεγχο πληρότητας να πληροφορηθεί για το ποσοστό των δεδομένων που φέρουν ιδιότητες και το πεδίο τιμών των ιδιοτήτων ώστε να αποφασίσει για την καταλληλότητα χρήσης στην εφαρμογή που επιθυμεί. Επιπλέον από τον εντοπισμό των τοπο – εννοιολογικών ελέγχων πληροφορείται για το ποσοστό διατάραξης των δοκίμων σχέσεων των δεδομένων και στη συνέχεια να αποφασίσει αν αυτό το ποσοστό μπορεί να γίνει αποδεκτό ή πρέπει να διερευνηθεί κατά περίπτωση.

Το λογισμικό ελέγχου της συνέπειας της ΕΓΠ καταφέρνει να εφαρμόζει ελέγχους συνδυάζοντας τη γεωμετρία αλλά και τις ιδιότητες των χωρικών οντοτήτων, ξεπερνώντας τις δυνατότητες του ArcGIS που περιορίζονται συνήθως σε ένα μόνο θεματικό επίπεδο το οποίο συμμετέχει συνολικά σε έναν τοπολογικό έλεγχο χωρίς να είναι δυνατή η επιλογή επιμέρους στοιχείων για συγκεκριμένους ελέγχους. Μπορεί να εφαρμοστεί στα δεδομένα του OSM για πόλεις που λαμβάνονται από την ιστοσελίδα Geofabrik χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη γνώση του περιεχομένου του OSM ούτε του ArcGIS. Το λογισμικό αναλαμβάνει το μετασχηματισμό των δομών και την εφαρμογή των ελέγχων στα γεωγραφικά δεδομένα που του υποδεικνύει ο χρήστης.

6.2. Αξιολόγηση διαδικτυακής εφαρμογής

Η ποιότητα των εθελοντικών δεδομένων αποτελεί ένα σημαντικό θέμα και για αυτό το λόγο μεγάλη ποικιλία δεικτών και μέτρων έχει προταθεί για την αξιολόγησή της. Ο μέσος χρήστης της ΕΓΠ, μη έχοντας την εμπειρία που χρειάζεται, σπάνια αναρωτιέται για την ποιότητά της, είτε επειδή δεν γνωρίζει το πρόβλημα και την αγνοεί ως έννοια είτε γιατί εσφαλμένα πιστεύει ότι είναι εξασφαλισμένη με αποτέλεσμα να αδυνατεί να την αξιολογήσει. Συνεπώς, η χαρτογραφική απόδοση της ΕΓΠ παρουσιάζει μεγάλο εύρος λειτουργικότητας, είτε ως εργαλείο ευαισθητοποίησης για τον αρχάριο χρήστη είτε ως εργαλείο διερεύνησης για τον έμπειρο χρήστη/επιστήμονα, με αποτέλεσμα να αποτελεί τον μόνο τρόπο διερεύνησης της ποιότητας της ΕΓΠ οδηγώντας στην αποτελεσματική αξιολόγησή της.

Η χαρτογραφική εφαρμογή που δημιουργήθηκε επιτυγχάνει το σκοπό της οπτικοποίησης των σφαλμάτων που οφείλονται στην τοπο-εννοιολογική συνέπεια και αποτελεί ένα περιβάλλον όπου ο χρήστης με μεγάλη ευκολία και με τη βοήθεια διαδραστικών εργαλείων μπορεί να πλοηγηθεί με ποικίλους τρόπους συνδυάζοντας επιτυχώς μία ποικιλία χαρτογραφικών μεθόδων απόδοσης.

Η εφαρμογή διαθέτει εργαλεία ενημέρωσης για το περιεχόμενο που οπτικοποιείται και επιπλέον προσφέρει εναλλαγές στον τρόπο απόδοσης των δεδομένων ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες κάθε είδους χρήστη. Οι λειτουργίες της διαδραστικότητας του χάρτη, όπως η αλλαγή κλίμακας, η επισήμανση οντοτήτων κατά το πέρασμα του κέρσορα και η εναλλαγή πολλαπλών χαρτών και δεδομένων συμπλήρωσαν το οπτικό αποτέλεσμα και ενίσχυσαν τις πληροφορίες που μεταδίδονται στον χρήστη.

