

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Η χρήση και αξιολόγηση της πλατφόρμας openstreetmap.org και ανοιχτών λογισμικών γεωγραφικών συστημάτων, για το χωρικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων.

Μελέτη Περίπτωσης: Η πόλη των Σερρών.»

ΚΑΜΤΣΙΟΥΡΗ ΑΡΤΕΜΙΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΟΛΑΚΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2023

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τίτλος Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

«Η χρήση και αξιολόγηση της πλατφόρμας openstreetmap.org και ανοιχτών λογισμικών γεωγραφικών συστημάτων, για το χωρικό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων.

Μελέτη Περίπτωσης: Η πόλη των Σερρών.»

ΚΑΜΤΣΙΟΥΡΗ ΑΡΤΕΜΙΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΟΛΑΚΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2023

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Στην Μαρία, στο Δημήτρη-Σπυρίδων και στο Στέργιο-Σπυρίδων.

Τα τρία παιδάκια μου.

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών **«Επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια και αστικά σύνολα: Ενισχύσεις, επανάχρηση και χωρικές αναπλάσεις»**, του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής του ΔΙΠΑΕ Σερρών.

Στις σπουδές μου ήταν καθοριστική η συμβολή των καθηγητών μου στα γνωστικά αντικείμενα που παρακολούθησα, στους οποίους οφείλω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Ιδιαίτερα επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα μου κ. Τσολακίδη Ιωάννη (Phd, MSc, Αγρονόμο & Τοπογράφο Μηχ/κό), για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την επιστημονική και συμβουλευτική καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας με τις εύστοχες και πολύ εποικοδομητικές παρατηρήσεις του και για την υπομονή και συμπαράσταση του.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον καθηγητή μου κ. Ντούρο Κων/νο (Δρ. Αγρονόμο & Τοπογράφο Μηχ/κό) για τη βοήθεια και τις γνώσεις που μου προσέφερε μέσα από τη διδασκαλία του μαθήματος «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Αστικός Χώρος», του λογισμικού QGIS.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω και στο συνάδελφο και φίλο μου κ. Διαμαντίδη Άνθιμο (Τοπογράφο Μηχ/κό ΤΕ), για τη συνεργασία του και τη βοήθεια που μου παρείχε για το πρακτικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, δίνοντας μου σε ψηφιακή μορφή τα δεδομένα αναφοράς και τις γνώσεις που μου παρείχε σε θέματα λογισμικών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και τα παιδιά μου για όλη τη στήριξη, τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί μια νέα μέθοδος συλλογής γεωχωρικών δεδομένων, η οποία βασίζεται στη συλλογή δεδομένων από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο εθελοντή. Η μέθοδος αυτή αφορά τα συστήματα VGI (Volunteered Geographic Information), δηλαδή τα συστήματα συγκέντρωσης γεωχωρικών δεδομένων από εθελοντές συμμετέχοντες. Στα συστήματα VGI, οι χρήστες παράγουν το γεωχωρικό περιεχόμενο και το διαμοιράζονται με την υπόλοιπη κοινότητα μέσω του διαδικτύου. Το OpenStreetMap είναι ένα από τα πιο επιτυχημένα συστήματα εθελοντικής συγκέντρωσης γεωχωρικών δεδομένων, που έχει στόχο στη δημιουργία ενός παγκόσμιου χάρτη ο οποίος είναι δωρεάν και πλήρως προσβάσιμος και επεξεργάσιμος. Οι εθελοντές-συμμετέχοντες μπορούν να συνεισφέρουν στο σύστημα είτε με τη δημιουργία νέων στοιχείων, είτε με επεξεργασία των υφιστάμενων στοιχείων, είτε τέλος με τη επεξεργασία των χαρακτηριστικών των υφιστάμενων στοιχείων. Κατά τη διαδικασία που ο χρήστης επεμβαίνει στο OpenStreetMap, δεν τίθενται περιορισμοί ή προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται. Έτσι οι εθελοντές-χρήστες μπορεί να μη διαθέτουν υπόβαθρο που να σχετίζεται με τη συλλογή και επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων. Ταυτόχρονα, δεν απαντώνται περιορισμοί ούτε πραγματοποιείται κάποιος έλεγχος στο είδος των στοιχείων που δημιουργούν ή επεξεργάζονται οι χρήστες. Συμπερασματικά, εγείρονται σημαντικοί προβληματισμοί αναφορικά με την ποιότητα των δεδομένων μιας πλατφόρμας όπως το OpenStreetMap ή οποιασδήποτε άλλης πλατφόρμας που αποτελεί εφαρμογή συστήματος VGI. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, γίνεται παρουσίαση όλων των θεωρητικών πτυχών της διάθεσης δωρεάν δεδομένων και ειδικότερα τη δημιουργία και επεξεργασία γεωχωρικών δεδομένων στην πλατφόρμα OpenStreetMap. Έπειτα, παρουσιάζονται πληροφορίες και μέθοδοι που αφορούν τον έλεγχο της ποιότητας των γεωχωρικών δεδομένων στην πλατφόρμα OpenStreetMap και μάλιστα με έμφαση στην ποιότητα δεδομένων που αφορούν κτιριακές κατασκευές. Τέλος μέσω ενός παραδείγματος εφαρμογής (casestudy) υπολογίζονται παράμετροι ελέγχου της ποιότητας των γεωχωρικών δεδομένων που αφορούν κτίρια ενδιαφέροντος στην πόλη των Σερρών. Οι παράμετροι ελέγχου της ποιότητας εκφράζουν τη σχέση μεταξύ των δεδομένων στο OpenStreetMap και το Εθνικό Κτηματολόγιο. Από τους υπολογισμούς των παραμέτρων αυτών οδηγούμαστε και στα τελικά συμπεράσματα για την αξιοπιστία των δεδομένων που αφορούν κτίρια της πόλης των Σερρών στην πλατφόρμα OpenStreetMap.

Λέξεις Κλειδιά:

VGI, OpenStreetMap, αξιολόγηση ποιότητας.

Summary

In recent years, a new method of collecting geospatial data has been developed, which is based on the collection of data by any interested volunteer. This method concerns the VGI (Volunteered Geographic Information) systems, which are the systems for collecting geospatial data by volunteer participants. In VGI systems, users generate geospatial content and share it with the rest of the community online. OpenStreetMap is one of the most successful systems for voluntary collection of geospatial data, which aims to create a world map that is free and fully accessible and editable. Volunteers-participants can contribute to the system either by creating new data, or by editing existing data, or finally by editing the attributes of existing data. During the process that the user intervenes in OpenStreetMap, there are no restrictions or specifications that must be met. Thus, volunteer users may not have a background related to the collection and processing of geospatial data. Furthermore, there are no restrictions or checks on the type of data created or processed by users. In conclusion, significant concerns are raised about the data quality of a platform such as OpenStreetMap or any other platform that is a VGI system application. In this dissertation, all the theoretical aspects of the availability of free data are presented and the creation and processing of geospatial data on the OpenStreetMap platform. Then, information and methods are presented regarding the quality control of geospatial data in the OpenStreetMap platform, with emphasis on the quality of data related to building footprints. Finally, through case study, parameters of quality control of geospatial data concerning buildings of interest in the city of Serres, are calculated. The quality control parameters express the relationship between the data in OpenStreetMap and the National Land Registry. From the calculations of these parameters, the final conclusions for the reliability of the data concerning buildings of the city of Serres in the OpenStreetMap platform, are made.

Keywords:

VGI, OpenStreetMap, quality assessment

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	2
Summary	3
Πίνακας Περιεχομένων	4
Κατάλογος Εικόνων.....	9
Κατάλογος Πινάκων	13
Κεφάλαιο 1	14
Εισαγωγή.....	14
1.1 Γενικά.....	14
1.2 Η δομή της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας	15
Κεφάλαιο 2	18
Ιστορικό της μελέτης.....	18
2.1 Ανοιχτά δεδομένα	18
2.2 Διαλειτουργικότητα.....	19
2.3 Πλεονεκτήματα χρήσης ανοιχτών δεδομένων στη δημόσια διοίκηση.....	20
2.3.1 Διαφάνεια.....	20
2.3.2 Διευκόλυνση καθημερινής ζωής.....	21
2.3.3 Οικονομικά οφέλη	21
2.3.4 Αποδοτικότητα κυβερνητικού έργου.....	22
2.3.5 Φυσικές καταστροφές.....	22
2.4 Γεωχωρικά δεδομένα	25
2.4.1 Διανυσματικά δεδομένα	26
2.4.2 Ψηφιδωτά δεδομένα	27
Εικόνα 2.8. Θέαση ορθοφωτογραφιών (Πηγή:maps.gov.gr)	27
2.5 Πηγές γεωχωρικών δεδομένων	28
2.6 Το πρόγραμμα COPERNICUS.....	33
2.6.1 Υπηρεσίες COPERNICUS	35
2.6.2 Υπηρεσία παρακολούθησης της γης - Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)	35
2.6.3 Πρόγραμμα CORINE LAND COVER	36

2.6.4	Υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης – Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS)	38
2.6.5	Παράδειγμα λειτουργίας προγράμματος Copernicus σε φυσική καταστροφή στην Ελλάδα.....	39
2.6.6	Οφέλη του προγράμματος Copernicus	43
2.7	Υποδομή χωρικών δεδομένων.....	44
2.7.1	Ορισμός και οφέλη	45
2.7.2	Εθνικές Υποδομές Δεδομένων.....	46
2.7.3	Ευρωπαϊκή Υποδομή Δεδομένων	47
2.8	Η κοινοτική οδηγία INSPIRE.....	48
2.8.1	Στόχος της οδηγίας INSPIRE.....	48
2.8.2	Εκτελεστικές διατάξεις.....	50
2.8.3	Χρονοδιάγραμμα και εξέλιξη	50
2.8.4	Επισκόπηση τεχνικού αρχιτεκτονικού μοντέλου της οδηγίας INSPIRE	51
2.8.5	Σύνολα χωρικών δεδομένων	53
2.8.6	Μεταδεδομένα	54
2.8.7	Κατάλογοι.....	56
2.8.8	Διαδικτυακές υπηρεσίες.	57
Κεφάλαιο 3		59
Συστήματα VGI (Volunteered geographic information) - Open Street Map (OSM)		59
3.1	Συστήματα VGI (Volunteered geographic information)	59
3.1.1	Επιστήμη των πολιτών (Citizen Science)	60
3.1.2	Περιεχόμενο παραγόμενο από τους χρήστες (User Generated Content)	60
3.1.3	Πληθοπορισμός (Crowdsourcing).....	61
3.2	Διάφοροι τύποι συστημάτων VGI	61
3.3	Εφαρμογές VGI.....	62
3.4	Ποιότητα γεωχωρικών δεδομένων	62
3.4.1	Ποιότητα συστημάτων VGI.....	65
3.5	OpenStreetMap (OSM)	66
3.5.1	Δομή δεδομένων OSM (Data Structure)	67
3.5.2	Σήμανση με ετικέτες στο OSM (Tags)	68
3.5.3	Κίνητρα χρηστών OSM (Motivation of users).....	69
3.5.4	Εργαλεία επεξεργασίας και χρήσης των δεδομένων του OSM.....	70

3.5.5	Άδεια χρήσης δεδομένων OSM	71
3.5.6	Κοινωνική διάσταση OSM	71
3.6	Ποιότητα δεδομένων OSM	71
3.6.1	Ποιότητα δεδομένων OSM: Δρόμοι.....	73
3.6.2	Ποιότητα δεδομένων OSM: Κτίρια	75
3.7	Αξιολόγηση της ποιότητας δεδομένων OSM: Κτίρια	78
3.7.1	Αντιστοίχιση χαρακτηριστικών (feature matching).....	78
3.7.2	Τύποι αντιστοίχισης (Correspondence types)	79
3.7.3	Πληρότητα (Completeness).....	80
3.7.4	Ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)	81
3.7.5	Ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)	82
3.7.6	Θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)	83
Κεφάλαιο 4	84
	Μελέτη περίπτωσης (case study)	84
4.1	Κτιριακό αποτύπωμα (building footprint)	84
4.2	Χρησιμότητα κτιριακών αποτυπωμάτων	85
4.3	Διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων	85
4.4	Η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) στη διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων	86
4.5	Διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων OSM.....	87
4.6	Περιοχή μελέτης.....	87
4.7	Δεδομένα.....	88
4.7.1	Δεδομένα από το Κτηματολόγιο.....	88
4.7.2	Δεδομένα από το Openstreetmap (OSM)	89
4.8	Σύγκριση Δεδομένων.....	89
Κεφάλαιο 5	96
	Αξιολόγηση των δεδομένων με τη χρήση διαφόρων μεθόδων.....	96
5.1	Διερεύνηση ως προς την πληρότητα (Completeness)	96
5.1.1	Μέθοδος βάσει μονάδων (unit based method)	96
5.1.2	Μέθοδος βάσει αντικειμένων (object based method)	97
5.2	Διερεύνηση ως προς την ακρίβεια θέσης (Positional accuracy).....	98
5.2.1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας Π.Ε. Σερρών (Διοικητήριο)	101

5.2.2	Ιερός Ναός «Σαράντα Μαρτύρων»	101
5.2.3	ΕΦΚΑ (πρώην ΙΚΑ).....	101
5.2.4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	102
5.2.5	8 ^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών	103
5.2.6	29 ^ο Νηπιαγωγείο Σερρών	104
5.2.7	1 ^η εξεταζόμενη οικοδομή.....	106
5.2.8	2 ^η εξεταζόμενη οικοδομή.....	107
5.2.9	1 ^η εξεταζόμενη μονοκατοικία.....	109
5.2.10	2 ^η εξεταζόμενη μονοκατοικία.....	110
5.3	Διερεύνηση ως προς την ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy).....	112
5.3.1	Λόγος εμβαδών (Area ratio).....	112
5.3.2	Απόκλιση γεωμετρίας από αυτή του κύκλου (Compactness)	113
5.3.3	Διερεύνηση ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας (Elongation)	113
5.3.4	Απόσταση Hausdorff	114
5.3.5	Turning function.....	118
5.4	Διερεύνηση ως προς τη θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)	124
Κεφάλαιο 6		127
Συμπεράσματα		127
6.1	Συμπεράσματα ως προς την πληρότητα (Completeness).....	127
6.2	Συμπεράσματα ως προς την ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)	127
6.3	Συμπεράσματα ως προς την ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)	128
6.3.1	Λόγος εμβαδών (Area ratio).....	128
6.3.2	Απόκλιση γεωμετρίας από αυτή του κύκλου (Compactness)	129
6.3.3	Διερεύνηση ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας (Elongation)	130
6.3.4	Απόσταση Hausdorff	130
6.3.5	Turning function.....	131
6.4	Συμπεράσματα ως προς την θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)	132
6.5	Συνολική αξιολόγηση μεθοδολογίας	133
6.5.1	Πληρότητα (Completeness).....	133
6.5.2	Ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)	134
6.5.3	Ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)	134
6.5.4	Θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)	135

6.5.5 Τελικό Συμπέρασμα	135
6.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα.....	135
Βιβλιογραφία.....	138
Παράρτημα	146

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1. Η έννοια της διαλειτουργικότητας στον τομέα της υγείας.	18
Εικόνα 2.2. Περιβάλλον αρχικής σελίδας του ιστοτόπου "where does my money go" που χρησιμοποιείται στη Βρετανία για την προώθηση της διαφάνειας.	19
Εικόνα 2.3. Λειτουργία πλατφόρμας 'marpnificent' για περιοχή St Jams Park στο Λονδίνο και χρονική διάρκεια τα 15min.	20
Εικόνα 2.4. Περιβάλλον πλατφόρμας Water info.	22
Εικόνα 2.5. Περιβάλλον πλατφόρμας Hochwasser.	23
Εικόνα 2.6. Περιβάλλον πλατφόρμας Humanitarian Data Exchange.	24
Εικόνα 2.7. Χάρτης διανυσματικών δεδομένων στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας.	25
Εικόνα 2.8. Θέαση ορθοφωτογραφιών από την πλατφόρμα maps.gov.gr.	26
Εικόνα 2.9. Digital Elevation Model (DEM) που οπτικοποιεί τη μεταβολή του υψομέτρου (m) στην λεκάνη απορροής του ποταμού Alaknanda.	27
Εικόνα 2.10. Παραδείγματα πηγών γεωχωρικών δεδομένων.	28
Εικόνα 2.11. Η αρχική σελίδα της εξωτερικής πηγής δεδομένων NGS.	29
Εικόνα 2.12. Διαδικτυακή πύλη geodata.gov.gr.	31
Εικόνα 2.13. Copernicus – Sentinel Status.	32
Εικόνα 2.14. Αρχική σελίδα περιβάλλοντος Copernicus.eu/el.	33
Εικόνα 2.15. Δομή προγράμματος Copernicus.	34
Εικόνα 2.16. Αρχικό περιβάλλον ιστοτόπου CORINE LAND COVER.	36
Εικόνα 2.17. Περιβάλλον επιθέματος CLC-2018.	37
Εικόνα 2.18. Καταχώρηση της πυρκαγιάς στη Βόρεια Εύβοια στον ιστότοπο του Υπουργείου Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας.	38
Εικόνα 2.19. Συνολική εικόνα της πυρκαγιάς στις 11/08/2021	39
Εικόνα 2.20. Συνολική εικόνα της πυρκαγιάς στις 13/08/2021.	39
Εικόνα 2.21. Περιοχή Γούβες στις 13/08/2021.	40
Εικόνα 2.22. Περιοχή Ροβιές στις 13/08/2021.	40
Εικόνα 2.23. Περιοχή Στροφυλιά στις 13/08/2021.	41

Εικόνα 2.24. Χρήστες της ΕΥΓΕΠ.	45
Εικόνα 2.25. Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου λειτουργίας της οδηγίας INSPIRE.	48
Εικόνα 2.26. Επισκόπηση τεχνικού αρχιτεκτονικού μοντέλου της οδηγίας INSPIRE.	51
Εικόνα 3.1. Η ροή πληροφοριών πριν και μετά το Web 2.0.	57
Εικόνα 3.2. Αξιολόγηση ποιότητας γεωγραφικών δεδομένων σύμφωνα με το πρότυπο ISO 19157:2013.	61
Εικόνα 3.3. Στιγμιότυπο από τον ιστότοπο του OpenStreetMap.	64
Εικόνα 3.4. Το πλήθος των χρηστών του OSM με την πάροδο του χρόνου.	65
Εικόνα 3.5. Κατανομή των τιμών για το κλειδί "εθνική οδό" σε ολόκληρη τη βάση δεδομένων του OSM.	67
Εικόνα 3.6. Κατανομή χρήσης των εργαλείων επεξεργασίας δεδομένων OSM.	68
Εικόνα 3.7. Μέθοδος buffer από τους Goodchild και Hunter.	72
Εικόνα 4.1. Η εικόνα δείχνει κτιριακά αποτυπώματα πολυγώνων για μια περιοχή.	82
Εικόνα 4.2. Εικόνα που δείχνει το πολύγωνο αποτυπωμάτων κτιρίου που εξήχθη με τη χρήση AI. Το μπλε πολύγωνο αντιπροσωπεύει το αποτύπωμα του κτιρίου.	85
Εικόνα 4.3. Χάρτης Νομού Σερρών.	86
Εικόνα 4.4. Χάρτης πόλεως των Σερρών.	86
Εικόνα 4.5. (Σχέση 0:1) Ενδεικτικός χάρτης από το Διεθνές Πανεπιστήμιο Σερρών.	88
Εικόνα 4.6. (Σχέση 1:0) Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνονται τα νέα κτήρια.	88
Εικόνα 4.7. (Σχέση 1:1) Ενδεικτικός χάρτης από την Κωνσταντίνου Καραμανλή.	89
Εικόνα 4.8. (Σχέση 1: n) Ενδεικτικός χάρτης από το κέντρο των Σερρών.	89
Εικόνα 4.9. (Σχέση n:1) Ενδεικτικός χάρτης από το κέντρο των Σερρών.	90
Εικόνα 4.10. Ενδεικτικός χάρτης από το 29 ^ο Νηπιαγωγείο Σερρών.	91
Εικόνα 4.11. (Σχέση 1:n) Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο που υπάρχει στο διανυσματικό αρχείο του OSM, αντιστοιχεί σε μια συγκέντρωση κτιρίων στα δεδομένα αναφοράς (Κτηματολόγιο).	92
Εικόνα 4.12. (Σχέση n:1) Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο που υπάρχει στο διανυσματικό αρχείο του OSM, αντιστοιχεί σε τμήμα κτιρίου στα δεδομένα αναφοράς(Κτηματολόγιο) .	92
Εικόνα 4.13. (Σχέση 1:1) Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο που υπάρχει στο διανυσματικό αρχείο του OSM, αντιστοιχεί σε ένα κτίριο των δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο).	93

Εικόνα 4.14. (Σχέση 0:1) Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο στη βάση δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο) δεν έχει αντίστοιχο πολύγωνο στο OSM.	93
Εικόνα 5.1. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	98
Εικόνα 5.2. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	99
Εικόνα 5.3. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	99
Εικόνα 5.4. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	100
Εικόνα 5.5. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	100
Εικόνα 5.6. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	101
Εικόνα 5.7. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	101
Εικόνα 5.8. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	102
Εικόνα 5.9. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	102
Εικόνα 5.10. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	103
Εικόνα 5.11. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	103
Εικόνα 5.12. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	104
Εικόνα 5.13. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	104
Εικόνα 5.14. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	105
Εικόνα 5.15. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	105
Εικόνα 5.16. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	106
Εικόνα 5.17. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	106
Εικόνα 5.18. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	107
Εικόνα 5.19. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο	107
Εικόνα 5.20. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM	108
Εικόνα 5.21. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους	108
Εικόνα 5.22. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο ΕΦΚΑ	111
Εικόνα 5.23. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 8 ^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών	112
Εικόνα 5.24. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 29 ^ο Νηπιαγωγείο Σερρών	112
Εικόνα 5.25. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 1 ^η οικοδομή	113

Εικόνα 5.26. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 2η οικοδομή	113
Εικόνα 5.27. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 1η μονοκατοικία	114
Εικόνα 5.28. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 2η μονοκατοικία	114
Εικόνα 5.29. Η μεθοδολογία turning function.	115
Εικόνα 5.30. Υπολογισμός turning function για ΕΦΚΑ	116
Εικόνα 5.31. Υπολογισμός turning function για 8 ^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών	116
Εικόνα 5.32. Υπολογισμός turning function για 29 ^ο Νηπιαγωγείο Σερρών	117
Εικόνα 5.33. Υπολογισμός turning function για 1 ^η οικοδομή	117
Εικόνα 5.34. Υπολογισμός turning function για 2 ^η οικοδομή	118
Εικόνα 5.35. Υπολογισμός turning function για 1 ^η μονοκατοικία	118
Εικόνα 5.36. Υπολογισμός turning function για 2 ^η μονοκατοικία	119
Εικόνα 5.37. Ποσοστό συνολικά των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του είδους των κτιρίων	121
Εικόνα 5.38. Αναλυτικά το ποσοστό των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του είδους των κτιρίων	121
Εικόνα 5.39. Ποσοστό συνολικά των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του ονόματος των κτιρίων.	122
Εικόνα 5.40. Ποσοστό αναλυτικά των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του ονόματος των κτιρίων.	122

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Παραδείγματα εξωτερικών πηγών γεωχωρικών δεδομένων σε ΗΠΑ και Ευρώπη.	28
Πίνακας 2.2. Περιεχόμενα θεματικών επιπέδων.	55
Πίνακας 5.1. Κτίρια ενδιαφέροντος	96
Πίνακας 5.2. Λόγος εμβαδών για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1	109
Πίνακας 5.3. Υπολογισμός Compactness για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1	109
Πίνακας 5.4. Υπολογισμός Elongation για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1	110
Πίνακας 5.5. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1	111
Πίνακας 5.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογισμών turning function	119
Πίνακας 5.7. Καταγεγραμμένες ιδιότητες κτιρίων OSM	120
Πίνακας 6.1. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων-συμπερασμάτων	136
Πίνακας 6.2. Πίνακας αξιολόγησης μεθόδων	137

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες το Web 2.0 άλλαξε τον τρόπο που οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με το διαδίκτυο. Πριν από αυτό οι πληροφορίες μεταβιβάζονταν από τους διακομιστές προς τους χρήστες, ενώ το Web 2.0 έδωσε τη δυνατότητα στους ανθρώπους να παράγουν περιεχόμενο και να το αποστέλλουν πίσω στον διακομιστή, δηλαδή έδωσε τη δυνατότητα στους χρήστες να μοιράζονται υλικό μεταξύ τους. Αυτή η νέα τεχνολογία είναι η βασική ιδέα πίσω από πολλές διάσημες ιστοσελίδες όπως Wikipedia, Twitter, Facebook. Στον τομέα των χωρικών και γεωγραφικών εφαρμογών, το Web 2.0 έδωσε τη δυνατότητα στους χρήστες να μοιράζονται γεωγραφικά δεδομένα, ή χωρικές πληροφορίες για στοιχεία και τοποθεσίες. Από την άλλη πλευρά, η εύκολη πρόσβαση σε συσκευές με GPS όπως τα κινητά τηλέφωνα διευκόλυνε την παραγωγή γεωγραφικού περιεχομένου. Ως εκ τούτου, εθελοντές μπορούν να παράγουν γεωγραφικό υλικό και να το μοιράζονται στο διαδίκτυο με άλλους πολίτες.

Οι εθελοντικές γεωγραφικές πληροφορίες (Volunteered Geographic Information–VGI) είναι ένας όρος που εισήγαγε ο (Goodchild,2007) για να ορίσει το νέο αυτό φαινόμενο. Σε ένα σύστημα VGI οι πολίτες συνεισφέρουν εθελοντικά στην παραγωγή περιεχομένου και το μοιράζονται με άλλους πολίτες. Το OSM είναι ένα παράδειγμα συστήματος VGI όπου οι εθελοντές συμβάλλουν στο έργο ψηφιοποιώντας νέες πληροφορίες μέσω αεροφωτογραφιών ή επεξεργάζονται ιδιότητες των ήδη υπάρχοντων χαρακτηριστικών. Κάθε συνεισφέρων μπορεί να προσθέσει, να επεξεργαστεί ή να αφαιρέσει στοιχεία από τον χάρτη. Το OSM δεν ζητά από τους χρήστες να έχουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο γνώσεων από γεωγραφικά δεδομένα. Ο καθένας μη εξειδικευμένος μπορεί να συμβάλει στο έργο. Για αυτό τον λόγο προκύπτουν αμφιβολίες για την ποιότητα των δεδομένων του OSM. Ακόμη, έχουν εντοπιστεί από ερευνητές μέχρι και περιπτώσεις «βανδαλισμών» (σκοπίμη εισαγωγή λανθασμένων πληροφοριών στη χαρτογράφηση).

Η ποιότητα των χωρικών δεδομένων είναι πολύ σημαντική. Πρακτικά είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί σωστά μια βάση δεδομένων σε μια εφαρμογή χωρίς να υπάρχει γνώση σχετικά με την ποιότητα των δεδομένων. Η ποιότητα είναι αυτή που καθορίζει εάν είναι κατάλληλα τα δεδομένα για κάποιο σκοπό ή όχι. Το πρότυπο ISO (19157) αναφέρει έξι στοιχεία ποιότητας : 1) πληρότητα 2)ακρίβεια θέσης 3) σημασιολογική ακρίβεια 4) λογική συνέπεια 5) χρονική ακρίβεια 6) καταλληλότητα για χρήση. Αυτό το πρότυπο ορίζει έναν μοναδικό τρόπο κατανόησης της ποιότητας των χωρικών δεδομένων. Προτείνονται διάφορα μέτρα προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα των δεδομένων. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι μέτρησης (πχ. Σχήμα, εμβαδόν κ.λπ.) για τον υπολογισμό της ακρίβειας θέσης πολυγωνικών, γραμμικών και άλλων τύπων χαρακτηριστικών. Σε αυτή την έρευνα αρχικά αναφέρονται τρόποι μέτρησης που προτείνονται από πρότερη έρευνα. Στη συνέχεια αξιολογείται η ποιότητα των δεδομένων του OSM για ορισμένα κτίρια της πόλης των Σερρών χρησιμοποιώντας αυτούς τους τρόπους μέτρησης.

Αρχικά αυτά τα κριτήρια ποιότητας υπολογίζονται συγκρίνοντας τα δεδομένα του OSM με αυτά μιας βάσης δεδομένων αναφοράς. Αυτή η μέθοδος ποιοτικής αξιολόγησης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου δεν είναι διαθέσιμα δεδομένα αναφοράς είτε γιατί δεν υπάρχουν είτε γιατί είναι ακριβή η πρόσβαση σε αυτά. Για αυτό τον λόγο ερευνητές προτείνουν άλλους δείκτες ποιότητας χωρίς να χρησιμοποιούν αυτά τα κριτήρια. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται όταν δεν είναι διαθέσιμη άλλη μέθοδος ποιοτικής αξιολόγησης. Ο πληθυσμός, το εισόδημα, η πυκνότητα των κτιρίων OSM έχουν προταθεί ως δείκτες ποιότητας από ερευνητές.

1.2 Η δομή της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα ενότητα θα γίνει παρουσίαση της δομής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά στο περιεχόμενο κάθε κεφαλαίου έτσι ώστε ο αναγνώστης να μπορεί εύκολα να κατατοπιστεί αλλά ταυτόχρονα και να κατανοήσει την συλλογιστική που ακολουθήθηκε.

Η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, διαιρείται σε δύο διακριτά μέρη. Το πρώτο αφορά το θεωρητικό μέρος του εξεταζόμενου αντικείμενου ενώ το δεύτερο αφορά μια πρακτική εφαρμογή στο πλαίσιο του πρώτου έτσι ώστε να γίνει η κατάληξη στα συμπεράσματα.

Ξεκινώντας λοιπόν από το Κεφάλαιο 1, γίνεται μια εισαγωγή στο αντικείμενο της εργασίας δηλαδή γίνεται αναφορά στα ανοιχτά δεδομένα και στα συστήματα VGI αλλά και πως μια πλατφόρμα που ανήκει στα εν λόγω συστήματα μπορεί να ελεγχθεί ως προς την ποιότητα των παρεχόμενων δεδομένων. Επίσης περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο είναι δομημένη η εργασία.

Στο Κεφάλαιο 2 αρχικά δίνεται έμφαση στην παρουσίαση σημαντικών εννοιών που θα βοηθήσουν στην κατανόηση του συνόλου της εργασίας. Έτσι, συναντώνται οι ορισμοί των ανοιχτών δεδομένων και αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην έννοια της διαλειτουργικότητας που αποτελεί την έννοια κλειδί για την αλληλεπίδραση δεδομένων από πολλαπλές πηγές. Ακολούθως, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση ανοικτών δεδομένων στη δημόσια διοίκηση. Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα χρήσης των ανοικτών δεδομένων, παρουσιάζονται και ορισμένα παραδείγματα για να γίνουν κατανοητές οι έννοιες. Σημειώνεται, παραδείγματος χάριν η χρήση τους σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών και συγκεκριμένα πλημμυρών. Μέσω αυτού του είδους χρήσης διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων και προστατεύεται η ανθρώπινη ζωή.

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου 2, προσεγγίζεται η έννοια των γεωχωρικών δεδομένων που αποτελούν και αντικείμενο ενδιαφέροντος της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Πέραν του ορισμού τους, γίνεται και η ανάλυση των κατηγοριών στις οποίες διακρίνονται δηλαδή γίνεται ανάλυση των διανυσματικών και των ψηφιδωτών δεδομένων. Είναι προφανές ότι τα γεωχωρικά δεδομένα δεν γεννώνται αυτόνομα, αλλά προέρχονται από κάποιες πηγές. Οι πηγές αυτές ονομάζονται πηγές γεωχωρικών δεδομένων, διακρίνονται στις πηγές πρωτογενών και δευτερογενών γεωχωρικών δεδομένων και πολλά συγκεκριμένα παραδείγματα τέτοιων πηγών γεωχωρικών δεδομένων αναλύονται. Τονίζεται ότι παρουσιάζονται τόσο πηγές γεωχωρικών δεδομένων που αφορούν τον ελληνικό χώρο όσο και το εξωτερικό.

Το Copernicus είναι πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά την παρατήρηση της γης και τη συγκέντρωση γεωχωρικών δεδομένων. Κρίνεται σημαντική η ειδική αναφορά αυτού του προγράμματος σε ξεχωριστή υποενότητα. Γίνεται αναφορά στη λειτουργία των δορυφόρων στο

πλαίσιο του προγράμματος καθώς επίσης και στο πως οι τελικοί χρήστες μπορούν να αξιοποιήσουν αυτά τα δεδομένα. Η λειτουργία του προγράμματος Copernicus βασίζεται στη διάκρισή του όσον αφορά κάποιες παρεχόμενες υπηρεσίες. Οι σημαντικότερες στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η υπηρεσία παρακολούθησης της γης (Copernicus Land Monitoring Service) και η υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης (Copernicus Emergency Management Service). Για την πλήρη κατανόηση της αξίας τέτοιων υπηρεσιών, γίνεται ειδική αναφορά μέσω παραδείγματος για τη λειτουργία του προγράμματος σε φυσικές καταστροφές και συγκεκριμένα ως φυσική καταστροφή επιλέχθηκε η πυρκαγιά στην περιοχή της Βόρειας Εύβοιας που ξέσπασε το καλοκαίρι του 2021.

Το Κεφάλαιο 2 ολοκληρώνεται με την παρουσίαση της έννοιας των υποδομών χωρικών δεδομένων. Ουσιαστικά πρόκειται για υποδομές όπου τα γεωχωρικά δεδομένα συγκεντρώνονται και ταυτόχρονα λαμβάνουν χαρακτηριστικά χωρικού ή/και χρονικού πλαισίου. Άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια των υποδομών χωρικών δεδομένων είναι η κοινοτική οδηγία INSPIRE, στην οποία και αφιερώνεται το υπόλοιπο μέρος του Κεφαλαίου, παρουσιάζοντας τους στόχους της, το χρονοδιάγραμμά της και μια επισκόπησή της.

Στο Κεφάλαιο 3, δίνεται έμφαση στα συστήματα VGI και ιδιαίτερα στο OpenStreetMap το οποίο αποτελεί και την πλατφόρμα ενδιαφέροντος στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Ξεκινώντας λοιπόν, γίνεται παρουσίαση της έννοιας των συστημάτων VGI και των αρχών στις οποίες βασίζονται για την ομαλή λειτουργία τους όπως για παράδειγμα η έννοια του παραγόμενου από χρήστες περιεχομένου (user generated content). Δύο ενότητες του Κεφαλαίου 3, αφιερώνονται στην ποιότητα των γεωχωρικών δεδομένων γενικότερα και την ποιότητα των συστημάτων VGI ειδικότερα.

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου 3 παρουσιάζεται η πλατφόρμα OpenStreetMap, η δομή δεδομένων που χρησιμοποιεί, οι ετικέτες που χρησιμοποιούνται για τη σήμανση εντός της πλατφόρμας, τα κίνητρα συμμετοχής των χρηστών στην πλατφόρμα, τα εργαλεία επεξεργασίας και χρήσης των δεδομένων της πλατφόρμας, η άδεια χρήσης και τέλος η κοινωνική διάσταση της πλατφόρμας. Μέσω της παραπάνω ανάλυσης, ο αναγνώστης είναι σε θέση να κατανοήσει τόσο τις βασικές αρχές όσο και τον τρόπο λειτουργίας της πλατφόρμας.

Το τελευταίο μέρος του Κεφαλαίου 3, αφιερώνεται στην έννοια της ποιότητας των δεδομένων της πλατφόρμας OpenStreetMap που είναι και το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται βιβλιογραφική επισκόπηση με σκοπό να παρουσιαστούν τα σημαντικά στοιχεία που έχουν προκύψει από προηγούμενες έρευνες στο θέμα της ποιότητας των δεδομένων του OpenStreetMap. Τέλος, η έννοια της ποιότητας των δεδομένων του OpenStreetMap περιγράφεται και σε βαθύτερο επίπεδο μέσω διαχωρισμού της στην εξέταση δρόμων και στην εξέταση κτιρίων. Σημειώνεται ότι στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, η ποιότητα των δεδομένων OSM για τα κτίρια είναι που χρήζει ενδιαφέροντος και για τον λόγο αυτό σε αυτό το σημείο της εργασίας γίνεται εκτενέστερη ανάλυση με παρουσίαση των δεικτών μέτρησης της ποιότητας που αφορούν σε κτίρια.

Στο Κεφάλαιο 4, αρχικά παρουσιάζονται βασικές έννοιες όπως αυτή του κτιριακού αποτυπώματος (building footprint), γίνεται αναφορά στη χρησιμότητά τους και στις μεθοδολογίες με τις οποίες αυτά παράγονται. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η μετάβαση στο πρακτικό τμήμα της εργασίας. Αναφέρεται η περιοχή μελέτης που είναι η πόλη των Σερρών, αναφέρεται ο τρόπος με τον οποίο ελήφθησαν τα δεδομένα από τις βάσεις δεδομένων OSM και Κτηματολόγιο. Τέλος,

πραγματοποιείται σύγκριση των δεδομένων των δύο βάσεων δεδομένων ως προς τη σχέση αντιστοίχισης των κτιριακών αποτυπωμάτων.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5 γίνεται πρακτικά ο έλεγχος της ποιότητας των δεδομένων OSM για την πόλη των Σερρών και τα δέκα κτίρια ενδιαφέροντος ακόμα πιο συγκεκριμένα. Υπολογίζονται διάφοροι δείκτες για την αξιολόγηση της ποιότητας. Αρχικά, τα δεδομένα εξετάζονται ως προς την πληρότητα και οι δείκτες υπολογίζονται βάσει μονάδων και βάσει αντικειμένων. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται διερεύνηση ως προς την ακρίβεια θέσης αξιοποιώντας τις θέσεις των κέντρων βάρους των κτιριακών αποτυπωμάτων. Ακολούθως, τα πολύγωνα εξετάζονται ως προς την ακρίβεια του σχήματός τους στις δύο βάσεις δεδομένων. Οι δείκτες που υπολογίστηκαν για την αξιολόγηση της ποιότητας του σχήματος των δεδομένων, είναι ο λόγος των εμβαδών, η απόκλιση της γεωμετρίας των πολυγώνων από τη γεωμετρία του κύκλου, το επίμηκες της γεωμετρίας των πολυγώνων, η απόσταση Hausdorff και η turning function. Τέλος, γίνεται διερεύνηση ως προς την θεματική ακρίβεια που αφορά τις ετικέτες που χαρακτηρίζουν τα κτιριακά αποτυπώματα στο OSM.

Στο Κεφάλαιο 6, σχολιάζονται τα αποτελέσματα όλων των υπολογισμών του Κεφαλαίου 5 και γίνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών.

Κεφάλαιο 2

Ιστορικό της μελέτης

2.1 Ανοιχτά δεδομένα

Η τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων δεκαετιών και η ανάπτυξη του διαδικτύου έχει οδηγήσει στη δημιουργία τεράστιου όγκου δεδομένων. Καθημερινά, χρήστες του διαδικτύου παράγουν και καταναλώνουν δεδομένα για διάφορους σκοπούς ενώ ταυτόχρονα τους δίνεται η δυνατότητα να τα αποθηκεύουν για προσωπική χρήση. Έτσι, δημόσιες υπηρεσίες, ιδιωτικές εταιρίες αλλά και πολίτες, έχουν στη διάθεση τους δεδομένα που άλλοτε θα χρειαζόταν πολύ περισσότερος κόπος και χρόνος για να αποκτηθούν. Τα ζητήματα που τίθενται πλέον αφορούν τον τρόπο με τον οποίο θα μπορέσει κανείς να διαχειριστεί και να αξιοποιήσει αποτελεσματικά όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες καθώς επίσης και το πως θα εξασφαλιστεί η ακρίβεια και αξιοπιστία των δεδομένων που διατίθενται.

Τα ανοιχτά δεδομένα και ειδικότερα τα ανοιχτά κυβερνητικά δεδομένα, είναι μια τεράστια πηγή δεδομένων που δεν έχει ακόμα αξιοποιηθεί πλήρως καθώς οι δυνατότητες που προσφέρονται είναι πάρα πολλές. Μεμονωμένα άτομα, αλλά και οργανισμοί, συλλέγουν ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών τύπων δεδομένων, προκειμένου να εκπληρώσουν τις εργασίες τους. Τα κυβερνητικά δεδομένα είναι ιδιαίτερα σημαντικά, τόσο λόγω της ποσότητας και της καθολικότητάς τους, όσο και λόγω του ότι αυτά τα δεδομένα είναι, από νομικής άποψης, δημόσια δεδομένα και συνεπώς θα μπορούσαν να είναι ανοιχτά και διαθέσιμα σε άλλους να τα χρησιμοποιήσουν.

Σύμφωνα με τον ορισμό τους, ανοιχτά δεδομένα ονομάζονται τα δεδομένα που διατίθενται με ορισμένη άδεια, ώστε ο οποιοσδήποτε να μπορεί να τα χρησιμοποιεί, να τα επαναχρησιμοποιεί και να αναδιανέμει τα ίδια ή τροποποιήσεις τους, με μοναδικό περιορισμό την αναφορά στην πηγή τους ή παρόμοια διανομή.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που συνοδεύουν τον ορισμό των ανοιχτών δεδομένων είναι η:

- **Διαθεσιμότητα και Προσβασιμότητα:** Τα δεδομένα πρέπει να είναι διαθέσιμα αυτούσια, να έχουν ένα λογικό κόστος αναπαραγωγής, και κατά προτίμηση να είναι διαθέσιμα για λήψη από το διαδίκτυο. Επίσης, πρέπει να είναι διαθέσιμα σε κάποια μορφή πρακτικά αναγνώσιμη.
- **Επαναχρησιμοποίηση και Αναδιανομή:** Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι διαθέσιμα υπό όρους που επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση και την αναδιανομή τους, συμπεριλαμβανομένης και της ανάμειξης με άλλα σύνολα δεδομένων.
- **Καθολική συμμετοχή:** Καθένας πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιήσει, να επαναχρησιμοποιήσει και να αναδιανέμει τα δεδομένα. Δεν πρέπει αυτά να υπόκεινται σε διακρίσεις με βάση τον τομέα δραστηριότητας ή τα πρόσωπα και τις ομάδες. Για

παράδειγμα, περιορισμοί για «μη-εμπορική χρήση» ή περιορισμοί για χρήση μόνο για συγκεκριμένους σκοπούς (π.χ. μόνο στην εκπαίδευση) δεν είναι επιτρεπτοί. (<https://opendatahandbook.org/guide/el/what-is-open-data/>)

2.2 Διαλειτουργικότητα

Σε αυτό το σημείο, για να γίνει ξεκάθαρη η σημασία των ανοιχτών δεδομένων, θα πρέπει να εξηγηθεί η έννοια της διαλειτουργικότητας. Με τον όρο διαλειτουργικότητα νοείται η δυνατότητα διαφορετικών συστημάτων να λειτουργούν μαζί (διαλειτουργούν).

Στην Εικόνα 2.1 παρακάτω, παρουσιάζεται με τη μορφή εννοιολογικού μοντέλου, η έννοια της διαλειτουργικότητας και συγκεκριμένα για τον τομέα της υγείας. Η διαλειτουργικότητα σε ένα σύστημα υγείας σημαίνει την ικανότητα των επιμέρους συστημάτων να μοιράζονται και να ανταλλάζουν δεδομένα με τρόπο που να είναι κατανοητός από όλα τα ενδιαφερόμενα μέλη. Με την αξιοποίησή της, αυξάνεται η επιχειρησιακή ταχύτητα, μειώνεται η γραφειοκρατία και επιταχύνεται η ψηφιοποίηση όλων των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του συστήματος υγείας. Έτσι καλλιεργείται το αίσθημα ασφάλειας στους ασθενείς και η συνολική τους εμπειρία μπορεί να χαρακτηριστεί ευχάριστη. (<https://opendatahandbook.org/guide/el/what-is-open-data/>)



Εικόνα 2.1. Η έννοια της διαλειτουργικότητας στον τομέα της υγείας. (Πηγή: www.carecloud.com).

Η διαλειτουργικότητα είναι σημαντική επειδή επιτρέπει στις διαφορετικές συνιστώσες να λειτουργούν μαζί. Αυτή η δυνατότητα διαμοίρασης και σύνδεσης συνιστωσών έχει θεμελιώδη σημασία για τη δόμηση μεγαλύτερων και πιο πολύπλοκων συστημάτων.

Παρόμοιες προκλήσεις αντιμετωπίζονται και σε σχέση με τα δεδομένα. Το όφελος που προκύπτει για το κοινωνικό σύνολο από τα δεδομένα, έγκειται στο ότι ένα τμήμα ανοικτού υλικού δύναται να αναμειχθεί με άλλο ανοικτό υλικό. Αυτή η διαλειτουργικότητα είναι το απαραίτητο κλειδί για τη πραγματοποίηση των κύριων πρακτικών πλεονεκτημάτων της έννοιας «ανοιχτά»,

δηλαδή τη δυνατότητα να συνδυάζονται διαφορετικά σύνολα δεδομένων και ως εκ τούτου να αναπτύσσονται περισσότερα και καλύτερα προϊόντα και υπηρεσίες.

Ένας σαφής ορισμός για την έννοια «ανοιχτά» δεδομένα, λαμβάνοντας υπόψη και τη διαλειτουργικότητα, εγγυάται πως όταν κάποιος θα έχει δύο ανοιχτά σύνολα δεδομένων από δύο διαφορετικές πηγές, θα είναι σε θέση να τα συνδυάσει. Έτσι ο χρήστης των δεδομένων, μέσω της αξιοποίησης της διαλειτουργικότητας μπορεί να φέρει σε πέρας μια εργασία που πραγματοποιεί. (<https://opendatahandbook.org/guide/el/what-is-open-data/>)

2.3 Πλεονεκτήματα χρήσης ανοιχτών δεδομένων στη δημόσια διοίκηση

Υπάρχουν, πολλές ομάδες ανθρώπων και οργανισμών που μπορούν να επωφεληθούν από τη διαθεσιμότητα των ανοιχτών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των ίδιων των κυβερνήσεων. Παρακάτω, παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα που καθιστούν προφανή τα οφέλη της χρήσης των ανοιχτών δεδομένων στη δημόσια διοίκηση.

2.3.1 Διαφάνεια

Όσον αφορά τη διαφάνεια, προγράμματα όπως το Φινλανδικό 'taxtree' και το βρετανικό 'wheredoesmymoneygo' δείχνουν με ποιον τρόπο χρησιμοποιούνται από τις κυβερνήσεις τα χρήματα των φορολογουμένων. Επιπλέον, υπάρχει το παράδειγμα του Καναδά που, χάρη στα ανοιχτά δεδομένα, κατάφερε να εξοικονομήσει 3,2 δισεκατομμύρια δολάρια, από φορολογικές απάτες μέσω φιλανθρωπιών. Επίσης, πολλές ιστοσελίδες, όπως η δανέζικη folketsting.dk, καταγράφουν τη δραστηριότητα στο κοινοβούλιο και τη διαδικασία ψήφισης νόμων, ώστε ο καθένας να μπορεί να παρακολουθεί.