Για τη δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε τόσο η δημοσιοποίηση γεωγραφικών δεδομένων από την πλευρά του πελάτη, όσο και από την πλευρά του εξυπηρετητή. Η δημοσιοποίηση από την πλευρά του πελάτη δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να ορίσει ο ίδιος την μορφή και τις ιδιότητες του χάρτη και πλεονεκτεί ως προς τα επίπεδα διαδραστικότητας που ενσωματώνονται στο αποτέλεσμα. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή υλοποιήθηκε με τη χρήση του μορφότυπου GeoJSON, της βιβλιοθήκης Leaflet και της Javascript. Η δημοσιοποίηση από την πλευρά του εξυπηρετητή είναι κατάλληλη για μεγάλο όγκο δεδομένων, σε αντίθεση με αυτήν του πελάτη, και ιδιαίτερα για ενημερώσεις των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Για την δημοσιοποίηση από την πλευρά του εξυπηρετητή απαιτείται η ύπαρξη ενός εξυπηρετητή γεωγραφικών δεδομένων, όπως εν προκειμένω ο Geoserver.

Κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού από την πλευρά του πελάτη, η βιβλιοθήκη Leaflet της Javascript αποδείχθηκε ιδιαίτερα προσιτή, με αναλυτική τεκμηρίωση και ολοκληρωμένα παραδείγματα χαρτών, ωστόσο παρατηρήθηκε ότι σε περιπτώσεις που ο όγκος των δεδομένων είναι πολύ μεγάλος, όπως για παράδειγμα στη προσπάθεια να ενσωματώσουμε στη σελίδα πολλά αρχεία μορφότυπου GeoJSON, η φόρτωση της σελίδας καθυστερούσε σε μεγάλο βαθμό ή δεν φόρτωνε καθόλου. Αυτό οδήγησε στην επιλογή συγκεκριμένου αριθμού αρχείων ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό.

Όσον αφορά στον συμβολισμό της ποιότητας της ΕΓΠ, η βιβλιοθήκη Leaflet κρίθηκε επαρκής για το συμβολισμό των δεδομένων GeoJSON και το πρότυπο SLD για τα δεδομένα που δημοσιοποιούνται ως υπηρεσία WMS από τον Geoserver.

6.3. Μελλοντικές προτάσεις

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους τόσο η διαδικτυακή εφαρμογή, όσο και το λογισμικό ελέγχου θα μπορούσαν να βελτιωθούν και να εξελιχθούν περαιτέρω.

Ένας τρόπος βελτίωσης του εργαλείου είναι ο εμπλουτισμός του με περισσότερους ελέγχους, οι οποίοι θα καλύπτουν και άλλες παραμέτρους της ποιότητας που πρέπει να αξιολογηθούν, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στους χρήστες να έχουν μία πιο συνολική εικόνα της ποιότητας του συνόλου δεδομένων τους και περιορίζοντας σε μεγαλύτερο βαθμό τα σφάλματά της, επιτυγχάνοντας μία καλύτερη απόδοση των χωρικών δεδομένων. Παράλληλα το εργαλείο είναι έτσι δομημένο ώστε να είναι δυνατή η ανανέωση του περιεχομένου των τοπο – εννοιολογικών ελέγχων με προσθήκη νέων ειδών ΣΕ στους υπάρχοντες ελέγχους ή ακόμα και τη δόμηση νέων κανόνων ανάμεσα σε οντότητες του OSM που δεν συμμετείχαν στους παρόντες ελέγχους.

Ο εμπλουτισμός του εργαλείου θα οδηγούσε και στη βελτίωση της χαρτογραφικής εφαρμογής με την αξιολόγηση περισσότερων δεικτών της ποιότητας και την οπτικοποίηση των σφαλμάτων και από άλλες παραμέτρους.

Η χαρτογραφική εφαρμογή, εκτός από τον εμπλουτισμό της με περισσότερους δείκτες αξιολόγησης της ποιότητας προς απόδοση, θα μπορούσε να βελτιωθεί περαιτέρω ως προς τον τρόπο παρουσίασής της ώστε να αποτελεί ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον χαρτογραφικής απόδοσης. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με προσθήκη περισσότερων διαδραστικών λειτουργιών ή με τη χρήση μίας άλλης χαρτογραφικής βιβλιοθήκης όπως π.χ. D3.

Ένας ακόμη τρόπος βελτίωσης της εφαρμογής είναι ο προσδιορισμός και η οπτικοποίηση σφαλμάτων από περισσότερες πόλεις, προκειμένου να βγει ένα πόρισμα ως προς την αξιοπιστία του OSM σε κλίμακα πόλης, δηλαδή μεγάλη κλίμακα. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν ακόμα για τη μελέτη του τρόπου που λειτουργούν οι χρήστες ανά περιοχή. Παράλληλα μπορούν να διατυπωθούν τοπο-εννοιολογικοί έλεγχοι για τα αντικείμενα του OSM που παρουσιάζονται σε μικρότερη κλίμακα ή σε περιοχές άλλου χαρακτήρα π.χ. αγροτικές.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ali, A. L, Schmid, F., 2014. Data Quality Assurance for Volunteered Geographic Information. Lecture Notes in Computer Science Volume, pp. 126-141.
- Antoniou and Skopeliti, 2015 Measures and Indicators of Vgi Quality: AN Overview.https://www.researchgate.net/publication/282279048_MEASURES_AND_INDICATORS_OF_VGI_QUALITY_AN_OVERVIEW [accessed Jul 08 2020]
- Antoniou, Vyron et al. “Using Osm, Geotagged Flickr Photos and Authoritative Data: a Quality Perspective.” (2016).
- Beard, K., & Mackness, W. 1993. Visual access to data quality in geographic information systems. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 30(3), 37-45.
- Blenkinsop, S., Fisher, P., Bastin, L. and Wood, J. 2000. ‘Evaluating the perception of uncertainty in alternative visualization strategies’, *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 37, pp. 1–14.
- Brisaboa, N., Luaces, M., Rodríguez, M.A., 2011. Cognitive adequacy of topological consistency measures, in: *Advances in Conceptual Modeling. Recent Developments and New Directions - ER 2011 Workshops*. LCNS Springer, pp. 241–250
- Bruns, A., 2006. Towards produsage: Futures for user-led content production, in: Sudweeks, F., Hrachovec, H., Ess, C. (Eds.), *Creative Industries Faculty. Presented at the Cultural Attitudes towards Communication and Technology 2006*, Murdoch University, Tartu, Estonia, pp. 275–284.
- Brus., J., Pechanec, V., 2015: The user centered framework for the visualization of spatial data quality. Brus J. et al. (eds.), *Modern trends in Cartography. Lecture notes in Geoinformatics and Cartography*. Springer International Publishing, 325-338s. DOI 10.1007/978-3-319-07926-4_25
- Coleman, D.J., Georgiadou, Y., Labonte, J., 2009. Volunteered geographic information: The nature and motivation of producers. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* 4, 332–358.
- Crampton, J. W. (2009). *Progress in Human Geography* pp. 91–100, *Cartography: maps 2.0*
- Cron, J., R. Sieber, and L. Hurni. 2007. Guidelines to optimized graphical user interfaces of interactive atlases, in *Proceedings of the 23rd International Cartographic Conference ICC*, Moscow, Russia.
- Fonte, C C, Antoniou, V, Bastin, L, Estima, J, Arsanjani, J J, Bayas, J-C L, See, L and Vatseva, R. 2017. *Assessing VGI Data Quality*
- Girres, J. F., Touya, G., 2010. Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS*, 14(4), pp. 435- 459.
- Goodchild, M.F., 2007. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal* 69, 211–221. doi:10.1007/s10708-007- 9111-y