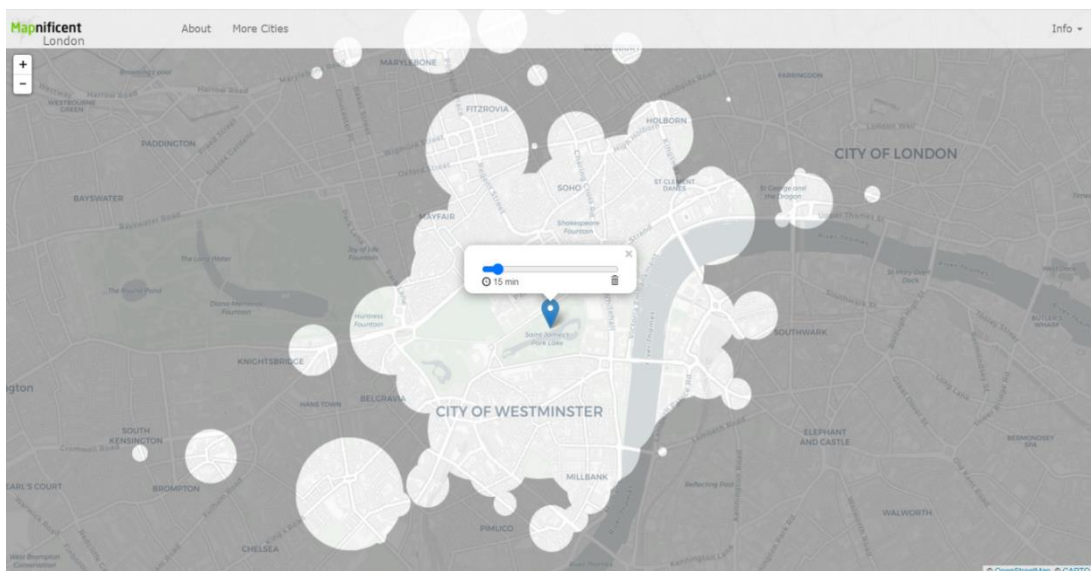
Ενδεικτικά στην Εικόνα 2.2 παρουσιάζεται το αρχικό περιβάλλον της ιστοσελίδας 'where does my money go' όπου οι βρετανοί φορολογούμενοι μπορούν να παρακολουθούν τον τρόπο με τον οποίο δαπανώνται τα κυβερνητικά χρήματα.

Εικόνα 2.2. Περιβάλλον αρχικής σελίδας του ιστοτόπου "where does my money go" που χρησιμοποιείται στη Βρετανία για την προώθηση της διαφάνειας. (Πηγή: <https://app.wheredoesmymoneygo.org/>).

2.3.2 Διευκόλυνση καθημερινής ζωής

Στην Ολλανδία, υπάρχει διαθέσιμη η υπηρεσία *vervuilingsalarm.nl*, που προειδοποιεί με ένα μήνυμα εάν η ποιότητα της ατμόσφαιρας στη γύρω περιοχή θα ξεπεράσει, την επόμενη μέρα, ένα συγκεκριμένο όριο ρύπανσης. Άλλες υπηρεσίες, όπως η *'marumental'* στο Ηνωμένο Βασίλειο και η *'marnificent'* στη Γερμανία, επιτρέπουν την εύρεση κατοικιών, λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια της εργασίας. Όλα αυτά τα παραδείγματα χρησιμοποιούν ανοιχτά κυβερνητικά δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό, το κράτος επωφελείται έμμεσα από την ομαλή ροή της καθημερινότητας των πολιτών.

Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χρήσης του περιβάλλοντος *'marnificent'* στην πόλη του Λονδίνου στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ο χρήστης επιλέγει την πόλη για την οποία ενδιαφέρεται και μεταφέρεται σε έναν χάρτη που αφορά την εν λόγω περιοχή. Στη συνέχεια επιλέγει οποιοδήποτε σημείο επιθυμεί επάνω στο χάρτη. Το σημείο αυτό αποκτά ξεχωριστό ενδιαφέρον για τον κάθε χρήστη μιας και μπορεί να αφορά το σπίτι ή το εργασιακό του περιβάλλον. Τέλος, επιλέγει ένα χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Μετά από αυτές τις επιλογές, η πλατφόρμα εξυπηρετεί το σκοπό της, δηλαδή μαρκάρει επάνω στο χάρτη την περιοχή γύρω από το επιλεγμένο σημείο, στην οποία ο χρήστης μπορεί να φτάσει με τα μέσα συγκοινωνίας εντός του χρονικού διαστήματος που έχει ο ίδιος ορίσει.



Εικόνα 2.3. Λειτουργία πλατφόρμας *'marnificent'* για περιοχή St Jams Park στο Λονδίνο και χρονική διάρκεια τα 15min. (Πηγή: <https://www.marnificent.net/>)

Γίνεται εύκολα αντιληπτός ο αντίκτυπος των παραπάνω λειτουργιών στην διευκόλυνση της καθημερινής ζωής του χρήστη καθώς μπορεί να λάβει αποφάσεις παραδείγματος χάριν για την περιοχή στην οποία σκοπεύει να μετακομίσει. Επίσης μια τέτοια εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και από τουρίστες ακόμα και κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού του ταξιδιού τους έτσι ώστε να καταλήξουν σε κατοικία προς διανυκτέρευση ή ακόμα και για να έχουν εποπτεία της πρόσβασης σε όλα τα αξιοθέατα.

2.3.3 Οικονομικά οφέλη

Από οικονομικής άποψης, τα ανοιχτά δεδομένα έχουν, επίσης μεγάλη σημασία. Πολλές μελέτες εκτίμησαν την οικονομική αξία των ανοιχτών δεδομένων σε αρκετές δεκάδες

δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως, μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Νέα προϊόντα και εταιρείες επαναχρησιμοποιούν τα ανοιχτά δεδομένα. Η συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί επίσης εμμέσως όφελος για το ίδιο το κράτος μιας και οι εταιρείες που θα παράγουν νέα προϊόντα με τη βοήθεια των ανοιχτών δεδομένων, θα φορολογηθούν από τα κέρδη τους και σε συνδυασμό με τα οφέλη της διαφάνειας που ενισχύεται επίσης από την αξιοποίηση των ανοιχτών δεδομένων, τα οφέλη πολλαπλασιάζονται γιατί εξασφαλίζεται η ομαλή ροή χρήματος προς τα κρατικά ταμεία.

2.3.4 Αποδοτικότητα κυβερνητικού έργου

Τα ανοιχτά δεδομένα έχουν μεγάλη αξία και για τις ίδιες τις κυβερνήσεις, αφού μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητά τους. Το Ολλανδικό Υπουργείο Παιδείας δημοσιοποιεί όλα τα δεδομένα σχετικά με την εκπαίδευση στο διαδίκτυο, για επαναχρησιμοποίηση. Από τότε, ο αριθμός των ερωτήσεων που δέχονται μειώθηκε, μειώνοντας μαζί τον φόρτο εργασίας και το κόστος από τη μια μεριά, ενώ από την άλλη μεριά, οι εναπομείνουσες ερωτήσεις είναι πλέον ευκολότερο να απαντηθούν από τους υπαλλήλους, αφού είναι απλούστερο να βρουν τα σχετικά δεδομένα.

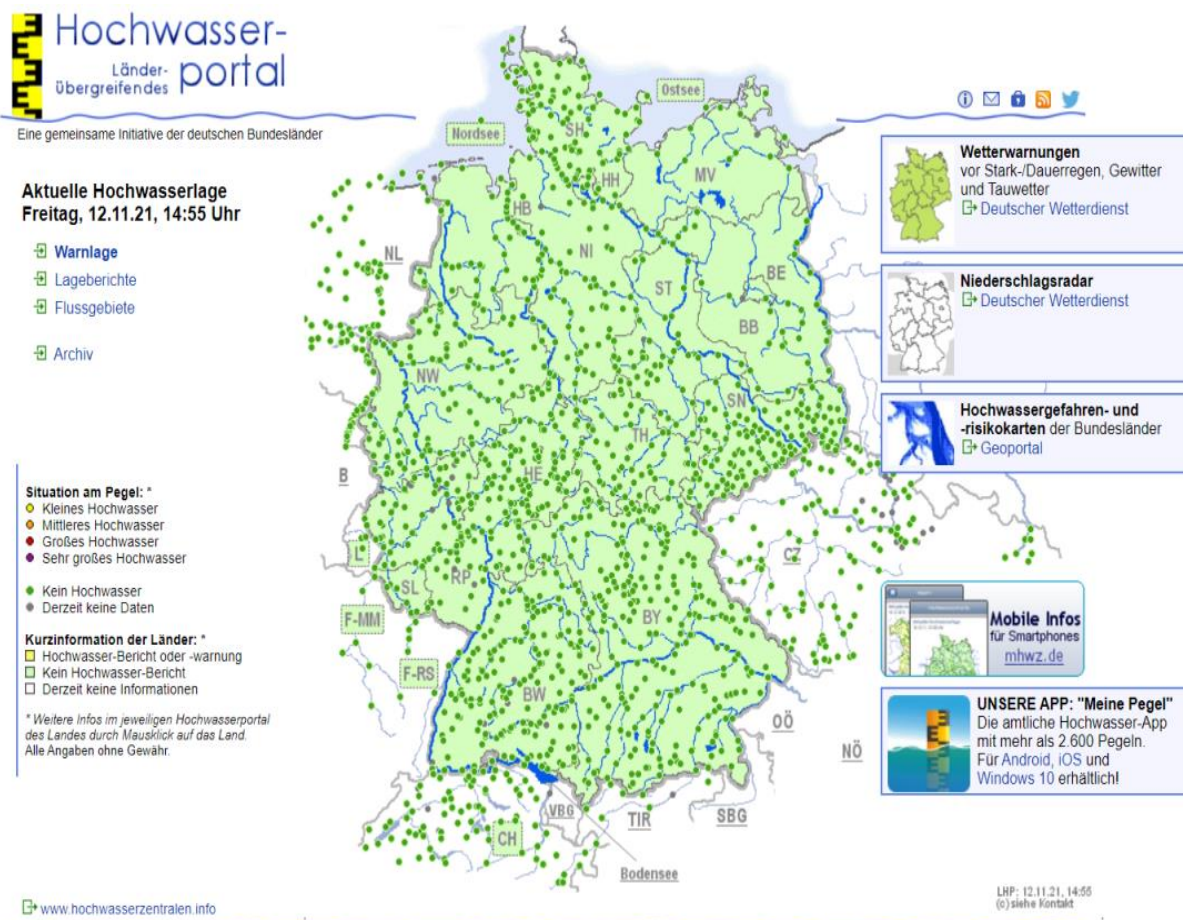
2.3.5 Φυσικές καταστροφές

Στις αρχές Ιουλίου του 2021, σε αρκετές χώρες στην Ευρώπη υπήρχαν σοβαρές πλημμύρες με μεγάλο αριθμό θυμάτων και ζημιών. Πολλαπλές λεκάνες απορροής ποταμών στην Αυστρία, το Βέλγιο, την Κροατία, τη Γερμανία, την Ιταλία, το Λουξεμβούργο, τις Κάτω Χώρες και την Ελβετία, για τις οποίες είναι κοινή πρακτική η αποθήκευση νερού και ο έλεγχος του κινδύνου πλημμυρών, ξεχείλισαν. Το νερό χύθηκε σε δρόμους χωριών και πόλεων. Η Γερμανία και το Βέλγιο επλήγησαν ιδιαίτερα σκληρά, με διακοπές ρεύματος, εκκενώσεις και ζημιές σε υποδομές και γεωργία.

Καθώς οι πληγείσες χώρες ανασυντάσσονται και εξετάζουν τους λόγους που συνέβησαν, εξετάζονται οι ευκαιρίες για καλύτερη χρήση των δεδομένων στη διαχείριση των υδάτων. Τα δεδομένα μπορούν να παρέχουν σημαντικά στοιχεία στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων όταν η πλημμύρα είναι επικείμενη, παρέχοντας τακτικές πληροφορίες για την εφαρμογή προληπτικών μέτρων ή για να αποφασίσουν εάν είναι απαραίτητες οι εκκενώσεις. Τα δεδομένα είναι επίσης σημαντικά για τον πιο στρατηγικό σχεδιασμό διαχείρισης των υδάτων, καθώς τα δεδομένα του καιρού και του νερού οδηγούν σε αποφάσεις αστικού και τοπικού σχεδιασμού, όπως η επιλογή αλλαγής της διαδρομής ενός ποταμού, το ύψος των περιθωρίων του, το βάθος της κοίτης του. Επιπλέον, τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη των επιχειρήσεων απόκρισης κατά τη διάρκεια του συμβάντος και για την ενημέρωση της ανοικοδόμησης στη συνέχεια.

Παρακάτω, παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα εφαρμογών δεδομένων που υποστηρίζουν στρατηγική διαχείριση των υδάτων καθώς και προσπάθειες απόκρισης.

Waterinfo, Ολλανδία: Με ένα μεγάλο μέρος της χώρας και τις περισσότερες μεγάλες πόλεις σε επίπεδο ή κάτω από τη θάλασσα, η ολλανδική κυβέρνηση έπρεπε να μάθει πώς να διαχειρίζεται αποτελεσματικά το νερό. Το Ολλανδικό Υπουργείο Υποδομών και Διαχείρισης Υδάτων (RWS) είναι ο κυβερνητικός φορέας που ασχολείται με τη διαχείριση του νερού και των υποδομών και παρέχει έγκαιρα και ακριβή δεδομένα για το νερό, τον άνεμο και τον αέρα. Η RWS ανέπτυξε τον ιστότοπο δεδομένων νερού με σκοπό να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα νερού, την αποστράγγιση, τις θερμοκρασίες, τους ρυθμούς ροής, τα ύψη κυμάτων, τις παλίρροιας, την



Εικόνα 2.5. Περιβάλλον πλατφόρμας Hochwasser. (Πηγή: <https://www.hochwasserzentralen.de/>)

Humanitarian Data Exchange, OHE: Τα δεδομένα μπορούν επίσης να ενημερώσουν τις κρίσιμες για το χρόνο ενέργειες που απαιτούν οι δυνάμεις απόκρισης. Το Γραφείο των Ηνωμένων Εθνών για τον Συντονισμό των Ανθρωπιστικών Υποθέσεων (OCHA) για παράδειγμα, λειτουργεί μια πύλη δεδομένων συγκεκριμένη για αυτόν τον σκοπό, το Humanitarian Data Exchange (HDX). Φιλοδοξία του OHE είναι να προσφέρει στις δυνάμεις ανταπόκρισης δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν σε πραγματικό χρόνο για τη διαχείριση της λειτουργίας, την ιεράρχηση της παρέμβασης και την παροχή βοήθειας στα περισσότερα άτομα και σε εκείνα που αντιμετωπίζουν τις πιεστικότερες ανάγκες.

Για παράδειγμα, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση μέσω του HDX στα δεδομένα που παρήγαγε το πρόγραμμα επιχειρησιακών δορυφορικών εφαρμογών του OHE (UNOSAT) από δορυφορική ανάλυση κατά την πλημμύρα της περιοχής της Σομαλίας τον Μάιο του 2018. Τα δεδομένα περιγράφουν τα 9.200 εκτάρια γης που κατακλύστηκαν και ήταν σε θέση να εκτιμήσουν ότι επηρεάστηκαν 12.000 άνθρωποι. Στην Εικόνα 2.6 παρουσιάζεται το περιβάλλον της πλατφόρμας και τα αποτελέσματα που δίνει για την πλημμύρα της Σομαλίας το 2018.

The screenshot shows the HDX website interface. At the top, there are navigation links for 'OCHA Services', 'Data Responsibility for COVID-19', 'FAQ', 'Log in', 'Sign up', and 'Switch to HDX Lite'. The main header includes the HDX logo, a search bar, and navigation tabs for 'DATA', 'LOCATIONS', 'ORGANISATIONS', and 'DATAVIZ'. A red 'ADD DATA' button is also present.

The main content area is titled 'Ethiopia flooding Somali region' and features a UNOSAT logo. Below the title, there is a brief description of the dataset: 'UNOSAT produced satellite-detected flood water extent in Somali Region, Ethiopia. The analysis was conducted by analysing a Sentinel-1 image acquired on the 1 May 2018. As observed from the satellite radar image, a total of 9,200 ha of land were inundated in the area of interest. By using WorldPop data, we estimate that at least 12,000 people are potentially affected ... More'. Below this, there are statistics for '300+ Downloads' and 'This dataset updates: Every day', along with a 'Contact the contributor' link and social media icons.

The central part of the page is a map showing the flooding extent in the Somali region of Ethiopia, with labels for 'Bundada', 'Imeey Bari', 'Denan', and 'Gode'. A 'Shape info' box is visible on the left side of the map.

Below the map, there is a 'DOWNLOADS' chart showing the number of downloads per month from June to November. To the right, there are two tabs: 'Data and Resources' and 'Metadata'. Under 'Data and Resources', there are two entries:

- FL20180501SOM_Ethiopia_Imi.xlsx (5.7K)**: Updated: 7 May 2018. Description: Analysis of the 2018 05 01 flooding - Shabelle & Afder Zones, Somali region, Ethiopia. Includes a 'DOWNLOAD' button and a 'MORE' button.
- ST20180501_Somali_Flood_Water.zip (2.2M)**: Updated: 7 May 2018. Includes a 'DOWNLOAD' button.

Εικόνα 2.6. Περιβάλλον πλατφόρμας HumanitarianData Exchange. (Πηγή: <https://data.humdata.org>)

2.4 Γεωχωρικά δεδομένα

Τα γεωχωρικά δεδομένα ορίζονται ως οποιαδήποτε δεδομένα αφορούν άμεσα ή έμμεσα σε συγκεκριμένη τοποθεσία ή γεωγραφική περιοχή. (Νόμος 3882/2010 - ΦΕΚ 166/Α/22-9-2010).

Για τη δημιουργία, επεξεργασία, αποθήκευση και οπτικοποίηση των χωρικών δεδομένων η επιστήμη της πληροφορικής έχει αναπτύξει ολοκληρωμένα πληροφοριακά συστήματα που ονομάζονται Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems – GIS). Τα συστήματα αυτά υποστηρίζουν πολλές μορφές χωρικών δεδομένων, πολλούς τύπους αρχείων και διάφορα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (Database Management Systems). Στα GIS, τα δεδομένα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα διανυσματικά (vector) δεδομένα και στα ψηφιδωτά (raster) δεδομένα.

2.4.1 Διανυσματικά δεδομένα

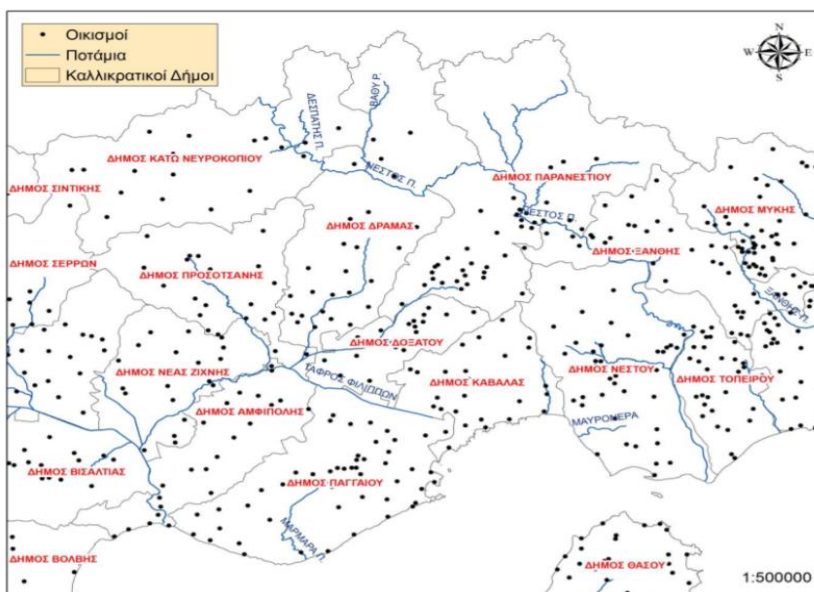
Τα διανυσματικά δεδομένα αναπαριστούν τριών ειδών χωρικές οντότητες. Τα τρία είδη οντοτήτων είναι τα σημεία (points), τα διανύσματα/ γραμμές (polylines) και τα πολύγωνα (polygons). Τα διανυσματικά δεδομένα είναι αποτέλεσμα ψηφιοποίησης (χειροκίνητης ή αυτόματης) με τη χρήση κατάλληλου υλικού και λογισμικού.

Τα σημεία αποτελούν βασική χωρική οντότητα διότι έχουν συγκεκριμένη θέση στο χώρο και μπορούν να αναπαραστήσουν είτε ένα φυσικό αντικείμενο (όπως ένας τηλεφωνικός θάλαμος) είτε ένα συμβάν (π.χ. τροχαίο ατύχημα). Η θέση του σημείου προσδιορίζεται με βάση τις γεωγραφικές του συντεταγμένες.

Τα διανύσματα ή γραμμές είναι χωρικές οντότητες που ορίζονται από τουλάχιστον δύο σημεία και μπορούν κι αυτά να αναπαραστήσουν ένα φυσικό αντικείμενο (όπως ένα δρόμο ή ένα καλώδιο τηλεφώνου) ή μια κίνηση, όπως για παράδειγμα η διαδρομή ενός ατόμου πάνω στο οδικό δίκτυο.

Τέλος, τα πολύγωνα είναι χωρικές οντότητες που ορίζονται από πολλά διανύσματα (και κατ' επέκταση πολλά σημεία), όπου η αρχή του πρώτου διανύσματος συμπίπτει με το τέλος του τελευταίου διανύσματος. Τα πολύγωνα είναι κλειστά γεωμετρικά σχήματα που συνήθως αναπαριστούν φυσικά αντικείμενα μεγάλης επιφάνειας που δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με ένα σημείο, όπως για παράδειγμα μία λίμνη, αλλά ακόμη συχνότερα αναπαριστούν νοητές οντότητες, όπως για παράδειγμα τα γεωγραφικά όρια των οντοτήτων μιας διοικητικής διαίρεσης ενός κράτους.

Ένα παράδειγμα διανυσματικών δεδομένων παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.7. Η εικόνα παρουσιάζει ένα χάρτη με τους οικισμούς (σημεία), τα ποτάμια (διανύσματα) και τα διοικητικά όρια των νομών Δράμας και Καβάλας. Οι πηγές των διανυσματικών δεδομένων που παρουσιάζονται είναι η Ελληνική Στατιστική Αρχή και το Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (Καλογιρού, 2015)



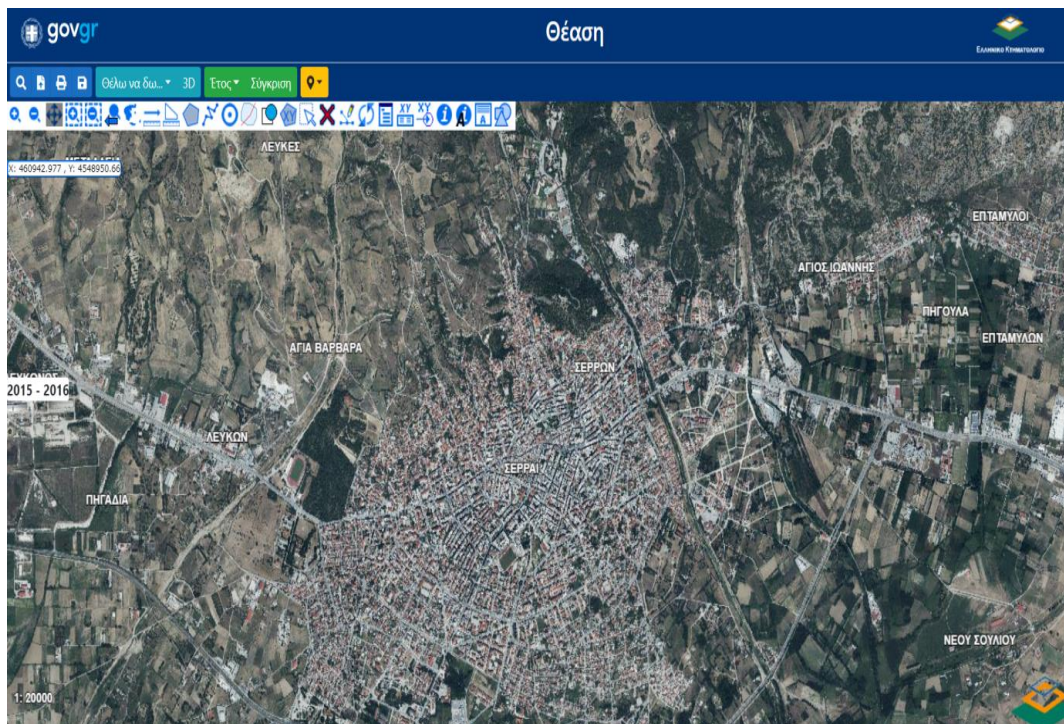
Εικόνα 2.7. Χάρτης διανυσματικών δεδομένων στην περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας. (Πηγή: Καλογιρού 2015)

2.4.2 Ψηφιδωτά δεδομένα

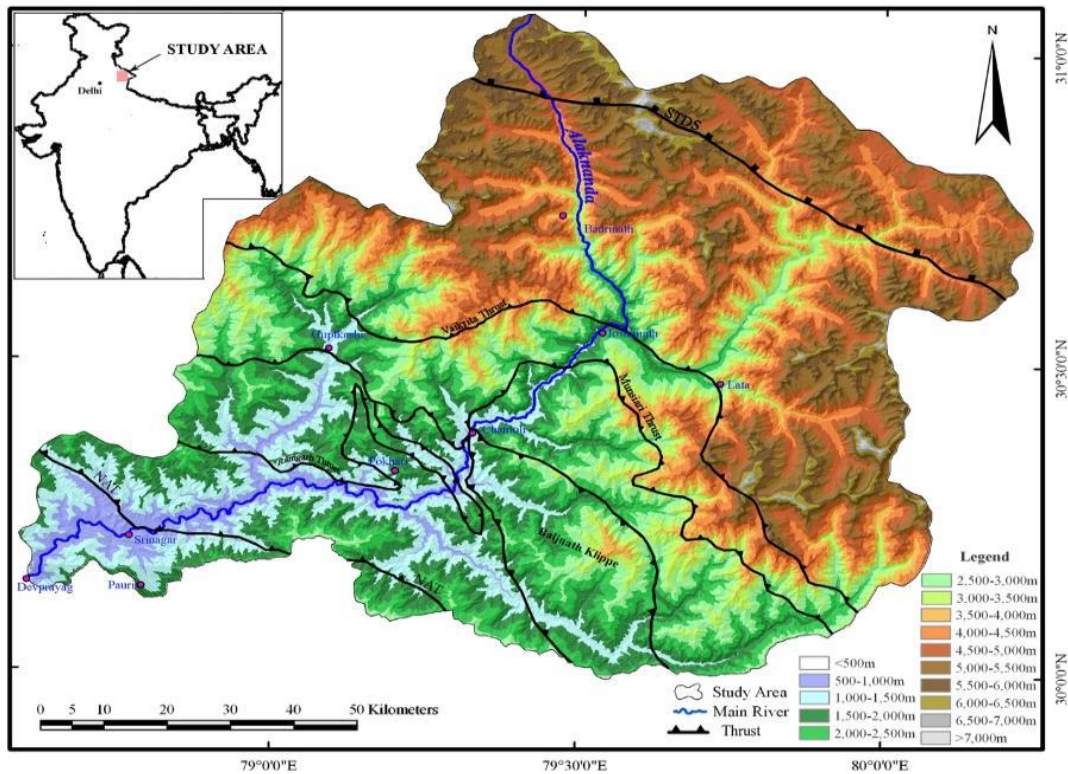
Τα ψηφιδωτά δεδομένα αφορούν κυρίως σε συνεχή πεδία φυσικά ή νοητά. Στα ψηφιδωτά δεδομένα κάθε ψηφίδα αποτελεί ένα τετράγωνο με συγκεκριμένες διαστάσεις που αναπαριστά ένα τμήμα της επιφάνειας της γης. Τα πιο διαδεδομένα ψηφιδωτά δεδομένα είναι οι δορυφορικές εικόνες και οι ορθοφωτοχάρτες όπου η κάθε ψηφίδα μπορεί να έχει διαστάσεις από μερικά εκατοστά ως μερικές δεκάδες μέτρα και μια τιμή που αφορά στο χρώμα που φωτογράφησε ο δορυφόρος ή το αεροπλάνο για ένα μικρό τμήμα της επιφάνειας της γης. Ιδιαίτερα διαδεδομένο είναι και το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DigitalElevationModel – DEM) στο οποίο η κάθε ψηφίδα λαμβάνει τιμή ίση με το μέσο υψόμετρο στο τμήμα γης που αναπαριστά. Αν για παράδειγμα, η ψηφίδα έχει μέγεθος 100 επί 100 μέτρα, τότε η τιμή υψομέτρου αφορά στο μέσο υψόμετρο σε μια επιφάνεια της γης ίση με 10.000 τετραγωνικά μέτρα (10 στρέμματα).

Στην Εικόνα 2.8 γίνεται η παρουσίαση μιας μορφής ψηφιδωτών γεωχωρικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, αξιοποιώντας την πλατφόρμα maps.gov.gr, παρουσιάζονται μωσαϊκό ορθοφωτοχαρτών της πόλης των Σερρών. Σημειώνεται ότι οι πιο πρόσφατοι ορθοφωτοχάρτες που διατίθενται στην πλατφόρμα αντιστοιχίζονται χρονικά στην περίοδο 2015-2016. (Καλογίρου 2015)

Στην Εικόνα 2.9 παρουσιάζεται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (digital elevation model) με το οποίο οπτικοποιείται η μεταβολή του υψομέτρου στην περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Αλακνάδα στην Ινδία.



Εικόνα 2.8. Θέαση ορθοφωτογραφιών (Πηγή: maps.gov.gr)



Εικόνα 2.9. Digital Elevation Model (DEM) που οπτικοποιεί τη μεταβολή του υψομέτρου (m) στην λεκάνη απορροής του ποταμού Alaknanda. (Πηγή: Garg, Kumar 2016)

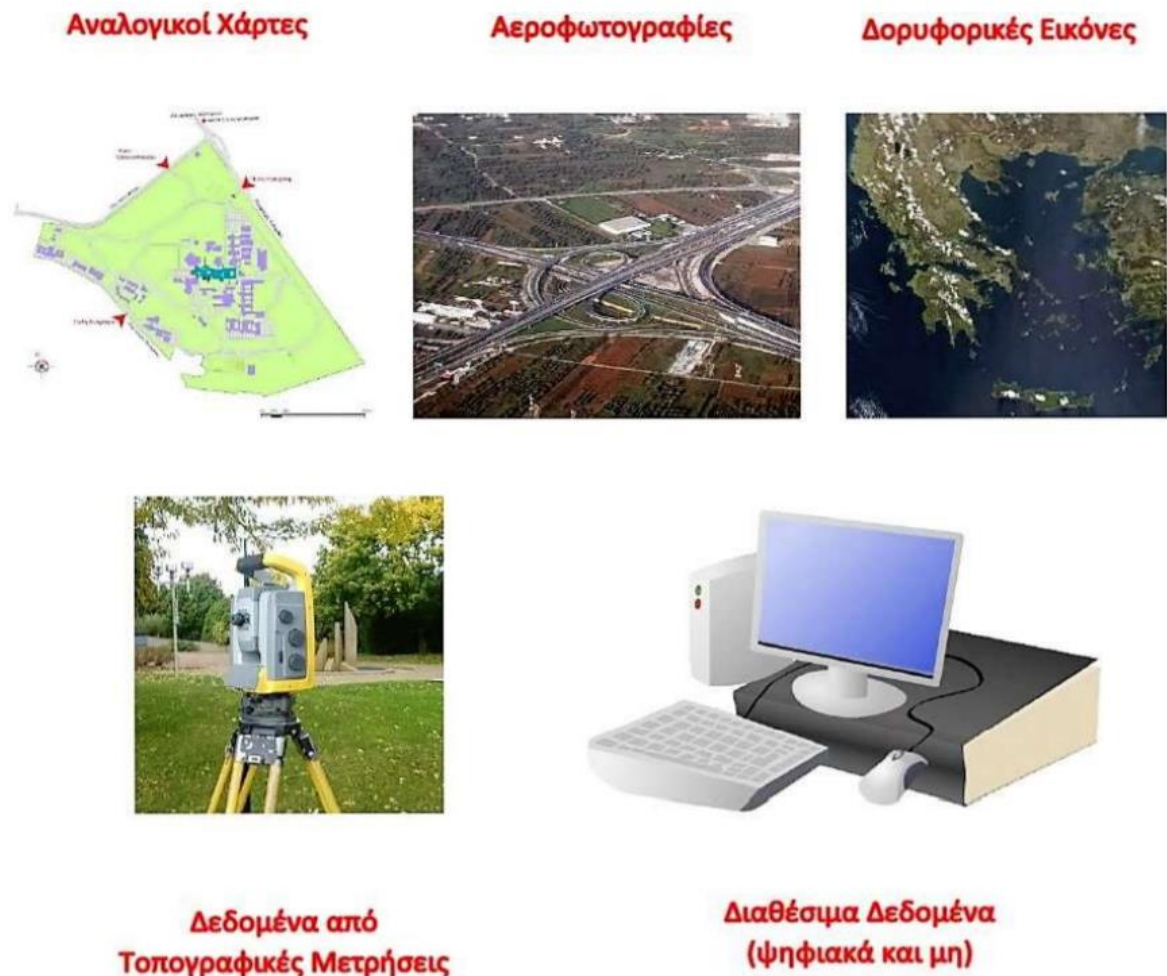
2.5 Πηγές γεωχωρικών δεδομένων

Οι πηγές των γεωχωρικών δεδομένων αποτελούν τα μέσα από τα οποία συγκεντρώνονται τα απαραίτητα δεδομένα για κάποια εφαρμογή ΣΓΠ. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Έτσι υπάρχουν οι πηγές που παρέχουν πρωτογενή δεδομένα, δηλαδή δεδομένα που συλλέγονται άμεσα (π.χ. τοπογραφικές μετρήσεις) και πηγές που παρέχουν δευτερογενή δεδομένα, δηλαδή δεδομένα που προέρχονται από υπάρχοντες χάρτες, βάσεις δεδομένων, πίνακες, ή που διατίθενται από οργανισμούς, κρατικούς φορείς, ιδιωτικές συλλογές ή και άλλες εξωτερικές πηγές.

Στην Εικόνα 2.10 παρουσιάζονται συνολικά μερικά παραδείγματα πηγών γεωχωρικών δεδομένων.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας μας ενδιαφέρουν περισσότερο οι εξωτερικές πηγές δεδομένων. Ως εξωτερική πηγή, αναφέρεται ο οργανισμός ή η εταιρεία εκείνη που διαθέτει προς τρίτους, με ή χωρίς χρηματικό αντίτιμο, γεωχωρικά δεδομένα έτοιμα προς χρήση. Η διάθεση των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί και άμεσα από το διαδίκτυο.

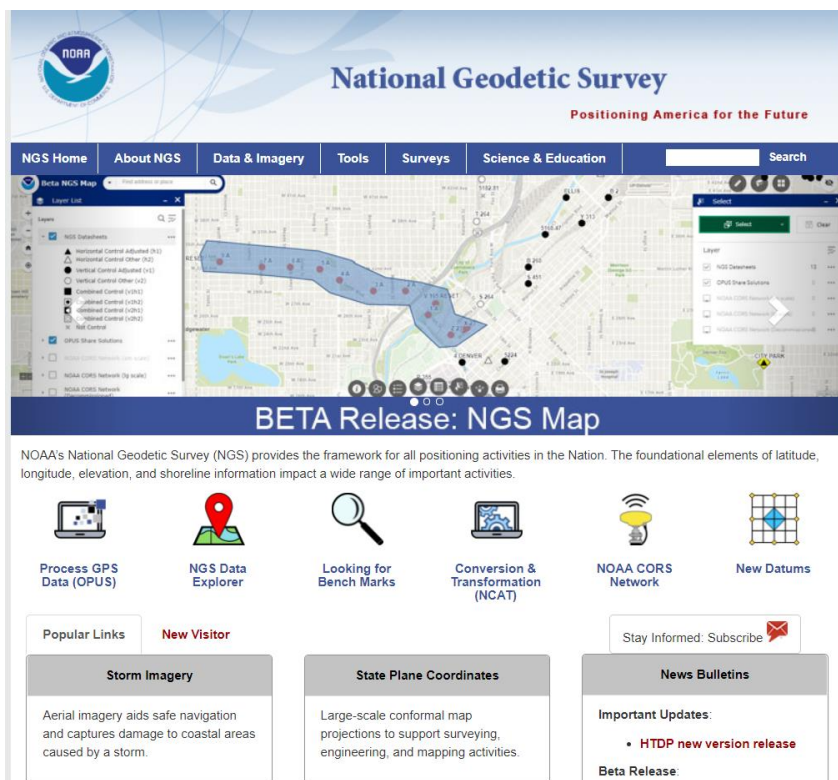
Στη συνέχεια, επειδή ο αριθμός των υφιστάμενων εξωτερικών πηγών είναι πολύ μεγάλος, αναφέρονται μόνο κάποια ενδεικτικά παραδείγματα. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα χαρακτηριστικά και η διαθεσιμότητα των γεωχωρικών δεδομένων αλλάζουν συνεχώς. Ως γενική παρατήρηση, θα έλεγε κανείς ότι, ενώ στην Ευρώπη η διαθεσιμότητα των δεδομένων είναι ακόμα περιορισμένη, στη Βόρειο Αμερική τα ψηφιακά γεωχωρικά δεδομένα διατίθενται εύκολα και με σχετικά χαμηλό κόστος. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται μερικές από τις εξωτερικές πηγές γεωχωρικών δεδομένων σε ΗΠΑ και Ευρώπη. (Kavouras, Darra, Kontaxaki, Tomai, 2016)



Εικόνα 2.10. Παραδείγματα πηγών γεωχωρικών δεδομένων. (Πηγή: Kavouras, Darra, Kontaxaki, Tomai, 2016)

Πίνακας 2.1. Παραδείγματα εξωτερικών πηγών γεωχωρικών δεδομένων σε ΗΠΑ και Ευρώπη.

Όνομασία πηγής	Διατιθέμενα γεωγραφικά δεδομένα
United States Geological Survey (USGS)	Ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα, κ.ά.
National Geodetic Survey (NGS)	Γεωδαιτικά/ τοπογραφικά δεδομένα (GPS δεδομένα, αεροφωτογραφίες, χάρτες ακτογραμμών, κ.ά.)
National Digital Orthophoto Programs (NDOP)	Αεροφωτογραφίες, ορθοφωτοχάρτες, κ.ά.
United State Department of Agriculture	Πύλη γεωχωρικών δεδομένων (ψηφιακές αεροφωτογραφίες, ψηφιακά μοντέλα εδάφους, χάρτες σύστασης εδάφους, κ.ά.)
National Geospatial Center of Excellence (NGCE)	Χάρτες κάλυψης γης, βάση δεδομένων απογραφής εθνικών πόρων (National Resources Inventory (NRI)), αεροφωτογραφίες, ψηφιακές ορθοφωτογραφίες, κ.ά.
National Aeronautics and Space Administration (NASA)	Δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, κ.ά.
United States Census Bureau Maps and Cartographic Resources	Ψηφιακά αρχεία γεωγραφικών δεδομένων, θεματικοί χάρτες μικρής και μεσαίας κλίμακας, κ.ά.
Ordnance Survey (UK)	Ψηφιακοί τοπογραφικοί και ιστορικοί χάρτες, κ.ά.
European Environmental Agency (EEA)	Δεδομένα κάλυψης γης του Ευρωπαϊκού προγράμματος CORINE Land Cover



Εικόνα 2.11. Η αρχική σελίδα της εξωτερικής πηγής δεδομένων NGS. (Πηγή: <https://geodesy.noaa.gov/>)

Στην Ελλάδα, οι κυριότερες πηγές γεωχωρικών δεδομένων ανήκουν στο δημόσιο τομέα. Υπάρχουν όμως και εταιρείες ιδιωτικού δικαίου που διαθέτουν και αυτές γεωχωρικά δεδομένα σε ποικίλες μορφές (δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, κλπ.). Παρακάτω περιγράφονται παραδείγματα ελληνικών εξωτερικών πηγών γεωχωρικών δεδομένων.

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ): Ο κύριος σκοπός της ΓΥΣ είναι να παράγει χαρτογραφικά προϊόντα για την υποστήριξη των Ενόπλων Δυνάμεων. Ακόμη, η ΓΥΣ παράγει, διαχειρίζεται και διανέμει γεωγραφικά δεδομένα που αποβλέπουν στην ανάπτυξη της χώρας και την ικανοποίηση των αναγκών του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου. Τα γεωγραφικά δεδομένα διατίθενται προς τους πολίτες με χρηματικό αντίτιμο και περιλαμβάνουν τοπογραφικούς χάρτες (σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή), υψομετρικές καμπύλες και ψηφιακά μοντέλα εδάφους, σχέδια πόλεων, οδικό δίκτυο, κλπ. Ακόμη, η ΓΥΣ παράγει χάρτες ανωμαλιών βαρύτητας και γεωμαγνητικής απόκλισης ενώ διατηρεί αρχείο ιστορικών χαρτών, λεξικό γεωγραφικών τοπωνυμίων, βιβλίο μετατροπής συντεταγμένων και ευρετήριο τοπογραφικών διαγραμμάτων σε κλίμακα 1:5000.

Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού (ΥΥΠΝ): Η ΥΥΠΝ συλλέγει, επεξεργάζεται, αξιοποιεί και διαθέτει υδρογραφικά, ωκεανογραφικά, χαρτογραφικά και ναυτιλιακά δεδομένα που αφορούν στον ελληνικό και στον ευρύτερο θαλάσσιο χώρο. Οι ναυτικοί χάρτες, τα διαγράμματα, τα ναυτιλιακά βοηθήματα, οι ωκεανογραφικές μελέτες και οι λοιπές εκδόσεις που εκδίδονται από την ΥΥΠΝ διατίθενται σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή έναντι χρηματικού αντιτίμου.

Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ): Το ΙΓΜΕ εκπονεί τη γεωλογική μελέτη της Ελλάδας σε συνδυασμό με έρευνες και αξιολογήσεις ορυκτών υλών και υπόγειων νερών. Αποτελεί θεσμοθετημένο τεχνικό σύμβουλο της πολιτείας σε θέματα γεωεπιστημών. Ειδικότερα, στις δραστηριότητες του ΙΓΜΕ περιλαμβάνεται η αποτύπωση της βασικής γεωλογικής δομής της

χώρας (χαρτογραφήσεις, γεωφυσικές διασκοπήσεις, κλπ.). Το χαρτογραφικό υλικό καθώς και φωτοαντίγραφα των βιβλίων του ινστιτούτο διατίθενται από το ΙΓΜΕ με χρηματικό αντίτιμο.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ. ΣΤΑΤ.): Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) αποτελεί βασικό φορέα παροχής Δημόσιων Δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια αποτελεί ανεξάρτητη αρχή ώστε, ανεπηρέαστη από πολιτικές πιέσεις, να υπολογίζει και να δημοσιοποιεί στατιστικά για τους μακροοικονομικούς δείκτες της χώρας, όπως ο Δείκτης Τιμών Καταναλωτή (Πληθωρισμός), η ανεργία και το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (Α.Ε.Π.). Η Ελληνική Στατιστική Αρχή συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και διαχέει προς τους κρατικούς φορείς και τους πολίτες, στοιχεία τα οποία προκύπτουν από στατιστικές έρευνες, απογραφές κι άλλες πηγές.

Ακόμη, η υπηρεσία αυτή έχει προβεί σε κατάρτιση ψηφιακών χαρτογραφικών υποβάθρων που έχουν αποδοθεί σε αναλογικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 και αφορούν σε 485 οικισμούς της Ελλάδος με πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων και σε 125 οικισμούς με πληθυσμό κάτω των 2000 κατοίκων. Οι παρεχόμενες πληροφορίες περιλαμβάνουν: 1) τους άξονες των δρόμων και την ονοματολογία τους, 2) τα περιγράμματα και την αρίθμηση των οικοδομικών τετραγώνων και 3) τα περιγράμματα και την αρίθμηση των κτιρίων στα πλαίσια των οικοδομικών τετραγώνων. Τα γεωγραφικά δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. διατίθενται έναντι χρηματικού αντιτίμου.

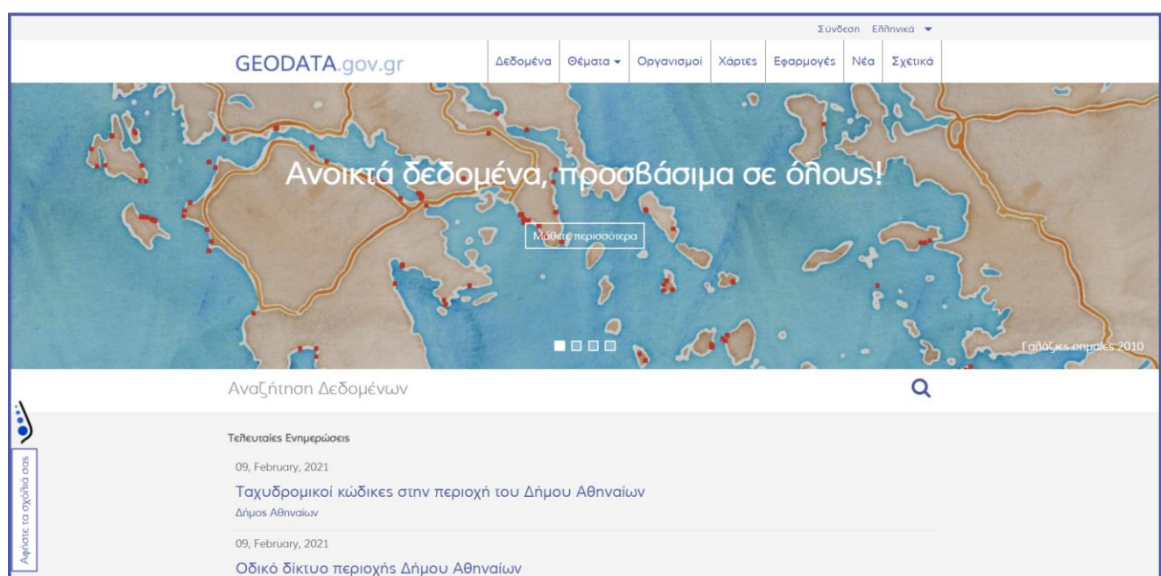
Η εταιρεία Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση ΑΕ (ΕΚΧΑ Α.Ε.): Η εταιρεία ΕΚΧΑ Α.Ε. διαχειρίζεται το σύστημα του Εθνικού Κτηματολογίου στο οποίο καταγράφονται πληροφορίες (νομικού, τεχνικού, οικονομικού κ.ά. περιεχομένου) που αφορούν στα ακίνητα της χώρας. Μεταξύ των πληροφοριών αυτών είναι και η γεωγραφική περιγραφή των ακινήτων, δηλαδή το σχήμα, η θέση και οι διαστάσεις τους. Ακόμη, η ΕΚΧΑ Α.Ε. ανέπτυξε το σύστημα εντοπισμού Hellenic PositioningSystem (HEPOS) που επιτρέπει τον προσδιορισμό της θέσης σημείων στο χώρο με υψηλή ακρίβεια, στηριζόμενο στο GPS. Τα δεδομένα του HEPOS διατίθενται προς επαγγελματίες με ειδικότητα συναφή προς αυτήν του τοπογράφου και αγρονόμου μηχανικού (ιδιώτες μελετητές, κατασκευαστές έργων, πανεπιστημιακούς και ερευνητικούς φορείς, δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς, κλπ.) έναντι εφάπαξ εγγραφής.

Η διαδικτυακή πύλη geodata.gov.gr: Το geodata.gov.gr προσφέρει ανοικτά γεωχωρικά δεδομένα και υπηρεσίες για την Ελλάδα, αποτελώντας έναν εθνικό κατάλογο ανοικτών δεδομένων, μία INSPIRE-συμβατή Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών, καθώς και μία ισχυρή υποδομή για την παροχή υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας από ανοικτά δεδομένα. Σε λειτουργία από το 2010, το geodata.gov.gr ήταν ένας από τους πρώτους καταλόγους ανοικτών δεδομένων στον κόσμο, συνεισφέροντας στην ανοικτή διακυβέρνηση σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Η σχεδίαση, ανάπτυξη και συντήρησή του geodata.gov.gr γίνεται από το ΙΠΣΥ/ΕΚ «Αθηνά», με σκοπό να αποτελέσει ένα κεντρικό σημείο συλλογής, αναζήτησης, διάθεσης και απεικόνισης της ανοικτής δημόσιας γεωχωρικής πληροφορίας. Λειτουργεί αποκλειστικά με ανοικτό λογισμικό που αναπτύχθηκε από το έργο PublicanMundi, καθώς και τη διεθνή κοινότητα Ανοικτού Κώδικα.