- Jenny, B., Jenny, H., Räber, S. (2008). Map design for the Internet. In M. P. Peterson (Eds.), *International Perspectives on Maps and the Internet*, (pp. 31–48). Berlin: Springer Verlag
- Jokar Arsanjani, J., Barron, C., Bakillah, M., Helbich, M., 2013. Assessing the quality of OpenStreetMap contributors together with their contributions, in: *Proceedings of the 16th AGILE Conference*. Presented at the AGILE'16, Leuven, Belgium.
- Jones, K., 2011. Communicating perceived geospatial data quality of 3D objects in virtual globes, Msc thesis, School of Graduate Studies, Department of Geography Memorial University of Newfoundland, pp. 122.
- Kinkeldey, C., MacEachren, A. M., & Schiewe, J. 2014a. How to assess visual communication of uncertainty? A systematic review of geospatial uncertainty visualisation user studies. *The Cartographic Journal*, 51(4), 372-386.
- MacEachren, A.M., Robinson A, Hopper S, Gardner S, Murray R, Gahegan M, Hetzler E 2005. Visualizing geospatial information uncertainty: what we know and what we need to know. *Cartogr Geogr Inf Sci* 32:139–160.
- Martínez, P., Martí, P., Querin, O.M., 2006. Growth method for size, topology, and geometry optimization of truss structures. *Struct Multidisc Optim* 33, 13–26. doi:10.1007/s00158-006-0043-9
- Neumann, A. (2008). Web Mapping and Web Cartography, *Encyclopedia of GIS*
- Papadias, D., Mamoulis, N., Delis, B., 1998. Algorithms for querying by spatial structure, in: *Proceedings of the 24th VLDB Conference*. Presented at the Very Large Data Bases Conference (VLDB), New York, USA, pp. 546–557
- Peterson, M. P. (1995). *Interactive and Animated Cartography*
- Rodríguez, M.A., Brisaboa, N., Meza, J., Luaces, M.R., 2010. Measuring consistency with respect to topological dependency constraints, in: *Proceedings of the 18th SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, GIS '10*. ACM, New York, NY, USA, pp. 182–191. doi:10.1145/1869790.1869818
- Roth, R. E. (2012). *Cartographic Interaction Primitives: Framework and Synthesis*
- Sehra, S.S., Singh, J., Rai, H.S., 2014. Assessing the topological consistency of crowdsourced OpenStreetMap data. *Human Computation* 1. doi:10.15346/hc.v1i2.13
- Senaratne, H., Mobasher, A., Ali, A.L., Capineri, C., Haklay, M. (Muki), 2016. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science* 1–29. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>
- Skopeliti, A, Antoniou, V and Bandrova, T. 2017. Visualisation and Communication of VGI Quality. In: Foody, G, See, L, Fritz, S, Mooney, P, Olteanu-Raimond, A-M, Fonte, C C and Antoniou, V. (eds.) *Mapping and the Citizen Sensor*. Pp. 197–222. London: Ubiquity Press. DOI: <https://doi.org/10.5334/bbf.i>. License: CC-BY 4.0
- Slocum, T. A., D. C. Cliburn, J. J. Feddema, and J. R. Miller. 2003. Evaluating the usability of a tool for visualizing the uncertainty of the future global water balance. *Cartography and Geographic Information Science* 30(4): 299-317