Στην Εικόνα 2.12 παρουσιάζεται η αρχική σελίδα της διαδικτυακής πύλης geodata.gov.gr. Προσφέρεται στο χρήστη η δυνατότητα να δει τις πιο πρόσφατες προσθήκες δεδομένων ή να περιηγηθεί μέσω των διαθέσιμων καρτελών. Μέσω της καρτέλας Δεδομένα μπορεί κανείς να πραγματοποιήσει αναλυτική αναζήτηση για τα δεδομένα τα οποία αναζητά. Στην καρτέλα Θέματα εμφανίζονται όλες οι κατηγορίες στις οποίες διαχωρίζονται τα προσφερόμενα δεδομένα. Είναι προφανές πως από την καρτέλα Χάρτες, μπορεί κανείς να αλληλοεπιδράσει στο περιβάλλον ενός διαδικτυακού χάρτη με διάφορες επιλογές που φιλτράρουν το τελικό οπτικό αποτέλεσμα. Μέσω της

καρτέλας Εφαρμογές, η διαδικτυακή πύλη διαθέτει τα δεδομένα μέσα από πολλαπλές Ανοικτές Διαδικτυακές Υπηρεσίες και APIs, δίνοντας έτσι στους χρήστες τη δυνατότητα να αναπτύξουν εφαρμογές και υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας. Στην καρτέλα Νέα, γίνονται όλες οι νέες ανακοινώσεις που αφορούν την πύλη geodata.gov.gr, ενώ τέλος στην καρτέλα Σχετικά, μπορεί κανείς να βρει συγκεντρωμένες πληροφορίες για τα ανοικτά δεδομένα ή για τον τρόπο λειτουργίας της πύλης.

Τα δεδομένα που προσφέρονται από το geodata.gov.gr δεν είναι απλά δωρεάν, αλλά ελεύθερα. Τα δεδομένα προσφέρονται με τους ειδικότερους όρους της Ελληνικής άδειας Creative Commons Αναφορά Προέλευσης (CC BY v.3.0). Αυτό σημαίνει πως οι χρήστες μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν με όποιον τρόπο επιθυμούν, να τα επεκτείνουν, να τα επεξεργαστούν ή ακόμα και να αναπτύξουν εμπορικές εφαρμογές. Το μόνο που απαιτείται να κάνει κανείς είναι να αναφέρει την πηγή προέλευσής τους, δηλαδή το geodata.gov.gr.



Εικόνα 2.12. Διαδικτυακή πύλη ανοικτών δεδομένων (Πηγή: geodata.gov.gr)

Τα δεδομένα της δημόσιας διοίκησης έχουν παραχθεί ή προμηθευτεί με χρήματα των Ελλήνων πολιτών. Άρα ανήκουν στους Έλληνες πολίτες και πρέπει να είναι προσβάσιμα από όλους χωρίς θεσμικούς και τεχνικούς φραγμούς. Εξασφαλίζοντας πως τα δεδομένα της Δημόσιας Διοίκησης είναι ανοικτά, επικουρείται:

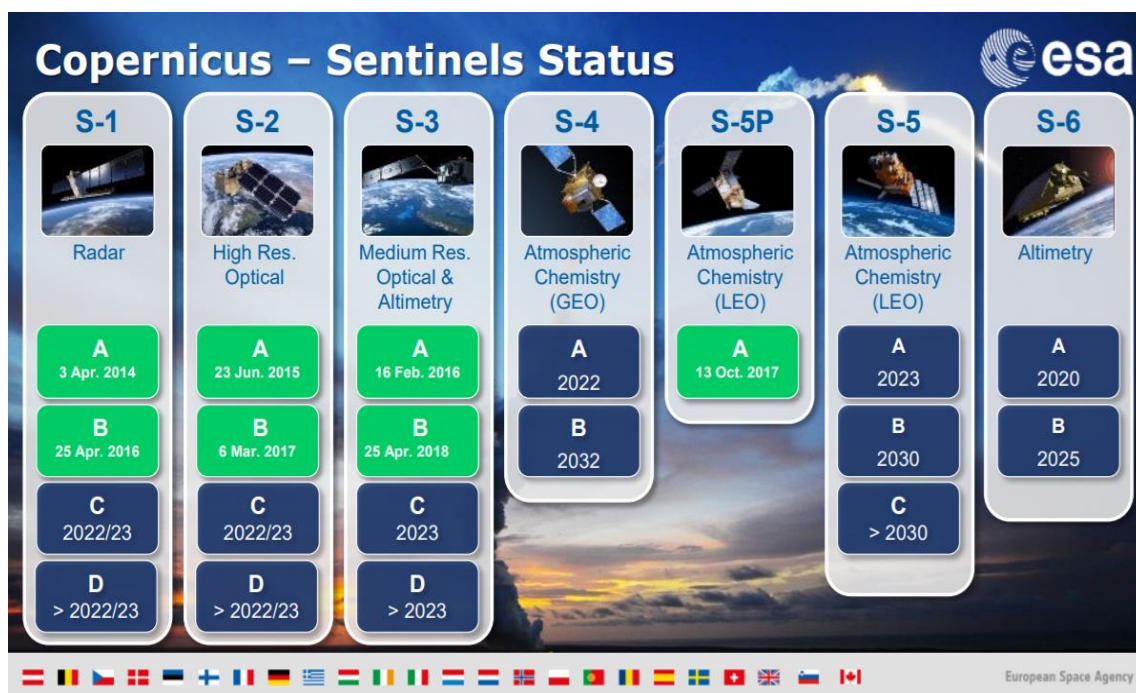
- Ο ουσιαστικός έλεγχος της δημόσιας διοίκησης. Κάθε απόφαση της δημόσιας διοίκησης που αφορά στο χώρο, στηρίζεται σε νόμους και πληροφορίες για το χώρο, δηλαδή σε γεωχωρικά δεδομένα που έχει στην κατοχή της. Αν όλοι οι ενδιαφερόμενοι έχουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα, τότε μπορεί να ελεγχθεί η ορθότητα και εγκυρότητα των αποφάσεων του δημοσίου.
- Η προστασία του περιβάλλοντος. Συνδυάζοντας την πρόσβαση σε αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες της χώρας με άλλα γεωχωρικά δεδομένα, όπως είναι οι προστατευόμενες περιοχές, ο αιγιαλός, οι αναδασωτές περιοχές, κάθε πολίτης μπορεί να εντοπίσει πιθανά παράνομες πράξεις και να τις υποδείξει στη δημόσια διοίκηση.
- Η μείωση της σπατάλης πόρων από τη δημόσια διοίκηση. Δυστυχώς ακόμη και σήμερα η δημόσια διοίκηση δεν γνωρίζει ακριβώς ποια γεωχωρικά δεδομένα έχει στην κατοχή της, με

αποτέλεσμα να τα επαναπρομηθεύεται. Ακόμη χειρότερα, πολλοί φορείς του δημοσίου αρνούνται να διαθέσουν τα γεωχωρικά δεδομένα τους σε άλλους φορείς. (Kavouras, Darra, Kontaxaki, Tomai, 2016)

2.6 Το πρόγραμμα COPERNICUS

Μέσω δορυφορικών και επίγειων παρατηρήσεων, οι υπηρεσίες του Copernicus παρέχουν σε σχεδόν πραγματικό χρόνο δεδομένα παγκόσμιου επιπέδου, τα οποία μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη τοπικών και περιφερειακών αναγκών.

Το Copernicus εξυπηρετείται από ένα σύνολο ειδικών δορυφόρων (Sentinel) και από συνεισφέρουσες αποστολές (υφιστάμενοι εμπορικοί και δημόσιοι δορυφόροι). Οι δορυφόροι Sentinel είναι ειδικά σχεδιασμένοι για την κάλυψη των αναγκών των υπηρεσιών του Copernicus και των χρηστών τους. Μετά την εκτόξευση του Sentinel-1A, το 2014, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ξεκινήσει μια διαδικασία για να θέσει σε τροχιά έναν σύνολο σχεδόν 20 νέων δορυφόρων μέχρι το 2030. Στην Εικόνα 2.13 παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση αναφορικά με τους δορυφόρους που έχουν σταλεί έως και σήμερα. Επίσης αναφέρονται και οι στόχοι για το επόμενο διάστημα με ορίζοντα έως το 2030.



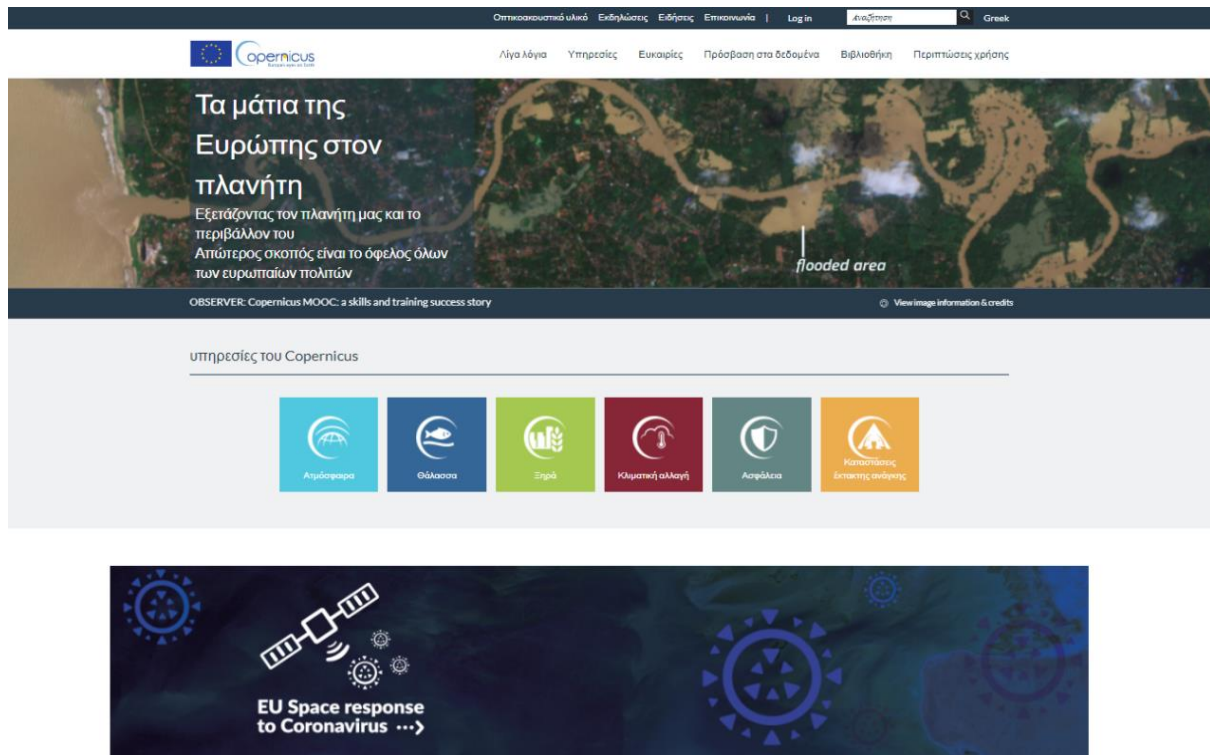
Εικόνα 2.13. Copernicus – Sentinel Status. (Πηγή: Copernicus Imaging Microwave Radiometer (CIMR) Science Workshop)

Το Copernicus συλλέγει επίσης πληροφορίες από επίγεια συστήματα, π.χ. από επίγειους σταθμούς, που παρέχουν δεδομένα τα οποία αποκτώνται από πληθώρα αισθητήρων στο έδαφος, στη θάλασσα ή στον αέρα.

Οι υπηρεσίες του Copernicus μετατρέπουν αυτόν τον τεράστιο όγκο δορυφορικών και επίγειων δεδομένων σε πληροφορίες μέσω της επεξεργασίας και της ανάλυσης των δεδομένων. Σύνολα δεδομένων που έχουν συλλεχθεί για έτη και δεκαετίες μπορούν να συγκρίνονται και να

αναζητούνται, διασφαλίζοντας έτσι την παρακολούθηση των αλλαγών. Έτσι, δημιουργούνται χάρτες από εικόνες, προσδιορίζονται χαρακτηριστικά και ανωμαλίες και εξάγονται στατιστικά στοιχεία.

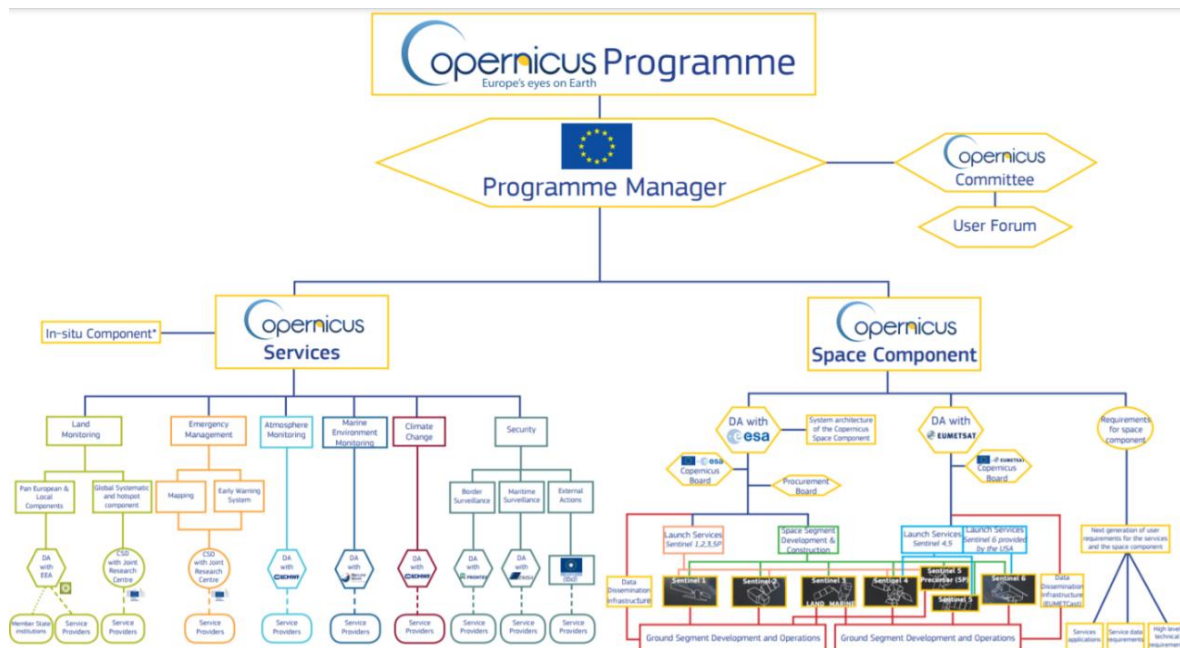
Οι πληροφορίες που παρέχονται από τις υπηρεσίες του Copernicus μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους τελικούς χρήστες για ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους τομείς. Στους τομείς αυτούς περιλαμβάνονται η διαχείριση των αστικών περιοχών, η βιώσιμη ανάπτυξη και η προστασία της φύσης, ο περιφερειακός και τοπικός σχεδιασμός, η γεωργία, η δασοκομία και η αλιεία, η υγεία, η πολιτική προστασία, οι υποδομές, οι μεταφορές και η κινητικότητα, καθώς και ο τουρισμός. Στην Εικόνα 2.14 παρουσιάζεται η αρχική σελίδα του περιβάλλοντος Copernicus.eu/el.



Εικόνα 2.14. Αρχική σελίδα περιβάλλοντος Copernicus.eu (Πηγή: copernicus.eu/el)

Οι κύριοι χρήστες των υπηρεσιών του Copernicus είναι οι φορείς χάραξης πολιτικής και οι δημόσιες αρχές που χρειάζονται τις εν λόγω πληροφορίες για να χαράξουν πολιτικές και να θεσπίσουν νομοθεσία για το περιβάλλον, ή ακόμη για να λάβουν κρίσιμες αποφάσεις στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως είναι η περίπτωση μιας φυσικής καταστροφής ή μιας ανθρωπιστικής κρίσης.

Τον συντονισμό και τη διαχείριση του προγράμματος Copernicus έχει αναλάβει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η ανάπτυξη της υποδομής παρατήρησης πραγματοποιείται υπό την αιγίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος, όσον αφορά το διαστημικό σκέλος, και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος και των κρατών μελών, όσον αφορά το επίγειο σκέλος. Στην Εικόνα 2.15 παρουσιάζεται η πλήρης δομή του προγράμματος Copernicus και γίνονται σαφή τα όσα αναφέρθηκαν ακριβώς παραπάνω αναφορικά με τη διαχείριση του προγράμματος στο σύνολό του καθώς επίσης και τη διαχείριση των δύο τμημάτων που το αποτελούν που αφορούν το διάστημα και το περιβάλλον αντίστοιχα. (Καπουνιάρη, 2018)



Εικόνα 2.15. Δομή προγράμματος Copernicus. (Πηγή: copernicus.eu/el)

2.6.1 Υπηρεσίες COPERNICUS

Το πρόγραμμα Copernicus απαρτιζόμαστε έξι βασικές υπηρεσίες, τα δεδομένα και τα προϊόντα των οποίων παρέχονται δωρεάν στους χρήστες και στις δημόσιες αρχές. Επιπλέον όλοι οι χρήστες του Copernicus έχουν την δυνατότητα της ελεύθερης και άμεσης πρόσβασης σε δορυφορικά δεδομένα.

Οι εν λόγω υπηρεσίες είναι:

- Υπηρεσία παρακολούθησης της ατμόσφαιρας - Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)
- Υπηρεσία παρακολούθησης θαλάσσιου περιβάλλοντος - Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)
- Υπηρεσία παρακολούθησης της γης - Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)
- Υπηρεσία κλιματικής αλλαγής - Copernicus Climate Change Service (C3S)
- Υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης - Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS)
- Υπηρεσία ασφαλείας - Copernicus Security Service

Από τις παραπάνω υπηρεσίες και για το πλαίσιο της παρούσας εργασίας, περισσότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η Υπηρεσία παρακολούθησης της γης - Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) και η Υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης - Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS) και για το λόγο αυτό αναπτύσσονται αναλυτικότερα στις ακόλουθες ενότητες. (Καπουνιάρη, 2018)

2.6.2 Υπηρεσία παρακολούθησης της γης - Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

Η υπηρεσία παρακολούθησης της Γης του Copernicus παρέχει γεωγραφικές πληροφορίες για τις χρήσεις γης, τις καλύψεις γης, τις αλλαγές χρήσης ανά τα έτη, την κατάσταση της βλάστησης

ή τον κύκλο του νερού. Εφαρμογές, όπου ενσωματώνονται οι πληροφορίες που παρέχει η υπηρεσία, μπορούν να προσφέρουν υποστήριξη σε τομείς, όπως ο χωρικός σχεδιασμός, η διαχείριση των δασών, η διαχείριση των υδάτων, η γεωργία, η επισιτιστική ασφάλεια και η διαχείριση έκτακτων περιστατικών, μεταξύ άλλων. Τα τρία βασικά στοιχεία της υπηρεσίας παρακολούθησης της Γης αυτή τη στιγμή απαρτίζονται από μία παγκόσμια, μία πανευρωπαϊκή και μία τοπική συνιστώσα.

Η παγκόσμια συνιστώσα συντονίζεται από τη ΓΔ Κοινής Έρευνας (JRC) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Παράγει δεδομένα σε ένα ευρύ φάσμα βιοφυσικών μεταβλητών σε παγκόσμια κλίμακα, τα οποία περιγράφουν την κατάσταση της βλάστησης (π.χ. δείκτης περιοχής φύλλων, κλάσμα πράσινης βλάστησης, δείκτης κατάστασης βλάστησης), τον προϋπολογισμό της ενέργειας (π.χ. θερμοκρασία επιφάνειας, κορυφή αντανάκλασης του θόλου) και τον κύκλο του νερού (π.χ. δείκτης νερού εδάφους, υδάτινα σώματα). Η παραγωγή βιοφυσικών παραμέτρων συμπληρώνεται με μια δραστηριότητα, που παρέχει λεπτομερή και υψηλής ανάλυσης κάλυψη εδάφους – γης, χρησιμοποιώντας πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες περιοχές "hotspot" σε όλο τον κόσμο, με κύριο στόχο την υποστήριξη της διατήρησης της βιοποικιλότητας.

Η πανευρωπαϊκή συνιστώσα συντονίζεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ), παρέχει πληροφορίες και προϊόντα υψηλής ανάλυσης που περιγράφουν την κάλυψη, τη χρήση γης και τις πιθανές μεταβολές τους και παράγει τέσσερα σύνολα δεδομένων υψηλής ανάλυσης που περιγράφουν τους κύριους τύπους εδάφους: τεχνητές επιφάνειες (π.χ. δρόμους και πλακόστρωτες περιοχές), δασικές εκτάσεις, αγροτικές περιοχές (λιβάδια) και μικρά υδατικά συστήματα. Η πανευρωπαϊκή συνιστώσα ενημερώνει, επίσης, το σύνολο δεδομένων του Corine Land Cover.

Η τοπική συνιστώσα συντονίζεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) και αποσκοπεί στην παροχή ειδικών και λεπτομερέστερων πληροφοριών συμπληρωματικών των πληροφοριών που λαμβάνονται μέσω της πανευρωπαϊκής συνιστώσας. Σκοπός της είναι να παράσχει συγκεκριμένες και πιο λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα "hotspots", δηλαδή τις περιοχές που είναι επιρρεπείς σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές προκλήσεις στην Ευρώπη. Παρέχει λεπτομερή στοιχεία σχετικά με την κάλυψη της γης και τις χρησιμοποιούμενες πληροφορίες για τις εκτάσεις (σε μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις, οι οποίες είναι το πρώτο είδος "hotspots"). Αυτός είναι ο λεγόμενος αστικός άτλαντας. Ο αστικός άτλαντας επικεντρώνεται στη χαρτογράφηση και ανάλυση αλλαγών των αστικών περιοχών. Παρέχει αξιόπιστης, συγκρίσιμης και πολύ υψηλής ανάλυσης χάρτες κάλυψης/ χρήσης γης για μεγάλες ευρωπαϊκές πόλεις και το περιβάλλον τους για τα έτη αναφοράς 2006 (305 πόλεις) και 2012 (695 πόλεις).

2.6.3 Πρόγραμμα CORINE LAND COVER

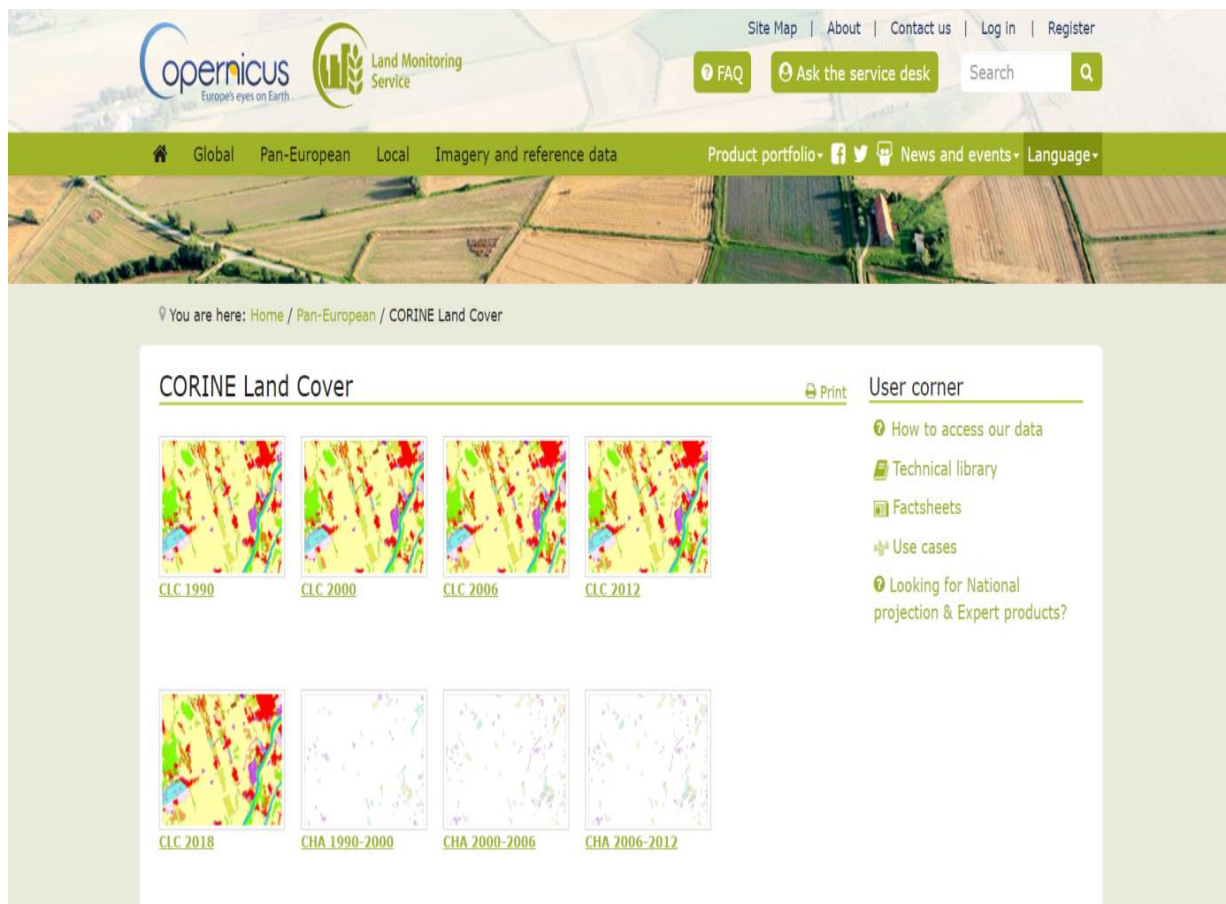
Η χαρτογράφηση της κάλυψης γης του προγράμματος CORINE Land Cover (CLC) ξεκίνησε το 1985 (έτος αναφοράς 1990). Ενημερώσεις έχουν πραγματοποιηθεί τα έτη 2000, 2006, 2012 και 2018, δηλαδή υφίστανται πέντε διαφορετικές εκδόσεις και η κάθε μια αποτελεί ένα διαφορετικό επίθεμα (CLC-1990, CLC-2000, CLC-2006, CLC-2012 και CLC-2018). Τα επιθέματα του CLC μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εφαρμογών, υποστηρίζοντας διάφορες κοινοτικές πολιτικές στους τομείς του περιβάλλοντος, της γεωργίας, των μεταφορών και του χωροταξικού σχεδιασμού.

Η κάλυψη γης ταξινομείται σε 44 κατηγορίες. Ως μονάδα ελάχιστης χαρτογράφησης (Minimum Mapping Unit - MMU) χρησιμοποιούνται τα 25 εκτάρια για τα επιφανειακά φαινόμενα

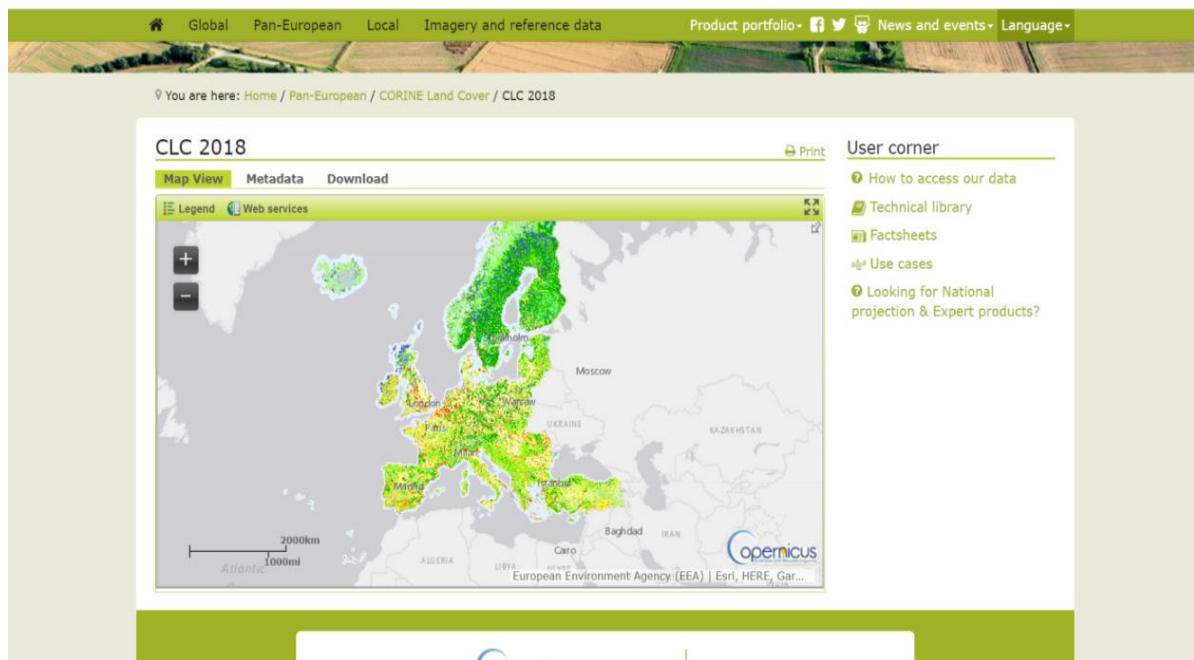
και ως ελάχιστο πλάτος χαρτογράφησης τα 100 μέτρα για τα γραμμικά φαινόμενα. Οι χρονοσειρές των επιθεμάτων κάλυψης γης συμπληρώνονται από τα επιθέματα μεταβολών, στα οποία καταγράφονται οι αλλαγές στην κάλυψη γης μεταξύ διαδοχικών χαρτογραφήσεων, με μονάδα ελάχιστης χαρτογράφησης τα 5 εκτάρια. Η υιοθέτηση διαφορετικών μονάδων ελάχιστης χαρτογράφησης, έχει ως αποτέλεσμα, τα επιθέματα μεταβολών να έχουν υψηλότερη ανάλυση από τα αντίστοιχα επιθέματα κάλυψης γης. Έτσι η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών επιθεμάτων κάλυψης γης είναι διαφορετική από το αντίστοιχο επίπεδο μεταβολών. Για τη μελέτη των μεταβολών της κάλυψης γης, προτείνεται η χρήση των επιθεμάτων μεταβολών. (Καπουνιάρη, 2018)

Το δίκτυο EIONET National Reference Centres / Land Cover (NRC / LC) παράγει τις εθνικές βάσεις των στοιχείων CLC, οι οποίες συντονίζονται και ενσωματώνονται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ). Το CLC παράγεται από την πλειονότητα των χωρών με φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης. Σε μερικές χώρες εφαρμόζονται ημι-αυτόματες μέθοδοι αξιοποιώντας εθνικά δεδομένα in-situ, επεξεργασία δορυφορικών εικόνων, επεξεργασία με GIS και γενίκευση. Η έκδοση 2012 του CLC ήταν η πρώτη που ενσωμάτωσε τις χρονοσειρές κάλυψης γης στο πρόγραμμα Copernicus, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό βιώσιμη χρηματοδότηση για το μέλλον. Η έκδοση του 2018 που χρηματοδοτήθηκε επίσης από τον Copernicus, υλοποιήθηκε σε χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός έτους.

Στην Εικόνα 2.16 παρουσιάζεται το αρχικό περιβάλλον του ιστοτόπου του CORINE LAND COVER ενώ στην Εικόνα 2.17 παρουσιάζεται το περιβάλλον που αφορά το επίθεμα CLC-2018.



Εικόνα 2.16. Αρχικό περιβάλλον ιστοτόπου CORINE LAND COVER. (Πηγή: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>)



Εικόνα 2.17. Περιβάλλον επιθέματος CLC-2018. (Πηγή: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>)

2.6.4 Υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης – Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS)

Στόχος της υπηρεσίας διαχείρισης έκτακτης ανάγκης είναι η υποστήριξη σχετικών πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την παροχή πληροφοριών για την αντιμετώπιση των προκλήσεων ασφάλειας. Η Ευρώπη προετοιμάζει, δηλαδή, τη βελτίωση στην πρόληψη κρίσεων, την ετοιμότητα και την ικανότητα αντίδρασης σε περιπτώσεις φυσικών και ανθρωπογενών καταστροφών. Η συγκεκριμένη υπηρεσία διαχειρίζεται την αξιολόγηση κινδύνων από πλημμύρες και δασικές πυρκαγιές και παρέχει γεωγραφικές πληροφορίες που προκύπτουν από δορυφορικές εικόνες για την επίδραση των φυσικών και ανθρωπογενών καταστροφών σε όλο τον κόσμο (πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά από μια κρίση). Διά μέσου αυτών, διευκολύνει τους διαχειριστές κρίσεων, την πολιτική προστασία, τις υδρομετεωρολογικές αρχές και τους φορείς ανθρωπιστικής βοήθειας που ασχολούνται με τις φυσικές καταστροφές, τις ανθρωπογενείς καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και τις ανθρωπιστικές κρίσεις, να μειώσουν τον κίνδυνο καταστροφών και να ενισχύσουν τις δράσεις ετοιμότητας. Η υπηρεσία Copernicus EMS αποτελείται από δύο συνιστώσες: τη χαρτογράφηση και την έγκαιρη προειδοποίηση.

Η Υπηρεσία Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης (Emergency Management Service), δραστηριοποιείται και αυτή από την 1 Απριλίου του 2012. Το στοιχείο έγκαιρης προειδοποίησης EMS του Copernicus αποτελείται από τρία διαφορετικά συστήματα. Το πρώτο είναι το Ευρωπαϊκό Σύστημα Ευαισθητοποίησης Πλημμυρών (EFAS), το οποίο παρέχει επισκοπήσεις για τις συνεχιζόμενες και προβλεπόμενες πλημμύρες στην Ευρώπη έως και 10 ημέρες νωρίτερα. Το EFAS παρέχει μια ποικιλία διαφορετικών προϊόντων συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης των πλημμυρών και την πρόβλεψη μιας πιθανής πλημμύρας, υπολογίζει τους πλημμυρικούς δείκτες και μελετά το αντίκτυπο μιας πλημμύρας σε μια περιοχή. Ακολουθεί το Ευρωπαϊκό Σύστημα

Πληροφοριών για τις Πυρκαγιές (EFFIS), το οποίο παρέχει σχεδόν σε πραγματικό χρόνο ιστορικά και όχι μόνο στοιχεία, σχετικά με τις πυρκαγιές των δασών και τα καθεστώτα δασικών πυρκαγιών στις περιοχές της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής. Η παρακολούθηση της πυρκαγιάς στο EFFIS καλύπτει πλήρως έναν κύκλο πυρκαγιάς, που περιλαμβάνει πληροφορίες σχεδόν σε πραγματικό χρόνο σχετικά με το τρέχον χρονικό διάστημα, εντοπίζει τις ενεργές πυρκαγιές και τις καμένες περιοχές και συμβάλλει στις εκτιμήσεις των ζημιών μετά την πυρκαγιά. Τρίτο και τελευταίο σύστημα αποτελεί το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο της Ξηρασίας (EDO), το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ξηρασία και εκδίδει έγκαιρες προειδοποιήσεις για την Ευρώπη.


2.6.5 Παράδειγμα λειτουργίας προγράμματος Copernicus σε φυσική καταστροφή στην Ελλάδα

Ο ιστότοπος του Υπουργείου Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας συνεργάζεται με το πρόγραμμα Copernicus. Για τις φυσικές καταστροφές που παρατηρούνται στον ελλαδικό χώρο και ενεργοποιείται το πρόγραμμα Copernicus, δημιουργείται καταχώρηση για το φαινόμενο στον ιστότοπο του Υπουργείου όπου εκεί συγκεντρώνονται όλα τα αρχεία ενδιαφέροντος σχετιζόμενα με το φαινόμενο.

Τον Αύγουστο του 2021 παρατηρήθηκαν έντονα φαινόμενα πυρκαγιών σε πολλές περιοχές της Ελλάδος. Μία από αυτές και μάλιστα με τρομακτικά αρνητική έκβαση, ξέσπασε και εξαπλώθηκε σε όλη την περιοχή της Βόρειας Εύβοιας.


Η υπηρεσία Emergency Management Service (EMS) Mapping του Copernicus δημιούργησε χάρτες οριοθέτησης που δείχνουν την έκταση των καμένων εκτάσεων και έχουν παραχθεί σε τρεις περιοχές ενδιαφέροντος: το χωριό Γούβες, το χωριό Ροβιές και το χωριό Στροφυλιά. Οι χάρτες που παρήχθησαν αφορούν διάφορες χρονικές στιγμές στη διάρκεια των καταστροφικών πυρκαγιών.

Παρακάτω παρατίθεται μια σειρά εικόνων σχετικά με την καταστροφική πυρκαγιά στη Βόρεια Εύβοια το καλοκαίρι του 2021. Έτσι στην Εικόνα 2.18 βλέπουμε πως μοιάζει μια καταχώρηση στον κατάλογο των ενεργοποιήσεων του προγράμματος Copernicus κατά τη διάρκεια φυσικών καταστροφών στον ιστότοπο του Υπουργείου Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας. Στην Εικόνα 2.19 έως και την Εικόνα 2.23 παρουσιάζονται οι παραγόμενοι χάρτες από το πρόγραμμα Copernicus και συγκεκριμένα από την υπηρεσία διαχείρισης έκτακτης ανάγκης – Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS).



**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΚΡΙΣΗΣ
ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**







Ελληνικά English
Επικοινωνία

Παρουσίαση Φορέα - Οδηγίες Προστασίας - Εθελοντισμός - Διεθνής Συνεργασία - 

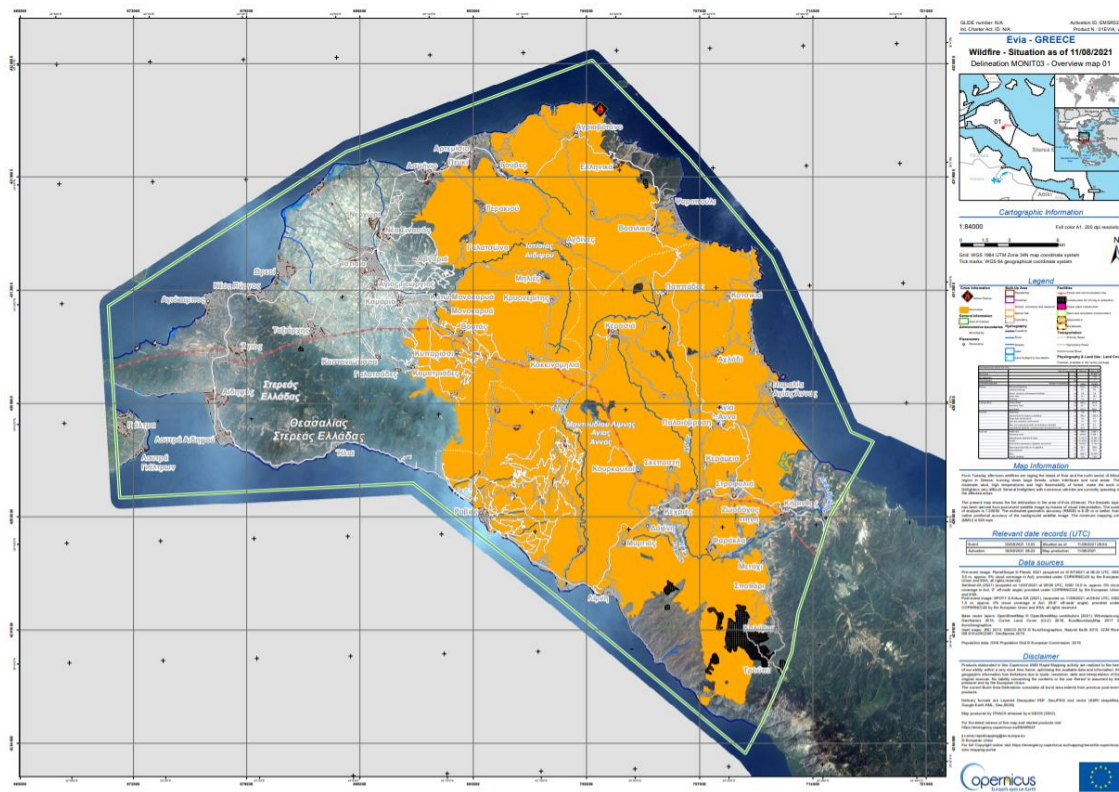
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ / ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ COPERNICUS EMSR MAPPING / ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΕ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ COPERNICUS EMSR MAPPING / 2021 - EMSR527 - ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΗΝ ΒΟΡΕΙΑ ΕΥΒΟΙΑ

2021 – EMSR527 – ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΣΤΗΝ ΒΟΡΕΙΑ ΕΥΒΟΙΑ

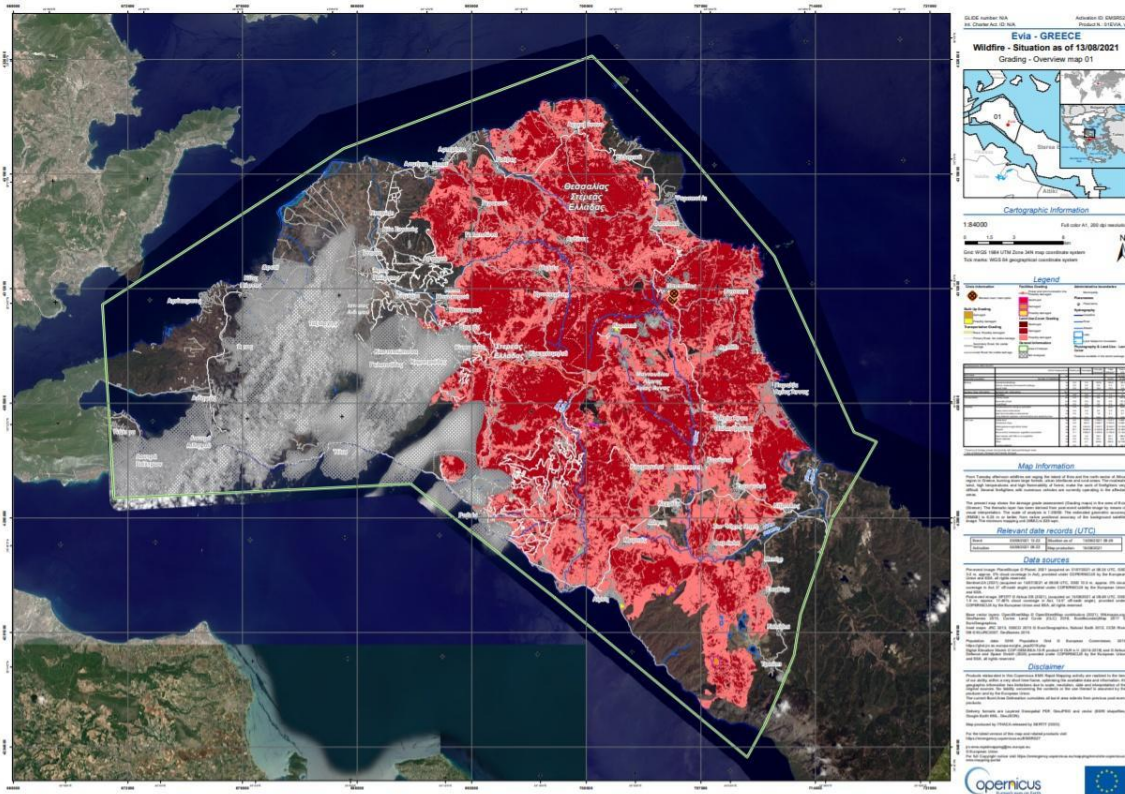
ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΕ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ COPERNICUS EMSR MAPPING

ΣΥΝΗΜΜΕΝΟ	ΜΕΓΕΘΟΣ
 emis527_aoi01_doi_monit03_observedeventa_r1_v1.zip	124.72 KB
 emis527_aoi01_doi_monit03_84000_rtr01_r1_v1.pdf	9.86 MB
 emis527_aoi01_gra_product_84000_rtr01_r1_v1.pdf	11.95 MB
 emis527_aoi06_gra_product_30000_rtr01_r1_v1.pdf	9.84 MB
 emis527_aoi06_gra_product_34000_rtr01_r1_v1.pdf	13.21 MB
 emis527_aoi07_gra_product_30000_rtr01_r1_v1.pdf	9.26 MB

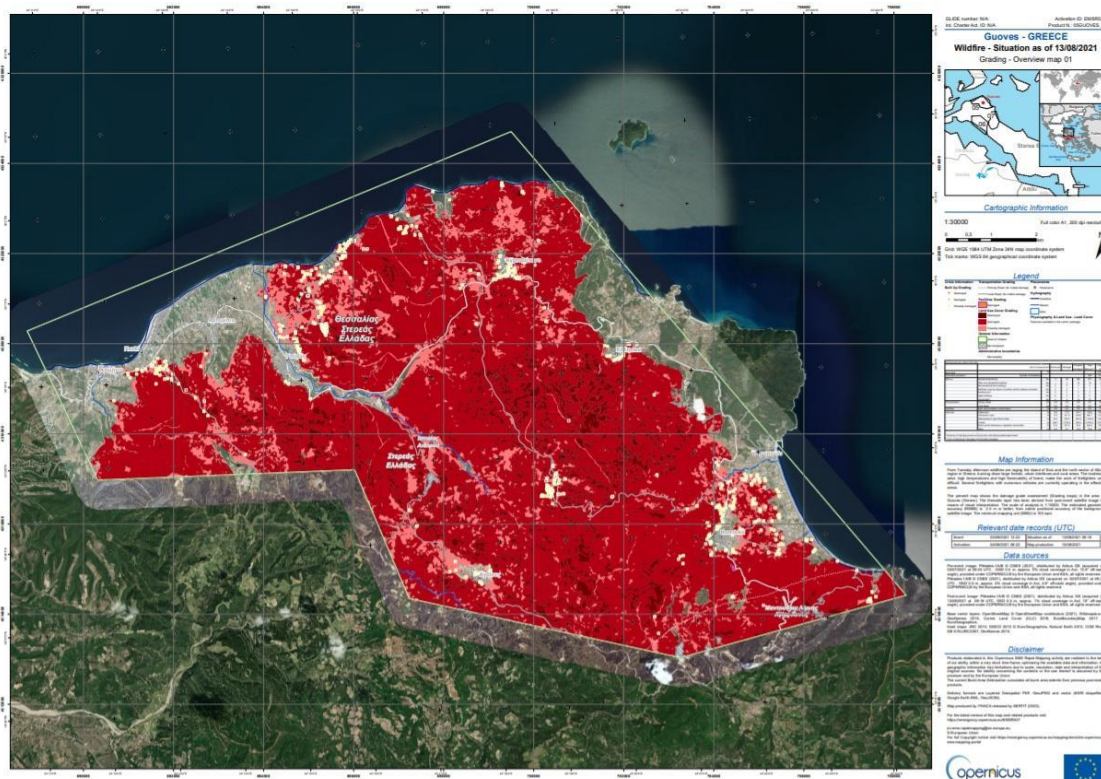
Εικόνα 2.18. Καταχώρηση της πυρκαγιάς στη Βόρεια Εύβοια στον ιστότοπο του Υπουργείου Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας. (Πηγή: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527>)



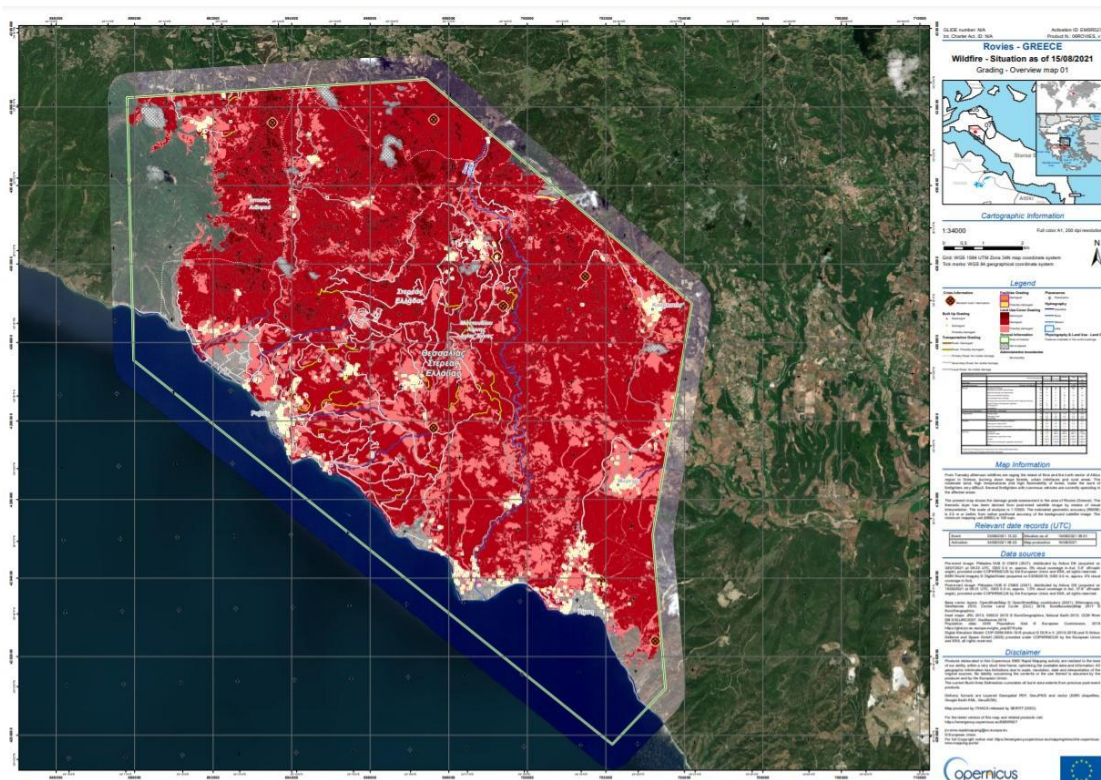
Εικόνα 2.19. Συνολική εικόνα της πυρκαγιάς στις 11/08/2021. (Πηγή: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527>)



Εικόνα 2.20. Συνολική εικόνα της πυρκαγιάς στις 13/08/2021. (Πηγή: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527>)

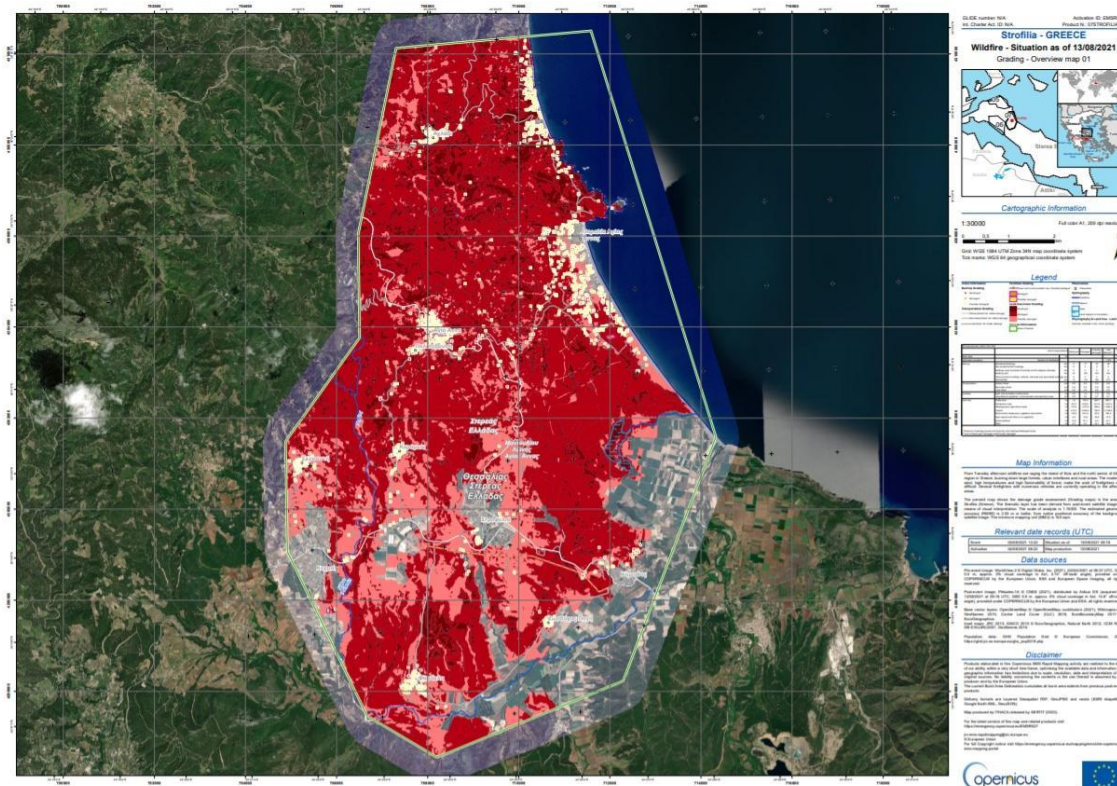


Εικόνα 2.21. Περιοχή Γούβες στις 13/08/2021. (Πηγή: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527>)



Εικόνα 2.22.Περιοχή Ροβιές στις 13/08/2021. (Πηγή:<https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527>)

στις



Εικόνα 2.23.Περιοχή Στροφυλιά στις 13/08/2021. (Πηγή:<https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527>)

στις

2.6.6 Οφέλη του προγράμματος Copernicus

Ένας τρόπος για να κατηγοριοποιηθούν τα οφέλη του προγράμματος Copernicus είναι να εξεταστούν τα οφέλη που προκύπτουν για τους upstream και downstream τομείς του.

Στο πλαίσιο του Copernicus, ο upstream τομέας περιλαμβάνει όλους τους φορείς που εμπλέκονται στη διασφάλιση του εφοδιασμού του προγράμματος με τα κατάλληλα δεδομένα. Για παράδειγμα, οι κατασκευαστές των δορυφόρων Sentinel και των επίγειων τμημάτων τους (που αποκτούν και επεξεργάζονται τα δορυφορικά δεδομένα), οι πάροχοι υπηρεσιών εκτόξευσης, οι κατασκευαστές οπτικών και αισθητήρων ραντάρ και οι προμηθευτές δεδομένων από τις Αποστολές Συμβολής είναι όλοι συμμετέχοντες στον upstream τομέα.

Από τα αποτελέσματα ερευνών που έχουν γίνει για την αξιολόγηση του προγράμματος Copernicus έχει προκύψει ότι από τις διάφορες επενδύσεις έχουν δημιουργηθεί έσοδα 8,3 δισεκατομμυρίων ευρώ μεταξύ 2008 και 2017. Κοιτάζοντας το μέλλον, η ευρωπαϊκή διαστημική βιομηχανία θα μπορούσε να αναμένει επιπλέον έσοδα 1 δισεκατομμυρίου ευρώ κάθε χρόνο, χάρη στο Copernicus μεταξύ 2017 και 2027. Υπολογίζεται επίσης ότι συνολικά 4000 θέσεις εργασίας εξαρτώνται από το Copernicus στη Διαστημική Βιομηχανία.

Από την άλλη πλευρά, ο downstream τομέας του προγράμματος Copernicus περιλαμβάνει όλες τις εταιρείες και τους οργανισμούς που χρησιμοποιούν δεδομένα για τη δημιουργία προϊόντων και υπηρεσιών που έχουν σχεδιαστεί για να εξυπηρετούν τις ανάγκες των υπευθύνων λήψης αποφάσεων, των επιχειρήσεων και των πολιτών. Οι πολίτες είναι, στην πραγματικότητα, τόσο οι τελικοί χρήστες του προγράμματος Copernicus όσο και οι άμεσοι δικαιούχοι του downstream τομέα του Copernicus.

Σύμφωνα με τη μελέτη, ο downstream τομέας αποφέρει περίπου το 84% των οφελών του Copernicus. Αυτά τα οφέλη μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις συνδεδεμένες κατηγορίες: οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Για παράδειγμα, τα οικονομικά οφέλη για τον downstream τομέα είναι εμφανή από το γεγονός ότι η Copernicus εξασφαλίζει περισσότερο από το 10% των εσόδων των ευρωπαϊκών εταιρειών που χρησιμοποιούν δωρεάν δεδομένα. Πολλές πρωτοβουλίες που ξεκίνησε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εργάζονται για να αυξήσουν αυτά τα οφέλη υποστηρίζοντας ευρωπαϊκές νεοφυείς επιχειρήσεις και ΜΜΕ, ενισχύοντας τη διαθεσιμότητα και την ευκολία χρήσης των δεδομένων Copernicus και τη δημιουργία νέων επιχειρήσεων και, κατά συνέπεια, νέων θέσεων εργασίας. Αυτές οι πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν το Γραφείο Υποστήριξης Copernicus και το πρόγραμμα Copernicus Start-Up ή το Copernicus DIAS που κυκλοφόρησε πρόσφατα.

Όσον αφορά τα περιβαλλοντικά οφέλη, το Copernicus είναι χρήσιμο για την παρακολούθηση και την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για παράδειγμα, δημιουργούνται πολυάριθμες εφαρμογές για φορητές συσκευές που βασίζονται στο Copernicus, οι οποίες χρησιμοποιούν δεδομένα και πληροφορίες Copernicus για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, της γύρης και της υπερϊώδους ακτινοβολίας στις ευρωπαϊκές χώρες. Ένας διάσημος χρήστης του Copernicus είναι το Euronews, ένα ειδησεογραφικό μέσο που ενσωματώνει δεδομένα του Copernicus στις καθημερινές του προβλέψεις για την ποιότητα του αέρα.

Το Copernicus τονώνει επίσης τον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δίνοντας στους σχεδιαστές των πάρκων ένα σημείο αναφοράς για την επιλογή τοποθεσιών για χερσαία και

υπεράκτια αιολικά πάρκα, καθώς και εγκαταστάσεις θαλάσσιας και αιολικής ενέργειας. Άλλοι τομείς που σχετίζονται με το περιβάλλον που επωφελούνται από το Copernicus περιλαμβάνουν την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής, τη διαχείριση των δασών, τη διαχείριση φυσικών και τεχνητών καταστροφών, τη γεωργία, τον τουρισμό και τη διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Όσον αφορά τα κοινωνικά οφέλη, το Copernicus συμβάλλει σημαντικά στην υγειονομική περίθαλψη –αρκετές πρωτοβουλίες έχουν εφαρμοστεί από τον downstream τομέα για να βοηθήσουν στην προστασία από ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος ή δερματικές βλάβες. Εκατοντάδες ζωές σώζονται χάρη στην ταχύτερη απόκριση σε φυσικές καταστροφές ή στη βελτιωμένη επιτήρηση των συνόρων που διευκολύνεται από τη χρήση δεδομένων και πληροφοριών του Copernicus. Επιπλέον, διεθνείς οργανισμοί όπως η UNESCO χρησιμοποιούν δεδομένα του Copernicus για τη διατήρηση της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς αξιολογώντας τις πραγματικές και πιθανές ζημιές σε φυσικούς και ιστορικούς χώρους, καθώς και την πρόληψη ή τον μετριασμό της καταστροφής τους.

Επιπλέον, τα δεδομένα και οι πληροφορίες του Copernicus βοηθούν στη λήψη αποφάσεων πολιτικής σχετικά με διάφορα κοινωνικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένων των ανθρωπιστικών κρίσεων. Για παράδειγμα, το Copernicus χρησιμοποιείται συνήθως για την παροχή έγκαιρων και ακριβών γεωχωρικών δεδομένων για τον σχεδιασμό στρατοπέδων προσφύγων, για παρακολούθηση ακτών, παρακολούθηση διεθνών υδάτων, καθώς και για ανίχνευση και παρακολούθηση σκαφών, κάτι που έχει ήδη βοηθήσει στη διάσωση εκατοντάδων ανθρώπων.

2.7 Υποδομή χωρικών δεδομένων

Η σύγχρονη τάση στην καταγραφή των γεωγραφικών φαινομένων επιβάλλει τη συνεκτική και ευρέως προσπελάσιμη περιγραφή τους υπό τη μορφή Υποδομών Χωρικών Πληροφοριών (Spatial Data Infrastructures – SDIs). Πρόκειται για συλλογές γεωγραφικών πληροφοριών, που καλύπτουν ευρύ φάσμα θεματικών κατηγοριών και επιστημονικών αναγκών, και συγκεντρώνουν χωρική και περιγραφική πληροφορία εκτενών γεωγραφικών εκτάσεων – εθνικού ή και ευρωπαϊκού επιπέδου. Τα γεγονότα που συλλέγονται, ως δεδομένα που περιγράφουν τα γεωγραφικά φαινόμενα, όσο ακριβή και αν είναι, δεν μπορούν να αξιοποιηθούν το ίδιο αποτελεσματικά, εάν δεν ενταχθούν πρώτα εντός ενός χωρικού και χρονικού πλαισίου, βάσει του οποίου μπορεί να υπάρξει κάποιου είδους αναφορά. Τον ρόλο αυτόν παραδοσιακά έπαιζαν οι χάρτες, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες ο φόρτος των εργασιών χωρικής ανάλυσης πέρασε στα ΣΓΠ. Τα SDIs αποτελούν το επόμενο βήμα στην εξέλιξη της διαχείρισης της χωρικής πληροφορίας, μετά τα ΣΓΠ.

Μετά από αποσπασματικές προσπάθειες, η σύγχρονη κοινωνία πλησιάζει πλέον σε μια φάση όπου οι SDIs είναι βιώσιμες και περιέχουν γεωγραφικά δεδομένα, τα οποία διαμοιράζονται και αξιοποιούνται από ποικίλους χρήστες και εφαρμογές. Τεράστιο ρόλο σε τούτο παίζει η τεχνολογία, καθώς η επικράτηση του διαδικτύου επιτρέπει τη σύνδεση και χρήση δεδομένων διανεμημένα σε διάσπαρτα γεωγραφικά μέρη και φορείς. Επιπλέον, τα μοντέλα των SDIs αποτελούν ένα πρόσφορο και επίκαιρο πεδίο για τη μελέτη ενιαίας διαχείρισης χώρο-χρονικών χαρακτηριστικών των γεωγραφικών φαινομένων και επέκτασή τους μέσω ερευνητικής δραστηριότητας ή ως μελέτες περιπτώσεων (case studies).

Η ευρεία εφαρμογή των SDIs την προκειμένη χρονική περίοδο οφείλεται στα όσα ορίζει η ευρωπαϊκή οδηγία INSPIRE για μια ευρωπαϊκή χωρική υποδομή, αλλά και το ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο ανάπτυξης της Εθνικής Υποδομής Χωρικών Πληροφοριών – ΕΥΓΕΠ (National Spatial Data

Infrastructures – NSDIs). Το INSPIRE έχει καταλήξει σε ένα ισχυρό εννοιολογικό πλαίσιο, κατάλληλο για τη διασφάλιση διαλειτουργικότητας μεταξύ των πολυποίκιλων 34 επιμέρους τεχνικών προδιαγραφών οι οποίες αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του SDI. Από το 2005, το INSPIRE πρωτοπορεί σε θέματα έρευνας, ανάπτυξης και υλοποίησης ενός εννοιολογικού και φυσικού πλαισίου για τη θέσπιση συνιστωσών μιας SDI. Οι επιλογές αυτές έχουν αναγάγει το εννοιολογικό και φυσικό πλαίσιο του INSPIRE, από μία «απλή» προσέγγιση για την ευρωπαϊκή υποδομή, σε υπερσύγχρονη λύση για μελλοντικές προσπάθειες ανάπτυξης άλλων SDIs σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

2.7.1 Ορισμός και οφέλη

Ως SDI ορίζεται μια συλλογή γεωγραφικών πληροφοριών, οι οποίες θα καλύπτουν ευρύ φάσμα θεματικών κατηγοριών και επιστημονικών αναγκών. Σε μια τέτοια υποδομή θα συμμετέχουν πολλαπλοί φορείς (τοπικοί, εθνικοί και ευρωπαϊκοί) που παράγουν ή χρησιμοποιούν χωρική πληροφορία, και θα έχει πρόσβαση σε αυτή κάθε πολίτης που πρόκειται να χρησιμοποιήσει τέτοιου είδους πληροφορία.

Τα SDI -αναφέρονται και ως χωρικές υποδομές- αποτελούν συστήματα, τα οποία επιτρέπουν την άμεση πρόσβαση (πλέον μέσω του διαδικτύου) στο σύνολο της ψηφιακά διαθέσιμης γεωπληροφορίας της χώρας και για το σύνολο της επικράτειάς της. Για την παρακολούθηση της διαρκώς μεταβαλλόμενης κατάστασης στο χώρο και την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, τα SDIs πρέπει συνεχώς να αναπτύσσονται, να εμπλουτίζονται και να εξελίσσονται. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη και σε βάθος χρόνου λειτουργία τους, καθώς και η αξιοπιστία τους ως προς την ποιότητα της πληροφορίας που παρέχουν, χρειάζεται, εκτός από την τεχνολογική υποδομή, και το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο.

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό (Ομπρέλα) για τη Γεωγραφική Πληροφορία (European Umbrella Organisation for Geographic Information-EUROGI) «ένα SDI περιλαμβάνει τα δεδομένα, την τεχνολογία, τα μοντέλα τυποποίησης, την πολιτική, τους οργανωτικούς περιορισμούς, τους μηχανισμούς διανομής, τους οικονομικούς πόρους και το ανθρώπινο δυναμικό, εξασφαλίζοντας ότι αυτοί που ασχολούνται με την πληροφορία δεν εμποδίζονται στο να επιτυγχάνουν τους στόχους τους».

Ένα SDI έχει τέσσερα βασικά συστατικά:

- Τα ψηφιακά χωρικά δεδομένα (π.χ. υδρογραφικό δίκτυο, οδικό δίκτυο, προστατευόμενες τοποθεσίες, κλπ.).
- Τις υπηρεσίες χωρικών δεδομένων, δηλαδή λογισμικό το οποίο εκτελεί διάφορες διεργασίες πάνω στα χωρικά δεδομένα και τα αντίστοιχα μεταδεδομένα προκειμένου αυτά να αξιοποιηθούν (π.χ. υπηρεσίες εύρεσης των δεδομένων, επισκόπησης των χαρτών, κλπ.).
- Το τεχνικό πλαίσιο, δηλαδή τις τεχνικές προδιαγραφές (πρότυπα) τις οποίες πρέπει να πληρούν τα προαναφερόμενα γεωδεδομένα.
- Το θεσμικό πλαίσιο, το οποίο αποτελείται αφενός από μία άρτια ορισμένη διοικητική διάρθρωση που καθορίζει τους ρόλους και τις υποχρεώσεις των εμπλεκόμενων στη λειτουργία της υποδομής και αφετέρου από τη σχετική νομοθεσία που ρυθμίζει τον τρόπο διακίνησης και χρήσης των χωρικών δεδομένων τόσο μεταξύ της δημόσιας διοίκησης, όσο και από αυτήν προς τους πολίτες και το ευρύ κοινό.

Τα οφέλη από την υλοποίηση υποδομών είναι πολλαπλά και κατανέμονται σε τέσσερις βασικούς άξονες:

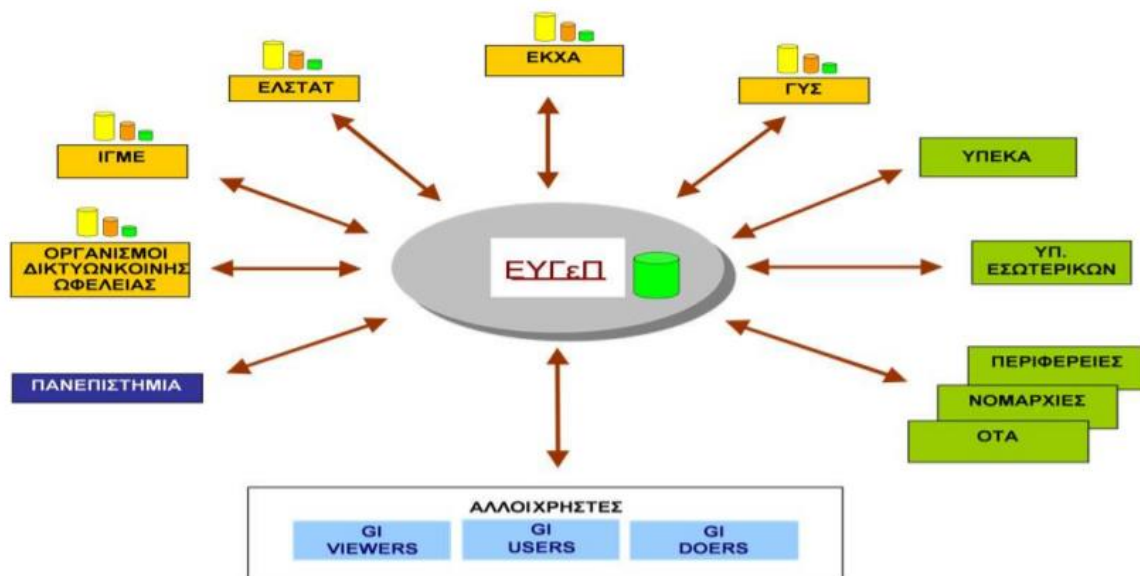
- **Περιβάλλον:** Καλύτερη διακυβέρνηση ειδικά σε θέματα περιβαλλοντικής πολιτικής, δεδομένου ότι η άμεση πρόσβαση στη συνολική εικόνα της κατάστασης στο χώρο θα επιτρέπει τη λήψη ενημερωμένων, ορθών και συντονισμένων αποφάσεων αποφεύγοντας τις αποσπασματικές, κατακερματισμένες και ασυντόνιστες δράσεις που πολλές φορές δημιουργούν σημαντικότερα προβλήματα από αυτά που επιλύουν.
- **Εθνική Οικονομία:** Εξοικονόμηση πόρων και μείωση της δαπάνης που παρατηρείται με το κράτος να πληρώνει πολλές φορές για τα ίδια γεωδεδομένα και χαρτογραφικά υπόβαθρα. Επίσης, παύει η πρακτική δημιουργίας εκατοντάδων κατακερματισμένων βάσεων δεδομένων που ήταν πρακτικά άχρηστες, διότι δε μπορούσαν να αξιοποιηθούν από άλλα πληροφοριακά συστήματα λόγω διαφορετικών προδιαγραφών δομής και περιεχομένου.
- **Ανάπτυξη:** Ταχύτατη εξυπηρέτηση φορέων, πολιτών και εταιρειών για τον εντοπισμό της γεωπληροφορίας που τους ενδιαφέρει μέσω της υποδομής. Αυτό θα διευκολύνει υποψήφιους επενδυτές, θα μειώσει σημαντικά τη γραφειοκρατία και θα απλοποιήσει τις διαδικασίες. Επιπλέον, θα τονωθεί η ανάπτυξη, διότι η υποδομή αφενός θα αποτελέσει μία αναπτυξιακή πλατφόρμα για τη δημιουργία τεχνολογικών προϊόντων και καινοτόμων υπηρεσιών από εταιρείες και επαγγελματίες του χώρου (προστιθέμενη αξία), αφετέρου θα συμβάλει στην προβολή της χώρας μέσω του διαδικτύου και στην ενίσχυση του τουρισμού.
- **Διαφάνεια:** Ίση, ελεύθερη και δωρεάν πρόσβαση στα χωρικά δεδομένα για όλους, έλεγχος από τους πολίτες της τήρησης ζωνών προστασίας, συμμετοχική δημοκρατία, δυνατότητα στους πολίτες να συνδράμουν το κράτος στις προσπάθειές του.

2.7.2 Εθνικές Υποδομές Δεδομένων

Η συγκρότηση ΕΥΓΕΠ έχει υιοθετηθεί από πολλές χώρες σε θεσμικό, σε νομοθετικό αλλά και επιχειρησιακό επίπεδο. Σε λίγες χώρες (ΗΠΑ, Καναδάς, Αυστραλία, Δανία, Σουηδία, Αυστρία) έχουν πραγματοποιηθεί προχωρημένες ενέργειες για τη συγκρότηση NSDIs, ενώ σε πολλές έχουν ξεκινήσει ενέργειες με στόχο την υλοποίησή της και σε αρκετές χώρες έχει τεθεί ως στόχος αλλά δεν έχουν προχωρήσει οι διαδικασίες.

Μια εθνική υποδομή περιλαμβάνει: βασικά δεδομένα, συστήματα, δικτυακή επικοινωνία, πρότυπα διαλειτουργικότητας, συμφωνίες συνεργαζόμενων φορέων, μηχανισμούς πρόσβασης, και πολιτική διάθεσης. Βασικός στόχος είναι η δημιουργία μιας ανοιχτής και αποτελεσματικής υποδομής για πρόσβαση και διανομή διαδικτυακών πληροφοριακών προϊόντων και υπηρεσιών. Η υποδομή υλοποιείται από ένα κατανεμημένο δίκτυο βάσεων δεδομένων, που υπακούει σε ένα σύνολο κανόνων διαλειτουργικότητας. Οι κατανεμημένες βάσεις δεδομένων εμφανίζονται στον χρήστη ως μια ιδεατή βάση δεδομένων, με σκοπό τη διάθεση πληροφοριών από πολλές διαφορετικές πηγές όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.24 σε όσο το δυνατόν ευρύτερη ομάδα

χρηστών.



Εικόνα 2.24.Χρήστες της ΕΥΓΕΠ. (Πηγή:Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

Η Ελλάδα πραγματοποίησε, έστω και με μεγάλη καθυστέρηση, το πρώτο και ίσως σημαντικότερο βήμα για την εναρμόνιση με την ευρωπαϊκή οδηγία INSPIRE και τη δημιουργία μιας ΕΥΓΕΠ, με την υπερψήφιση από την 20 Σεπτεμβρίου 2010 του σχετικού Νόμου (ΦΕΚ 141 Α'). Ο σχεδιασμός και ανάπτυξη της ΕΥΓΕΠ αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις της δεκαετίας για την αναπτυξιακή προοπτική ολόκληρης της χώρας στην εποχή της ψηφιακής τεχνολογίας. Ο συγκεκριμένος νόμος, για πρώτη φορά, αντιμετωπίζει συνολικά μια σειρά σοβαρών θεμάτων, τα οποία σχετίζονται με τις μεθόδους παραγωγής, διαχείρισης και διάθεσης των χωρικών δεδομένων στην Ελλάδα (Πανόπουλος και Περπερίδου 2010). Για πρώτη φορά τίθεται εν ισχύ στην Ελλάδα ένα σύνολο μέτρων που θα συμβάλουν στη μελλοντική διαμόρφωση ενός κοινού γνωστικού και πληροφοριακού υποβάθρου στην ελληνική κοινωνία, ικανοποιώντας έτσι ένα πάγιο αίτημα τόσο των μηχανικών όσο και των πολιτών. Με την ύπαρξη του κεντρικού μητρώου αλλά και τη θεσμοθέτηση ενός υπεύθυνου για κάθε σημαντικό σύνολο χωρικών δεδομένων, η πολυπλοκότητα αναζήτησης και εύρεσης της αναγκαίας γεωγραφικής πληροφορίας μεταφέρεται επιτέλους από τον πολίτη στο σύστημα και όχι αντίστροφα όπως γινόταν έως σήμερα. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

2.7.3 Ευρωπαϊκή Υποδομή Δεδομένων

Ο τομέας του περιβάλλοντος αποτελεί κινητήρια δύναμη για τη δημιουργία μιας ευρωπαϊκής υποδομής Χωρικών Πληροφοριών (European Spatial Data Infrastructure – ESDI). Οι περιβαλλοντικές ανάγκες είναι πολλές και κρίσιμες όπως: η ανάγκη για καλύτερη πληροφορία για την υποστήριξη των πολιτικών, η βελτίωση της υπάρχουσας ροής πληροφοριών, η εξέταση των ανόμοιων καταστάσεων στις διάφορες περιοχές της κοινότητας και η αναθεώρηση του τρόπου παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων και ανταλλαγής πληροφορίας. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 90% των περιβαλλοντικών δεδομένων είναι γεωγραφικά. Από τα 58 είδη δεδομένων που είναι αναγκαία για περιβαλλοντικές πολιτικές: 32 είναι διατομεακού ενδιαφέροντος, 16 αφορούν μόνον το περιβάλλον και 10 αφορούν άλλους τομείς. Τα 32 είδη επιτρέπουν: τη σύνδεση διαφόρων

περιβαλλοντικών θεμάτων και κατά συνέπεια την πολιτική συνοχή και τη σύνδεση με άλλους τομείς και κατά συνέπεια την ολοκλήρωση.

Η εναρμόνιση των δεδομένων και των προδιαγραφών εντός του αντικειμένου μιας ESDI σημαίνει ότι όλα τα κράτη μέλη θα χρησιμοποιούν ένα ενιαίο σύνολο συστημάτων αναφοράς, μοντέλων δεδομένων, λεξικών οντοτήτων, οντολογιών κ.ο.κ. Η διαλειτουργικότητα εντός του αντικειμένου μιας ESDI σημαίνει πως η κάθε χώρα θα διατηρεί τη δική της εθνική χωρική υποδομή, αλλά θα υιοθετήσει μια δομή που θα επιτρέπει τη σύνδεση των δεδομένων μεταξύ κρατών – μελών.

Η οδηγία INSPIRE διαμορφώνει το νομικό πλαίσιο για τη δημιουργία και λειτουργία SDI στην Ευρώπη. Στόχος του INSPIRE είναι η σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών μελών σε μία ενιαία ευρωπαϊκή υποδομή. Το INSPIRE αποτελεί πρόταση και οδηγία με την έννοια ότι δεσμεύει τα κράτη μέλη για το τι πρέπει να επιτευχθεί. Παράλληλα τα κράτη μέλη ορίζουν αυτόνομα μέσα από την εθνική νομοθεσία το πως θα το επιτύχουν. Η οδηγία δηλαδή ορίζει τους γενικούς κανόνες για την δημιουργία υποδομής χωρικών πληροφοριών στην Ευρώπη για την υποστήριξη των περιβαλλοντικών πολιτικών καθώς και των πολιτικών εκείνων που έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

2.8 Η κοινοτική οδηγία INSPIRE

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), σύμφωνα με το 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, ορίζει ότι θα πρέπει να εφαρμόζονται πολιτικές, οι οποίες περιορίζουν τη διπλή συλλογή των ιδίων δεδομένων και στηρίζουν και προωθούν την εναρμόνιση, ευρεία διάδοση και χρήση των πληροφοριών για το γεωγραφικό χώρο. Τέτοιες πολιτικές αναμένεται να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, και τα οφέλη που θα προκύψουν μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της ποιότητας των πληροφοριών.

Η χωρική πληροφορία μπορεί να διαδραματίσει συγκεκριμένο ρόλο στο πλαίσιο της νέας αυτής προσέγγισης, δεδομένου ότι επιτρέπει το συνδυασμό πληροφοριών από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, και για ποικίλες χρήσεις. Μια συνεκτική και ευρέως προσπελάσιμη χωρική περιγραφή όλης της γεωγραφικής έκτασης ενός κράτους-μέλους ή ολόκληρης της ΕΕ θα συμβάλει στη διαμόρφωση του απαραίτητου πλαισίου για το σχεδιασμό περιβαλλοντικής πολιτικής. Για όλους αυτούς τους λόγους, η επιτροπή αποφάσισε να υποβάλει την οδηγία INSPIRE στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ώστε η χωρική πληροφορία να καταστεί άμεσα διαθέσιμη και αξιοποιήσιμη σε επίπεδο τόσο εθνικής όσο και κοινοτικής πολιτικής, και να επιτραπεί η πρόσβαση του κοινού στην πληροφορία αυτή. Η οδηγία διαμορφώνει νομικό πλαίσιο για τη δημιουργία και λειτουργία SDI στην Ευρώπη, με σκοπό τη χάραξη, εφαρμογή, παρακολούθηση και αξιολόγηση των κοινοτικών πολιτικών, σε όλα τα επίπεδα, και την παροχή πληροφοριών του δημόσιου τομέα. Η οδηγία INSPIRE δεν δρομολογεί ένα εκτεταμένο πρόγραμμα συλλογής νέων χωρικών δεδομένων στα κράτη μέλη. Ωστόσο, θεωρείται πως το κάθε κράτος μέλος θα αναπτύξει τη δική του SDI.

2.8.1 Στόχος της οδηγίας INSPIRE

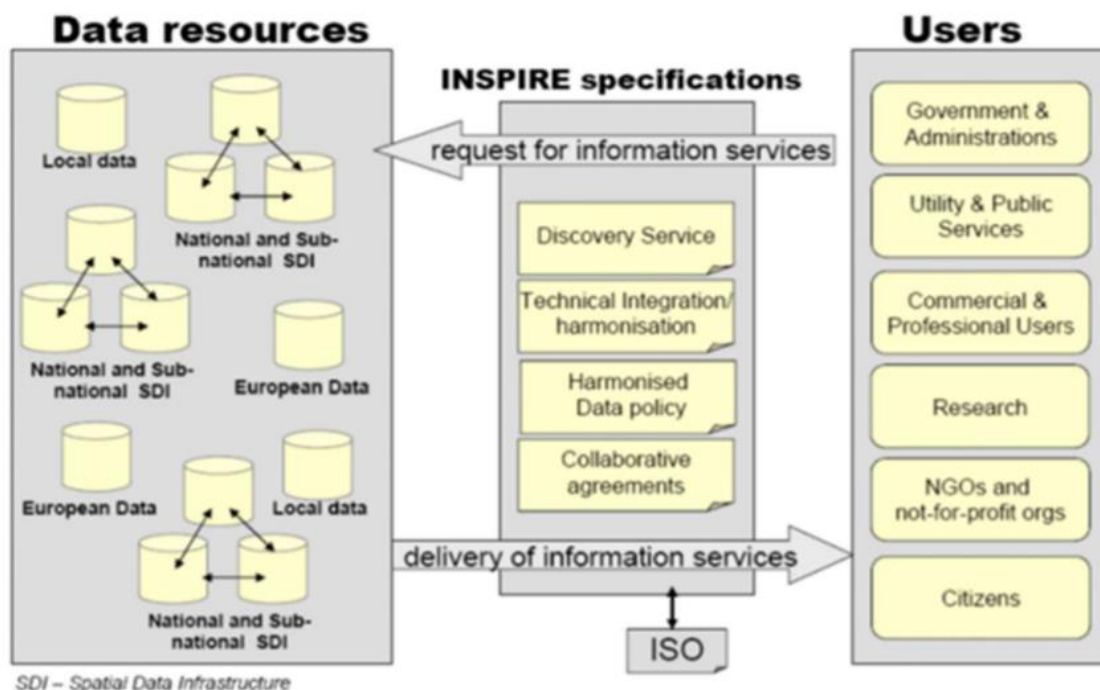
Στόχος του INSPIRE είναι η σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών μελών σε μία ενιαία ευρωπαϊκή υποδομή. Έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσει τις δυνατότητες αξιοποίησης των δεδομένων που διατίθενται ήδη, μέσω της τεκμηρίωσης τους, της

λειτουργίας υπηρεσιών που αποσκοπούν στη διευκόλυνση της πρόσβασης σε αυτά, στην αύξηση της διαλειτουργικότητάς τους, και της αντιμετώπισης των δυσκολιών στις οποίες προσκρούει η χρήση τους.

Η οδηγία INSPIRE σκοπεύει να βελτιώσει την τρέχουσα κατάσταση με την ίδρυση μιας ESDI, η οποία θα διασφαλίζει την πρόσβαση και χρήση χωρικών πληροφοριών βασιζόμενη στις παρακάτω αρχές (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016):

- Τα δεδομένα θα συλλέγονται μια μόνο φορά και θα συντηρούνται στο πλέον κατάλληλο επίπεδο και από τον πλέον κατάλληλο φορέα.
- Εναρμόνιση χωρικών πληροφοριών από διάφορες πηγές σε όλη την Ευρώπη διάθεσή στους προβλεπόμενους χρήστες και εφαρμογές.
- Η πληροφορία θα πρέπει να διατίθεται σε πολλαπλά επίπεδα λεπτομέρειας.
- Η γεωγραφική πληροφορία η οποία κρίνεται απαραίτητη για ομαλή διακυβέρνηση θα πρέπει να είναι αδρή και ευρέως διαθέσιμη.
- Εύκολη εύρεση της διαθέσιμης γεωγραφικής πληροφορίας, εάν πληροί τις ανάγκες του κάθε χρήστη και υπό ποιες συνθήκες μπορεί να προσπελαστεί.
- Η γεωγραφική πληροφορία θα πρέπει να οπτικοποιείται με φιλικούς προς το χρήστη τρόπους, μέσω περιβάλλοντος που κάνει κατανοητή τη φύση της.

Σκοπός των ανωτέρω είναι να γίνει δυνατή η πρόσβαση σε ενιαία και υψηλής ποιότητας Γεωγραφική πληροφορία, σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό και διεθνές επίπεδο, για τη διαμόρφωση, υλοποίηση, επιτήρηση και αξιολόγηση Εθνικών και Ευρωπαϊκών πολιτικών (Εικόνα 2.25).



Εικόνα 2.25. Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου λειτουργίας της οδηγίας INSPIRE. (Πηγή: Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

2.8.2 Εκτελεστικές διατάξεις

Για την επίτευξη των στόχων της, η Οδηγία εστιάζει σε πέντε περιοχές-κλειδί: τα μεταδεδομένα, τη διαλειτουργικότητα και εναρμόνιση των χωρικών δεδομένων και των υπηρεσιών τους, τις διαδικασίες διάθεσης των δεδομένων και των υπηρεσιών, τις υπηρεσίες και τεχνολογίες δικτύου, και τις διαδικασίες συντονισμού και παρακολούθησης.

Για να διασφαλίσει ότι οι NSDIs του κάθε κράτους-μέλους θα είναι συμβατές και χρησιμοποιήσιμες σε μια πανευρωπαϊκή, διασυνοριακή υποδομή, η οδηγία απαιτεί την υιοθέτηση κοινών Εκτελεστικών Διατάξεων (Implementing Rules – IRs) σε ένα σύνολο πεδίων. Οι κανόνες υλοποίησης αυτοί υιοθετήθηκαν ή θα υιοθετηθούν ως αποφάσεις ή κανονισμοί της επιτροπής, και θα είναι δεσμευτικοί στο σύνολό τους.

Οι διατάξεις υλοποίησής του INSPIRE προάγουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ χωρικών δεδομένων τα οποία προέρχονται από διαφορετικούς φορείς συλλογής, παραγωγής και χρήσης γεωγραφικής πληροφορίας. Ως αποτέλεσμα, στην ευρωπαϊκή υποδομή θα συμπεριληφθούν χωρικές πληροφορίες πολλών θεματικών ειδών. Η οδηγία ταξινομεί τις διαφορετικές θεματικές ενότητες των χωρικών πληροφοριών σε τρία ξεχωριστά παραρτήματα. Το κάθε παράρτημα, πέρα του ότι περιέχει σχετικά ομοειδείς θεματικές κατηγορίες δεδομένων, διακρίνεται και από διαφορετικές προθεσμίες για την εφαρμογή των απαιτήσεων του INSPIRE, καθώς και διαφορετικά επίπεδα αυστηρότητας για την εναρμόνιση. Οι τεχνικές προδιαγραφές του INSPIRE ανά θεματικό επίπεδο ουσιαστικά αποτελούν τυποποιημένες γεωγραφικές οντολογίες για πολλαπλά πεδία εφαρμογών: πρόκειται για ακριβείς, σαφείς και τυποποιημένες προδιαγραφές, για σχετικά μικρό αριθμό οντοτήτων ανά πεδίο εφαρμογής.

Οι κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την υλοποίηση του INSPIRE ουσιαστικά αποτελούνται από δύο κείμενα: τις ίδιες τις εκτελεστικές διατάξεις και τις συνοδευτικές Τεχνικές Οδηγίες (Tech. Guidelines). Οι εκτελεστικές διατάξεις αποδίδουν ότι πρέπει να επιτευχθεί, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις κόστους-οφέλους, και είναι νομικά δεσμευτικές προς τα κράτη μέλη. Το κείμενο είναι νομικό, και οι όποιες τεχνικές λεπτομέρειες εκφράζονται σε φυσική γλώσσα (κι αν απαιτείται επεξηγούνται). Ουσιαστικά περιλαμβάνουν τις υποχρεωτικές παραμέτρους των προδιαγραφών, και η εφαρμογή τους είναι υποχρεωτική εντός των χρονικών ορίων που ορίζει η οδηγία.

2.8.3 Χρονοδιάγραμμα και εξέλιξη

Η ΕΕ υιοθέτησε στις 14 Μαρτίου 2007 την οδηγία INSPIRE (2007/2/EC), μετά τη συνεργασία των κρατών μελών και των ενδιαφερομένων φορέων. Η οδηγία θεωρείται εν ισχύ από τις 15 Μαΐου 2007. Τα κράτη μέλη όφειλαν να θέσουν σε ισχύ εθνικούς νόμους, διατάγματα και διοικητικές πράξεις που να συμμορφώνονται και να ενσωματώνουν την οδηγία έως την 15η Μαΐου 2009 (European Parliament and Council 2007).

Το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας INSPIRE αποτελείται από τρεις φάσεις. Την προπαρασκευαστική (2005-2006), τη μεταβατική (2007-2008) και την φάση εφαρμογής (2009-2013). Η προπαρασκευαστική φάση βρίσκεται στα τελικά στάδια (έχει παραταθεί κατά αρκετά έτη λόγω της πολυπλοκότητας των θεματικών επιπέδων), με τη συγκρότηση Ομάδων Εμπειρογνομόνων (Drafting Teams), υπευθύνων για τη σύνθεση των προσχεδίων των εκτελεστικών διατάξεων της

οδηγίας INSPIRE. Έχουν οριστεί πέντε ομάδες εμπειρογνομώνων, που ασχολούνται από τον Οκτώβριο 2005 με τους κανόνες υλοποίησης των εξής θεμάτων:

- καθορισμός προδιαγραφών δεδομένων (dataspecifications)
- μεταδεδομένα (Metadata)
- υπηρεσίες δικτύου δεδομένων (Network Services)
- διανομή και πρόσβαση δεδομένων και υπηρεσιών (Data and ServiceSharing)
- παρακολούθηση και συντονισμός του έργου.

Κάθε ομάδα εμπειρογνομώνων εκτελεί σειρά συναντήσεων, με σκοπό να εξετάσει το υπάρχον υλικό (μοντέλα και χωρικά δεδομένα) που έχει το κάθε κράτος μέλος της ΕΕ και να παραδώσει σε μορφή προσχεδίου τις εκτελεστικές διατάξεις του τμήματος του INSPIRE που την αφορά, ώστε το προσχέδιο να μελετηθεί, να αναθεωρηθεί και τελικά να γίνει επίσημη οδηγία – νόμος υποχρεωτικός για τα κράτη μέλη. Ήδη την προκειμένη στιγμή η πλειοψηφία των προσχεδίων από τις πέντε βασικές ομάδες εμπειρογνομώνων ψηφίστηκαν ως κανονισμοί (regulations) της Ε.Ε., ενώ οι τεχνικές προδιαγραφές των σχημάτων εφαρμογών (application schemas) για τα Παραρτήματα II και III ολοκλήρωσαν το καθεστώς διαβούλευσης. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

Καθώς οι εν ισχύ ομάδες εμπειρογνομώνων έχουν ως υποχρέωση τη σύνθεση γενικών κανόνων υλοποίησης, προέκυψε πως οι γενικές προδιαγραφές δεδομένων και το γενικευμένο εννοιολογικό μοντέλο που θα προτεινόταν έπρεπε να υποστούν περαιτέρω εξειδίκευση, ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών και των εφαρμογών που αφορούν σε συγκεκριμένες θεματικές ενότητες των τριών παραρτημάτων. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε ως συνέχεια της προπαρασκευαστικής φάσης να συντεθούν ειδικευμένες ομάδες εργασίας για καθένα από τα θεματικά επίπεδα των παραρτημάτων. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται The matic Working Groups (TWGs), και η κάθε μία αποτελείται από επιστήμονες ειδικευμένους στο θεματικό επίπεδο που αναφέρονται και μόνο. Στόχος τους είναι να συγκεκριμενοποιήσουν τις γενικές προδιαγραφές για τα χωρικά δεδομένα της δικής τους θεματικής περιοχής. Σε πρώτη φάση σχηματίστηκαν, κατά προτεραιότητα, οι εννέα για τις θεματικές περιοχές του Παραρτήματος I, των οποίων οι εργασίες ολοκληρώθηκαν και αποτέλεσαν μέρος του Commission Regulation (EU) No. 1089/2010 που προδιαγράφει τις τεχνικές προδιαγραφές για τη διαλειτουργικότητα των χωρικών δεδομένων και υπηρεσιών, και το οποίο τέθηκε εν ισχύ στις 8/12/2010 (European Commission 2010a). Οι θεματικές ομάδες εργασίας λειτουργούν υπό την αρωγή και καθοδήγηση της Data Specifications Drafting Team (DTDS).

2.8.4 Επισκόπηση τεχνικού αρχιτεκτονικού μοντέλου της οδηγίας INSPIRE

Η αρχιτεκτονική του INSPIRE προβλέπει ένα σύνολο διαλειτουργικών υπηρεσιών που θα βοηθήσουν στην παραγωγή, δημοσίευση, εύρεση και παράδοση, καθώς και τελικά, στη χρήση και κατανόηση της γεωγραφικής πληροφορίας μέσω του Διαδικτύου, σε τοπικό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Τονίζεται πως απώτερος στόχος είναι ο σχεδιασμός, υλοποίηση και πιλοτική λειτουργία μιας ανοικτής, συνεργατικής υποδομής για τη διάχυση και διανομή πληροφοριακών προϊόντων και υπηρεσιών μέσω του Διαδικτύου.

Η ESDI θα αναπτυχθεί αξιοποιώντας υφιστάμενα ή υπό ανάπτυξη σύνολα χωρικών δεδομένων φορέων διαχείρισης γεωγραφικής πληροφορίας στα κράτη μέλη. Η αρχιτεκτονική της

υποδομής δεν προβλέπει μεταβολές στον τρόπο συλλογής, ενημέρωσης και διαχείρισης της πληροφορίας από τους φορείς αυτούς – στόχος της είναι η εναρμόνιση της πρόσβασης στη ήδη διαθέσιμη πληροφορία. Για τη συνοπτική παρουσίαση και την επεξήγηση του αρχιτεκτονικού μοντέλου είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί η βασική ορολογία όπως χρησιμοποιείται στην οδηγία INSPIRE:

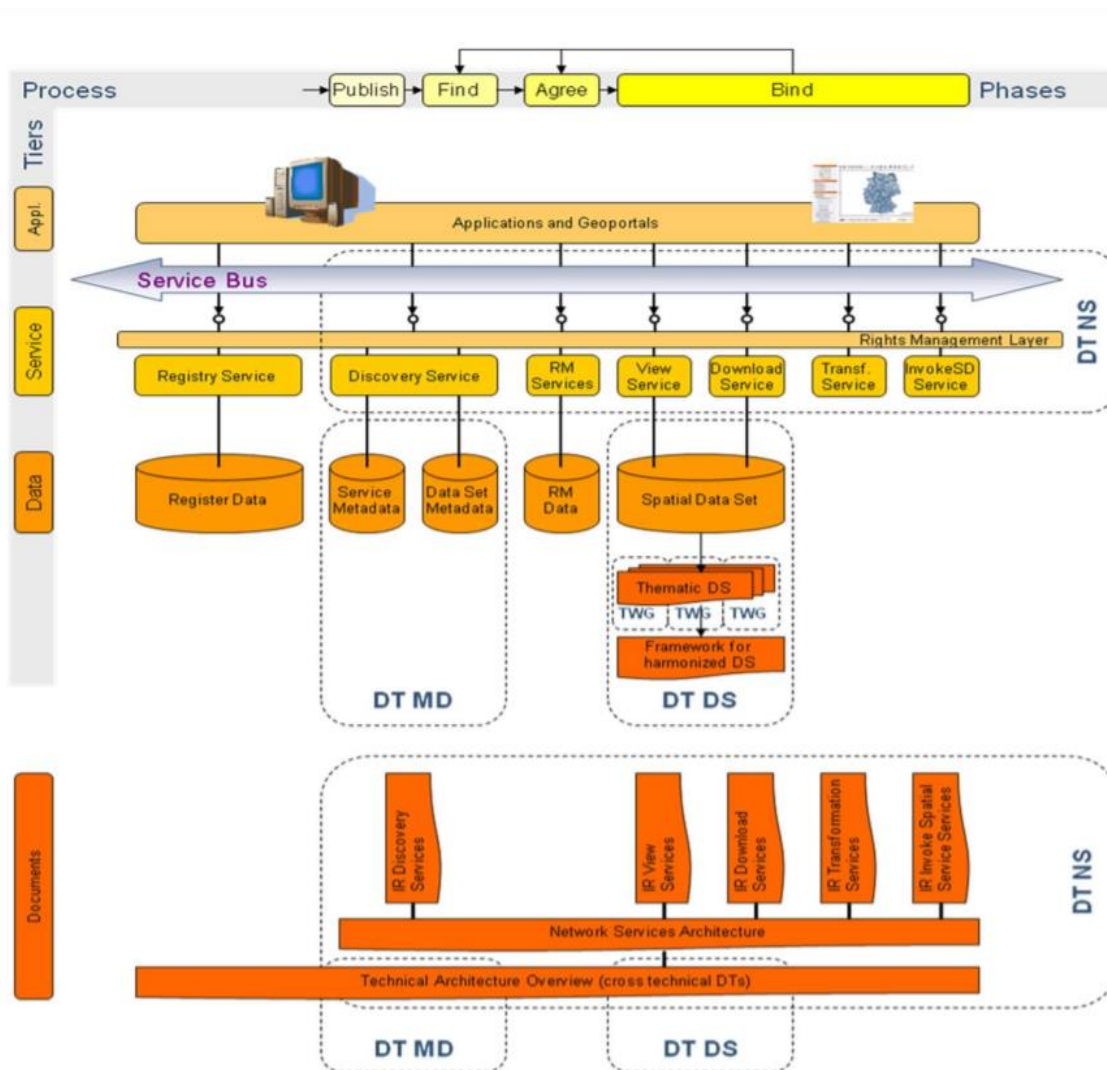
- Σύνολο χωρικών δεδομένων (spatialdataset): κάθε είδους αναγνωρίσιμο σύνολο χωρικών δεδομένων.
- Χωρικό αντικείμενο (spatialobject): κάθε αφηρημένη απεικόνιση ενός φαινομένου του πραγματικού κόσμου, το οποίο έχει γεωαναφορά σε συγκεκριμένη θέση ή τοποθεσία. Για τους στόχους του INSPIRE τα «χωρικά αντικείμενα» θεωρούνται συνώνυμα με τον όρο «γεωγραφικές οντότητες» όπως αυτός χρησιμοποιείται στη σειρά διεθνών προτύπων.