- Stopper, R., Wiesmann, S., Schnabel, O. (2012). Cartographic Design for Screen Maps, Ανακτήθηκε 7 Ιουλίου, 2020, από http://www.e-cartouche.ch/content_reg/cartouche/cartdesign/en/text/cartdesign.pdf
- Touya, G, Antoniou, V, Christophe, S and Skopeliti, A. 2017. Production of Topographic Maps with VGI: Quality Management and Automation.
- Van den Worm, J. (2001). Web map design in practice. In: Kraak, M.-J. & A. Brown (Eds.), Web cartography: developments and prospects, (pp. 87-107). London: Taylor & Francis.
- Veenendaal, B., Brovelli, M.A., Li, S. (2017). Review of Web Mapping: Eras, Trends and Directions
- Wikipedia, 2020 <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenLayers>
- Wikipedia, 2020 https://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol
- Wikipedia, 2020 <https://en.wikipedia.org/wiki/Internet>
- Wikipedia, 2020 [https://en.wikipedia.org/wiki/Leaflet_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Leaflet_(software))
- Wikipedia, 2020 https://en.wikipedia.org/wiki/Volunteered_geographic_information
- Ζαχαροπούλου, 2018. Ανάπτυξη λογισμικού ελέγχου της συνέπειας της διανυσματικής εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας
- Τσούλος και Σκοπελίτη, 2019. Χωρικά Δεδομένα και Διαδίκτυο- Διαδικτυακές Υπηρεσίες, Ψηφιακή Τεχνολογία και Χαρτογραφική Παραγωγή
- Τσούλος, Λ., Σκοπελίτη, Α., Στάμου, Λ. (2015). Χαρτογραφική σύνθεση και απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παράδειγμα δημιουργίας χάρτη των πόλεων

Ενδεικτικός χάρτης για την Αθήνα

```
var centerLatAthina = 37.983810;
var centerLngAthina = 23.727539;
var initialZoomAthina = 12;
var mapAthina = L.map('mapAthina', {
  measureControl: true,
  center: [centerLatAthina, centerLngAthina],
  zoom: initialZoomAthina,
  crs: L.CRS.EPSG3857
});
//set one map tiles source
var Mapnik = L.tileLayer('http://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  maxZoom: 18,
  attribution: '© OpenStreetMap contributors'
});
Mapnik.addTo(mapAthina);
var osmBw = L.tileLayer(
  'http://{s}.tiles.wmflabs.org/bw-mapnik/{z}/{x}/{y}.png',
  {attribution: '© OpenStreetMap contributors'}
);
var Esri_WorldImagery =
L.tileLayer('https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}', {
  attribution: 'Tiles &copy; Esri &mdash; Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX,
  GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community'
});
var url = 'http://atlas.geocenter.survey.ntua.gr:8080/geoserver/wms';
var mywms= L.tileLayer.wms(url, {
  layers: 'w_zaharopoulou:athens2_errors',
  format: 'image/png',
```

```

version: '1.1.0',
transparent: true,
attribution: "",
maxZoom: 18,
tilled:true
}).addTo(mapAthina);
// GEOJSON1 ATHENS
//create an operational layer that is empty for now
let myathenserrors1 = L.layerGroup();
var athenserrors1 = L.geoJson(athens2_error_cat1, {
style: function (feature) {
return { color: "#FF0000" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens1 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category1 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens1) {
popupContentathens1 += feature.properties.popupContentathens1;
}
layer.bindPopup(popupContentathens1);
myathenserrors1.addLayer( layer );
},
});
//create an operational layer that is empty for now
let myathenscorrect1 = L.layerGroup();

```

```
var athenscorrect1 = L.geoJson(athens2_correct_cat1, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#006400" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",
    weight: 2,
    opacity: 3,
    fillOpacity: 0});
  },
  onEachFeature: function (feature, layer) {
    var popupContentathens11 = "<p> Type: <b>" +
    feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
    feature.properties.catigorie1 + " </b> </p>";
    if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens11) {
      popupContentathens11 += feature.properties.popupContentathens11;
    }
    layer.bindPopup(popupContentathens11);
    myathenscorrect1.addLayer( layer );
  }
});

// GEOJSON2 ATHENS
let myathenserrors2 = L.layerGroup();

var athenserrors2 = L.geoJson(athens2_error_cat2, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#FF0000" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
    weight: 2,
    opacity: 3,
```

```

fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens2 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category2 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens2) {
popupContentathens2 += feature.properties.popupContentathens2;
}
layer.bindPopup(popupContentathens2);
myathenserrors2.addLayer( layer );
}
});
//create an operational layer that is empty for now
let myathenscorrect2 = L.layerGroup();

var athenscorrect2 = L.geoJson(athens2_correct_cat2, {
style: function (feature) {
return { color: "#006400" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens22 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.categorie2 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens22) {
popupContentathens22 += feature.properties.popupContentathens22;
}
}
});