Το INSPIRE αποτελεί ουσιαστικά ένα καταμεμημένο δίκτυο βάσεων δεδομένων, διασυνδεδεμένες μέσω κοινών προτύπων και πρωτοκόλλων, τα οποία εξασφαλίζουν τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ δεδομένων και υπηρεσιών. Η Εικόνα 2.26 απεικονίζει τα κύρια σημεία της τεχνικής αρχιτεκτονικής της υποδομής. Κεντρικό σημείο είναι το περιεχόμενο της ESDI, δηλαδή τα ίδια τα χωρικά δεδομένα, ως σύνολα χωρικών δεδομένων, που λειτουργεί ως βάση της υποδομής. Ο καθορισμός της δομής των δεδομένων είναι ευθύνη της ομάδας εργασίας τεχνικών προδιαγραφών και των θεματικών ομάδων εργασίας για τα επιμέρους θεματικά επίπεδα.

Επίσης βασικό ρόλο παίζουν τα μεταδεδομένα των συνόλων χωρικών δεδομένων, που εξυπηρετούν την εύρεση, πρόσβαση, ερμηνεία και χρήση των χωρικών αντικειμένων εντός των συλλογών που συνθέτουν την υποδομή. Για τις προδιαγραφές των μεταδεδομένων (κάθε είδους) υπεύθυνη είναι η Ομάδα Εργασίας Μεταδεδομένων (DT MD – Drafting Team Metadata).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στο INSPIRE κάθε πρόσβαση στα χωρικά δεδομένα και μεταδεδομένα προκύπτει μέσω των Υπηρεσιών Χωρικών Δεδομένων (Spatial data services) που περιγράφονται στο επίπεδο υπηρεσιών (ServiceLayer) του σχήματος. Οι υπηρεσίες αυτές αναμένεται να αναπτυχθούν και να υλοποιηθούν ως διαδικτυακές υπηρεσίες. Υπεύθυνη για τις προδιαγραφές των υπηρεσιών είναι η Ομάδα Εργασίας Δικτυακών υπηρεσιών (DT NS – DraftingTeamNetwork Services).

Όλες οι υπηρεσίες περιγράφονται από μεταδεδομένα υπηρεσιών (service metadata), δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε φυσικά πρόσωπα ή λογισμικό να χρησιμοποιούν την επιθυμητή υπηρεσία στην υποδομή. Θα περιγραφεί μια δεδομένη ομάδα υπηρεσιών ως δικτυακές ή διασυνδεδεμένες υπηρεσίες – ωστόσο είναι δυνατόν να αναπτυχθούν επιπλέον υπηρεσίες χωρικών δεδομένων ως μέρος της υποδομής. Είναι απαραίτητο κάθε επιπλέον υπηρεσία να προδιαγραφεί και να στοιχειοθετηθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές των εκτελεστικών διατάξεων της DT NS, ώστε να αποτελεί ενιαίο κομμάτι της υποδομής. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)



Εικόνα 2.26. Επισκόπηση τεχνικού αρχιτεκτονικού μοντέλου της οδηγίας INSPIRE. (Πηγή: Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

2.8.5 Σύνολα χωρικών δεδομένων

Επί της αρχής, κάθε χωρικό αντικείμενο εντός ενός συνόλου χωρικών δεδομένων θα πρέπει να περιγράφεται σε προδιαγραφές που να καθορίζουν τη σημασιολογία του και τους όποιους περιορισμούς του (π.χ. το σύστημα αναφοράς που θα χρησιμοποιείται στο σύνολο) με τη χρήση μιας γλώσσας σήμανσης εννοιολογικών μοντέλων. Το εννοιολογικό μοντέλο περιγράφει την ταξινόμηση των χωρικών αντικειμένων και διευκρινίζει τις ιδιότητες (χωρικές, περιγραφικές, χρονικές, σημασιολογικές, απεικόνισης κ.ά.) του αντικειμένου.

Οι προδιαγραφές θα επιτρέπουν και διευκολύνουν την ερμηνεία των χωρικών δεδομένων. Ωστόσο, επί καθημερινής πρακτικής, προκύπτει πως ένα μεγάλο μέρος των υπαρχόντων χωρικών δεδομένων στην Ευρώπη δεν είναι πλήρως τεκμηριωμένα. Μόνο σύνολα χωρικών δεδομένων τα οποία θα είναι συμβατά με τις προδιαγραφές δεδομένων του INSPIRE θα μπορούν να αποτελέσουν κομμάτι της υποδομής. Συνεπώς διακρίνονται δύο δυνατές περιπτώσεις:

- να υφίσταται τεχνική τεκμηρίωση και τα δεδομένα να συμφωνούν με κάποιου είδους προδιαγραφές – αλλά οι προδιαγραφές αυτές να μην συμφωνούν με αυτές του INSPIRE.

- τα δεδομένα να έχουν περιορισμένη ή ελλιπή τεκμηρίωση, στη μορφή απλών αντικειμένων ή χαρτών και να είναι απλώς προσπελάσιμα με κάποιους είδους προεπισκόπηση.

Οι προδιαγραφές δεδομένων καλύπτουν τις απαιτήσεις εναρμόνισης των δεδομένων. Για να επιτευχθεί ένα κοινό πλαίσιο, οι προδιαγραφές δεδομένων αντιμετωπίζουν μια σειρά συνιστωσών (European Commission 2010a) που επιδρούν στη διαδικασία εναρμόνισης – τέτοιες συνιστώσες είναι:

- οι κανόνες εννοιολογικών μοντέλων,
- τα χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά,
- υποστήριξη πολλαπλών γλωσσών,
- το σύστημα γεωδαιτικής αναφοράς,
- τα μοντέλα αναφοράς των αντικειμένων,
- οι πολλαπλές απεικονίσεις,
- η διαχείριση δεικτών αναγνώρισης,
- η διαχείριση καταλόγων και μητρώων,
- τα μεταδεδομένα,
- η ενημέρωση της υποδομής,
- η ποιότητα των εμπλεκόμενων δεδομένων,
- η μεταφορά των δεδομένων,
- οι ασυνέχειες μεταξύ δεδομένων,
- οι τρόποι συλλογής δεδομένων.

Το ΓΕΜ για την ευρωπαϊκή υποδομή και τα εξειδικευμένα σχήματα για τις θεματικές περιοχές του Παραρτήματος I αποτελούν πλέον κανονισμό (European Commission 2010a), που τέθηκε σε ισχύ από τον Νοέμβριο 2010. Οι τεχνικές προδιαγραφές διαλειτουργικότητας δεδομένων του INSPIRE, δίδοντας μια σειρά προϋποθέσεων και προτάσεων, καθιστούν δυνατή την πλήρη διαλειτουργικότητα μεταξύ των συστημάτων των κρατών μελών, όσον αφορά στις θεματικές περιοχές και εφαρμογές της Οδηγίας.

Η διάταξη αυτή για τη διαλειτουργικότητα δεδομένων (περιλαμβάνει τα Annex I data themes) είχε ήδη εγκριθεί από το 2009, και είναι υπό την τελική της έκδοση (v. 3). Περιλαμβάνει το γενικό μοντέλο δεδομένων UML και ειδικά σχήματα για όλες τις θεματικές περιοχές. Δίνεται περιθώριο δυο έως επτά έτη για τα κράτη μέλη ώστε να μετατρέψουν τα δεδομένα, που ήδη έχουν σε ψηφιακή μορφή. Η διάταξη, η οποία αποτελεί νομική δέσμευση για τα κράτη μέλη συνοδεύεται από εκτενείς τεχνικές κατευθυντήριες οδηγίες για το πώς θα υλοποιηθούν τεχνικά. Οι κατευθυντήριες οδηγίες δεν δεσμεύουν νομικά, ώστε να δίνεται η δυνατότητα ενημέρωσης και βελτίωσής τους με την πάροδο του χρόνου.

Οι θεματικές ομάδες των Παραρτημάτων II και III ξεκίνησαν τον 04/2010, για να συνθέσουν τις αντίστοιχες προδιαγραφές για τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα. Εν προκειμένω βρίσκονται υπό διαβούλευση σε μορφή προσχεδίου οι τεχνικές κατευθυντήριες Οδηγίες για τα Παραρτήματα II και III.

2.8.6 Μεταδεδομένα

Κάθε σύνολο χωρικών δεδομένων θα περιγράφεται από τα μεταδεδομένα του συνόλου, δηλαδή πληροφορία που θα υποστηρίζει την αναζήτηση - και ως ένα βαθμό την αξιολόγηση και

χρήση - των συνόλων χωρικών δεδομένων που είναι κατάλληλες για συγκεκριμένες χρήσεις. Η έρευνα και εύρεση θα υποστηρίζει λέξεις κλειδιά ή άλλα απλά κριτήρια που θα αντιστοιχούν σε χαρακτηριστικά-κλειδιά του συνόλου των δεδομένων (για παράδειγμα, το είδος ή τον τύπο των χωρικών αντικειμένων που περιλαμβάνονται στο σύνολο). Σημαντικό μέρος των κριτηρίων της αναζήτησης θα αφορά σε χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων (και ίσως την ανεύρεση μέσω συνδυασμού οντολογιών). Τα μεταδεδομένα θα πρέπει πάντα να παραμένουν συνεπή με τα πραγματικά δεδομένα – οποιαδήποτε μεταβολή στα χωρικά δεδομένα θα πρέπει να ακολουθείται από (αυτοματοποιημένη ή χειρωνακτική) ενημέρωση των μεταδεδομένων του συνόλου. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

Τα μεταδεδομένα υπηρεσιών θα καταγράφουν τη βασική πληροφορία για μια υπηρεσία, ώστε να καθίσταται δυνατή η εύρεση της ορθής υπηρεσίας χωρικών δεδομένων. Η περιγραφή μιας υπηρεσίας θα περιλαμβάνει τον τύπο της, κατάλογο των λειτουργιών της και των παραμέτρων τους, όπως και τι είδους γεωγραφική πληροφορία προσφέρει. Ως μεταδεδομένα θεωρούνται τα παρακάτω:

- Στοιχεία αναγνώρισης, δηλαδή πληροφορίες απαραίτητες για τη μοναδιαία αναγνώριση της πηγής δεδομένων, όπως ο τίτλος, η περίληψη, η ημερομηνία αναφοράς, η έκδοση, ο σκοπός, ο υπεύθυνος φορέας, η έκταση των δεδομένων, η αναζήτηση γραφικών και η πιθανή χρήση.
- Νομικοί περιορισμοί και περιορισμοί ασφαλείας.
- Περιγραφή περιεχομένου, όπως πληροφορία για τον κατάλογο οντοτήτων που έχει χρησιμοποιηθεί και/ή πληροφορία για το περιεχόμενο της κάλυψης.
- Συστήματα αναφοράς (χωρικά και χρονικά) που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον ορισμό των δεδομένων.
- Χωρική αναπαράσταση, δηλαδή πληροφορίες σχετικά με τους μηχανισμούς χωρικής αναπαράστασης των δεδομένων.
- Πληροφορίες ποιότητας και αξιοπιστίας που περιλαμβάνουν: (α) μέτρα σχετικά με τη γεωμετρική, χρονική και σημασιολογική ακρίβεια, πληρότητα ή λογική συνέπεια των δεδομένων, (β) περιγραφή των πηγών δεδομένων και των διαδικασιών που έχουν εφαρμοστεί στις πηγές δεδομένων, (γ) πληροφορία αξιοπιστίας που αφορά στο χωρικό και χρονικό εύρος των δεδομένων, στο κατά πόσον τα δεδομένα έχουν ελεγχθεί σύμφωνα με κάποιο πρότυπο και σε ποιο βαθμό τα δεδομένα είναι κατάλληλα για τον εκάστοτε στόχο.
- Πληροφορία απεικόνισης που ορίζει τον κατάλογο απεικόνισης που έχει χρησιμοποιηθεί.
- Πληροφορία διανομής που ορίζει το διανομέα και τις εναλλακτικές για την απόκτηση της συλλογής δεδομένων.
- Πληροφορία συντήρησης που ορίζει το περιθώριο και τη συχνότητα ενημέρωσης των δεδομένων.

Η εκτελεστική διάταξη για τα μεταδεδομένα ήταν η πρώτη που έλαβε μορφή νομικής δέσμευσης, καθώς τέθηκε εν ισχύ την 4η Δεκεμβρίου 2008 (European Commission, 2008). Δόθηκε περιθώριο δυο έως πέντε έτη για κάθε κράτος-μέλος ώστε να δημιουργήσουν αρχεία μεταδεδομένων, ειδικά για ψηφιακά σύνολα χωρικών δεδομένων που εμπίπτουν στα θεματικά επίπεδα του Παραρτήματος Ι. Για τη σύνθεση των αρχείων XML των μεταδεδομένων, υπάρχει επεξεργαστής μεταδεδομένων ελεύθερα διαθέσιμος στο πρωτότυπο πόνταλ INSPIRE geo-portal.

2.8.7 Κατάλογοι

Οι κατάλογοι γεωχωρικών δεδομένων (geospatial data catalogues) αποτελούν συστήματα αναζήτησης και πρόσβασης που χρησιμοποιούν μεταδεδομένα ως το αντικείμενο επερωτήσεων για ψηφιδωτή, διανυσματική και πινακοποιημένη γεωγραφική πληροφορία. Τα κατάλληλα δεικτοδοτημένα και διαθέσιμα για αναζήτηση μεταδεδομένα αποτελούν ένα πλήρες λεξικό με το οποίο μπορεί να εκτελεστεί ευφυής αναζήτηση σε γεωγραφική πληροφορία. Οι κατάλογοι απαιτούνται επιπρόσθετα των συνόλων γεωχωρικών δεδομένων, ως μια εξειδικευμένη βάση δεδομένων με πληροφορίες για γεωγραφικούς πόρους που είναι διαθέσιμοι σε μια ομάδα ή κοινότητα χρηστών. Οι πόροι αυτοί διατηρούνται σε μητρώα (registries), με ξεκάθαρο και καθορισμένο πλαίσιο διαχείρισης, όπως ορίζεται από το διεθνές πρότυπο ISO 19135. Οι κατάλογοι εξυπηρετούν τρεις κύριους σκοπούς:

- Αρωγή στην οργάνωση και διαχείριση διάσπαρτων γεωγραφικών δεδομένων και υπηρεσιών αναζήτησης και πρόσβασης.
- Ανακάλυψη πληροφοριών για πόρους πληροφορίας από διάσπαρτες πηγές και συγκέντρωσής της σε μία ενιαία, αναζητήσιμη περιοχή.
- Παροχή μέσων για τον εντοπισμό, ανάκτηση και αποθήκευση των πόρων που δεικτοδοτούνται από τον κατάλογο.

Είναι σημαντικό να καταγράφεται στους καταλόγους κάθε μεταβολή, ώστε δεδομένα που δημιουργήθηκαν στο παρελθόν να είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν πλήρως. Χαρακτηριστικό των καταλόγων είναι πως κάθε πληροφορία που περιέχεται σε αυτούς συνδέεται με έναν μοναδικό, σαφή και μόνιμο δείκτη. Μπορούν να διακριθούν δύο είδη περιεχομένου: α) τα ίδια τα χωρικά αντικείμενα (τα δεδομένα) και β) άλλα είδη χωρικής πληροφορίας (τα «μεταδεδομένα», αλλά με την ευρύτερη έννοια του όρου από αυτή του προτύπου ISO 19115).

Το INSPIRE τηρεί ήδη σημαντικό αριθμό καταλόγων. Είδη καταλόγων που θα απαιτηθούν είναι:

- Προδιαγραφές χωρικών δεδομένων (data specifications): λεπτομερής περιγραφή ενός ή περισσότερων συνόλων γεωγραφικών πληροφοριών που θα επιτρέψουν τη δημιουργία, τη διάθεση και τη χρήση του κάθε συνόλου από τρίτους.
- Κατάλογοι οντοτήτων (feature catalogues): κατάλογοι που περιέχουν ορισμούς και περιγραφή των τύπων χωρικών αντικειμένων, των χαρακτηριστικών τους, των συνιστωσών τους που μπορεί να εμφανίζονται σε άλλα σύνολα δεδομένων, όπως και το σε ποιες λειτουργίες μπορούν να υποβληθούν – αποτελούν συνήθως κομμάτι των προδιαγραφών δεδομένων.
- Σχήματα Εφαρμογών (application schemas): Εννοιολογικά Σχήματα για δεδομένα που αφορούν σε μία ή περισσότερες γεωγραφικές εφαρμογές. Αποτελούν και αυτά τμήμα των προδιαγραφών δεδομένων και θα περιγράφονται με τη χρήση μιας γλώσσας σήμανσης εννοιολογικής μοντελοποίησης, όπως η UML (στην περίπτωση του INSPIRE).
- Λίστες Κωδικών (code lists): Λεξικά όπου περιγράφονται τα πεδία ορισμού κωδικών των χαρακτηριστικών που εμπεριέχονται σε έναν κατάλογο οντοτήτων ή ένα σχήμα εφαρμογής. Δεν είναι απαριθμήσιες παγιωμένων κωδικών, αλλά επιτρέπουν τη ξεχωριστή διαχείρισή τους.

- Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς: Λεξικό των παραμέτρων των γεωδαιτικών συστημάτων αναφοράς και των datum που μπορεί να χρησιμοποιούνται στα σύνολα χωρικών δεδομένων κάθε κράτους μέλους.
- Δείκτες Χωρικών Αντικειμένων: Μηχανισμός που θα διασφαλίζει τη μοναδικότητα των δεικτών αντικειμένων (object identifiers) μεταξύ των δεικτών διαφορετικών προμηθευτών δεδομένων.
- Είδη Γεωγραφικών Υπηρεσιών (service types): Κατάλογος που περιγράφει τις προσφερόμενες υπηρεσίες χωρικών δεδομένων και τις ταξινομεί.

Μια από τις πρώτες εγγραφές που προστέθηκαν στο κατάλογο είναι οι ορισμοί των θεματικών επιπέδων των Παραρτημάτων της οδηγίας, όπου προσφέρεται μια λεπτομερέστερη περιγραφή των θεματικών επιπέδων των χωρικών δεδομένων από τους ορισμούς του κειμένου της οδηγίας, ώστε να αποτελέσει ένα έγκυρο εναρκτήριο βήμα για την ανάπτυξη τεχνικών προδιαγραφών ανά θεματικό επίπεδο. Πρόκειται για το παραδοτέο D2.3 της ομάδας εμπειρογνομόνων για τις τεχνικές προδιαγραφές (Data Specifications – DTDS) όπου περιγράφηκαν τα θεματικά επίπεδα και οι βασικές τους οντότητες σε ένα συνολικό Λεξικό (Illert 2008a). Για κάθε ένα από τα θεματικά επίπεδα των Παραρτημάτων έχουν εντοπιστεί τα εξής για τις οντότητές τους (Πίνακας 2.2).

Πίνακας 2.2. Περιεχόμενα θεματικών επιπέδων.

Ορισμός	Όπως δίνεται στα Παραρτήματα της οδηγίας
Περιγραφή	Επεξηγεί την οντότητα με λεπτομέρεια
Αντικείμενο, παραδείγματα χρήσης	Συνήθη παραδείγματα χρήσης, σε σχέση με κοινοτικές πολιτικές
Σημαντικές ιδιότητες της οντότητας	Μη-διεξοδικός κατάλογος των σημαντικότερων τύπων και χαρακτηριστικών της οντότητας (σημείωση: δεν αποτελεί προσπάθεια καθορισμού απαιτήσεων περιεχομένου)
Συνδέσεις και επικαλύψεις	Γνωστές συσχετίσεις με άλλες οντότητες
Υλικό αναφοράς	Κατάλογος υλικού αναφοράς που θεωρείται σχετικό
Συμβάλλοντες	Φορείς και ομάδες που συνέβαλαν στις περιγραφές του κειμένου

2.8.8 Διαδικτυακές υπηρεσίες.

Οι υπηρεσίες του INSPIRE καθορίζουν τις διεπαφές μέσω των οποίων οι συμμετέχοντες στην ευρωπαϊκή υποδομή θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, οι υπηρεσίες χωρικών δεδομένων του INSPIRE μπορούν να συνδυάσουν τρία είδη συμμετεχόντων στην υποδομή:

- τους χορηγούς υπηρεσιών που συνεισφέρουν παρέχοντας τις υπηρεσίες αυτές
- διάφορες διαδικτυακές πύλες, όπως την Ευρωπαϊκή πύλη του INSPIRE και τις επιμέρους πύλες κρατών μελών και φορέων, που είτε παρέχουν τις υπηρεσίες είτε τις χρησιμοποιούν οι χρήστες για πρόσβαση στις υπηρεσίες
- εφαρμογές που αφορούν συγκεκριμένες εργασίες σχετικές με τις υπηρεσίες, χωρίς να απαιτείται η χρήση κάποιας διαδικτυακής πύλης.

Είναι σημαντικό ότι το μοντέλο αρχιτεκτονικής των υπηρεσιών εκτελεί κάθε είδους πρόσβαση και επεξεργασία δεδομένων και μεταδεδομένων μέσω του διαδικτύου. Για αυτό και κάθε

υπηρεσία θα πρέπει να προδιαγραφεί και να περιγραφεί (με τα μεταδεδομένα υπηρεσιών που αναφέρθηκαν παραπάνω) ώστε να επιτρέψει τόσο σε ανθρώπινους χειριστές όσο και εφαρμογές την αυτοματοποιημένη ανάκληση της επιθυμητής κάθε φορά υπηρεσίας. Κάθε υπηρεσία τυποποιείται βάσει του πρωτοκόλλου SOAP (Service Oriented Architecture Protocol - αντί των παλαιότερων λύσεων URL που στηρίζονται σε HTTP/POST) ώστε να εφαρμοστεί πλέον σύγχρονη και ευέλικτη τεχνολογία για διαδικτυακές υπηρεσίες, που επιτρέπει την υποστήριξη οριζοντίων εφαρμογών. (Kavouras, Darra, Kokla, Kontaxaki, Panopoulos, Tomai, 2016)

Οι υπηρεσίες χωρικών δεδομένων του INSPIRE ουσιαστικά δρουν ως μεσολαβητές μεταξύ των υπηρεσιών που θα προσφέρουν οι φορείς γεωγραφικής πληροφορίας των κρατών μελών και οι χρήστες σε ευρωπαϊκό επίπεδο, μέσω της πύλης. Οι υπηρεσίες που προβλέπονται είναι:

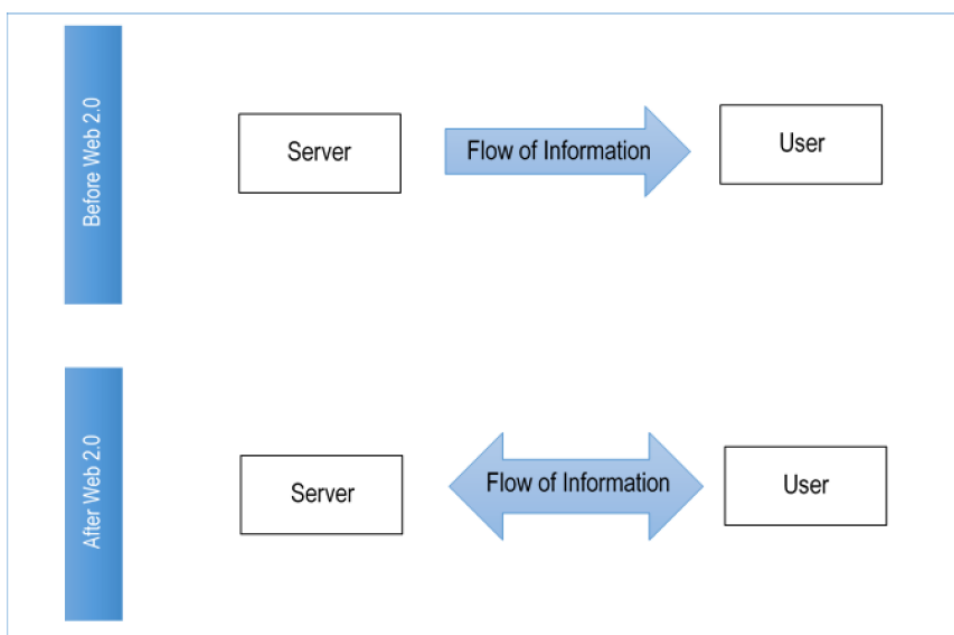
- Υπηρεσίες ανεύρεσης, οι οποίες θα καθιστούν δυνατή την αναζήτηση συνόλων χωρικών δεδομένων και υπηρεσιών χωρικών δεδομένων βάσει του περιεχομένου των μεταδεδομένων τους.
- Υπηρεσίες επισκόπησης, οι οποίες κατ' ελάχιστο θα καθιστούν δυνατή την οπτική προβολή των συνόλων χωρικών δεδομένων, την πλοήγηση, τη μεγέθυνση και σμίκρυνσή τους, την επίθεση διαφορετικών θεματικών επιπέδων ή/και συνόλων χωρικών δεδομένων, καθώς και τη δυνατότητα προβολής πληροφοριών υπομνήματος.
- Υπηρεσίες παράδοσης, οι οποίες θα επιτρέπουν τη λήψη αντιγράφων του συνόλου ή μέρους ενός συνόλου χωρικών δεδομένων.
- Υπηρεσίες μετατροπής και μετασχηματισμού, οι οποίες θα καθιστούν δυνατή τη μετατροπή μεταξύ εννοιολογικών μοντέλων και το μετασχηματισμό συντεταγμένων σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς.
- Υπηρεσίες ενεργοποίησης άλλων υπηρεσιών χωρικών δεδομένων, οι οποίες θα επιτρέπουν στο χρήστη να ενεργοποιεί τις υπηρεσίες που χρειάζεται.
- Οριζόντιες υπηρεσίες διαχείρισης, οι οποίες θα αφορούν στην πιστοποίηση, εξουσιοδότηση, διαχείριση, τιμολόγηση, κτλ., των πόρων και των συμμετεχόντων στις υπόλοιπες υπηρεσίες.

Κεφάλαιο 3

Συστήματα VGI (Volunteered geographic information) - Open Street Map (OSM)

3.1 Συστήματα VGI (Volunteered geographic information)

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι πολίτες δεν είναι μόνο χρήστες των δεδομένων, αλλά είναι και οι πάροχοι τους. Με την έλευση του Web 2.0, που είναι επίσης γνωστός ως συμμετοχικός ιστός, οι χρήστες του διαδικτύου μπόρεσαν να παράγουν περιεχόμενο και συμμετέχουν στη ροή των πληροφοριών. Οι ιστότοποι που βασίζονται στο Web 2.0 επιτρέπουν στους χρήστες τους να δημιουργούν μια εικονική κοινότητα στην οποία κάθε μέλος μπορεί να παράγει και να μοιράζεται περιεχόμενο με άλλα μέλη. Παραδείγματα αυτής της συμμετοχής αποτελούν η διαδικασία προσθήκης ετικετών, η σύνταξη ενός σχολίου, η κοινή χρήση ενός βίντεο και η κοινή χρήση ενός εγγράφου. Με άλλα λόγια, πριν από το Web 2.0, η ροή των πληροφοριών γινόταν από τους παρόχους στους χρήστες, αλλά μετά το Web 2.0, οι χρήστες μπορούν επίσης να παράγουν και να μοιράζονται περιεχόμενο. Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζεται η ροή των πληροφοριών στο Web2.0. Δημοφιλείς ιστότοποι όπως η Wikipedia, το Facebook και το Youtube είναι παραδείγματα εφαρμογής του Web 2.0.(Goodchild, 2007)



Εικόνα 3.1. Η ροή πληροφοριών πριν και μετά το Web 2.0. (Πηγή: Girard, Pouliot, 2019)

Αυτή η νέα ιδέα του Web 2.0 έφερε επανάσταση στις παραδοσιακές μεθόδους συλλογής γεωγραφικών πληροφοριών και ενεργοποίησε ένα φαινόμενο που ονομάζεται VGI από τον Βρετανό Γεωγράφο Michael Goodchild το 2007. Ο Goodchild υποστήριξε ότι το VGI μπορεί να θεωρηθεί ως

εκδημοκρατισμός του GIS επειδή παρέχει δωρεάν πρόσβαση σε χωρικά δεδομένα για όλους τους πολίτες. Υποστήριξε ότι με την εμφάνιση του Web 2.0, η ροή πληροφοριών μεταξύ του χρήστη και του διακομιστή έγινε αμφίδρομη. Κατά την άποψη του Goodchild, δύο κύριοι παράγοντες διευκόλυναν την ανάπτυξη των VGI τα τελευταία χρόνια. Ο πρώτος παράγοντας είναι η διευκόλυνση της κοινής χρήσης γεωγραφικών δεδομένων και ο δεύτερος η διευκόλυνση συλλογής γεωγραφικών δεδομένων. Η διευκόλυνση στο διαμοιρασμό των γεωγραφικών δεδομένων έγινε από το Web 2.0, ενώ η διευκόλυνση της συλλογής των γεωγραφικών δεδομένων έγινε λόγω των συσκευών GPS. Ως εκ τούτου, σήμερα οι πολίτες μπορούν να χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο για τη συλλογή γεωγραφικών δεδομένων και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν το Web 2.0 για να τα μοιραστούν με άλλους. Τα κινητά τηλέφωνα επιτρέπουν επίσης στους χρήστες να φωτογραφίζουν και έπειτα χάρη στις συσκευές GPS, αυτές οι φωτογραφίες μπορούν να επισημανθούν με γεωγραφικές συντεταγμένες. Αυτές οι φωτογραφίες λοιπόν που συνοδεύονται από επισυναπτόμενες γεωγραφικές συντεταγμένες, είναι μια πηγή γεωγραφικών δεδομένων που μπορούν να κοινοποιηθούν εύκολα χρησιμοποιώντας τεχνολογίες Web 2.0. Συνολικά, οι νέες αυτές τεχνολογίες επιτρέπουν στους ανθρώπους να ενεργούν ως αισθητήρες και να συλλέγουν γεωγραφικά δεδομένα σε διαφορετικές μορφές και να τα μοιράζονται με άλλους, ένα φαινόμενο που ο Goodchild το αποκάλεσε ως «πολίτες ως αισθητήρες» (citizens as sensors). (M. F. Goodchild, 2007).

Επομένως, στον τομέα του VGI, υπάρχουν διάφορες έννοιες, όπως η επιστήμη των πολιτών, το περιεχόμενο που δημιουργείται από τους χρήστες, και δημόσιο συμμετοχικό GIS. Αυτές οι έννοιες θα συζητηθούν λεπτομερώς αμέσως παρακάτω.

3.1.1 Επιστήμη των πολιτών (Citizen Science)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο Goodchild εισήγαγε την έννοια του VGI και εξήγησε ότι τα τελευταία χρόνια, χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις, οι άνθρωποι μπορούν να λειτουργήσουν ως αισθητήρες με αποτέλεσμα να συλλέγουν και να μοιράζονται γεωγραφικές πληροφορίες με άλλα μέλη της κοινότητας του διαδικτύου. Ο όρος επιστήμη των πολιτών χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ομάδα πολιτών που εργάζονται ως παρατηρητές και συλλέγουν δεδομένα για να λύσουν κάποιο συγκεκριμένο πρόβλημα στον κόσμο. Επομένως, το VGI μπορεί να σχετίζεται με την επιστήμη των πολιτών γιατί στα συστήματα VGI οι πολίτες είναι παρατηρητές και εντοπίζουν ένα συγκεκριμένο φαινόμενο και το αναφέρουν στην υπόλοιπη κοινότητα. Για παράδειγμα, ένας ιστότοπος GIS που επιτρέπει στους πολίτες να αναφέρουν πληροφορίες σχετικά με μια πυρκαγιά αποτελεί παράδειγμα εφαρμογής του VGI στο πλαίσιο της επιστήμης των πολιτών. Άλλο παράδειγμα μπορεί να είναι ένα σύστημα που επιτρέπει στους χρήστες να ανεβάζουν την τροχιά που ακολουθούν και στη συνέχεια οι τροχιές αυτές να χρησιμοποιούνται για παρακολούθηση της οδικής κίνησης. Στην πραγματικότητα, κάθε γεωγραφική πληροφορία που συλλέγεται από εθελοντές για τη μελέτη οποιουδήποτε συγκεκριμένου θέματος είναι περίπτωση όπου το VGI χρησιμοποιείται στην επιστήμη των πολιτών. (Antonίου, 2011)

3.1.2 Περιεχόμενο παραγόμενο από τους χρήστες (User Generated Content)

Το περιεχόμενο που δημιουργείται από τους χρήστες αναφέρεται σε περιεχόμενο ή πληροφορίες όπως κείμενα, φωτογραφίες ή έγγραφα που κοινοποιούνται από χρήστες διαδικτυακών πλατφορμών όπως για παράδειγμα η συγγραφή των wikis. Η αύξηση του περιεχομένου που δημιουργείται από χρήστες έλαβε χώρα την ίδια στιγμή που το Web 2.0 έδωσε

στους χρήστες τη δυνατότητα να μοιράζονται το περιεχόμενό τους. Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης είναι ένα καλό παράδειγμα πλατφορμών όπου οι χρήστες παράγουν περιεχόμενο και το μοιράζονται μέσω του διαδικτύου. Συνήθως, υπάρχει μια κοινότητα όπου ανήκουν οι χρήστες και δημοσιεύουν το περιεχόμενό τους για να το μοιραστούν με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας. Διαδικτυακά φόρουμ και τα ιστολόγια είναι τα πιο διάσημα μέρη όπου μοιράζεται περιεχόμενο που δημιουργείται από χρήστες. Συνήθως, μια δεξαμενή πληροφοριών δημιουργείται σε αυτές τις κοινότητες. Τα γεωγραφικά δεδομένα που παράγουν οι συνεισφέροντες στο OpenStreetMap είναι καλό παράδειγμα περιεχομένου που δημιουργείται από χρήστες στον κόσμο των GIS. Επομένως, τα χωρικά δεδομένα που παράγονται από τους χρήστες είναι ένας συγκεκριμένος τύπος περιεχομένου που δημιουργείται από χρήστες. Η κριτική που ασκείται για περιεχόμενο που παράγεται από χρήστες του διαδικτύου αναφορικά με την ποιότητα των δεδομένων, είναι ακόμη πιο σοβαρή στην περίπτωση των χωρικών δεδομένων επειδή δεν έχουν συλλεχθεί από ειδικούς αλλά από μέλη της κοινότητας που τις περισσότερες φορές μπορεί να μην έχουν καμία σχέση με τον εν λόγω αντικείμενο. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το παραγόμενο περιεχόμενο συλλέγεται από διάφορους χρήστες, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι δεν είναι απαραίτητα και συνεπές. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να καταβληθεί σημαντική προσπάθεια στην επεξεργασία του περιεχομένου που δημιουργείται από τους χρήστες προτού μπορέσει να χρησιμοποιηθεί σωστά.

3.1.3 Πληθοπορισμός (Crowdsourcing)

Ο πληθοπορισμός ή πιο εύηχα στην αγγλική γλώσσα το crowdsourcing είναι η εκτέλεση μιας εργασίας από διάφορους ανθρώπους είτε με πληρωμή είτε χωρίς. Στην πραγματικότητα, το crowdsourcing είναι η εξωτερική ανάθεση μιας εργασίας ή μιας σειράς εργασιών σε ανθρώπους που μπορεί να το κάνουν ως μέρος μιας σύμβασης ή απλώς ως εθελοντική υπηρεσία. Η Wikipedia ορίζει το crowdsourcing ως ένα μοντέλο προμήθειας στο οποίο ορισμένες υπηρεσίες ή πληροφορίες ή άλλα είδη προϊόντων παραδίδονται σε μια εταιρεία ή οργάνωση χρησιμοποιώντας τις ιδέες, την τεχνογνωσία και γενικότερα τους πόρους μιας μεγάλης ομάδας ανθρώπων. Το διαδίκτυο χρησιμοποιείται συνήθως για τη διανομή της εργασίας και την πληροφόρηση της κοινότητας, και κατά συνέπεια, το crowdsourcing ενισχύθηκε από την ανάπτυξη του διαδικτύου. Μία από τις προκλήσεις του crowdsourcing στο πεδίο των χωρικών δεδομένων είναι η συλλογή διαφορετικών αποτελεσμάτων και ο συνδυασμός τους προς δημιουργία ενός μοναδικού, σταθερού τελικού προϊόντος. (Horita et al, 2013)

3.2 Διάφοροι τύποι συστημάτων VGI

Τα συστήματα VGI μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον τύπο των πληροφοριών που παρέχουν. Κατά αυτή την έννοια, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες, συμπεριλαμβανομένων των VGI που βασίζονται σε κείμενο (text-based), σε εικόνα (image-based) και σε χάρτη (map-based). Για παράδειγμα, οι διαδικτυακές πλατφόρμες που επιτρέπουν στους χρήστες να σχεδιάζουν στοιχεία χάρτη και να προσθέτουν χαρακτηριστικά σε αυτά, θεωρούνται VGI που βασίζονται σε χάρτη (map-based). Στα VGI που βασίζονται σε χάρτες, οι συμμετέχοντες συνεισφέρουν απευθείας για να δημιουργήσουν ή να τροποποιήσουν τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά ή ακόμα και να προσθέσουν. Στο VGI που βασίζεται σε κείμενο (text-based), τα χαρακτηριστικά ή η γεωγραφική πληροφορία επιτυγχάνεται συνήθως με άμεση συνεισφορά των πολιτών. (Senaratne, 2017)

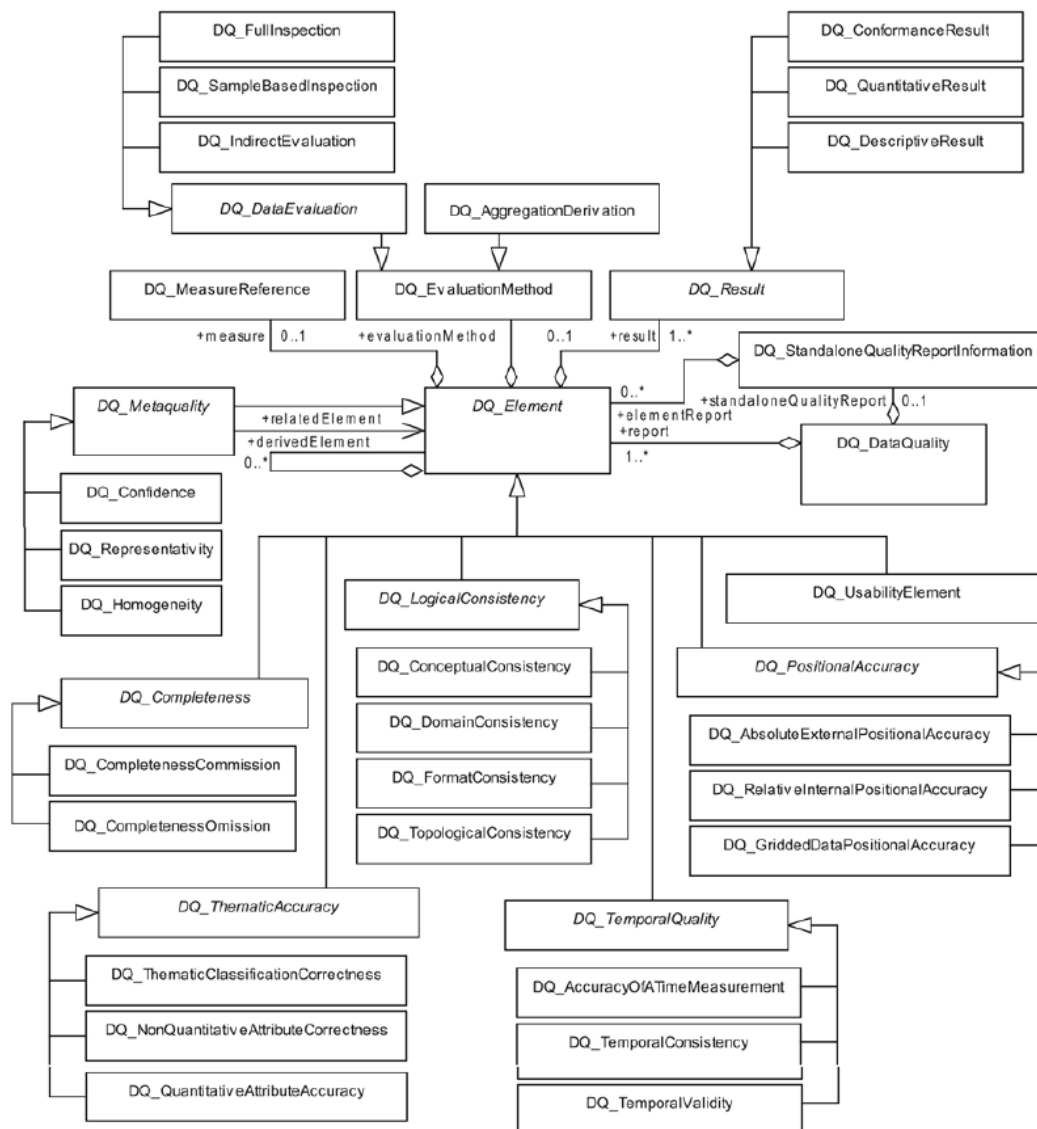
Τα συστήματα VGI μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους. Μία από τις διαφορές μεταξύ VGI και χωρικού περιεχομένου που δημιουργείται από τους χρήστες είναι ότι στην περίπτωση του VGI, η συμμετοχή του χρήστη στη δημιουργία του περιεχομένου γίνεται εθελοντικά. Επομένως, οι εφαρμογές που συλλέγουν τις πληροφορίες τροχιάς από κινητά τηλέφωνα χωρίς την άμεση πρόθεση του ατόμου, δεν μπορεί να θεωρηθούν ως VGI. (Jacobs, 2018)

3.3 Εφαρμογές VGI

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα VGI παρέχουν εκτεταμένη ποσότητα ελεύθερα διαθέσιμων γεωγραφικών πληροφοριών, μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και να βελτιώσουν παραδοσιακά εργαλεία και τεχνικές. Τα VGI έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για ανθρωπιστικούς σκοπούς. Στην περίπτωση σεισμών, τα δεδομένα του OpenStreetMap χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τις ομάδες έρευνας και διάσωσης στις περιοχές όπου δεν υπήρχαν έγκυρα δεδομένα. Επιπλέον, τα VGI χρησιμοποιούνται για διαχείριση καταστροφών και έξυπνες μεταφορές. Χρησιμοποιούνται επίσης για τη χαρτογράφηση μεταδοτικών ασθενειών σε αστικές περιοχές. Τα VGI που βασίζονται σε χάρτη (map-based) μπορεί να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς. Για παράδειγμα, τα δεδομένα OSM χρησιμοποιούνται στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Τα VGI που βασίζονται σε χάρτη (map-based) χρησιμοποιούνται επίσης για τη διευκόλυνση της δρομολόγησης των ατόμων με κινητική αναπηρία. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα VGI είναι μια πολύτιμη πηγή πληροφοριών, παρόλο που η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από τη ροή πληροφορίας των VGI χρειάζεται ακριβή μοντελοποίηση. (Neis, 2014)

3.4 Ποιότητα γεωχωρικών δεδομένων

Η αξιολόγηση της ποιότητας είναι απαραίτητο μέρος οποιασδήποτε διαδικασίας. Όσον αφορά τα γεωγραφικά δεδομένα, έχουν γίνει διάφορες έρευνες για τον προσδιορισμό της ποιότητας. Τα γεωγραφικά δεδομένα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωστά σε διαφορετικές εφαρμογές, εκτός εάν η ποιότητά τους είναι καλή και προσδιοριστεί με τυπικό (βάσει standards) και μετρήσιμο τρόπο. Ως εκ τούτου, τη δεκαετία του 1980 η συζήτηση για την ποιότητα των γεωγραφικών δεδομένων ενισχύθηκε στην κυβέρνηση των ΗΠΑ και σε ορισμένα άλλα πανεπιστήμια. Αυτές οι συζητήσεις οδήγησαν σε συναίνεση των ερευνητών για πέντε βασικά στοιχεία ποιότητας γεωγραφικών δεδομένων, μεταξύ των οποίων ακρίβεια θέσης (position accuracy), ακρίβεια χαρακτηριστικών (attribute accuracy), λογική συνέπεια (logical consistency), πληρότητα (completeness) και καταγωγή (lineage). Η ποιότητα των γεωγραφικών δεδομένων πρέπει να περιγράφεται με τρόπο ώστε να έχουν την ίδια σημασία για όλους τους δημιουργούς και τους χρήστες αυτών γιατί αν η ποιότητα δεν εκφράζεται με μοναδικό τρόπο, τότε σίγουρα προκαλείται σύγχυση. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) προσπάθησε να αντιμετωπίσει αυτήν την ανάγκη και δημοσίευσε ένα πρότυπο για την ποιότητα των γεωγραφικών δεδομένων. Η Εικόνα 3.2 περιγράφει τα στοιχεία που αφορούν την ποιότητα των χωρικών δεδομένων με βάση το πρότυπο ISO 19157:2013.



Εικόνα 3.2. Αξιολόγηση ποιότητας γεωγραφικών δεδομένων σύμφωνα με το πρότυπο ISO 19157:2013. (Πηγή: ISO 19157: Geographic information - Data quality)

Τα στοιχεία ποιότητας που περιγράφονται από το πρότυπο ISO 19157 είναι: πληρότητα (completeness), λογική συνέπεια (logical consistency), ακρίβεια θέσης (positional accuracy), θεματική ακρίβεια (thematic accuracy), χρονική ποιότητα (temporal quality) και χρησιμότητα (usability). (Goodchild, 2012)

Η πληρότητα (completeness) είναι ένα στοιχείο που αξιολογεί την παρουσία και απουσία των γεωγραφικών στοιχείων ή των χαρακτηριστικών τους από τη βάση δεδομένων. Κατά τον προσδιορισμό της πληρότητας μπορεί να προκύψει είτε πλεόνασμα είτε έλλειμμα ως προς τα εξεταζόμενα γεωγραφικά στοιχεία. Η πληρότητα (completeness) διακρίνεται σε δύο ειδών: την πληρότητα των δεδομένων και την πληρότητα του μοντέλου. Η πληρότητα δεδομένων αναφέρεται στη σχέση μεταξύ των στοιχείων του συνόλου δεδομένων και των στοιχείων στον πραγματικό κόσμο, ενώ η πληρότητα του μοντέλου αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο το μοντέλο που περιγράφει την εφαρμογή είναι πλήρες. (Gurtill, 1995)

Η λογική συνέπεια (logical consistency) αξιολογεί εάν τα δεδομένα είναι σύμφωνα ή όχι με κάποιους κανόνες. Με βάση το ISO 19157, η λογική συνέπεια (logical consistency) συντίθεται από

τέσσερα μέρη: εννοιολογική συνέπεια (conceptual consistency), συνέπεια τομέα (domain consistency), συνέπεια μορφής (format consistency) και τοπολογική συνέπεια (topological consistency). Περιγράφει γενικά το κατά πόσο ακολουθούνται οι προδιαγραφές αναφορικά με τα δεδομένα. Η αξιολόγηση της λογικής συνέπειας (logical consistency) εξαρτάται από τις δομές δεδομένων και τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της φύσης των δεδομένων. (Devillers, 2017).

Η ακρίβεια θέσης (positional accuracy) αναφέρεται στην ακρίβεια της θέσης των στοιχείων στο χάρτη σε σύγκριση με την πραγματικότητα. Δεδομένου ότι ο προσδιορισμός της θέσης των στοιχείων στην επιφάνεια της Γης γίνεται από ένα σύνολο μετρήσεων, οι υπολογισμένες συντεταγμένες δεν μπορεί να είναι ποτέ ακριβώς σωστές. Η ακρίβεια θέσης (positional accuracy) των χαρακτηριστικών του χάρτη καθορίζεται από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται, την πολιτική χειριστή, την πολιτική ψηφιοποίησης. Προκειμένου να αξιολογηθεί η ακρίβεια θέσης (positional accuracy), η θέση του στοιχείου θα πρέπει να συγκριθεί με την «αληθινή» θέση του στην επιφάνεια της Γης. Η αριθμητική αξιολόγηση της ακρίβειας θέσης (positional accuracy) είναι ευκολότερη από άλλα ποιοτικά στοιχεία επειδή σχετίζεται με συντεταγμένες που είναι από τη φύση τους αριθμητικές.

Η θεματική ακρίβεια (thematic accuracy) αναφέρεται στον βαθμό ορθότητας και ακρίβειας των χαρακτηριστικών που περιγράφουν γεωγραφικά στοιχεία. Στο πρότυπο ISO, η χρονική ακρίβεια (temporal accuracy) αναφέρεται στην ακρίβεια των χρονικών χαρακτηριστικών και την ακρίβεια των μετρήσεων του χρόνου. Οι χρονικές πληροφορίες περιγράφουν την ημερομηνία απόκτησης των δεδομένων, την ώρα της τελευταίας ενημέρωσης και την περίοδο κατά την οποία τα δεδομένα θεωρούνται έγκυρα. Πληροφορίες για τη δημιουργία, τροποποίηση και τη διαγραφή χαρακτηριστικών θα πρέπει να αξιολογηθούν κατά τη χρονική αξιολόγηση ποιότητας.

Το πρότυπο ISO θεωρεί τη χρησιμότητα (usability) ως το τελευταίο στοιχείο της ποιότητας των δεδομένων. Η χρησιμότητα (usability) ορίζεται σε σχέση με τις διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις του χρήστη σε κάθε εφαρμογή. Έτσι, η χρησιμότητα (usability) δεν ορίζεται για κάθε σύνολο δεδομένων, αλλά ορίζεται με βάση την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιείται το σύνολο δεδομένων. Στην πραγματικότητα, αυτό το στοιχείο του προτύπου ISO αναφέρεται στην έννοια που ονομάζεται «καταλληλότητα για χρήση» από άλλους ερευνητές. Αυτή η έννοια σχετίζεται με το γεγονός ότι η ποιότητα των δεδομένων πρέπει πάντα να αξιολογείται σε σχέση με την εφαρμογή για την οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί επειδή ένα σύνολο δεδομένων μπορεί να είναι κατάλληλο για μια χρήση αλλά πλήρως ακατάλληλο για μια διαφορετική χρήση και εφαρμογή.

Υπάρχει μια ακόμα ταξινόμηση για την ποιότητα των χωρικών δεδομένων που αναφέρεται σε δύο κατηγορίες ποιότητας, την εσωτερική ποιότητα και την εξωτερική ποιότητα. Η εξωτερική ποιότητα των δεδομένων αναφέρεται στην καταλληλότητα για χρήση των δεδομένων στη συγκεκριμένη εφαρμογή που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Από την άλλη, η εσωτερική ποιότητα διερευνά τον βαθμό στον οποίο τα δεδομένα είναι σύμφωνα με τους κανόνες και τις προκαθορισμένες προδιαγραφές. (Arsanjani, 2018)

Στην πραγματικότητα, το πρότυπο ISO αναφέρεται σε πέντε εσωτερικά στοιχεία ποιότητας και το έκτο στοιχείο ποιότητας είναι η χρησιμότητα (usability) που αναφέρεται στην εξωτερική αξιολόγηση ποιότητας.

3.4.1 Ποιότητα συστημάτων VGI

Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες, η εμφάνιση του Web 2.0 έδωσε τη δυνατότητα στους πολίτες να παράγουν και να μοιράζονται περιεχόμενο μέσω διαδικτύου. Ένα σημαντικό μέρος αυτού του περιεχομένου έχει γεωγραφικό χαρακτήρα. Τα τελευταία χρόνια, χάρη στην ανάπτυξη του διαδικτύου και άλλων τεχνολογιών, οι πολίτες εμπλέκονται όλο και περισσότερο στη διαδικασία της γεωγραφικής παραγωγής περιεχομένου. Παραδοσιακά, το γεωγραφικό περιεχόμενο παράγεται από οργανισμούς και κυβερνήσεις. Η διασφάλιση ποιότητας σε οργανισμούς χαρτογράφησης ενεργοποιείται με δύο τρόπους.(Zhou,2019) Ο ένας τρόπος αφορά κανόνες και διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου για να διασφαλιστεί ότι οι μετρήσεις είναι ακριβείς, λαμβάνοντας ορισμένα δείγματα από τους χάρτες που έχουν παραχθεί και ο δεύτερος τρόπος αφορά τη σύγκριση με τις πηγές αναφοράς. Ωστόσο, ένα μεγάλο ποσοστό του γεωγραφικού περιεχομένου παράγεται από άτομα που δεν είναι απαραίτητα εξοικειωμένα με τα GIS και τα χωρικά δεδομένα. Έτσι, μια σοβαρή ανησυχία σχετικά με τα VGI είναι η ποιότητα του περιεχομένου από τον χρήστη επειδή δημιουργείται από μη ειδικούς που δεν ακολουθούν συγκεκριμένες οδηγίες ποιότητας ελέγχου.(Goodchild, 2012)

Ένα ποσοστό των VGI δημιουργείται απλώς με την ψηφιοποίηση εναέριων εικόνων από εθελοντές που δεν είναι καν εξοικειωμένοι με τη γειτονιά για την οποία συνεισφέρουν, ένα φαινόμενο που ονομάζεται «χαρτογράφηση πολυθρόνας» (armchairmapping). Ως εκ τούτου, έχουν γίνει διάφορες έρευνες για την αξιολόγηση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των δεδομένων VGI.(Chen, 1992)

Έχουν προταθεί τρεις κύριοι μηχανισμοί ποιοτικού ελέγχου για τα VGI, συμπεριλαμβανομένου του πληθοπορισμού (crowdsourcing) καθώς και κοινωνικών και γεωγραφικών μεθόδων. Αυτοί οι τρεις μηχανισμοί δεν ασχολούνται με την αξιολόγηση της ποιότητας του παραγόμενου περιεχομένου, αλλά είναι γενικοί τρόποι για να διασφαλιστεί ότι η παραγωγή θα λειτουργήσει καλά. Ο λόγος που εμφανίστηκε η ανάγκη για νέες μεθόδους αξιολόγησης της ποιότητας των VGI είναι ότι πρώτον, ο ρυθμός παραγωγής των πληροφοριών είναι πολύ υψηλός και δεύτερον υπάρχει μεγάλη διαφορά στη φύση των μεθόδων παραγωγής δεδομένων VGI με τους παραδοσιακούς τρόπους συλλογής γεωγραφικών δεδομένων.(Zhou, 2019)

Πληθοπορισμός (crowdsourcing) σημαίνει επίλυση ενός προβλήματος παραπέμποντάς το σε έναν τεράστιο αριθμό εθελοντών. Έτσι, υπάρχει εξάρτηση από τις γνώσεις του πλήθους των συμμετεχόντων να συλλέγει πληροφορίες. Το πλήθος των συμμετεχόντων όμως δεν δημιουργεί μόνο τις πληροφορίες, αλλά μπορεί επίσης να εντοπίσει τα σφάλματα στο περιεχόμενο. Αυτό το χαρακτηριστικό του πληθοπορισμού (crowdsourcing) είναι από τη φύση του ένας μηχανισμός ποιοτικού ελέγχου. Επομένως, στην περίπτωση του πληθοπορισμού (crowdsourcing) έχουμε ταυτόχρονα μέσω ενός μηχανισμού, τόσο την δημιουργία των δεδομένων όσο και τον ποιοτικό έλεγχο αυτών. Στην περίπτωση του OpenStreetMap, οι συνεισφέροντες εντοπίζουν και διορθώνουν τα χαρακτηριστικά ή τα μέρη του χάρτη που πιστεύουν ότι είναι λάθος. (Haklay, 2010)

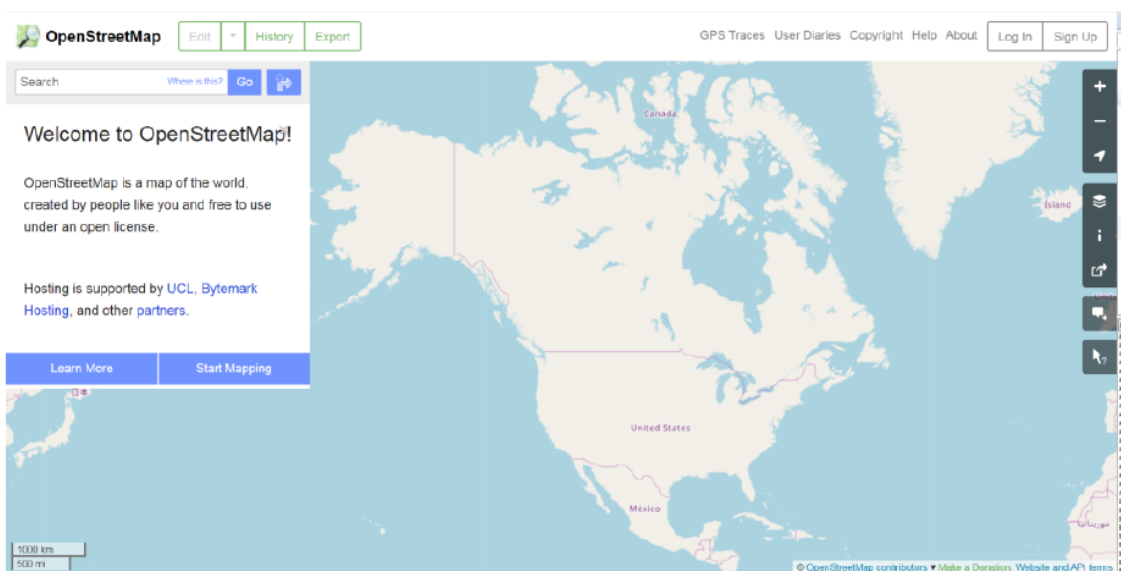
Ένας άλλος μηχανισμός που έχει προταθεί για τη διασφάλιση της ποιότητας των VGI είναι μια κοινωνική προσέγγιση. Αυτός ο μηχανισμός ονομάζεται επίσης «ιεραρχία των αξιόπιστων ατόμων» (hierarchy of trusted individuals) που ελέγχουν το περιεχόμενο που παράγεται από άλλους. Με βάση αυτόν τον μηχανισμό, μια ομάδα μελών της κοινότητας θα πρέπει να επιβλέπει τις διαδικασίες και το περιεχόμενο που παράγεται από τα άλλα μέλη (Copes, 2019). Στη συνέχεια, τα

δεδομένα θα πρέπει να επαληθευτούν και να γίνουν αποδεκτά από μια ελίτ ομάδα ακόμα μεγαλύτερης αξιοπιστίας πριν τη δημοσίευσή του στο διαδίκτυο. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται σε πολλές διαδικτυακές κοινότητες, όπως για παράδειγμα στη Wikipedia και στο OSM. Αυτή η ομάδα ειδικών χρηστών μπορεί να αποτρέψει την εμφάνιση σφαλμάτων, ακόμη και βανδαλισμούς.

Ο τρίτος μηχανισμός διασφάλισης ποιότητας δεδομένων VGI έχει να κάνει με τη γεωγραφική προσέγγιση. Με βάση τη γεωγραφική προσέγγιση, υπάρχει ένα σύνολο κανόνων που ακολουθούν τα γεωγραφικά στοιχεία. Έτσι, ελέγχοντας αυτούς τους κανόνες στο παραγόμενο περιεχόμενο, μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι τα σφάλματα εντοπίζονται και αφαιρούνται από τη βάση δεδομένων. Για παράδειγμα, ένας γεωγραφικός κανόνας για ένα νησί είναι ότι πρέπει να περιβάλλεται από νερό. Επομένως, αυτοί οι κανόνες πρέπει να καθοριστούν και η εγκυρότητα του νέου περιεχομένου θα πρέπει να επαληθευτεί από αυτούς τους κανόνες.

3.5 OpenStreetMap (OSM)

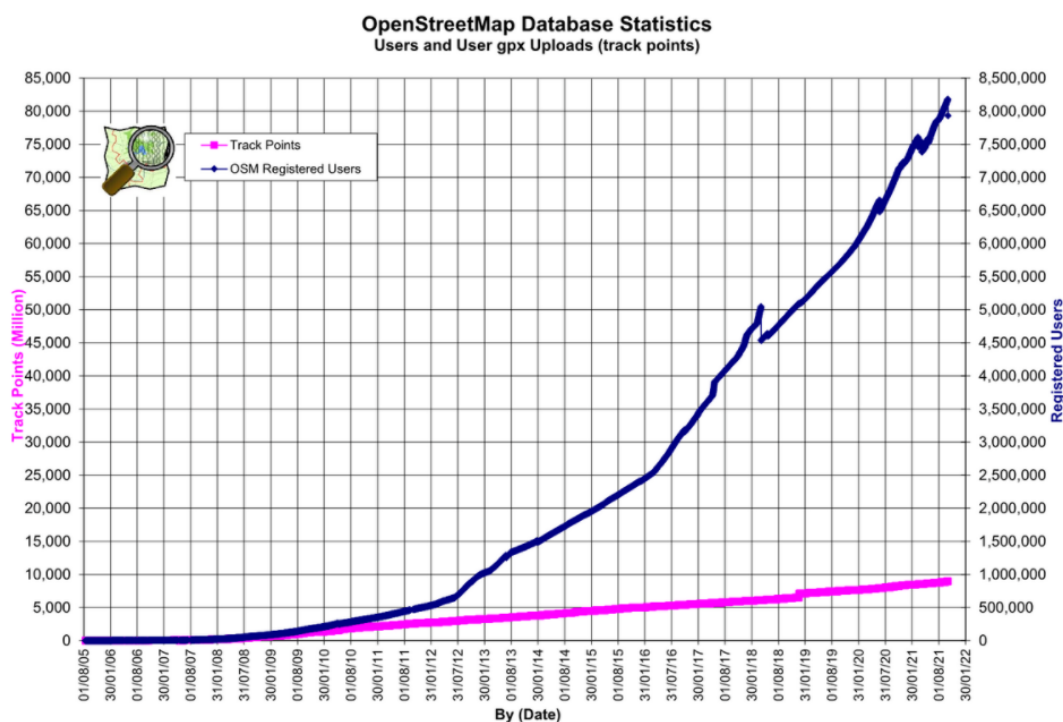
Το OpenStreetMap είναι ένα διαδικτυακό έργο που στοχεύει στο να προσφέρει πόρους στους εθελοντές με σκοπό να συμμετάσχουν στη διαδικασία της χαρτογράφησης του κόσμου και, στο τέλος, να δημιουργηθεί ένας ελεύθερα προσβάσιμος χάρτης του κόσμου. Ο σκοπός αυτού του έργου είναι η δωρεάν παροχή γεωγραφικών δεδομένων του κόσμου τα οποία ενημερώνονται με τη βοήθεια των εθελοντών. Το OpenStreetMap μπορεί να θεωρηθεί ως ένας γεωγραφικά ρητός τύπος VGI που βασίζεται σε χάρτη (map-based). Αυτό το έργο ξεκίνησε στο University College του Λονδίνου (UCL), όπου σπούδασε ο Steve Coast, ο ιδρυτής του OSM. Το OSM ξεκίνησε το 2004 και έκτοτε διογκώνεται συνεχώς όσον αφορά τον όγκο των πληροφοριών που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Το OSM παρέχει στους χρήστες εργαλεία για την επεξεργασία του χάρτη καθώς επίσης και την προσθήκη και αφαίρεση χαρακτηριστικών. (Haklay, 2008)



Εικόνα 3.3. Στιγμιότυπο από τον ιστότοπο του OpenStreetMap. (Πηγή: <https://www.openstreetmap.org>)

Το γεγονός ότι ο Μπιλ Κλίντον, πρώην πρόεδρος των ΗΠΑ, αποφάσισε να παρέχει δωρεάν πρόσβαση σε δεδομένα GPS το 2000, βελτίωσε τις μεθόδους συλλογής δεδομένων από δέκτες GPS. Το OSM χρησιμοποιεί δέκτες GPS ως μέθοδο συλλογής δεδομένων. Τα ίχνη GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χαρτογράφηση των δρόμων (Haklay, 2008). Το OSM έχει τρεις κύριες πηγές δεδομένων: ψηφιοποίηση εναέριων εικόνων, επεξεργασία ιχνών GPS και εισαγωγή γεωγραφικών δεδομένων από έγκυρες πηγές. Η Yahoo έχει αποδεχθεί να παρέχει στην OSM δωρεάν εικόνες που επιτρέπουν στους χρήστες να παράγουν γεωγραφικό περιεχόμενο από ψηφιοποίηση των εικόνων. (Zhang, 2017).

Οι συντελεστές του OSM συμμετέχουν στο έργο με διαφορετικά κίνητρα. Ο αριθμός των χρηστών OSM αυξάνεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου (2004-2021) εκτός από μερικές περιπτώσεις που ορισμένοι συμμετέχοντες αποφάσισαν να αποσυρθούν από το έργο για διαφορετικούς λόγους. Για παράδειγμα, όταν η βρετανική εθνική υπηρεσία χαρτογράφησης δημοσίευσε γεωγραφικά δεδομένα της χώρας ελεύθερα, απογοήτευσε πολλούς συνεισφέροντες στο έργο OSM. Άλλο ένα γεγονός που επηρέασε το ποσοστό απόσυρσης ήταν η αλλαγή άδειας χρήσης του OSM. Υπολογίστηκε ότι σχεδόν 2000 συνεισφέροντες εγκατέλειψαν το έργο μετά την αλλαγή της άδειας (Devillers, 2017).



Εικόνα 3.4. Το πλήθος των χρηστών του OSM με την πάροδο του χρόνου. (Πηγή:OSMWiki, 2019)

3.5.1 Δομήδεδομένων OSM (Data Structure)

Τα δεδομένα OSM χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Τα γεωγραφικά στοιχεία (δρόμοι και κτίρια) στη βάση δεδομένων OSM αποθηκεύονται με μια μορφή δύο τμημάτων. Το ένα είναι το γεωγραφικό τμήμα και το άλλο είναι το τμήμα χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά, τα οποία περιγράφουν τα στοιχεία στον πραγματικό κόσμο, αποθηκεύονται στη

βάση δεδομένων ως ετικέτες (tags). Κάθε ετικέτα αντιπροσωπεύει ένα χαρακτηριστικό του αντικειμένου. Το γεωγραφικό τμήμα αποτελείται από τρεις κύριες ομάδες: κόμβους (nodes), διαδρομές (ways) και σχέσεις (relations). Αυτό το μοντέλο δεν ακολουθεί τις παραδοσιακές μεθόδους του GIS, όπου χρησιμοποιούνται σημεία, γραμμές και πολύγωνα για να αναπαραστήσουν τα χαρακτηριστικά. Οι κόμβοι (nodes) είναι απλώς σημεία που αποθηκεύονται χρησιμοποιώντας ένα ζεύγος συντεταγμένων στο WGS84 σύστημα αναφοράς και είναι χρήσιμα για την αποθήκευση χαρακτηριστικών χωρίς μέγεθος. Από την άλλη, οι διαδρομές (ways) είναι ίδια τεταγμένα σύνολα κόμβων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση γραμμικών χαρακτηριστικών (απλή ή τεθλασμένη γραμμή εάν είναι ανοιχτά και πολύγωνο εάν είναι κλειστά) στη βάση δεδομένων OSM. Οι σχέσεις (relations) είναι διατεταγμένα σύνολα κόμβων και διαδρομών που είναι χρήσιμοι για αποθήκευση των σχέσεων μεταξύ των στοιχείων του χάρτη. Για παράδειγμα, το OSM χρησιμοποιεί σχέσεις (relations) για να αποθηκεύσει τους περιορισμούς στροφής για τα στοιχεία δρόμου στη βάση δεδομένων. Όλες οι επεξεργασίες που κάνουν οι συμμετέχοντες στη βάση δεδομένων του OSM αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων PostgreSQL (η οποία είναι μια βάση δεδομένων ανοιχτού κώδικα) με επέκταση PostGIS. Η PostGIS είναι μια επέκταση ανοιχτού κώδικα για την PostgreSQL που επιτρέπει την αποθήκευση χωρικών δεδομένων όπως σημειακές γραμμές και πολύγωνα. Επιπλέον, το PostGIS παρέχει μια ποικιλία λειτουργιών για εργασία με χωρικά χαρακτηριστικά.

3.5.2 Σήμανση με ετικέτες στο OSM (Tags)

Οι ετικέτες στο OSM είναι απλώς ζεύγη της μορφής "κλειδί= τιμή" που αντιπροσωπεύουν χαρακτηριστικά ενός στοιχείου στον πραγματικό κόσμο. Τα μεταδεδομένα του OSM αποθηκεύονται στις ετικέτες (Cores, 2019). Σε αντίθεση με το γεωμετρικό τμήμα του στοιχείου, οι ετικέτες μπορούν να αλλάζουν πολύ συχνά. Οι ετικέτες που έχουν αντιστοιχιστεί είναι προσβάσιμες μέσω της υπηρεσίας TagInfo (<https://taginfo.openstreetmap.org/>). Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει στους χρήστες να μάθουν τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα κλειδιά και τιμές στο OSM (Hakley, 2008).

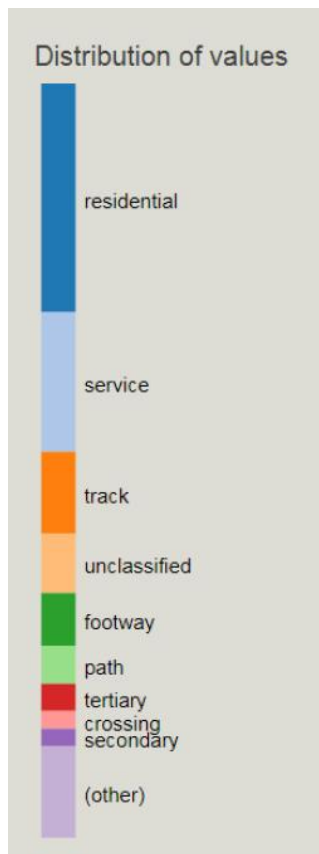
Το OSM παρέχει μια λίστα με ζεύγη κλειδίων = τιμών για χρήση από τους συμμετέχοντες στη διαδικασία προσθήκης ετικετών του OpenStreetMap (https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features). Αυτή η σελίδα περιγράφει ποια είναι η διαφορά μεταξύ των βασικών ετικετών και προτείνει ένα σύνολο μοναδικών ετικετών για την αύξηση της ομοιομορφίας του χάρτη. Για παράδειγμα, σε αυτή τη σελίδα, δίνονται κατευθυντήριες γραμμές για διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών κλειδίων αυτοκινητόδρομου, όπως πρωτεύον, δευτερεύον, τριτογενής και οικιστικός. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι συμμετέχοντες δεν ακολουθούν αυστηρά αυτές τις οδηγίες, υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στο OSM. (Mooney, 2017)

Παρόλο που το OSM παρέχει μια λίστα με πιθανές βασικές ετικέτες, οι συμμετέχοντες μπορούν να επιλέξουν οποιαδήποτε ετικέτα πιστεύουν ότι είναι κατάλληλη για την περιγραφή του στοιχείου. Επομένως, δεν υπάρχει περιορισμός για τη χρήση κλειδίων και τιμών για ετικέτες στο OSM. Υπάρχει μια τεράστια συζήτηση σχετικά με το εάν αυτή η μέθοδος επισήμανσης είναι αποτελεσματική ή όχι. Αυτή η προσθήκη ετικετών σε ελεύθερο στυλ παρέχει την ελευθερία στους χρήστες να προσθέτουν οποιαδήποτε πληροφορία στον χάρτη. Ωστόσο, δεν υπάρχει επαρκής έλεγχος πάνω από τις ετικέτες που χρησιμοποιούν οι συμμετέχοντες στο OSM (Siebritz, 2014).

Τα ορθογραφικά λάθη και η έλλειψη γνώσης για τη γειτονιά μπορεί να προκαλέσουν εκχώρηση περισσότερων από μία τιμές στο ένα κλειδί. Είναι πιθανό ένα χαρακτηριστικό να

υποβάλλεται σε επεξεργασία από περισσότερους από έναν συμμετέχοντες ή περισσότερες από μία φορές από ένα μόνο συμμετέχων. Σε αυτήν την περίπτωση, εάν ο αριθμός των επεξεργασιών σε ένα χαρακτηριστικό στο OSM είναι μεγαλύτερος από ένα προκαθορισμένο όριο, το χαρακτηριστικό ονομάζεται «δημοφιλές χαρακτηριστικό» (popular feature) (Mooney, 2017).

Χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Taginfo, οι ερευνητές μπορούν να εξερευνήσουν τις ετικέτες και να έχουν πληροφορίες σχετικά με το περιεχόμενο ετικετών της βάσης δεδομένων του OSM. Η Εικόνα 3.5 απεικονίζει την κατανομή των τιμών για το κλειδί "εθνική οδό" σε ολόκληρη τη βάση δεδομένων του OSM.



Εικόνα 3.5.Κατανομή των τιμών για το κλειδί "εθνική οδό" σε ολόκληρη τη βάση δεδομένων του OSM.(Πηγή:OSMWiki, 2018)

Η πλειονότητα των χαρακτηριστικών που επισημαίνονται από τον βασικό "εθνικό δρόμο" έχει την αντιστοιχία residential. Σημαίνει ότι η πιο συχνή ετικέτα στη βάση δεδομένων είναι "highway = residential". Τα "Service", "Track" και "Unclassified" είναι οι περισσότερο συχνές τιμές στη βάση δεδομένων του OSM.

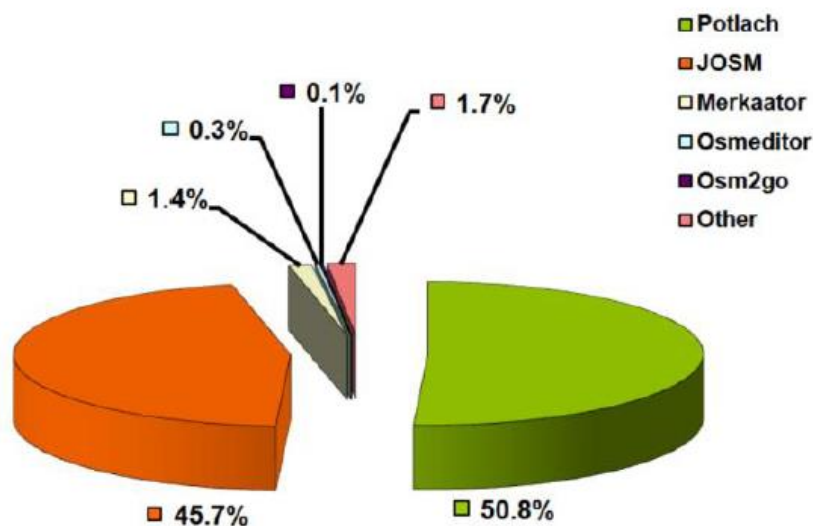
3.5.3 Κίνητρα χρηστών OSM (Motivation of users)

Το Openstreetmap είναι μια διαδικτυακή κοινότητα όπου συγκεντρώνονται πολλοί πολίτες και συμβάλλουν στην επίτευξη ενός κοινού στόχου. Σε αυτές τις διαδικτυακές κοινότητες, η επιτυχία του έργου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμβολή των μελών. Αυτοί οι συμμετέχοντες κινητοποιούνται από μια ποικιλία διαφορετικών λόγων και κινήτρων για συνεισφορά, και μπορεί να αποσυρθούν από την κοινότητα εάν χάσουν το κίνητρό τους (Devillers, 2017). Μελέτες έδειξαν ότι οι

άνθρωποι έχουν διαφορετικά κίνητρα για να συνεισφέρουν στο έργο του OSM. Ορισμένα παραδείγματα τέτοιων κινήτρων είναι το ενδιαφέρον για δωρεάν διάθεση πληροφοριών προς το κοινωνικό σύνολο (εκδημοκρατισμός των δεδομένων), η αίσθηση καθήκοντος εντός μιας κοινότητας ή ακόμα και η δυσαρέσκεια απέναντι σε υπηρεσίες χαρτογράφησης της χώρας καταγωγής του συμμετέχοντα. Σημειώνεται ότι δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο κατά το οποίο οι επίσημες υπηρεσίες χαρτογράφησης μιας χώρας ζητούν χρηματικά αντίτιμα για παροχή των δεδομένων στους πολίτες ή σε οποιονδήποτε άλλο ενδιαφερόμενο (Haklay, 2008).

3.5.4 Εργαλεία επεξεργασίας και χρήσης των δεδομένων του OSM

Δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ της επεξεργασίας δεδομένων στο OSM ή σε άλλες διαδικτυακές κοινότητες. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το OSM αφορά χωρικά δεδομένα, είναι απαραίτητο να παρέχει στους χρήστες εργαλεία για τη δημιουργία, επεξεργασία και διαγραφή χωρικών στοιχείων. Για παράδειγμα, εργαλεία ψηφιοποίησης δρόμων από αεροφωτογραφίες ή εργαλεία για μεταφόρτωση χωρικών δεδομένων στη βάση δεδομένων του OSM.



Εικόνα 3.6. Κατανομή χρήσης των εργαλείων επεξεργασίας δεδομένων OSM. (Πηγή: Antoniou, 2011)

Η Εικόνα 3.6 απεικονίζει τον τρόπο με τον οποίο μοιράζεται η χρήση των εργαλείων επεξεργασίας δεδομένων OSM. Με βάση αυτό το σχήμα, τα Potlach και JOSM είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα εργαλεία επεξεργασίας δεδομένων στο OSM. Δεν υπάρχει τεράστια διαφορά μεταξύ τους και οι συμμετέχοντες μπορούν να επιλέξουν το εργαλείο επεξεργασίας με βάση τις προσωπικές τους προτιμήσεις και το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιούν.

Η δεύτερη κατηγορία εργαλείων του OSM είναι τα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί για να μπορεί ο χρήστης να εργαστεί με τα δεδομένα του OSM. Ένα από τα πιο διάσημα εργαλεία ανοιχτού κώδικα για εργασία με τα δεδομένα του OSM είναι το Osm2postgresql (<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osm2postgresql>). Αυτό το εργαλείο επιτρέπει στους χρήστες να ανεβάσουν τα ληφθέντα OSM δεδομένα σε μια βάση δεδομένων PostgreSQL με επέκταση PostGIS.

Το OSM PythonTools είναι μια βιβλιοθήκη Python ανοιχτού κώδικα που επιτρέπει τον χειρισμό δεδομένων OSM. Αυτή η βιβλιοθήκη εσωτερικά είναι δομημένη με βάση τις βιβλιοθήκες Pandas και Matplotlib. Επιπλέον, υπάρχει μια ποικιλία εργαλείων με βάση τη γλώσσα προγραμματισμού R για την εξερεύνηση δεδομένων OSM.

3.5.5 Άδεια χρήσης δεδομένων OSM

Το OSM επιτρέπει σε όλους την πρόσβαση, λήψη, επεξεργασία και χρήση των δεδομένων του ελεύθερα, επειδή τα δεδομένα του OSM βρίσκονται υπό την άδεια OpenDatabaseLicense (ODbL). Αυτή η άδεια επιτρέπει οποιαδήποτε χρήση των δεδομένων αρκεί να αναφέρεται ότι τα δεδομένα προέρχονται από λήψη από τη βάση δεδομένων OSM και επίσης, τα αποτελέσματα της εργασίας δημοσιεύονται υπό την ίδια άδεια OpenDatabaseLicense (ODbL). Η άδεια των δεδομένων OSM δεν ήταν ODbL από την αρχή του έργου. Αυτή η άδεια έχει αλλάξει γιατί η προηγούμενη άδεια δεν ήταν κατάλληλη για χωρικά δεδομένα αφού δεν επέτρεπε την επεξεργασία ή τον συνδυασμό με άλλα δεδομένα. Ως εκ τούτου, στις 12 Σεπτεμβρίου 2012, η άδεια χρήσης της βάσης δεδομένων OSM άλλαξε σε ODbL που επιτρέπει οποιαδήποτε χρήση δεδομένων όταν αναφέρεται η πηγή(Hochmair, 2018).

3.5.6 Κοινωνική διάσταση OSM

Το OSM δεν είναι μόνο ένα έργο χαρτογράφησης, αλλά έχει μια κοινωνική διάσταση. Για παράδειγμα, το 2010, όταν έγινε ο σεισμός στην Αϊτή, μια ομάδα συμμετεχόντων του OSM άρχισε να χαρτογραφεί την Αϊτή. Το κίνητρο αυτής της ομάδας ήταν να βοηθήσει τις ομάδες έρευνας και διάσωσης να έχουν χάρτες της Αϊτής. Ως εκ τούτου, 600 συμμετέχοντες από όλο τον κόσμο βοήθησαν στην παροχή ενός χάρτη της Αϊτής σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τελικά, η Ανθρωπιστική Ομάδα OpenStreetMap (HOT) δημιουργήθηκε και το 2013 εγγράφηκε ως μη κερδοσκοπικός οργανισμός στις Η.Π.Α. (Hochmair, 2018).

3.6 Ποιότητα δεδομένων OSM

Η αξιολόγηση της ποιότητας των γεωγραφικών δεδομένων είναι απαραίτητη προτού οι χρήστες χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα σε οποιαδήποτε εφαρμογή. Ωστόσο, η περιγραφή της ποιότητας των δεδομένων είναι συνήθως δύσκολη. Χωρίς πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα ενός συνόλου δεδομένων, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος κακής χρήσης τους. Ως εκ τούτου, ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα στην αξιολόγηση ποιότητας είναι η αξιολόγηση της «καταλληλότητας για χρήση». Υπάρχουν δύο βασικές σχολές σκέψης για την «ποιότητα δεδομένων». Η πρώτη προσπαθεί να αξιολογήσει την ποιότητα μέσω της παρουσίας σφαλμάτων και ονομάζεται «εσωτερική ποιότητα». Η δεύτερη προσπαθεί να αξιολογήσει την ποιότητα των δεδομένων σύμφωνα με το πόσο καλά ανταποκρίνονται στις ανάγκες του χρήστη και ονομάζεται «εξωτερική ποιότητα».

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες του OSM δεν είναι απαραίτητα ειδικοί στη συλλογή GIS ή χωρικών δεδομένων. Έτσι, υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες τόσο για την εσωτερική όσο και για την εξωτερική ποιότητα των δεδομένων OSM. Είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η ποιότητα των δεδομένων του OSM πριν αυτά χρησιμοποιηθούν σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

Σε αυτή την ενότητα, γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνητικών εργασιών που ασχολούνται με την ποιότητα των δεδομένων OSM. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην ποιότητα των δεδομένων για δρόμους και κτίρια σε ξεχωριστές υποενότητες.

Οι Jiménez και Terón (2018) πρότειναν ένα μοντέλο για την αξιολόγηση της ποιότητας των ετικετών (tags) του OSM. Χρησιμοποίησαν την υπηρεσία Taginfo ως εργαλείο για την εκτέλεση ερωτημάτων σχετικά με τις ετικέτες του OSM. Το Taginfo μπορεί να θεωρηθεί ως εργαλείο που βοηθά τους ερευνητές να μάθουν πληροφορίες σχετικά με τις ετικέτες που έχουν προσθέσει οι συμμετέχοντες στη βάση δεδομένων OSM. Για να υπάρξουν κάποια ποσοτικά μέτρα για την αξιολόγηση της ποιότητας των ετικετών, πρότειναν τα έξι ακόλουθα μέτρα ποιότητας: πληρότητα (completeness), συμμόρφωση (compliance), συνέπεια (consistency), βαθμός λεπτομέρειας (granularity), πλούτος (richness) και εμπιστοσύνη (trust). Όσον αφορά τις ετικέτες που περιγράφουν τις επιχειρήσεις, προέκυψε ότι οι ετικέτες που περιγράφουν το όνομα της επιχείρησης είναι πολύ πιο πλήρεις από τις ετικέτες που περιγράφουν τον αριθμό τηλεφώνου ή τις ώρες λειτουργίας. Όσον αφορά το οδικό δίκτυο, συνειδητοποίησαν ότι οι ετικέτες που περιγράφουν το όνομα είναι πολύ πιο πλήρεις από ότι οι ετικέτες που περιγράφουν αν ένας δρόμος είναι μονής ή διπλής κατεύθυνσης και ποιο είναι το όριο ταχύτητας.

Οι Nasiri, Abbaspour, Chehregghan και Arsanjani (2018) πρότειναν ένα μοντέλο που χρησιμοποιεί το ιστορικό όλων των επεξεργασιών σε ένα χαρακτηριστικό και βελτιώνει την ακρίβεια θέσης του χαρακτηριστικού.

Οι Juhász και Hochmair (2018) ζήτησαν από τρεις διαφορετικές ομάδες να εισάγουν δεδομένα στη βάση δεδομένων OSM. Οι τρεις ομάδες ήταν μαθητές, ντόπια μέλη της κοινότητας, καθώς και τακτικοί συμμετέχοντες του OSM. Τους ζητήθηκε να εισάγουν τα δεδομένα. Μετά, η συνεισφορά των τριών διαφορετικών ομάδων αναλύθηκε για να διαπιστωθεί η συμπεριφορά τους απέναντι στην εργασία που τους ανατέθηκε. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες που είχαν εξωτερικά κίνητρα για συνεισφορά δεν συνέχισαν τη συνεισφορά. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι μαθητές σταμάτησαν να συνεισφέρουν μετά τη λήξη της προθεσμίας του μαθήματος. Ωστόσο, οι τακτικοί συμμετέχοντες του OSM συνέχισαν τη συνεισφορά τους και μετά το τέλος της έρευνας. Διαπίστωσαν ότι η ανάθεση της εργασίας εισαγωγής δεδομένων στο OSM μπορεί να αποτελέσει κίνητρο για προσέλκυση νέων συμμετεχόντων στο OSM.

Οι Bégin, Devillers, και Roche (2017) αξιολόγησαν τον κύκλο ζωής των συμμετεχόντων στο έργο OSM. Ανέλυσαν το ιστορικό όλων των επεξεργασιών που έχουν γίνει από οποιονδήποτε συμμετέχοντα για να μάθουν πότε ένας εγγεγραμμένος συμμετέχων εγκαταλείπει το έργο. Συνειδητοποίησαν ότι ο κύκλος ζωής των συμμετεχόντων θα μπορούσε να χωριστεί σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση ονομάζεται «αξιολόγηση» και σχετίζεται με το χρόνο που οι συμμετέχοντες εξοικειώνονται με το έργο. Η δεύτερη φάση ονομάζεται "δέσμευση" και αναφέρεται στη διάρκεια που οι συμμετέχοντες συνεχίζουν να συνεισφέρουν όταν ένας μεγάλος αριθμός από αυτούς έχει ήδη εγκαταλείψει το έργο. Η τελευταία φάση ονομάζεται «αποδέσμευση» και αναφέρεται στη διάρκεια που μετά από μια μεγάλη περίοδο της συνεισφοράς, ακόμη και οι αφοσιωμένοι συμμετέχοντες εγκατέλειψαν το έργο. Συμπερασματικά παρατηρήθηκε ότι ο τρόπος με τον οποίο οι συμμετέχοντες εγκαταλείπουν το έργο δεν ακολουθεί κάποιο σαφές μοτίβο. Έτσι είναι τελικά δύσκολο να γνωρίζει κανείς εάν οι χρήστες εγκαταλείπουν το έργο ή βρίσκονται σε περίοδο διαλείμματος από τη συνεισφορά. Ταυτόχρονα, παραμένει άγνωστο το διάστημα που μπορεί να καταλαμβάνει αυτή η περίοδος διαλείμματος.

Τα χαρακτηριστικά στο OSM είναι στην πραγματικότητα οι ετικέτες (tags). Αυτές οι ετικέτες είναι ζεύγη "κλειδί = τιμή" που χρησιμοποιούν οι συμμετέχοντες για να περιγράψουν τα στοιχεία του χάρτη. Δεν υπάρχει κανένα εγχειρίδιο κανόνων ή αυστηρός κανονισμός για τις διαδικασίες προσθήκης ετικετών. Επομένως, οι συμμετέχοντες επιλέγουν τις ετικέτες με βάση τη δική τους γνώμη. Μια από τις έρευνες που προσπάθησαν να αναλύσουν την ποιότητα των ετικετών έγινε από τους Davidovic, Mooney, Stoimenon, και Minghini το 2016. Συγκεκριμένα προσπάθησαν να απαντήσουν στο ερώτημα: «σε ποιο βαθμό οι συνεισφέροντες στο OSM ακολουθούν γενικές κατευθυντήριες γραμμές για την επισήμανση». Για να έχουν καλύτερο αποτέλεσμα επέλεξαν 40 πόλεις από όλο τον κόσμο. Συνειδητοποίησαν ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, οι συμμετέχοντες δεν ακολουθούν τις οδηγίες και οι ετικέτες δεν συμμορφώνονται με τους κανόνες του OSM.

Ένας αριθμός ερευνών προσπάθησε να εντοπίσει πιθανά μοτίβα κατά τη συνεισφορά στο OSM. Συγκεκριμένα, οι Yang, Fan, Jing, Sun, και Zipf (2016) ανακάλυψαν ότι η πλειοψηφία των δεδομένων του OSM προστίθεται από μια μειοψηφία συμμετεχόντων ενώ οι υπόλοιποι δεν είχαν αξιόλογη συνεισφορά στη δημιουργία δεδομένων. Ανισότητα συνεισφοράς υπάρχει σε όλες τις διαδικτυακές συνεργατικές κοινότητες. Συμπέραναν ότι στη Γερμανία το 2007, το 20% της κοινότητας πρόσθεσε το 95% των δεδομένων, ενώ το 2014, μόλις το 5% των μελών είχε την ίδια συνεισφορά (95%).

Οι Camboim, Bravo, και Sluter (2015), υποστήριξαν ότι η αξιοπιστία των δεδομένων OSM μπορεί να αξιολογηθεί με τη μέτρηση της πληρότητας και της ταχύτητας με την οποία γίνονται ενημερώσεις. Έτσι, ανέλυσαν την πληρότητα από την οποία χαρακτηρίζεται το OSM και πόσο γρήγορα προστίθενται οι νέες πληροφορίες στη βάση δεδομένων. Επιπλέον, υπέθεσαν ότι οι άνθρωποι συνήθως προσθέτουν πληροφορίες για τα μέρη που γνωρίζουν. Επομένως, λογικά θα πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερη συνεισφορά στις αστικές περιοχές από ότι στις αγροτικές περιοχές, και το OSM στις αστικές περιοχές θα πρέπει να έχει υψηλότερη πληρότητα. Ακόμα, προσπάθησαν να ανακαλύψουν τη σχέση πληθυσμού και εισοδήματος μιας περιοχής με την πληρότητα αυτής της περιοχής στο OSM. Έλαβαν επίσης υπόψη τους δύο παρακάτω παράγοντες και συγκεκριμένα τον αριθμό των συμμετεχόντων που εργάζονται σε κάθε περιοχή και τον αριθμό των ημερών από την τελευταία ενημέρωση. Κατέληξαν ότι στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές, το OSM έχει υψηλότερη πληρότητα και επίσης ενημερώνεται ταχύτερα.

Μεταξύ Οκτωβρίου 2009 και Ιουλίου 2012, σχεδόν 200 χρήστες OSM αποκλείστηκαν λόγω ύποπτων δραστηριοτήτων. Αυτού του είδους οι δραστηριότητες που προσθέτουν σκόπιμα σφάλματα στη βάση δεδομένων αποτελούν μεγάλη απειλή για τον κύριο στόχο του OSM. Ως εκ τούτου, προτάθηκε ένα σύνολο κανόνων για να ανακαλύψει τις πιθανές δραστηριότητες υπονόμευσης του OSM.

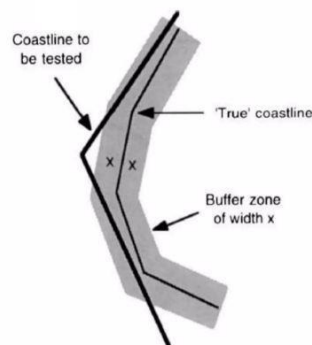
3.6.1 Ποιότητα δεδομένων OSM: Δρόμοι

Τα οδικά δεδομένα αποτελούν σημαντικό μέρος των δεδομένων OSM και ήταν ο πρωταρχικός στόχος του έργου OSM. Η ποιότητα των δρόμων είναι πολύ σημαντική για τις εφαρμογές πλοήγησης ή άλλες χρήσεις των δεδομένων. Υπάρχουν πολλές έρευνες που διεξάγονται με σκοπό την ανάπτυξη μεθόδων και εργαλείων για την αξιολόγηση της ποιότητας του οδικού δικτύου OSM. Ο Koukoletsos (2012), αξιολόγησε την ποιότητα των γραμμικών δεδομένων σε VGI. Όπως υποστήριξε, η ποιότητα των γραμμικών δεδομένων μπορεί να είναι πολύ σημαντική για πολλές περιπτώσεις, όπως στις εφαρμογές πλοήγησης. Στην ίδια έρευνα προτάθηκε ένα μοντέλο

επτά σταδίων για την εύρεση αντιστοιχιζόμενων χαρακτηριστικών μεταξύ δύο βάσεων δεδομένων γιατί είναι το πρώτο βήμα στη διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας. Τέλος, χρησιμοποίησε τη μέθοδο buffer που είχε προταθεί από τους Goodchild και Hunter το 1997, (Goodchild and Hunter, 1997) προκειμένου να αξιολογηθεί η ακρίβεια θέσης των οδικών δεδομένων OSM.