```

```

}
layer.bindPopup(popupContentathens22);
myathenscorrect2.addLayer( layer );
}
});
// GEOJSON3 ATHENS
let myathenserrors3 = L.layerGroup();

var athenserrors3 = L.geoJson(athens2_error_cat3, {
style: function (feature) {
return { color: "#FF0000" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens3 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category3 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens3) {
popupContentathens3 += feature.properties.popupContentathens3;
}
layer.bindPopup(popupContentathens3);
myathenserrors3.addLayer( layer );
}
});

//create an operational layer that is empty for now

```

```
let myathenscorrect3 = L.layerGroup();

var athenscorrect3 = L.geoJson(athens2_correct_cat3, {
style: function (feature) {
return { color: "#006400" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",

weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens33 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.catigorie3 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens33) {
popupContentathens33 += feature.properties.popupContentathens33;
}
layer.bindPopup(popupContentathens33);
myathenscorrect3.addLayer( layer );
}
});

// GEOJSON4 ATHENS
let myathenserrors4 = L.layerGroup();
var athenserrors4 = L.geoJson(athens2_error_cat4, {
style: function (feature) {
return { color: "#FF0000" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
```

```

weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens4 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category4 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens4) {
popupContentathens4 += feature.properties.popupContentathens4;
}
layer.bindPopup(popupContentathens4);
myathenserrors4.addLayer( layer );
}
});
//create an operational layer that is empty for now
let myathenscorrect4 = L.layerGroup();

var athenscorrect4 = L.geoJson(athens2_correct_cat4, {
style: function (feature) {
return { color: "#006400" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",

weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens44 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +

```

```

feature.properties.catigorie4 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens44) {
popupContentathens44 += feature.properties.popupContentathens44;
}
layer.bindPopup(popupContentathens44);
myathenscorrect4.addLayer( layer );
}
});
// GEOJSON5 ATHENS
let myathenserrors5 = L.layerGroup();

var athenserrors5 = L.geoJson(athens2_error_cat5, {
style: function (feature) {
return { color: "#FF0000" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens5 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category5 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens5) {
popupContentathens5 += feature.properties.popupContentathens5;
}
layer.bindPopup(popupContentathens5);
myathenserrors5.addLayer( layer );
}
});

```



```

//create an operational layer that is empty for now
let myathenscorrect5 = L.layerGroup();

var athenscorrect5 = L.geoJson(athens2_correct_cat5, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#006400" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",
    weight: 2,
    opacity: 3,
    fillOpacity: 0});
  },
  onEachFeature: function (feature, layer) {
    var popupContentathens55 = "<p> Type: <b>" +
    feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
    feature.properties.catigorie5 + " </b> </p>";
    if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens55) {
    popupContentathens55 += feature.properties.popupContentathens55;
    }
    layer.bindPopup(popupContentathens55);
    myathenscorrect5.addLayer( layer );
  }
});

// GEOJSON6 ATHENS
let myathenserrors6 = L.layerGroup();
var athenserrors6 = L.geoJson(athens2_error_cat6, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#FF0000" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",

```

```

weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens6 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category6 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens6) {
popupContentathens6 += feature.properties.popupContentathens6;
}
layer.bindPopup(popupContentathens6);
myathenserrors6.addLayer( layer );
}
});
//create an operational layer that is empty for now
let myathenscorrect6 = L.layerGroup();
var athenscorrect6 = L.geoJson(athens2_correct_cat6, {
style: function (feature) {
return { color: "#006400" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens66 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check:<b>" +
feature.properties.categorie6 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens66) {