Goodchild and Hunter (1997), Hunter (1999) method

- Assuming that one dataset is of higher quality
- Create buffer around the dataset with known width
- Calculate the percentage of the evaluated dataset that falls within the buffer



Εικόνα 3.7. Μέθοδος buffer (Πηγή: Goodchild, 1997 & Hunter, 1999)

Μία από τις πρώτες και πιο σημαντικές έρευνες σχετικά με τα οδικά δεδομένα OSM έχει γίνει από τον Hakley (2010). Χρησιμοποίησε τη μέθοδο buffer για την αξιολόγηση της ποιότητας των δρόμων OSM. Με βάση αυτή τη μέθοδο, το μήκος των δρόμων OSM που εμπίπτουν μέσα στο buffer X m γύρω από το αντικείμενο αναφοράς μπορεί να είναι ένδειξη της ακρίβειας θέσης των δρόμων OSM. Συνειδητοποίησε ότι σχεδόν το 80% των δρόμων του OSM βρίσκονται σε απόσταση 6 μέτρων από το οδικό δίκτυο αναφοράς στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2010. Επιπλέον, παρατήρησε ότι σχεδόν το 30% των δρόμων με δεδομένα αναφοράς προστίθεται στη βάση δεδομένων OSM στα πρώτα 4 χρόνια του έργου. Διαπίστωσε ακόμα ότι σχεδόν οι μισοί δρόμοι στη βάση δεδομένων του OSM δεν είχαν όνομα το 2010.

Ο Jacobs (2018) αξιολόγησε την ποιότητα των δρόμων και των κτιρίων OSM στην περιοχή Ottawa-Gatineau. Χρησιμοποίησε μια μέθοδο buffer για την αξιολόγηση της ακρίβειας θέσης των δρόμων OSM. Στην περιοχή αυτή, το 2018, το 70% των δρόμων ήταν εντός απόστασης 5 μέτρων από τους δρόμους αναφοράς, ενώ μόνο το 76% των δρόμων OSM ήταν σε απόσταση 10 μέτρων από ότι οι δρόμοι αναφοράς. Συνειδητοποίησε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της ακρίβειας θέσης για τους μεγάλους και δευτερεύοντες δρόμους. Συνειδητοποίησε ότι το 2017, το 93% των δρόμων αναφοράς υπήρχε στη βάση δεδομένων OSM. Επιπλέον, διαπίστωσε ότι υπάρχει πλεόνασμα από δρόμους στο OSM σε σχέση με την πραγματικότητα σε ορισμένες γειτονιές.

Οι Girres και Touya (2010) έκαναν πολύτιμη έρευνα σχετικά με την ποιότητα της γαλλικής βάσης δεδομένων OSM. Αυτή η έρευνα είναι μια από τις λίγες που διερεύνησαν σχεδόν όλα τα στοιχεία της ποιότητας των δεδομένων ταυτόχρονα. Αναφορικά με την ακρίβεια θέσης των σημειακών αντικειμένων, βρήκε ότι το σφάλμα θέσης είναι κυρίως μεταξύ 2,5 m έως 10 m. Αυτός χρησιμοποίησε την Ευκλείδεια απόσταση για να μετρήσει το σφάλμα θέσης των σημειακών αντικειμένων. Όσον αφορά τους δρόμους, το λάθος θέσης ήταν μεταξύ 5 και 12 μέτρων το 2010 στη

Γαλλία. Στο πλαίσιο της ίδιας έρευνας υποστήριξε ότι ο αριθμός των ετικετών αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων σε κάθε περιοχή της Γαλλίας το 2010. Επίσης, παρατήρησε ότι σχεδόν όλες οι ετικέτες και οι σημασιολογικές πληροφορίες των κύριων δρόμων στη γαλλική βάση δεδομένων OSM είναι σωστές, ενώ μόνο οι μισές ετικέτες που αφορούν τους δευτερεύοντες δρόμους είναι σωστοί.

Ο Zhang (2017) αξιολόγησε την ποιότητα του καναδικού οδικού δικτύου το 2017. Αυτή η έρευνα έχει δύο μέρη: στο πρώτο μέρος αξιολογήθηκαν η πληρότητα, η ακρίβεια θέσης και η ακρίβεια των χαρακτηριστικών, και στο δεύτερο μέρος πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για να μετρηθεί η συσχέτιση μεταξύ του ιστορικού επεξεργασίας και της ακρίβειας των δεδομένων OSM. Παρατηρήθηκε ότι το 77% των δρόμων OSM στον Καναδά το 2017 βρίσκονται σε απόσταση 5 μέτρων από τους δρόμους αναφοράς, ενώ μόνο το 5% των δρόμων βρίσκονται σε απόσταση 5 έως 10 μέτρων. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ της ακρίβειας θέσης διαφορετικών τύπων δρόμων. Επίσης συμπέρανε ότι μόνο το 39% των δρόμων έχουν σωστό αριθμό λωρίδων στη βάση δεδομένων OSM. Επιπλέον, αυτή η μελέτη διαπίστωσε ότι οι αστικές περιοχές έλαβαν μεγαλύτερη συνεισφορά και περισσότερη πληρότητα. Υπάρχει ανάλογη σχέση μεταξύ του πληθυσμού και της πληρότητας των δρόμων. Τέλος, βρέθηκε ότι δεν υπάρχει σημαντική σχέση μεταξύ του ιστορικού επεξεργασίας του OSM και της ακρίβειας του OSM.

Οι Nasiri, Abbaspour, Chehregghan, και Arsanjani(2018) υποστήριξαν ότι το ιστορικό επεξεργασίας ενός στοιχείου στο OSM θα μπορούσε να μας δώσει πληροφορίες για την ακριβή του θέση. Έτσι, προτάθηκε ένας αλγόριθμος πέντε βημάτων για τη βελτίωση της ακρίβειας θέσης των οδικών δικτύων του OSM.

Οι M. Hacar, B. Kiliç, and K. Şahbaz (2018) ανέλυσαν την ιστορία των οδικών δεδομένων OSM και προσπάθησαν να προσδιορίσουν τη συμπεριφορά των συμμετεχόντων στην Τουρκία. Κατηγοριοποίησαν τη συμπεριφορά των συντελεστών του OSM αξιολογώντας το προφίλ τους και το ιστορικό επεξεργασίας τους. Συμπέραναν ότι το επίπεδο εμπειρίας ενός συμμετέχοντος έχει θετική σχέση με το είδος της συνεισφοράς του, και όσο πιο έμπειρος είναι ένας συμμετέχων, τόσο πιο λεπτομερής είναι η συνεισφορά του. Επιπλέον, αυτή η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες του OSM συνέβαλαν στην προσθήκη ευθύγραμμων δρόμων στον χάρτη.

3.6.2 Ποιότητα δεδομένων OSM: Κτίρια

Υπάρχει ένας αριθμός ερευνών που προσπάθησαν να αξιολογήσουν την ποιότητα των δεδομένων κτιρίων OSM ή να βρουν μετρήσιμα μεγέθη που μπορούν να περιγράψουν τη ποιότητα των δεδομένων που αφορούν κτίρια στο OSM. Γενικά, υπάρχουν λιγότερες μελέτες για την ποιότητα των κτιρίων OSM σε σχέση με αυτές που έχουν γίνει και αφορούν την ποιότητα των δρόμων OSM. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι τα κτίρια είναι πολυγωνικά δεδομένα, ενώ οι δρόμοι είναι γραμμικά δεδομένα, τα μέτρα ποιότητας που προτείνονται για τους δρόμους μπορεί να μην επαρκούν για να περιγράψουν την ποιότητα των κτιρίων. Παρακάτω γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των μελετών στο πεδίο της ποιότητας των δεδομένων OSM για κτίρια.

Μία από τις πρώτες μελέτες για την ποιότητα δεδομένων κτιρίων OSM έγινε από τους Hecht, Kunze και Hahmann (2013). Μέτρησαν την πληρότητα των δεδομένων για κτίρια OSM σε ορισμένες γερμανικές πόλεις. Αξιολόγησαν την εξέλιξη της πληρότητας στο πέρασμα του χρόνου. Χρησιμοποίησαν δύο κύριες μεθόδους για την αξιολόγηση της πληρότητας, τη μέθοδο βάσει

μονάδων (unitbased) και τη μέθοδο βάσει αντικειμένων (objectbased). Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μέθοδοι που βασίζονται σε αντικείμενα(objectbased) είναι πιο ακριβείς επειδή πρώτα προσδιορίζουν τα αντιστοιχιζόμενα στοιχεία και στη συνέχεια υπολογίζουν την πληρότητα. Επιπλέον, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η πληρότητα των δεδομένων κτιρίων OSM είναι υψηλότερη στις αστικές περιοχές από ότι στις αγροτικές περιοχές και συνειδητοποίησαν ότι υπάρχει μια σαφής αρνητική σχέση μεταξύ της απόστασης από το κέντρο της πόλης και της πληρότητας. Παρατήρησαν ότι στην περιοχή της Σαξονίας στη Γερμανία, η πληρότητα των δεδομένων κτιρίου OSM αυξάνεται κατά 8% ετησίως. Κατέληξαν ακόμα στο συμπέρασμα ότι ο υπολογισμός της πληρότητας βάσει μονάδων(unitbased) μπορεί να οδηγήσει σε υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση της πληρότητας.

Μια άλλη έρευνα που αξιολογεί διαφορετικές πτυχές της ποιότητας έγινε από τους Fan, Zirf, Fu, και Neis (2014). Αξιολόγησαν την πληρότητα, την σημασιολογική ακρίβεια, την ακρίβεια θέσης και την ακρίβεια σχήματος των αποτυπωμάτων των κτιρίων. Συμπέραναν ότι τα δεδομένα κτιρίων OSM δεν είναι τόσο λεπτομερή όσο τα δεδομένα αναφοράς. Έτσι, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα κτιρίου OSM είναι μια απλοποιημένη εκδοχή της πραγματικότητας. Όσον αφορά την ακρίβεια θέσης των κτιριακών αποτυπωμάτων, παρατήρησαν ότι υπάρχει ένα σφάλμα 4 μέτρων κατά μέσο όρο για την πόλη του Μονάχου. Σε αυτή την έρευνα, ο βαθμός ομοιότητας μεταξύ του σχήματος των αποτυπωμάτων κτιρίου στο OSM και των βάσεων δεδομένων αναφοράς θεωρήθηκε ως μέτρο ακρίβειας σχήματος. Χρησιμοποίησαν συναρτήσεις για να μοντελοποιήσουν κάθε ίχνος κτιρίου και στη συνέχεια η απόσταση μεταξύ των συναρτήσεων που αφορούν δύο πολύγωνα προς σύγκριση εξέφραζε το βαθμό ομοιότητας των δύο πολυγώνων. Επίσης, σε αυτή την έρευνα, μια μέθοδος επικάλυψης χρησιμοποιείται για την εύρεση αντιστοιχιζόμενων χαρακτηριστικών. Προέκυψε ότι η μέση απόσταση μεταξύ των δύο αντίστοιχων κτιριακών αποτυπωμάτων είναι 4.13 μέτρα, πράγμα που σημαίνει ότι η ακρίβεια αυτών των δεδομένων είναι σχεδόν ίση με την ακρίβεια των εναέριων εικόνων που χρησιμοποιούνται ως χάρτες αναφοράς για το OSM.

Ο Siebritz (2014) αξιολόγησε την ποιότητα των δεδομένων δρόμων και κτιρίων OSM με σκοπό την προσθήκη τους σε κυβερνητικές βάσεις δεδομένων. Παρατήρησαν ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα παρακείμενα κτίρια ομαδοποιούνται και αντιπροσωπεύονται ως ένα κτίριο. Επιπλέον, τα πολύγωνα (αποτυπώματα κτιρίου) αποτυπώνονται απλοποιημένα. Αυτή η μελέτη δεν αξιολόγησε την ακρίβεια σχήματος γιατί υποστηρίχθηκε ότι δεν υπάρχει μέθοδος για την αξιολόγησή της. Επιπλέον, συμπέρανε ότι τόσο για τα κτίρια όσο και τους δρόμους, η ποιότητα των δεδομένων OSM δεν είναι συγκρίσιμη με τα πρότυπα που χαρακτηρίζουν τις βάσεις δεδομένων αναφοράς. Τέλος, προέκυψε ότι η πληρότητα των δεδομένων OSM σε εμπορικές περιοχές είναι υψηλή, ενώ σε κατοικημένες περιοχές και σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού, η πληρότητα είναι χαμηλότερη.

Οι Törnros, Dorn, Hahmann, και Zirf (2015) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει αβεβαιότητα στην αξιολόγηση της πληρότητας των δεδομένων για κτίρια στο OSM. Σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι δύσκολο να συνειδητοποιήσουμε τα όρια των κτιρίων στις αεροφωτογραφίες και μερικές φορές οι συμμετέχοντες του OSM ψηφιοποιούν μια σειρά από κτίρια ως ένα ενιαίο πολύγωνο. Έτσι, προτάθηκε η συγχώνευση των παρακείμενων κτιρίων σε ένα μεγάλο πολύγωνο και στη συνέχεια η σύγκριση πληρότητας. Συνειδητοποίησαν ότι η μέση τιμή για την πληρότητα αυξήθηκε από 33% σε 44% όταν συγχώνευσαν τα παρακείμενα κτίρια. Ως συμπέρασμα, πρότειναν

τη συγχώνευση παρακείμενων κτιρίων στο OSM και στα κτίρια αναφοράς πριν από την αξιολόγηση της πληρότητας.

Οι Camboim, Bravo, και Sluter (2015) πραγματοποίησαν μια μελέτη σχετικά με την ποιότητα των δρόμων και των κτιρίων OSM στη Βραζιλία. Προσπάθησαν να απαντήσουν στην ερώτηση εάν δείκτες όπως ο πληθυσμός, το εισόδημα, η αστικοποίηση και το ΑΕΠ μπορούν ή όχι να επηρεάσουν την πληρότητα και χρονική ακρίβεια των δεδομένων OSM. Υποστήριξαν ότι οι άνθρωποι ενδιαφέρονται για την επεξεργασία της δικής τους γειτονιάς στο OSM. Έτσι, σε μέρη όπου ο πληθυσμός είναι υψηλός, αναμένουμε να γίνουν πολλές επεξεργασίες και η πληρότητα αυξάνεται.

Μια έρευνα πραγματοποιήθηκε και από τον Copes (2019) για να αξιολογηθεί η καταλληλότητα των αποτυπωμάτων κτιρίων OSM σε αστικά κέντρα. Συμπέρανε ότι η ποιότητα των δεδομένων OSM ποικίλλει μεταξύ διαφορετικών πόλεων στον Καναδά. Ανακάλυψε ότι τα κτίρια OSM έχουν υψηλότερη πληρότητα σε εμπορικές περιοχές της πόλης από ότι αυτά σε οικιστικές γειτονίες. Η έρευνα αυτή προσπάθησε να χρησιμοποιήσει απλά μοντέλα αξιολόγησης ποιότητας γιατί υπήρχε ο στόχος να παρέχει στους πολεοδόμους δεδομένα OSM τη στιγμή που οι πολεοδόμοι δεν είναι απαραίτητα ειδικοί στο GIS. Επιπλέον, συμπέρανε ότι τα κέντρα των πόλεων έχουν τα υψηλότερα επίπεδα πληρότητας, καθώς και ότι τα κτίρια στο κέντρο των πόλεων έχουν περισσότερες σημασιολογικές πληροφορίες (tags).

Οι Tian, Zhou, και Fu, (2019) αξιολόγησαν την πληρότητα και τα χωρικά μοτίβα των κτιρίων OSM στην Κίνα. Συμπέραναν ότι η βάση δεδομένων για κτίρια OSM στην Κίνα δεν είναι ακόμη κοντά στην ολοκλήρωση επειδή υπάρχουν πολλές περιοχές για τις οποίες δεν έχουν εισαχθεί κτίρια στο OSM.

Οι Fan, Yang και Zipf (2016) εισήγαγαν επτά δείκτες για τη μέτρηση της ποιότητας των δεδομένων κτιρίων OSM χωρίς σύγκριση με δεδομένα αναφοράς. Οι δείκτες αυτοί χαρακτηρίζονται ενδογενείς και είναι οι δείκτες που παρέχουν ένα μέτρο μόνο με βάση τα δεδομένα OSM και δεν απαιτούν έγκυρα δεδομένα ως αναφορά. Για παράδειγμα, το πόσο παράλληλα είναι τα όρια των πολυγώνων των κτιρίων σε σύγκριση με τους δρόμους είναι ένας εγγενής δείκτης ποιότητας δεδομένων κτιρίου OSM. Αν και αυτοί οι δείκτες μπορεί να παρέχουν κάποιες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του OSM χωρίς δεδομένα αναφοράς, οι πληροφορίες είναι πολύ περιορισμένες και δεν είναι αξιόπιστο.

Οι Brovelli και Zamboni (2018) αξιολόγησαν την πληρότητα και την ακρίβεια θέσης του συνόλου δεδομένων κτιρίων OSM στην Ιταλία. Βρήκαν ότι η ποιότητα των αποτυπωμάτων κτιρίων OSM είναι συγκρίσιμη με την ποιότητα ενός έγκυρου χάρτη όταν η κλίμακα του χάρτη είναι 1:5000.

Σε μια άλλη έρευνα, οι Huerta, Schade, και Granell (2014) προσπάθησαν να εκτιμήσουν τον τύπο των κτιρίων OSM με βάση τη μορφολογία τους. Υποστήριξαν ότι τα κτίρια είναι χτισμένα για να εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς και έτσι το σχήμα και το μέγεθός τους μπορούν να συσχετιστούν με τον τύπο τους. Κατάφεραν να υπολογίσουν τον τύπο των κτιρίων OSM με βάση το μέγεθος και το σχήμα του αποτυπώματος με ακρίβεια 85,77%. Μεταξύ διαφορετικών τύπων κτιρίων, τα κτίρια κατοικίας μπορούν να ανιχνευθούν με ακρίβεια του 90%.

3.7 Αξιολόγηση της ποιότητας δεδομένων OSM: Κτίρια

Ποικίλες έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα των δεδομένων κτιρίων OSM σε διάφορες περιοχές του κόσμου. Μία από τις πρώτες αξιολογήσεις της ποιότητας των κτιρίων OSM έγινε από τους Fan, Zirf, Fu, και Neis (2014). Χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση συνάρτησης στροφής (turningfunction) για να μετρήσουν την ακρίβεια του σχήματος των πολυγώνων. Μια άλλη έρευνα από τους Hecht, Kunze, και Hahmann (2013) αξιολόγησε τον τρόπο με τον οποίο η ποιότητα της βάσης δεδομένων OSM αλλάζει με την πάροδο του χρόνου. Ο Jacobs (2018) αξιολόγησε την ποιότητα των αποτυπωμάτων κτιρίων OSM στην πόλη της Οτάβα. Μια άλλη έρευνα από τους Hung, Kalantari, και Rajabifard (2016) αξιολόγησε την ποιότητα του OSM δεδομένα κτιρίου στην Ταϊβάν.

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι πρωταρχικός στόχος του OSM είναι η παροχή χωρικών δεδομένων για τις περιοχές όπου δεδομένα από έγκυρες πηγές δεν είναι διαθέσιμα, δεν είναι δυνατή η σύγκριση με δεδομένα αναφοράς σε αυτές τις περιοχές. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ένας αριθμός ερευνητών πρότεινε τη χρήση δεικτών ποιότητας όπως ο πληθυσμός, ο αριθμός των συμμετεχόντων και το μέσο εισόδημα της περιοχής.

3.7.1 Αντιστοίχιση χαρακτηριστικών (feature matching)

Η αντιστοίχιση χαρακτηριστικών είναι μια διαδικασία που στοχεύει στην εύρεση αντίστοιχων χαρακτηριστικών μεταξύ πολλαπλών βάσεων δεδομένων. Αρχικά ορίζεται ένα επίπεδο ανοχής και στη συνέχεια γίνεται ο χαρακτηρισμός για το αν υπάρχει συσχέτιση ή όχι. Δεδομένου ότι ένα γεωγραφικό χαρακτηριστικό μπορεί να περιγραφεί από τη γεωμετρία του και ένα σύνολο χαρακτηριστικών, τα μέτρα ομοιότητας μπορούν να βασιστούν σε σύγκριση λεξιλογικών πληροφοριών, θέσης ή και σχήματος. Η αντιστοίχιση χαρακτηριστικών θεωρείται βασικό βήμα κατά τη χρήση, ενημέρωση και ανίχνευση αλλαγών στα δεδομένα.

Η αντιστοίχιση χαρακτηριστικών στο OpenStreetMap είναι ακόμη πιο δύσκολη από την αντιστοίχιση χαρακτηριστικών σε έγκυρες βάσεις δεδομένων επειδή τα δεδομένα OSM χαρακτηρίζονται από ετερογένεια καθώς μπορεί να υπάρχει υψηλή πυκνότητα δεδομένων σε μια γειτονιά και πολύ χαμηλή πυκνότητα σε μια άλλη. Επιπλέον, διαφορετικά στοιχεία OSM δεν έχουν το ίδιο επίπεδο λεπτομέρειας. Αυτό συμβαίνει επειδή το OSM δεν αναγκάζει τους συμμετέχοντες να χρησιμοποιήσουν έναν μοναδικό τρόπο δημιουργίας δεδομένων. Για παράδειγμα, οι συμμετέχοντες μπορούν να ψηφιοποιήσουν ένα πολύ περίπλοκο κτιριακό αποτύπωμα με μόνο τέσσερα σημεία. Στην πραγματικότητα, συνήθως, τα κτιριακά αποτυπώματα στο OSM αποτελούν μια γενίκευση και απλοποίηση σε σύγκριση με το πραγματικό αποτύπωμα. Ως εκ τούτου, τα κτίρια μιας έγκυρης βάσης δεδομένων ακολουθούν ένα μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας, αλλά στην περίπτωση του OSM, δεν μπορεί να αναμένεται το ίδιο επίπεδο λεπτομέρειας.

Προηγούμενες έρευνες για την ποιότητα των κτιρίων OSM εφάρμοζαν κυρίως δύο μεθόδους για την αντιστοίχιση των αποτυπωμάτων κτιρίων OSM με κτίρια μιας βάσης δεδομένων αναφοράς. Η πρώτη μέθοδος, η οποία είναι πιο κοινή, είναι η μέθοδος επικάλυψης περιοχής. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στην υπόθεση ότι η μετατόπιση πολυγώνου μεταξύ του OSM και της βάσης δεδομένων αναφοράς δεν είναι σημαντική. Επομένως, η περιοχή στην οποία επικαλύπτονται τα δύο πολύγωνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα κριτήριο για την εύρεση των συσχετιζόμενων χαρακτηριστικών. Η ανοχή για αντιστοίχιση χαρακτηριστικών είναι της τάξης του 30%. Εάν η περιοχή επικάλυψης μεταξύ

του OSM και του χαρακτηριστικού αναφοράς είναι μικρότερη από 30%, τα δύο χαρακτηριστικά δεν θεωρούνται συσχετιζόμενα γιατί θεωρείται ότι η επικάλυψη προκαλείται από τη χωρική μετατόπιση των γειτονικών πολυγώνων. Η ακόλουθη εξίσωση προτάθηκε και χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό συσχέτισης μεταξύ κτιριακών αποτυπωμάτων.

$$\frac{Area_{overlap}}{\min(Area(foot_{osm_i}), Area(foot_{ref_j}))} > 30\%$$

Εξ. 3.1

Οι περισσότεροι ερευνητές που αξιολόγησαν την ποιότητα των δεδομένων αποτυπωμάτων κτιρίων OSM χρησιμοποίησαν αυτή τη μέθοδο. Η ανοχή του 30% δεν είναι σταθερή τιμή και ορισμένοι από τους άλλους ερευνητές θεώρησαν άλλες τιμές ως ανοχή. Για παράδειγμα, κάποιος χρησιμοποίησε μια ανοχή της τάξης του 50% για την αντιστοίχιση χαρακτηριστικών.

Μια άλλη ομάδα ερευνητών πρότεινε μια διαφορετική μέθοδο για την αντιστοίχιση χαρακτηριστικών, για τον υπολογισμό της πληρότητας, η οποία χρησιμοποιεί το κέντρο βάρους των πολυγώνων του OSM, το οποίο συγκρίνεται με τη βάση δεδομένων αναφοράς. Εάν το κέντρο βάρους ενός αποτυπώματος κτιρίου OSM εμπίπτει εντός των ορίων του κτιριακού αποτυπώματος στη βάση δεδομένων, τότε τα δύο πολύγωνα είναι αντιστοιχία. Στη συνέχεια η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε και από άλλους ερευνητές.

Μια άλλη μέθοδος αντιστοίχισης χαρακτηριστικών προτάθηκε από τους Müller, Iosifescu, και Hurri (2015). Η μεθοδός τους, υπολογίζει πρώτα τα κέντρα βάρους των δύο συνόλων δεδομένων. Στη συνέχεια, υπολογίζει την απόσταση μεταξύ των δύο ομάδων σημείων. Τα πλησιέστερα μεταξύ τους πολύγωνα χαρακτηρίζονται ως αντιστοιχιζόμενα. Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιείται μια ανοχή 20 m. Αυτή η μέθοδος φαίνεται να είναι η απλούστερη από τις προτεινόμενες μεθόδους.

3.7.2 Τύποι αντιστοίχισης (Correspondence types)

Η σχέση μεταξύ των στοιχείων OSM και των στοιχείων αναφοράς μπορεί να είναι περίπλοκη. Ιδιαίτερα, η σχέση μεταξύ των αποτυπωμάτων κτιρίων είναι πιο περίπλοκη λόγω των σφαλμάτων που μπορεί να συμβούν κατά τη δημιουργία των δεδομένων. Για παράδειγμα, μια ομάδα πέντε κτιρίων μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα μόνο κτίριο στο OSM επειδή, στην αεροφωτογραφία, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ακριβές όριο μεταξύ των στεγών (Fan, 2014). Το άλλο πρόβλημα είναι ότι συνήθως το πολύγωνο OSM αντιπροσωπεύει τις στέγες, όχι τα όρια των κτιρίων. Επομένως, τα κτίρια OSM μπορεί να είναι τελικά κάτι μεταξύ στα κτίρια αναφοράς και σε μια γενικευμένη αναπαράσταση τους. Έχει υποστηριχθεί ότι οι περιπτώσεις σχέσεων αντιστοίχισης κτιρίων OSM και βάσεων δεδομένων αναφοράς, είναι οι παρακάτω με το κλάσμα να περιγράφει OSM:Βάση Δεδομένων Αναφοράς).

- Σχέση 1:1 - Αυτή η σχέση υπάρχει όταν ένα κτίριο OSM αντιστοιχίζεται σε ένα μόνο κτίριο αναφοράς και αυτό το κτίριο αναφοράς ταιριάζει επίσης με ένα μόνο κτίριο OSM.
- Σχέση 1:0 - Αυτή η περίπτωση είναι όταν υπάρχει ένα κτίριο στο OSM που δεν έχει αντίστοιχο πολύγωνο στην βάση δεδομένων αναφοράς.

- Σχέση 1:n - Αυτή η περίπτωση συμβαίνει όταν ένα κτίριο OSM αντιστοιχεί σε περισσότερα από 1 κτίρια στην βάση δεδομένων αναφοράς.
- Σχέση 0:1 - Αυτή η περίπτωση συμβαίνει όταν ένα κτίριο στη βάση δεδομένων αναφοράς δεν έχει αντίστοιχο πολύγωνο στο OSM.
- Σχέση n:1 - Αυτή η περίπτωση σημαίνει ότι περισσότερα από ένα κτίρια στη βάση δεδομένων OSM ταιριάζουν μόνο με ένα κτίριο στη βάση δεδομένων αναφοράς.
- Σχέση n:m- Αυτή η περίπτωση σημαίνει ότι ένας αριθμός κτιρίων στο OSM ταιριάζει με έναν αριθμό κτιρίων στη βάση δεδομένων αναφοράς.

3.7.3 Πληρότητα (Completeness)

Η πληρότητα αναφέρεται στο αν υπάρχουν στη βάση δεδομένων του OSM τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου μαζί με τα χαρακτηριστικά τους. Συνήθως, η πληρότητα περιγράφεται από δύο μέρη, την πληρότητα των δεδομένων και την πληρότητα του μοντέλου. Δύο βασικά ζητήματα που σχετίζονται με την αξιολόγηση πληρότητας των δεδομένων είναι η προμήθεια (commission) και η παράλειψη (omission). Η πρώτη αφορά την παρουσία ενός αντικείμενου στη βάση δεδομένων του OSM αλλά χωρίς ανταπόκριση σε κάποιο αντικείμενο στην πραγματικότητα. Η δεύτερη αφορά την περίπτωση όπου ένα αντικείμενο του πραγματικού κόσμου δεν απαντάται στη βάση δεδομένων του OSM. Στην περίπτωση δημιουργίας αποτυπωμάτων της βάσης δεδομένων OSM, πληρότητα σημαίνει πόσο ολοκληρωμένα χαρτογραφούνται τα κτίρια της περιοχής μελέτης από τους συντελεστές του OSM (Guptill, 1995).

Υπάρχουν δύο βασικές μεθοδολογίες όσον αφορά την αξιολόγηση της πληρότητας των κτιριακών αποτυπωμάτων του OSM. Η πρώτη είναι η κατά μονάδα (unitbasedmethod) και η δεύτερη είναι η κατά αντικείμενο (objectbasedmethod). Η μέθοδος που βασίζεται σε μονάδες συγκρίνει το συνολικό εμβαδόν των κτιριακών πολυγώνων της βάσης δεδομένων OSM με τη συνολική έκταση των κτιριακών αποτυπωμάτων της βάσης δεδομένων αναφοράς στην περιοχή μελέτης (Tornros, 2015). Η μέθοδος με βάση τα αντικείμενα συγκρίνει τον συνολικό αριθμό των κτιρίων OSM σε μια περιοχή με τον συνολικό αριθμό των κτιρίων στη βάση δεδομένων αναφοράς για την ίδια περιοχή (Hecht, 2013).

Η μέθοδος που βασίζεται σε μονάδες είναι απλούστερη στην εφαρμογή καθώς δεν απαιτεί την αντιστοίχιση συγκρινόμενων μεγεθών ανάμεσα στη βάση δεδομένων του OSM και τη βάση αναφοράς. Αυτό δεν ισχύει και για τη μέθοδο που βασίζεται στα αντικείμενα οπότε και απαιτείται αντιστοίχιση. Από διάφορες έρευνες που έχουν προηγηθεί, έχει υποστηριχθεί η χρήση τόσο της μιας όσο και της άλλης μεθοδολογίας και το γενικότερο συμπέρασμα είναι ότι και οι δύο μπορεί να οδηγήσουν σε υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση της πληρότητας. Παραδείγματος χάριν, όταν μια ομάδα κτιρίων στον πραγματικό κόσμο, προσομοιώνεται με ένα μόνο πολύγωνο στο OSM, η σύγκριση του πλήθους των κτιρίων ανάμεσα στις δύο βάσεις αναφοράς θα υποεκτιμηθεί.

Η μέθοδος που βασίζεται σε μονάδες εκφράζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$C_{Area} = \frac{\sum_{i=1}^n Area(footprint_{OSM})}{\sum_{j=1}^m Area(footprint_{Reference})}$$

Εξ. 3.2

Όπως είναι προφανές από την εξίσωση, η πληρότητα υπολογίζεται από τον λόγο με αριθμητή τη συνολική επιφάνεια των κτιριακών αποτυπωμάτων στο OSM και παρονομαστή τη συνολική επιφάνεια των κτιριακών αποτυπωμάτων στη βάση δεδομένων αναφοράς. Στην εξίσωση οι τιμές n και m αφορούν στο πλήθος των κτιριακών αποτυπωμάτων σε OSM και βάση δεδομένων αναφοράς αντίστοιχα.

Η μέθοδος που βασίζεται σε αντικείμενα εκφράζεται με τις παρακάτω δύο εξισώσεις:

$$C_{centroid} = \frac{\sum Centroid_{ref_in_OSM}}{\sum Centroid_{ref}} \times 100$$

Εξ. 3.3

$$C_{overlap} = \frac{\sum Buildings_{ref_overlap_OSM}}{Buildings_{ref}} \times 100$$

Εξ. 3.4

Η πρώτη από τις δύο εξισώσεις, οδηγεί πρακτικά στην ίδια εφαρμογή με την εξίσωση της μεθόδου που βασίζεται σε μονάδες. Η διαφορά προκύπτει από το γεγονός ότι η εξίσωση 3.3 εφαρμόζεται μόνο για τα στοιχεία που έχουν προηγουμένως αντιστοιχιστεί ανάμεσα στις δύο βάσεις δεδομένων.

Η εξίσωση 3.4 για τον υπολογισμό της πληρότητας εξετάζει την αλληλοεπικάλυψη εμβαδών των αποτυπωμάτων κτιρίων OSM και βάσης δεδομένων αναφοράς. Η διαφορά μεταξύ των εξισώσεων 3.3 και 3.4 αφορά τον διαφορετικό τρόπο αντιστοίχισης των αποτυπωμάτων μεταξύ των δύο βάσεων δεδομένων.

3.7.4 Ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)

Στο GIS, η θέση ενός αντικειμένου στον πραγματικό κόσμο εκφράζεται σε ένα χωρικό σύστημα συντεταγμένων και αποθηκεύεται σε βάσεις δεδομένων. Η ακρίβεια της θέσης αναφέρεται στην διασπορά των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από τις μετρήσεις. Ωστόσο, η ακρίβεια είναι η απόσταση από τη μετρούμενη θέση έως την πραγματική θέση (η οποία είναι άγνωστη). Το πρότυπο ISO για την ποιότητα των χωρικών δεδομένων ορίζει την ακρίβεια θέσης ως την ακρίβεια της θέσης των αντικειμένων σε σχέση με ένα σύστημα συντεταγμένων. Η ακρίβεια θέσης αποτελείται από τρία μέρη, την απόλυτη ακρίβεια, τη σχετική ακρίβεια και την ακρίβεια θέσης πλέγματος δεδομένων. Η απόλυτη ακρίβεια είναι η εγγύτητα των μετρούμενων συντεταγμένων σε σχέση με τις πραγματικές συντεταγμένες, ενώ η σχετική ακρίβεια θέσης αναφέρεται στην χωρική ακρίβεια των αντικειμένων σε σχέση με τη θέση των άλλων αντικειμένων του χάρτη.

Ένας αριθμός ερευνών αξιολόγησε την ακρίβεια θέσης των αποτυπωμάτων κτιρίου OSM και το κοινό σημείο μεταξύ όλων αυτών των ερευνών είναι ότι χρησιμοποιούσαν ως επί το πλείστον, μια βάση δεδομένων αναφοράς για σύγκριση με το OSM. Μόνο τα κτίρια με σχέση 1:1 περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς (Fan, 2014). Μια απλή εφαρμογή για τον προσδιορισμό της παραμέτρου της ακρίβειας θέσης, συγκρίνει τη θέση του κέντρου βάρους του αποτυπώματος του κτιρίου OSM με το κέντρο βάρους του αντίστοιχου κτιριακού αποτυπώματος στη βάση δεδομένων

αναφοράς. Η μέτρηση της εν λόγω απόστασης, πραγματοποιείται με την εφαρμογή της παρακάτω εξίσωσης (Copes, 2019).

$$Distance_{average} = \sum_{i=1}^n \sqrt{(X_{OSM}^i - X_{ref}^{corresponding})^2 + (Y_{OSM}^i - Y_{ref}^{corresponding})^2}$$

Εξ. 3.5

Όπου i το υπό εξέταση κάθε φορά κτιριακό αποτύπωμα και n το σύνολο των κτιριακών αποτυπωμάτων που έχουν αντιστοιχιστεί μεταξύ των δύο βάσεων δεδομένων. Αξιοποιούνται οι συντεταγμένες X, Y του κέντρου βάρους στο OSM και οι συντεταγμένες του κέντρου βάρους του ίδιου κτιριακού αποτυπώματος στη βάση δεδομένων αναφοράς. Η μαθηματική εξίσωση δεν είναι άλλη από αυτή του υπολογισμού της απόστασης μεταξύ δύο σημείων με γνωστές συντεταγμένες. Είναι προφανές ότι η εξίσωση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για κτιριακά αποτυπώματα που χαρακτηρίζονται από τη σχέση 1:1 (Barron, 2014).

3.7.5 Ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)

Τα κτίρια OSM συνήθως ψηφιοποιούνται από τους συμμετέχοντες στο πρόγραμμα από αεροφωτογραφίες και θα μπορούσε κανείς να πει ότι τα κτίρια του OSM είναι στην πραγματικότητα, μια απλοποιημένη αναπαράσταση των κτιρίων της βάσης δεδομένων αναφοράς. Επομένως, τα σχήματα των πολυγώνων δεν ψηφιοποιούνται με το ίδιο επίπεδο λεπτομέρειας με την βάση δεδομένων αναφοράς (Torngos, 2015).

Έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες για τη αξιολόγηση της ακρίβειας σχήματος. Μια μεθοδολογία που έχει εφαρμοστεί συχνά στο παρελθόν αφορά τη χρήση μιας συνάρτησης στροφής (turningfunction). Με τη μέθοδο αυτή, κάθε πολύγωνο περιγράφεται από ένα σύνολο ευθυγράμμων τμημάτων και αξιοποιούνται οι εφαπτόμενες στα ευθύγραμμα τμήματα γωνίες, τα μήκη των επιμέρους τμημάτων και η περίμετρος του πολυγώνου. Το μήκος κάθε ευθύγραμμου τμήματος κανονικοποιείται ως προς την περίμετρο έτσι ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών πολυγώνων. Το μέτρο της ομοιότητας ή ανομοιότητας προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ των δύο συναρτήσεων των δύο συγκρινόμενων πολυγώνων (Fan, 2014).

Σε άλλη έρευνα ο Siebritzto (2014), εφάρμοσε μια μεθοδολογία για τη σύγκριση των αποτυπωμάτων των κτιρίων OSM και μιας βάσης δεδομένων αναφοράς, υπολογίζοντας τρία μεγέθη. Το πρώτο μέγεθος είναι απλώς ο λόγος των εμβαδών των δύο προς σύγκριση πολυγώνων. Ο λόγος εμβαδών μπορεί να δείξει κατά πόσο είναι όμοια η καταλαμβανόμενη επιφάνεια των δύο πολυγώνων αλλά όχι και τη διαφορά μεταξύ του σχήματος των δύο πολυγώνων. Το δεύτερο μέγεθος εκφράζει το κατά πόσο ένα πολύγωνο αποκλίνει από τη γεωμετρία ενός κύκλου, με τη λογική ότι ο κύκλος είναι το πιο συμπαγές γεωμετρικό σχήμα. Η εξίσωση που εκφράζει την απόκλιση από τη γεωμετρία του κύκλου παρουσιάζεται παρακάτω.

$$Compactness = \frac{Area}{(0.282 * Perimeter)^2}$$

Εξ. 3.6

Το μέγεθος αυτό, υπολογίζεται για κάθε ένα από τα δύο συγκρινόμενα πολύγωνα για να ελεγχθεί η απόκλιση του καθενός από τον κύκλο και έπειτα να συγκριθούν μεταξύ τους. Το τρίτο

μέγεθος που υπολόγισε ο Siebritz για να αξιολογήσει την ομοιότητα των δύο συγκρινόμενων πολυγώνων είναι αυτό που εκφράζει το επίμηκες της γεωμετρίας του καθενός. Συγκεκριμένα, θεώρησε το ορθογώνιο με διαστάσεις W και L (όπου L η επιμήκης διάσταση), το οποίο καλύπτει το εξεταζόμενο πολύγωνο κατ' ελάχιστον δηλαδή με W και L να είναι οι μικρότερες δυνατές τιμές για να επιτευχθεί η κάλυψη. Όταν το μέγεθος αυτό τείνει στο μηδέν, σημαίνει ότι η γεωμετρία αγγίζει αυτή του κύκλου, ενώ όταν η τιμή τείνει στη μονάδα, η γεωμετρία μοιάζει με αυτή της ευθείας.

$$Elongation = 1 - \frac{W}{L}$$

Εξ. 3.7

Τέλος, σε προηγούμενες έρευνες αξιοποιήθηκε και η απόσταση Hausdorff (Siebritz (2015), Lee and Scholtz (1987), Chen and Han (1992)) ως μέθοδος αξιολόγησης της ακρίβειας σχήματος. Είναι και αυτός ένας δείκτης σύγκρισης δύο πολυγώνων μεταξύ τους. Η απόσταση Hausdorff εκφράζει το πόσο απέχουν τα δύο πολύγωνα μεταξύ τους. Αν η απόσταση υπολογιστεί μικρή, τότε τα σημεία των δύο πολυγώνων είναι κοντά μεταξύ τους ενώ μια υψηλή τιμή της απόστασης εκφράζει το αντίθετο. Για να είναι εφικτός ο υπολογισμός της απόστασης αυτής ως μέτρο αξιολόγησης της ακρίβειας σχήματος, πρέπει να μην υπάρχει η απόσταση που περιγράφει την ακρίβεια θέσης. Επομένως, για να γίνει ο υπολογισμός της απόστασης Hausdorff, πρέπει το πολύγωνο του κτιριακού αποτυπώματος στο OSM να μεταφερθεί στο κέντρο βάρους του αντίστοιχου πολυγώνου στη βάση δεδομένων αναφοράς. Η απόσταση Hausdorff είναι η μέγιστη απόσταση που παρατηρείται μεταξύ των σημείων του περιγράμματος των δύο πολυγώνων δεδομένου ότι τα δύο πολύγωνα εξετάζονται ως ομόκεντρα.

3.7.6 Θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)

Τα χαρακτηριστικά παρέχουν σημαντικά δεδομένα για τα χωρικά αντικείμενα. Επομένως, η ακρίβεια των χαρακτηριστικών είναι πολύ σημαντικό μέρος της ποιότητας των δεδομένων. Στην περίπτωση του OSM, τα χαρακτηριστικά αποθηκεύονται ως ετικέτες (tags) (Fan, 2014). Δεν υπάρχουν κανόνες στον τρόπο με τον οποίο οι συμμετέχοντες στο OSM εισάγουν ετικέτες. Πληροφορίες που περιλαμβάνονται στις ετικέτες και δίνουν πληροφορίες για ένα κτιριακό αποτύπωμα στο OSM αλλά και σε μια βάση δεδομένων αναφοράς, είναι η πληροφορία ότι το πολύγωνο είναι όντως κτίριο «building = yes» ή το όνομα του κτιρίου. Η αξιολόγηση της θεματικής ορθότητας δηλαδή ο βαθμός στον οποίο οι πληροφορίες των ετικετών ενός κτιριακού αποτυπώματος στο OSM με ένα κτιριακό αποτύπωμα στη βάση δεδομένων αναφοράς γίνεται με τη μέθοδο Levenshtein. Ουσιαστικά πρόκειται για έναν αλγόριθμο που εντοπίζει το πλήθος των διαγραφών, προσθηκών και αντικαταστάσεων που απαιτούνται για να αλλάξει ένας χαρακτήρας α σε έναν χαρακτήρα β . Ουσιαστικά ελέγχονται τα γράμματα που αποτελούν τη λέξη που χαρακτηρίζει την ετικέτα, ένα προς ένα με τα γράμματα της λέξης της αντίστοιχης ετικέτας σε OSM και βάση δεδομένων αναφοράς και έτσι γνωρίζουμε εάν τελικά οι ετικέτες είναι ίδιες άρα και ορθές ή όχι.

Κεφάλαιο 4

Μελέτη περίπτωσης (case study)

4.1 Κτιριακό αποτύπωμα (building footprint)

Τα κτίρια αποτελούν σημαντικό μέρος της καθημερινότητας του ανθρώπου μιας και σχεδόν τα πάντα συμβαίνουν σε εσωτερικούς χώρους ξεκινώντας από τη διαμονή και καλύπτοντας την εργασία και τη διασκέδαση. Στη πραγματικότητα, τα κτίρια ταυτίζονται με την έννοια της προόδου. Έτσι, η κατανόηση των κτιρίων είναι ένας από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί κανείς να αξιολογήσει και να επιδράσει στην πρόοδο της κοινωνίας. Η κύρια μέθοδος ανάλυσης κτιρίων είναι μέσω των κτιριακών αποτυπωμάτων.

Το κτιριακό αποτύπωμα ορίζεται ως το εμβαδόν σε μια περιοχή μελέτης που καταλαμβάνεται από το κτίριο σαν κατασκευή και ορίζεται από την περίμετρό του. Χώροι στάθμευσης και άλλες μη κτιριακές εγκαταστάσεις δεν λογίζονται ως κτιριακά αποτυπώματα. Ένας πιο συνηθισμένος ορισμός που χρησιμοποιείται από τους χαρτογράφους και τους σχεδιαστές για το αποτύπωμα κτιρίων είναι ότι αποτελούν τις προβολές αναπαραστάσεων στέγης επί της βάσης μιας κατασκευής.

Ένας χάρτης κτιριακών αποτυπωμάτων παρέχει το περίγραμμα ενός κτιρίου που σχεδιάζεται κατά μήκος των εξωτερικών τοίχων, με περιγραφή του ακριβούς μεγέθους, σχήματος και θέσης της θεμελίωσης του. Αντιπροσωπεύει τη συνολική επιφάνεια ενός κτιρίου και παρέχει μια καλύτερη περιγραφή των χωρικών χαρακτηριστικών του σε σύγκριση με μια σημειακή αναπαράσταση όσον αφορά τη χωρική θέση, τη μορφή, και τη σχέση μεταξύ κτιρίων και άλλων αντικειμένων. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται μια περιοχή εντός της οποίας αναπαρίστανται κτιριακά αποτυπώματα.



Εικόνα 4.1. Η εικόνα δείχνει κτιριακά αποτυπώματα πολυγώνων για μια περιοχή. (Πηγή: Attentive AI, n.d.)

4.2 Χρησιμότητα κτιριακών αποτυπωμάτων

Από το κτιριακά αποτυπώματα μπορούμε να αντλήσουμε πληροφορίες όπως ο αριθμός των κτιρίων εντός μιας δεδομένης περιμέτρου ή ιδιοκτησίας. Επίσης, μπορεί να γίνει αναγνώριση κινδύνων από δέντρα, νερό και άλλα εν δυνάμει στοιχεία επικινδυνότητας σε περιοχή κοντά σε κτιριακά αποτυπώματα ενδιαφέροντος. Με τα κτιριακά αποτυπώματα και την προσομοίωσή τους, επιτυγχάνεται και πλήρης ακρίβεια θέσης. Τέλος, είναι εφικτό μέσω της προσομοίωσης των κτιριακών αποτυπωμάτων, να συνδεθούν τα γεωμετρικά δεδομένα ενός κτιρίου με οποιαδήποτε άλλη πληροφορία σχετίζεται με αυτό όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι ένα κτίριο αποτελεί κατάσταση.

Τα κτιριακά αποτυπώματα είναι χρήσιμα σε πλήθος εφαρμογών, από την εκτίμηση του πληθυσμού, τον πολεοδομικό σχεδιασμό μέχρι την περιβαλλοντική και κλιματική επιστήμη. Η δημιουργία αποτυπωμάτων μπορεί επίσης να διευκολύνει τη διαδικασία ανάλυσης κινδύνου.

Επίσης χρησιμοποιούνται σε πολυάριθμες βιομηχανίες όπως:

Ασφάλιση: Τα αποτυπώματα κτιρίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των κινδύνων, τη λήψη καλύτερων αποφάσεων και τη τελική διαμόρφωση των ασφαλιστρών.

Τοπίο: Η αρχιτεκτονική τοπίου και η κατασκευή χρησιμοποιούν τα κτιριακά αποτυπώματα σε κάθε στάδιο και διευκολύνουν όλες τις εργασίες.

Real Estate: Οι αξιολογήσεις ακίνητης περιουσίας μπορούν να πραγματοποιηθούν εξ αποστάσεως με τη βοήθεια αποτυπωμάτων κτιρίου.

Πλοήγηση: Τα αποτυπώματα κτιρίων χρησιμοποιούνται εκτενώς για τη δημιουργία των χαρτών πλοήγησης συμβάλλοντας και στη γεωμετρική ακρίβεια των οδών που συνοδεύουν με αυτά.

Κοινωνικοί και Οικονομικοί Οργανισμοί: Τα αποτυπώματα κτιρίων χρησιμοποιούνται με ποικίλους τρόπους για διαφορετικά σκοπούς, από χάρτες ένδειξης κατάστασης φτώχειας μέχρι και την απαλλαγή μιας χώρας που έχει βιώσει τον πόλεμο από την παρουσία τοποθετημένων αυτοσχέδιων εκρηκτικών μηχανισμών.