```

```
popupContentathens66 += feature.properties.popupContentathens66;
}
layer.bindPopup(popupContentathens66);
myathenscorrect6.addLayer( layer );
}
});
// GEOJSON7 ATHENS
let myathenserrors7 = L.layerGroup();

var athenserrors7 = L.geoJson(athens2_error_cat7, {
style: function (feature) {
return { color: "#FF0000" };
},
pointToLayer: function(feature, latlng) {
return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#ff0000",
weight: 2,
opacity: 3,
fillOpacity: 0});
},
onEachFeature: function (feature, layer) {
var popupContentathens7 = "<p> Type: <b>" +
feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
feature.properties.category7 + " </b> </p>";
if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens7) {
popupContentathens7 += feature.properties.popupContentathens7;
}
layer.bindPopup(popupContentathens7);
myathenserrors7.addLayer( layer );
}
});
//create an operational layer that is empty for now
let myathenscorrect7 = L.layerGroup();
```

```

var athenscorrect7 = L.geoJson(athens2_correct_cat7, {
  style: function (feature) {
    return { color: "#006400" };
  },
  pointToLayer: function(feature, latlng) {
    return new L.CircleMarker(latlng, {radius: 6.5, fillColor: "#006400",
    weight: 2,
    opacity: 3,
    fillOpacity: 0});
  },
  onEachFeature: function (feature, layer) {
    var popupContentathens77 = "<p> Type: <b>" +
    feature.properties.type + " </b> <br> Check: <b>" +
    feature.properties.catigorie7 + " </b> </p>";
    if (feature.properties && feature.properties.popupContentathens77) {
      popupContentathens77 += feature.properties.popupContentathens77;
    }
    layer.bindPopup(popupContentathens77);
    myathenscorrect7.addLayer( layer );
  }
});

var baseTree = {
  label: 'Base Layers',
  children: [
    { label: 'OpenStreetMap', layer: Mapnik },
    {label: 'OpenStreetMap B&W', layer: osmBw, name: 'OpenStreeMap <b>B&W</b>'},
    { label: 'World Imagery', layer: Esri_WorldImagery },
  ]
};

var overlaysTree = {
  label: "<b>Errors of all the categories</b>",

```

```
children: [  
  {label: 'All errors', layer: mywms },  
  {label: "<b>POIs must be inside Buildings</b>", children:  
    [  
      {label: 'Errors', layer: myathenserrors1 },  
      {label: ' Correct', layer: myathenscorrect1 }  
    ]  
  },  
  {label: "<b>POIs of roads that must be outside of Roads</b>", children:  
    [  
      {label: 'Errors', layer: myathenserrors2 },  
      {label: ' Correct', layer: myathenscorrect2 }  
    ]  
  },  
  {label: "<b>POIs of roads that must be outside of Buildings</b>", children:  
    [  
      {label: 'Errors', layer: myathenserrors3 },  
      {label: ' Correct', layer: myathenscorrect3 }  
    ]  
  },  
  {label: "<b>POIs that should be on Roads</b>", children:  
    [  
      {label: 'Errors', layer: myathenserrors4 },  
      {label: ' Correct', layer: myathenscorrect4 }  
    ]  
  },  
  {label: "<b>POIs must be outside of Natural</b>", children:  
    [  
      {label: 'Errors', layer: myathenserrors5 },  
      {label: ' Correct', layer: myathenscorrect5 }  
    ]  
  },  
]
```

```

{label: "<b>POIs that should be on Railways</b>", children:
[
{label: 'Errors', layer: myathenserrors6},
{label: ' Correct', layer: myathenscorrect6}
]
},
{label: "<b>POIs that must be outside of Buildings</b>", children:
[
{label: 'Errors', layer: myathenserrors7},
{label: ' Correct', layer: myathenscorrect7}
]
}
]
};
info = L.control.layers.tree(baseTree, overlaysTree).addTo(mapAthina);

```

Ενδεικτικό περιεχόμενο της HTML και CSS που χρησιμοποιήθηκε για τη διαμόρφωση της ιστοσελίδας

```

/* Set height of body and the document to 100% to enable "full page tabs" */
body, html {
    height:100%;
    margin: 0;
    font-family: Times New Roman, sans-serif;
}

/* Style tab links eine ta buttons ayta*/
#title{
    background-color: #AB5155;
    color:white;
    padding: 10px;
}

```

```
width: 19%;  
}
```

```
.tablink {  
background-color: #D4D4D4;  
color: black;  
display: block;  
left:0;  
border: none;  
outline: none;  
cursor: pointer;  
padding: 4px;  
font-size: 18px;  
font-family: Times New Roman, sans-serif;  
width: 20%;  
margin-top: 5px;  
  
}
```

```
.tablink:hover {  
background-color: #C36B6E;  
  
}
```

```
/* Style the tab content (and add height:100% for full page content) */  
.tabcontent {  
  
color: black;  
background-color: white;  
  
padding: 15px 5px;  
height: 95%;
```

```
top:0px;  
left:0px;  
bottom:0px;  
margin-left:0px;  
margin-top:0px;  
}
```

```
.map {  
  
display:block;  
width:79%;  
min-width: 900px;  
min-height:20%;  
height:auto;  
position:absolute;  
top:0px;  
float:left;  
right:0px;  
bottom:0px;  
margin-left:0px;  
margin-top:0px;  
background-color:#99ccff;  
border: 2px black;  
z-index:100;  
  
}
```

```
.leaflet-popup-content-wrapper{  
background-color: white;  
opacity: 0.9;  
max-width: 300px;
```



```
}  
.leaflet-popup-tip {  
background: lightblue;  
width:3px;  
height:3px;  
  
}  
</style>  
</head>  
  
<body>  
<div id="title" class="tablink"> <b> Αξιολόγηση της τοπο-εννοιολογικής  
<br>συνέπειας</b></div>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Europe',  
this)"id="defaultOpen">Ευρώπη</button>  
<button class="tablink" onclick="openPage('Athina', this)">Αθήνα</button>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Thessaloniki', this)">Θεσσαλονίκη</button>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Paris', this)">Παρίσι</button>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Utrecht', this)">Ουτρέχτη</button>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Coimbra', this)">Κοΐμπρα</button>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Berlin', this)">Βερολίνο</button>  
  
<button class="tablink" onclick="openPage('Wien', this)">Βιέννη</button>
```

```
<button class="tablink" onclick="openPage('Zurich', this)">Ζυρίχη</button>
```

```
<button class="tablink" onclick="window.open('plirofories.pdf');">Πληροφορίες</button>
```

```
<div id="Europe" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
```

```
<div id="mapEurope" class="map"></div>
```

```
</div>
```

```
<div id="Athina" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
```

```
<div id="mapAthina" class="map"></div>
```

```
</div>
```

```
<div id="Thessaloniki" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
```

```
<div id="mapThessaloniki" class="map"></div>
```

```
</div>
```

```
<div id="Paris" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
```

```
<div id="mapParis" class="map"></div>
```

```
</div>
```

```
<div id="Utrecht" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
```

```
<div id="mapUtrecht" class="map"></div>
```

```
</div>
```

```
<div id="Coimbra" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
```

```
<div id="mapCoimbra" class="map"></div>
```

```
</div>
```

```
<div id="Berlin" class="tabcontent">
```

```
<br>  </br>
<div id="mapBerlin" class="map"></div>
</div>
<div id="Wien" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapWien" class="map"></div>
</div>
<div id="Zurich" class="tabcontent">
<br>  </br>
<div id="mapZurich" class="map"></div>
</div>
<div id="Info" class="tabcontent">
<br>  </br>

</div>
```