4.3 Διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων

Τα αποτυπώματα κτιρίων δεν είναι άμεσα διαθέσιμα. Υπάρχουν πολλοί οργανισμοί που εκτελούν εξαγωγή τέτοιων δεδομένων. Οι ανοιχτές πηγές είναι πολύ λίγες και ενδέχεται να μην περιέχουν πλήρη ή σχετικά δεδομένα. Οι τρεις συνηθέστεροι τρόποι απόκτησης κτιριακών αποτυπωμάτων για μια δεδομένη περιοχή ενδιαφέροντος είναι οι εξής:

Συλλογή από το διαθέσιμο σύνολο δεδομένων, δηλαδή κτηματολογικό χάρτη: Οι κτηματολογικοί χάρτες είναι μια πηγή για την παροχή καλής ποιότητας δεδομένων αποτυπώματος κτιρίου. Ωστόσο, αυτά τα δεδομένα ενδέχεται να μην είναι ενημερωμένα και να μην έχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του κτιρίου, όπως ο τύπος κτιρίου, η χρήση κτιρίου, τα οικοδομικά υλικά, ο τύπος της στέγης και πολλά ακόμα. Επίσης, η λήψη δεδομένων από έναν κτηματολογικό χάρτη μπορεί να είναι χρονοβόρα και κουραστική για τον ενδιαφερόμενο. Παραδείγματος χάριν, ο εντοπισμός ενός συγκεκριμένου κτιριακού αποτυπώματος εντός μιας πυκνοδομημένης αστικής περιοχής είναι δύσκολος και λόγω των πολύ μικρών αποστάσεων μεταξύ γειτονικών κτιρίων αλλά και λόγω της παρουσίας αντικειμένων που φράζουν την καθαρή επιφάνεια

της στέγης ενός κτιρίου. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να είναι δέντρα ή καλωδιώσεις παροχής ενέργειας. Αναφορικά με τους κτηματολογικούς χάρτες βλέπουμε ότι ιδανικά θα θέλαμε ταχύτερη και απλούστερη απόκτηση δεδομένων που αφορούν τα κτιριακά αποτυπώματα.

Δημιουργία νέου συνόλου δεδομένων από επί τόπου έρευνες: Οι επί τόπου έρευνες περιλαμβάνουν την αποστολή μιας ομάδας προσωπικού στην εκάστοτε τοποθεσία του κτιρίου για την εκτέλεση τοπογραφικών μετρήσεων και για την καταγραφή των χαρακτηριστικών του κτιρίου όπως για παράδειγμα ο αριθμός των ορόφων. Παρόλο που οι επί τόπου έρευνες είναι μία από τις πιο εύκολες μεθόδους για τη λήψη δεδομένων σχετικά με τα κτιριακά αποτυπώματα, έχουν σημαντικά μειονεκτήματα:

- Το κόστος είναι υψηλό καθώς προσλαμβάνεται πολυάριθμο προσωπικό εδάφους και εξοπλισμός για την κτιριακή αποτύπωση.
- Ο χρόνος τελικής λήψης των δεδομένων είναι μεγάλος.
- Όλη η διαδικασία εκτίθεται στον κίνδυνο του ανθρώπινου σφάλματος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.
- Η ψηφιοποίηση δεν προκύπτει άμεσα και ως εκ τούτου απαιτείται νέα, ξεχωριστή διαδικασία για την ψηφιοποίηση.

Δημιουργία νέου συνόλου δεδομένων από δεδομένα τηλεπισκόπησης: Ο πιο αποτελεσματικός και ακριβής τρόπος απόκτησης αποτυπωμάτων κτιρίου είναι μέσω της χρήσης δεδομένων τηλεπισκόπησης. Τα δεδομένα τηλεπισκόπησης είναι τα γεωχωρικά δεδομένα που λαμβάνονται από δορυφόρους, αεροσκάφη ή drones. Όλα αυτά τα οχήματα περιέχουν αισθητήρες που καταγράφουν εικόνες υψηλής ανάλυσης της επιφάνειας της γης. Η χρήση γεωχωρικών δεδομένων δεν είναι νέα, αλλά το επίπεδο λεπτομέρειας και κλίμακας που θα μπορούσε να επιτευχθεί ήταν περιορισμένο. Τα τελευταία χρόνια, ο κλάδος εξελίσσεται ταχύτατα και η ακρίβεια που μπορεί να επιτευχθεί πλέον έχει αυξηθεί σημαντικά. Η διαθεσιμότητα αυτών των δεδομένων παρέχει την πρώτη ύλη για την διαμόρφωση των κτιριακών αποτυπωμάτων. Η τελική διαμόρφωση του αποτυπώματος κτιρίου γίνεται στη συνέχεια με πλατφόρμες GIS. Η απόκτηση δεδομένων κτιριακών αποτυπωμάτων από δεδομένα τηλεπισκόπησης και πλατφόρμες GIS απαιτεί δεξιότητες και είναι χρονοβόρα η κατάληξη σε μια λεπτομερή γεωμετρία πολυγώνου και ακρίβεια χαρακτηριστικών. Το σημαντικό αυτό μειονέκτημα τείνει να αντιμετωπιστεί με νέες μεθόδους που βασίζονται στη τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence).

4.4 Η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) στη διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων

Για να επιτευχθεί η διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης απαιτούνται γεωχωρικά δεδομένα με τη μορφή που προκύπτουν από μεθόδους τηλεπισκόπησης δηλαδή εικόνες υψηλής ανάλυσης και επίσης απαιτείται ένας αλγόριθμος τεχνητής νοημοσύνης ο οποίος είναι ικανός να αξιοποιήσει τα γεωχωρικά δεδομένα και να παράγει σαν αποτέλεσμα τα κτιριακά αποτυπώματα σε μια μορφή που τα καθιστά επεξεργάσιμα στην πορεία.

Για τη σωστή λειτουργία του αλγορίθμου, αυτός οφείλει να υποβληθεί σε εκπαίδευση. Πρέπει να αναπτυχθεί λοιπόν με δεδομένα τα οποία βοηθούν στην ταχεία ανάπτυξη του κτιριακού αποτυπώματος και μάλιστα με επαρκή ακρίβεια. Η εταιρεία Attentive AI έχει αναπτύξει μια λύση για τη διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων μέσω αξιοποίησης υψηλής ποιότητας δορυφορικών

εικόνων. Η λύση που προσφέρει έχει σαν τελικό αποτέλεσμα διανυσματικούς χάρτες υψηλής ποιότητας, οι οποίοι μάλιστα παράγονται ταχύτατα και συγκεκριμένα έως και 5 φορές ταχύτερα σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους που εφαρμόζονταν έως τώρα. Στην παρακάτω Εικόνα 4.2 παρατηρείται το κτιριακό αποτύπωμα που έχει παραχθεί με την αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης. Από άμεση οπτική παρατήρηση προκύπτει η ακρίβεια με την οποία αποτυπώνεται το περίγραμμα του κτιρίου, δηλαδή το ζητούμενο κτιριακό αποτύπωμα.



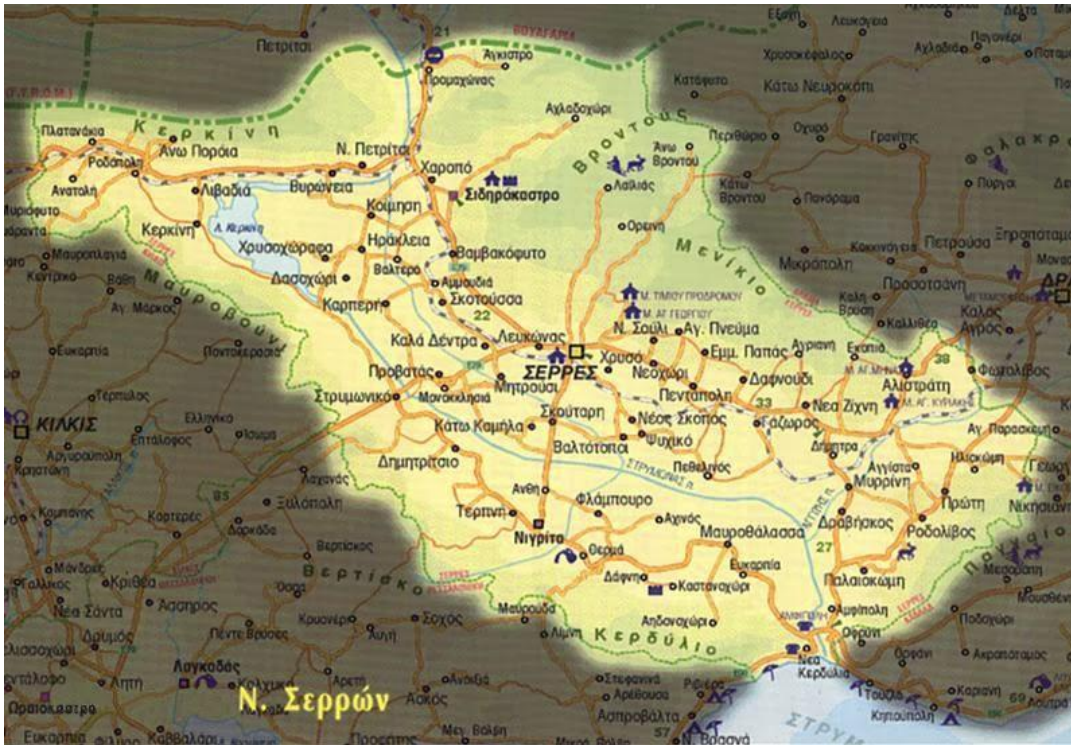
Εικόνα 4.2. Εικόνα που δείχνει το πολύγωνο αποτυπωμάτων κτιρίου που εξήχθη με τη χρήση AI. Το μπλε πολύγωνο αντιπροσωπεύει το αποτύπωμα του κτιρίου. (Πηγή: Attentive AI, n.d.)

4.5 Διαμόρφωση κτιριακών αποτυπωμάτων OSM

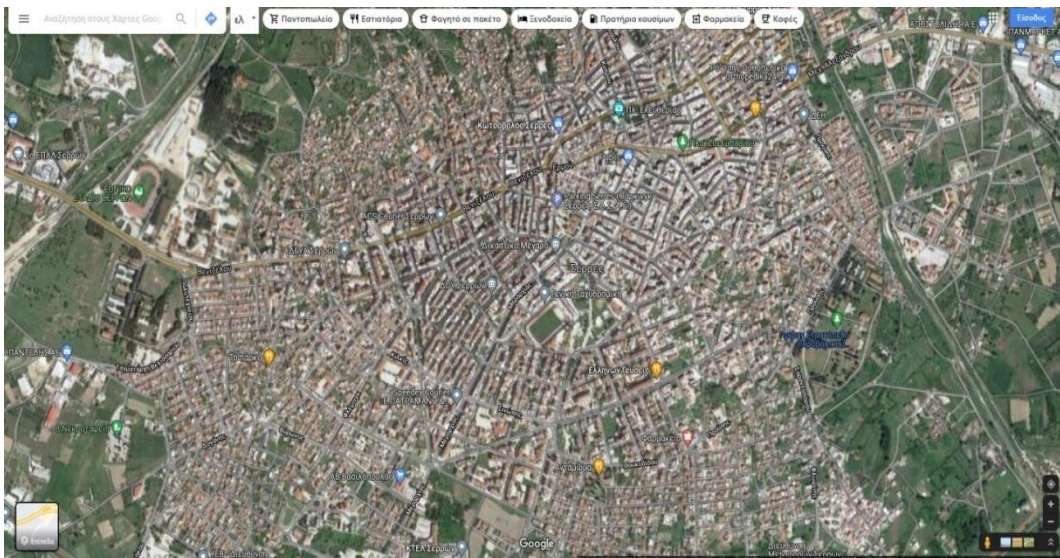
Στο OSM τα δεδομένα κτιρίου στερούνται τυποποίησης. Τα κτίρια αντιπροσωπεύονται συνήθως με ένα απλοποιημένο περίγραμμα (πολύγωνο), που αποτυπώνεται από διάφορους εθελοντές-χρήστες μέσω διαφορετικών τεχνικών και πηγών απόκτησης δεδομένων. Έτσι, τα κτιριακά αποτυπώματα μπορεί να προκύπτουν με τη βοήθεια φορητών συσκευών GPS, με ψηφιοποίηση αεροφωτογραφιών (π.χ. Bing), μέσω επί τόπου μετρήσεων ή να ληφθούν από βάσεις δεδομένων υπηρεσιών. Η ακρίβεια και η ποιότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνική απόκτησης. Ειδικότερα, εξαρτάται από τη γεωμετρική ακρίβεια της κύριας πηγής, τη συσκευή που χρησιμοποιείται (χαμηλή ακρίβεια GPS) ή τις δεξιότητες και την εμπειρία του χρήστη στο σχέδιο και στη λήψη μετρήσεων. Συνήθως τα κτίρια OSM ψηφιοποιούνται από δορυφορικές ή εναέριες εικόνες και για το λόγο αυτό διαθέτουν ανακρίβειες που οφείλονται στην ανεπαρκή ανάλυση των εικόνων, τη μετατόπιση της στέγης στις φωτογραφίες.

4.6 Περιοχή μελέτης

Ως περιοχή μελέτης, για το πρακτικό μέρος της εργασίας, επιλέχθηκε η μικρή πόλη των Σερρών από το Νομό Σερρών, ο χάρτης της οποίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.3. Στην παρούσα εργασία, περιοχή ενδιαφέροντος είναι το αστικό συγκρότημα των Σερρών, όπου θα ελεγχθεί η ακρίβεια επιφανειακών δεδομένων (κτιρίων). Η πόλη των Σερρών είναι μια αστική περιοχή που παρουσιάζει πυκνότητα κτιρίων στο κέντρο της όπως θα έλεγε κανείς παρατηρώντας την Εικόνα 4.4.



Εικόνα 4.3.Χάρτης Νομού Σερρών.(Πηγή: Nomos Serron, n.d.)



Εικόνα 4.4.Δορυφορική εικόνα της πόλεως των Σερρών.(Πηγή:googlemaps)

4.7 Δεδομένα

4.7.1 Δεδομένα από το Κτηματολόγιο

Τα δεδομένα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της ποιότητας και ακρίβειας των δεδομένων του Openstreetmap(OSM) είναι αρχεία πολυγώνων κτιρίων που ελήφθησαν από το Κτηματολόγιο. Τα δεδομένα του Κτηματολογίου έχουν προκύψει είτε μέσω φωτογραμμετρικής διαδικασίας, οπότε και παρήχθησαν απευθείας τα ψηφιακά δεδομένα (πολύγωνα κτηρίων κλπ), είτε από τοπογραφικές μετρήσεις.

Έπειτα μετατράπηκαν τα διανυσματικά δεδομένα αναφοράς σε πολύγωνα μέσω του λογισμικού QGIS και της εντολής «Γραμμές σε πολύγωνα».

4.7.2 Δεδομένα από το Openstreetmap (OSM)

Είναι δυνατή η λήψη ολόκληρων χωρών ή μεμονωμένων πολιτειών ως μέρος δεδομένων από τη βάση δεδομένων του OSM. Οπότε από τη βάση δεδομένων του OSM έγινε λήψη των αρχείων σε μορφή .osm, που αφορούν στα κτίρια της πόλης των Σερρών και οργανώθηκαν σε ένα QGIS.

Το QGIS είναι το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για να συγκριθούν τα δεδομένα αναφοράς του Κτηματολογίου με τα δεδομένα του OSM και να γίνει ο έλεγχος της πληρότητας και την ακρίβεια θέσης των δεδομένων του OSM.

4.8 Σύγκριση Δεδομένων

Για να γίνει χωρική σύγκριση των πολυγώνων των κτιρίων OSM με τα κτίρια αναφοράς, είναι απαραίτητο να εναρμονιστεί η χωρική αναφορά χρησιμοποιώντας ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων. Επιλέχθηκε το **Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987** ή **ΕΓΣΑ'87**.

Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται τα περιγράμματα των κτιρίων από το OSM ενώ με γκρι χρώμα είναι τα περιγράμματα των κτιρίων από το Κτηματολόγιο.

Αμέσως διαπιστώνουμε την ιδιαιτερότητα της σχέσης μεταξύ των αποτυπωμάτων κτιρίων OSM και της βάσης δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο) που οφείλεται σε ένα ποσοστό στα σφάλματα που μπορεί να συμβούν κατά τη δημιουργία των δεδομένων. Για παράδειγμα, μια ομάδα πέντε κτιρίων μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα μόνο κτίριο στο OSM επειδή, στην αεροφωτογραφία, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ακριβές όριο μεταξύ των στεγών. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι συνήθως το πολύγωνο OSM αντιπροσωπεύει τις στέγες, όχι τα όρια των κτιρίων. Επίσης επειδή το OSM δεν αναγκάζει τους συμμετέχοντες να χρησιμοποιήσουν έναν μοναδικό τρόπο δημιουργίας δεδομένων μπορεί να ψηφιοποιήσουν ένα πολύ περίπλοκο κτιριακό αποτύπωμα με μόνο τέσσερα σημεία. Επομένως, τα κτίρια OSM μπορεί να είναι τελικά κάτι μεταξύ στα κτίρια αναφοράς και σε μια γενικευμένη αναπαράσταση τους.

Είναι εμφανείς οι περιπτώσεις σχέσεων αντιστοίχισης κτιρίων OSM και της βάσης δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο) όπως παρατίθενται παρακάτω:

Σχέση 0:1 - Αυτή η περίπτωση συμβαίνει όταν ένα κτίριο στη βάση δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο) δεν έχει αντίστοιχο πολύγωνο στο OSM, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.5 που ακολουθεί.

Σχέση 1:0 - Αυτή η περίπτωση συμβαίνει όταν ένα κτίριο απαντάται στο OSM αλλά δεν έχει αντίστοιχο πολύγωνο στην βάση δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το αρχείο πολυγώνων κτιρίων του Κτηματολογίου έχει γίνει εδώ και 20 χρόνια ενώ το διανυσματικό αρχείο του OSM είναι πολύ νεότερο. Στην Εικόνα 4.6 παρατηρούνται σχέσεις 1:0.



Εικόνα 4.5.(Σχέση 0:1)Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνονται κτίρια που δεν αποτυπώνονται στο OSM.



Εικόνα 4.6. (Σχέση 1:0)Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνονται τα νέα κτήρια.

Σχέση 1:1 - Αυτή η σχέση υπάρχει όταν ένα κτίριο OSM αντιστοιχίζεται σε ένα μόνο κτίριο αναφοράς (Κτηματολόγιο) και αυτό το κτίριο αναφοράς (Κτηματολόγιο) ταιριάζει επίσης με ένα μόνο κτίριο OSM. Κυρίως αυτό συμβαίνει στο κέντρο της πόλης των Σερρών, όπου οι οικοδομές που υπάρχουν έχουν κατασκευαστεί πριν 40 χρόνια τουλάχιστον και δεν έχουν υποστεί μεταβολές οπότε έχουν αποτυπωθεί τα ίδια κτίρια και στο αρχείο του Κτηματολογίου αλλά και στο αρχείο του OSM. Στην Εικόνα 4.7 παρουσιάζεται παράδειγμα που εκφράζει τη σχέση 1:1.

Σχέση 1:n - Αυτή η περίπτωση συμβαίνει όταν ένα κτίριο που υπάρχει στη βάση δεδομένων του OSM, αντιστοιχεί σε μια ομάδα κτιρίων στα δεδομένα αναφοράς (Κτηματολόγιο). Η σχέση αυτή παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.8.

Σχέση n:1 - Αυτή η περίπτωση συμβαίνει σπάνια, όταν ένα κτίριο που υπάρχει στο αρχείο του OSM αντιστοιχεί σε τμήμα κτιρίου στα δεδομένα αναφοράς. (Κτηματολόγιο). Παράδειγμα τέτοιας σχέσης μεταξύ αποτυπώματος OSM και βάσης δεδομένων αναφοράς παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.9.



Εικόνα 4.7.(Σχέση 1:1)Ενδεικτικός χάρτης από το κέντρο της πόλης των Σερρών.

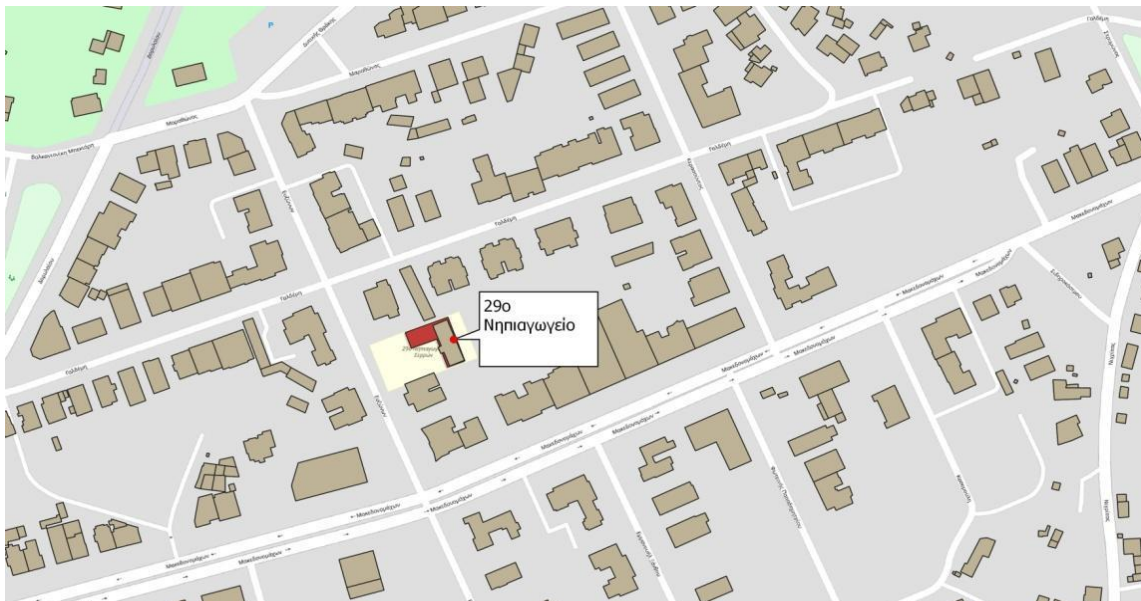


Εικόνα 4.8.(Σχέση 1: n)Ενδεικτικός χάρτης από το κέντρο των Σερρών.



Εικόνα 4.9.(Σχέση n:1)Ενδεικτικός χάρτης από το κέντρο των Σερρών.

Με περαιτέρω παρατήρηση που πραγματοποιήθηκε με χρήση του GoogleEarth, διαπιστώθηκε ότι κάποιες αλλαγές στα περιγράμματα των κτιρίων προέρχονται και από μεταβολές του ίδιου του κτιρίου (προσθήκη κατ' επέκταση ή προσθήκη καθ' ύψος). Αυτό παρατηρείται κυρίως σε δημόσια κτίρια (σχολεία, εκκλησίες, νοσοκομείο) γιατί με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται το ανθρώπινο δυναμικό που πρέπει να εξυπηρετήσουν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραπάνω περίπτωσης, αποτελεί το 29^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών όπου στην Εικόνα 4.10 παρατηρεί κανείς το πολύγωνο που λαμβάνεται από το Κτηματολόγιο και δεν έχει ενημερωθεί πρόσφατα, να είναι ελλειπές σε σχέση με το πολύγωνο της βάσης δεδομένων του OSM όπου και ορθώς παρουσιάζεται το νέο αποτύπωμα που προέκυψε μετά από εργασίες επέκτασης του κτιρίου του σχολείου.



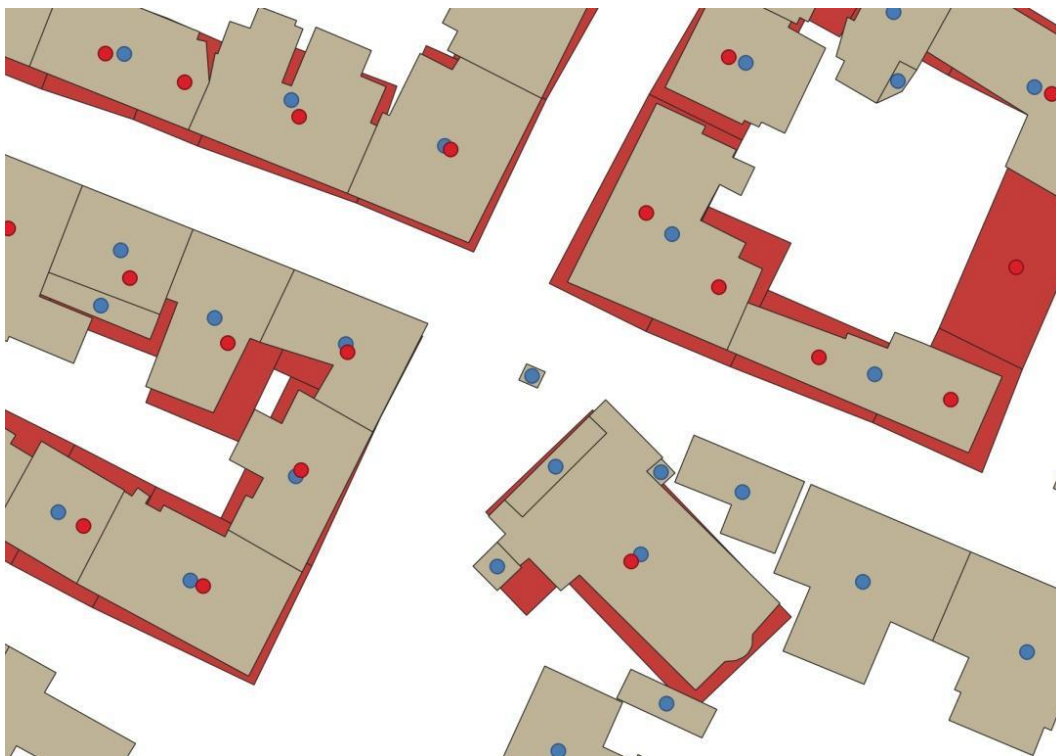
Εικόνα 4.10.Ενδεικτικός χάρτης από το 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών.

Μέσω του λογισμικού QGIS, διαπιστώθηκε ότι στο αρχείο πολυγώνων κτιρίων του Κτηματολογίου υπάρχουν καταγεγραμμένα 40.626 κτίρια ενώ στο αρχείο του OSM 514 κτίρια. Από τα 514 κτίρια στο OSM τα 59 είναι νέα κτίρια. Παρατηρώντας τα νέα κτίρια φαίνεται ότι έχει ξεκινήσει η αποκέντρωση της πόλης των Σερρών γιατί κατασκευάζονται νέες κατοικίες στα προάστια, οι οποίες συνοδεύονται και με τις υπόλοιπες παροχές που απαιτούνται όπως για παράδειγμα σχολεία, εκκλησίες και σούπερ μάρκετ.

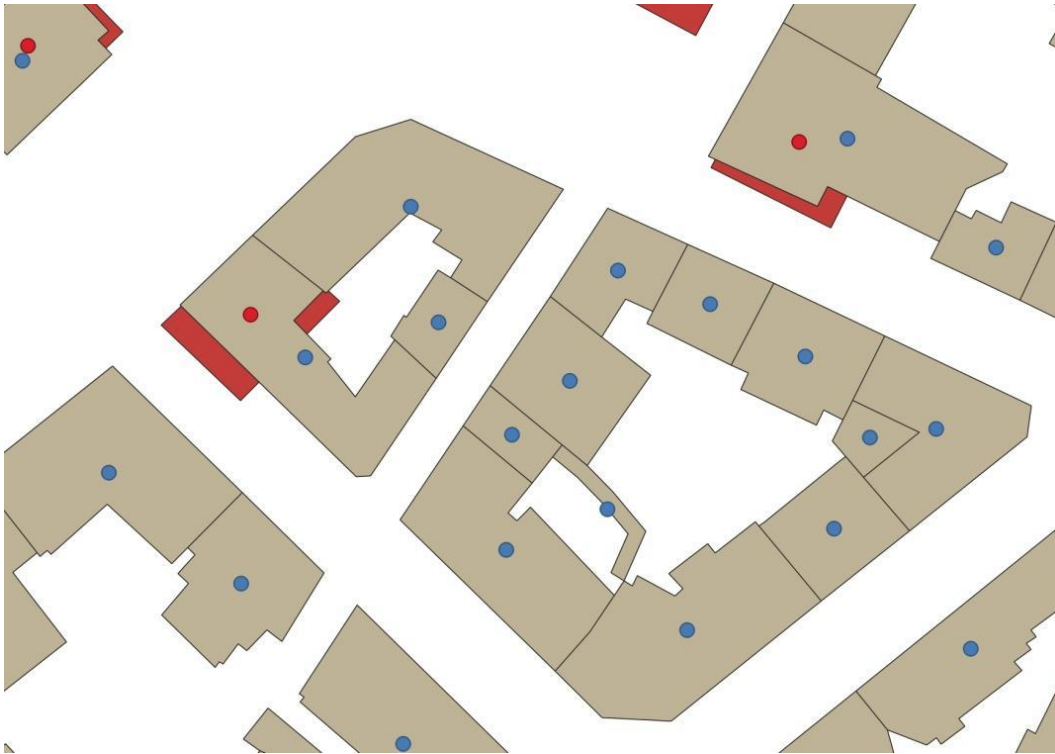
Μέσω του λογισμικού QGIS και τη χρήση της εντολής «overlap» δίνεται η δυνατότητα να περιοριστούν τα κτίρια από τα δεδομένα αναφοράς (Κτηματολόγιο) από 40.626 σε 1.684 κτίρια τα οποία αποτελούν και το σύνολο των κτιρίων που επικαλύπτονται από τα 455 κτίρια που υπάρχουν και στο OSM και δεν πρόκειται για νέα κτίρια.

Τα κτίρια ενδιαφέροντος για την παρούσα εργασία είναι αυτά για τα οποία ισχύει η σχέση 1:1, δηλαδή ένα κτίριο που υπάρχει στη βάση δεδομένων του OSM να αντιστοιχεί σε ένα κτίριο των δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο).

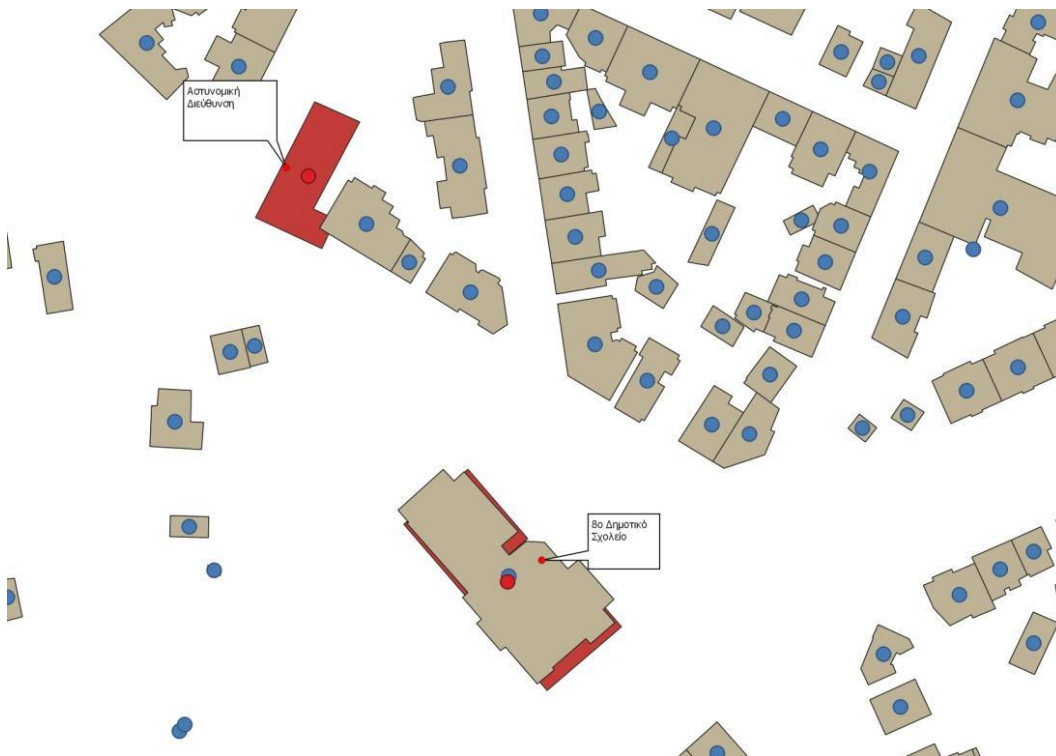
Ως επιβεβαίωση των παραπάνω, αξιοποιήθηκε η εντολή «Κεντροειδή» στο QGIS για τη λήψη του κέντρου βάρους των κτιριακών αποτυπωμάτων των δύο συγκρινόμενων βάσεων δεδομένων. Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 4.12 έως Εικόνα 4.15) εξετάζονται και πάλι οι σχέσεις μεταξύ των κτιριακών αποτυπωμάτων των δύο συγκρινόμενων βάσεων δεδομένων. Με κόκκινο χρώμα, απεικονίζονται τα κέντρα βάρους των κτιρίων από το OSM ενώ με μπλε χρώμα είναι τα κέντρα βάρους των κτιρίων από το Κτηματολόγιο.



Εικόνα 4.11.(Σχέση 1:n) Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο που υπάρχει στο διανυσματικό αρχείο του **OSM**, αντιστοιχεί σε μια συγκέντρωση κτιρίων στα δεδομένα αναφοράς(Κτηματολόγιο).



Εικόνα 4.12.(Σχέση n:1)Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο που υπάρχει στο διανυσματικό αρχείο του **OSM**, αντιστοιχεί σε τμήμα κτιρίου στα δεδομένα αναφοράς(**Κτηματολόγιο**).



Εικόνα 4.13.(Σχέση 1:1)Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο που υπάρχει στο διανυσματικό αρχείο του **OSM**, αντιστοιχεί σε ένα κτίριο των δεδομένων αναφοράς(**Κτηματολόγιο**).



Εικόνα 4.14.(Σχέση 0:1)Ενδεικτικός χάρτης όπου φαίνεται ότι ένα κτίριο στη βάση δεδομένων αναφοράς (Κτηματολόγιο) δεν έχει αντίστοιχο πολύγωνο στο **OSM**.

Κεφάλαιο 5

Αξιολόγηση των δεδομένων με τη χρήση διαφόρων μεθόδων.

5.1 Διερεύνηση ως προς την πληρότητα (Completeness)

Στην ενότητα αυτή θα γίνει η ποιοτική αξιολόγηση των δεδομένων του OSM ως προς την πληρότητα. Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3, υπάρχουν δύο μεθοδολογίες για τον έλεγχο της πληρότητας. Η πρώτη μέθοδος γίνεται βάσει μονάδων (unitbasedmethod) και η δεύτερη γίνεται βάσει αντικειμένων (objectbasedmethod).

Στην παρούσα εργασία, έχουν πραγματοποιηθεί οι υπολογισμοί και με τις δύο μεθοδολογίες και παρουσιάζονται στις παρακάτω υποενότητες.

5.1.1 Μέθοδος βάσει μονάδων (unitbasedmethod)

Στην unitbasedmethod, υπολογίζονται δύο δείκτες ανάλογα με το μέγεθος που επιλέγεται για την αξιολόγηση της πληρότητας. Τα μεγέθη αυτά είναι το συνολικό πλήθος κτιριακών αποτυπωμάτων στις δύο βάσεις δεδομένων και η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν.

Μέσω του λογισμικού QGIS διαπιστώθηκε ότι στη βάση δεδομένων αναφοράς δηλαδή σε αυτή του Κτηματολογίου, υπάρχουν καταγεγραμμένα 40.626 κτίρια, με συνολικά καταλαμβανόμενη επιφάνεια 3.525.798,18 τ.μ., ενώ στη βάση δεδομένων του OSM 514 κτίρια με συνολικά καταλαμβανόμενη επιφάνεια 244.127,31 τ.μ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύγκριση βάσει μονάδων, για την πληρότητα δεδομένων, ακολουθώντας τους παρακάτω υπολογισμούς.

1. **Δείκτης C_{No}** = (αριθμός κτιρίων στο OSM)/(αριθμός κτιρίων αναφοράς) x 100 = (514/40.626) x 100 = **1,265**.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, ο δείκτης C_{No} εκφράζει πρακτικά το ποσοστό των κτιρίων της πραγματικότητας που αποτυπώνονται και στο OSM. Η τιμή που έχει προκύψει για τον δείκτη (C_{No}), είναι εξαιρετικά μικρή, καθώς τα κτίρια αναφοράς αποτυπώνονται σε υψηλότερο βαθμό ανάλυσης. Ειδικότερα, τα ανεξάρτητα κτίρια ή τα κτιριακά συγκροτήματα με πολλά μέρη δεν αποτυπώνονται με επαρκή λεπτομέρεια στο OSM, οδηγώντας σε πολύ μικρότερο αριθμό κτιρίων που ανιχνεύονται ανά μονάδα επιφάνειας.

2. **Δείκτης C_{Area}** = (συνολική επιφάνεια κτιρίων στο OSM)/(συνολική επιφάνεια κτιρίων αναφοράς) x 100 = (244.127,31 / 3.525.798,18) x 100 = **6,924**.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, ο δείκτης C_{Area} εκφράζει πρακτικά το ποσοστό της συνολικά καλυπτόμενης επιφάνειας για OSM και βάση δεδομένων αναφοράς. Πιο αναλυτικά, έχουμε σαν δεδομένο και σαν πραγματική κατάσταση, αυτή που αντικατοπτρίζεται στη βάση

δεδομένων αναφοράς. Με τον συγκεκριμένο δείκτη βλέπουμε μόνο ποσοτικά, τι ποσοστό επί αυτής της πραγματικής κατάστασης καλύπτεται και από το OSM. Όμως, τονίζεται ότι ο δείκτης εκφράζει κάτι τέτοιο μόνο ποσοτικά και όχι ποιοτικά καθώς ο λόγος των επιφανειών κάλυψης στις δύο βάσεις δεδομένων δεν εκφράζει και την ακριβή κάλυψη της πραγματικής επιφάνειας της βάσης δεδομένων αναφοράς.

Ο δείκτης (C_{Area}) χαρακτηρίζεται επίσης πολύ μικρός και απλώς προκύπτει μεγαλύτερος του C_{No} . Προκύπτει μεγαλύτερος γιατί τα κτίρια OSM είναι γενικά ψηφιοποιημένα από ορθοεικόνες, οπότε αντιπροσωπεύουν την περιοχή της στέγης και όχι την κάτοψη, όπως στα περιγράμματα του αποτυπώματος αναφοράς, με αποτέλεσμα να δίνουν μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια κτιρίων. Ο υψηλότερος βαθμός πληρότητας που υποδεικνύεται για την επιφάνεια του κτιρίου οφείλεται γενικά στον χαμηλότερο βαθμό ανάλυσης στην αναπαράσταση σύνθετων κατασκευών.

Περαιτέρω και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.1.2 Μέθοδος βάσει αντικειμένων (object based method)

Στην object based method, ο υπολογισμός της πληρότητας γίνεται αφού προηγηθεί αντιστοίχιση μεταξύ των δύο βάσεων δεδομένων προς σύγκριση. Υπάρχουν δύο επιμέρους μεθοδολογίες για τον προσδιορισμό της πληρότητας βάσει αντικειμένων. Η μια μεθοδολογία αξιοποιεί τα κέντρα βάρους των πολυγώνων ενώ η άλλη μεθοδολογία αξιοποιεί την αλληλοεπικάλυψη των εμβαδών των πολυγώνων στις δύο βάσεις δεδομένων. Είναι προφανές λοιπόν ότι μόνο τα κτίρια με σχέση 1:1 θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της πληρότητας στην objectbasedmethod.

Περνώντας στον υπολογισμό της πληρότητας συγκεκριμένα, υπολογίζονται δύο δείκτες ανάλογα με το μέγεθος που επιλέγεται ως δείκτης για την αξιολόγηση της πληρότητας.

1. **Centroid Method : Δείκτης C_{center}** =(αριθμός κεντροειδών των κτιρίων αναφοράς που βρίσκονται εντός των πολυγώνων των κτιρίων του OSM)/(αριθμός κεντροειδών κτιρίων αναφοράς) x 100 = (1.432/ 40.626) x 100 =**3,525**.

Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο υπολογισμός έγινε εξαγωγή των κεντροειδών των κτιρίων OSM και των κτιρίων αναφοράς και στη συνέχεια με ένα χωρικό ερώτημα στο QGIS προέκυψε το πλήθος των κτιρίων της βάσης δεδομένων αναφοράς των οποίων το κέντρο βάρους βρίσκεται εντός των πολυγώνων των κτιρίων OSM.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, ο δείκτης C_{center} εκφράζει πρακτικά το ποσοστό των κτιρίων της πραγματικότητας των οποίων τα κεντροειδή βρίσκονται εντός πολυγώνων της βάσης δεδομένων αναφοράς. Η τιμή που έχει προκύψει για τον δείκτη είναι εξαιρετικά μικρή και ουσιαστικά δείχνει ότι υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης ως προς την πληρότητα των δεδομένων του OSM.

2. **Overlap Method: Δείκτης $C_{coverlap}$** = (αριθμός κτιρίων αναφοράς των οποίων η επιφάνεια αναπαρίσταται στη βάση δεδομένων του OSM σε ποσοστό τουλάχιστον 50%)/(αριθμός κτιρίων αναφοράς) x 100 = (1424/40626) x 100 = **3,505**.

Για να πραγματοποιηθεί αυτός ο υπολογισμός, μέσω του λογισμικού QGIS και τη χρήση της εντολής «overlap» περιορίστηκαν τα κτίρια της βάσης δεδομένων αναφοράς από 40.626 σε 1.684.

Έπειτα, βρέθηκε η τομή των δύο διανυσματικών αρχείων δηλαδή η αλληλοεπικάλυψη των κτιρίων OSM με τα κτίρια αναφοράς και υπολογίστηκε το εμβαδό επικάλυψης. Διαπιστώνουμε ότι από τα 1.684 κτίρια αναφοράς αυτά που ικανοποιούν το ποσοστό της κατά τουλάχιστον 50% επικάλυψης, είναι τα 1.424 ενώ τα υπόλοιπα 260 όχι.

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, ο δείκτης C_{overlap} εκφράζει πρακτικά το ποσοστό των κτιρίων της πραγματικότητας των οποίων το εμβαδό της βάσης δεδομένων αναφοράς αναπαρίσταται και στη βάση δεδομένων του OSM σε ποσοστό ίσο ή μεγαλύτερο του 50%. Η τιμή που έχει προκύψει για τον δείκτη είναι εξαιρετικά μικρή και ουσιαστικά δείχνει ότι υπάρχουν πολλά περιθώρια βελτίωσης ως προς την πληρότητα των δεδομένων του OSM.

Βλέπουμε ότι το επίπεδο πληρότητας που υποδεικνύεται από τη μέθοδο επικάλυψης είναι ελαφρώς κάτω από αυτό που καθορίζεται από τη μέθοδο του κέντρου. Είναι επομένως σαφές ότι οι αποκλίσεις μοντελοποίησης έχουν μόνο μικρό αντίκτυπο στην ανάλυση που βασίζεται σε αντικείμενα.

Σημειώνεται ακόμα πως τόσο ο δείκτης C_{center} όσο και ο δείκτης C_{overlap} έχουν προκύψει με παρόμοιες τιμές 3,525 και 3,505 και ο βασικός σχολιασμός αυτής της τιμής είναι ότι τα δεδομένα της βάσης του OSM κρίνονται ανεπαρκή ως προς την πληρότητα.

Περισσότερα και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.2 Διερεύνηση ως προς την ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)

Η ακρίβεια θέσης διερευνάται μέσω της σύγκρισης της θέσης του κέντρου βάρους του αποτυπώματος του εξεταζόμενου κτιρίου στη βάση δεδομένων του OSM και στη βάση δεδομένων αναφοράς. Η απόσταση των δύο κέντρων βάρους υπολογίζεται λοιπόν για τα 10 κτίρια ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας και στη συνέχεια εκτιμάται και σχολιάζεται η ακρίβεια θέσης.

Από τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό πως αν ένα κτιριακό αποτύπωμα στο OSM ψηφιοποιηθεί ακριβώς στην ίδια θέση με το κτιριακό αποτύπωμα της βάσης δεδομένων αναφοράς, η ακρίβεια θέσης χαρακτηρίζεται ως υψηλή με την απόσταση των δύο κέντρων βάρους να είναι μηδενική. Αν το κτιριακό αποτύπωμα του OSM βρίσκεται μακριά από την πραγματική θέση που αποτυπώνεται στη βάση δεδομένων αναφοράς, η απόσταση των δύο κέντρων βάρους είναι μεγάλη και η ακρίβεια θέσης χαρακτηρίζεται ως μικρή. Συνεπώς υπάρχει μια σχέση αντιστρόφως ανάλογη μεταξύ της απόστασης των κέντρων βάρους των εξεταζόμενων κτιριακών αποτυπωμάτων με την ακρίβεια θέσης.

Κατά τη διερεύνηση της ακρίβειας θέσης εξετάζονται μόνο τα κτίρια με σχέση 1:1. Αυτός ο περιορισμός είναι απαραίτητος καθώς σε διαφορετική περίπτωση, δεν θα είχε νόημα ο υπολογισμός απόστασης καθώς είτε στο OSM είτε στη βάση δεδομένων αναφοράς θα υπήρχαν είτε περισσότερα του ενός κέντρα βάρους είτε κανένα κέντρο βάρους. Άρα και στην παρούσα εργασία, δεν είναι εφικτός ο υπολογισμός και στα 10 κτίρια ενδιαφέροντος.





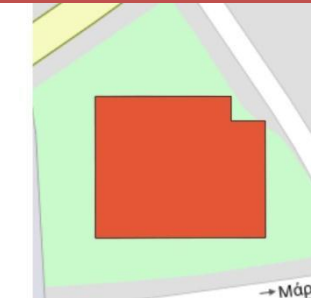




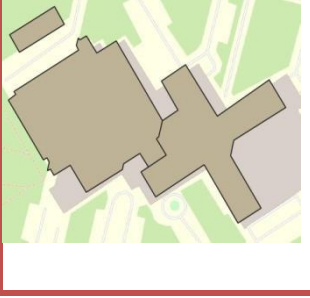
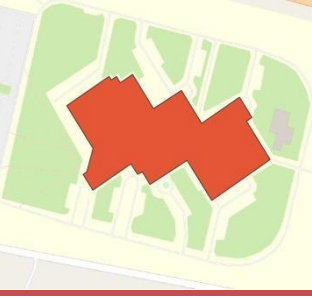

Τα 10 κτίρια ενδιαφέροντος στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας είναι τα εξής:





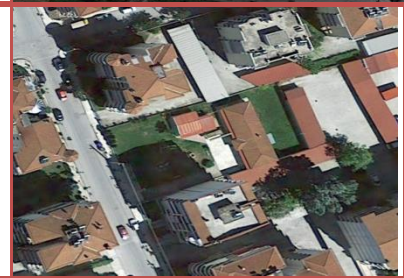
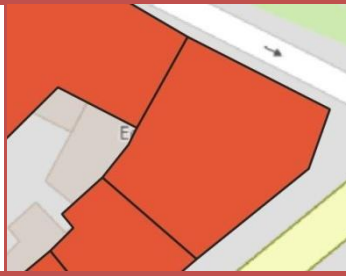


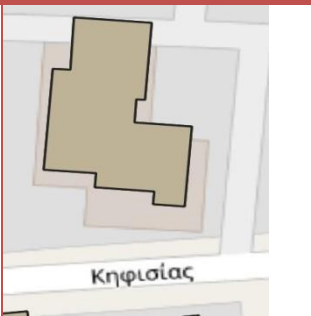

1. Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας Π.Ε. Σερρών (Διοικητήριο).
2. Ιερός Ναός «Σαράντα Μαρτύρων».

3. ΕΦΚΑ (πρώην ΙΚΑ).
4. Γενικό Νοσοκομείο Σερρών.
5. 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών.
6. 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών
7. 1^η οικοδομή (όπου στεγάζεται το Εργατικό Κέντρο Ν. Σερρών).
8. 2^η οικοδομή (όπου στεγάζεται η ALPHA BANK).
9. 1^η μονοκατοικία (παλιό καπνομάγαζο).
10. 2^η μονοκατοικία (εργατική κατοικία Σιγής).

Στον Πίνακα 5.1 φαίνονται αυτά τα δέκα κτίρια καθώς επίσης και η απεικόνισή τους στο διανυσματικό αρχείο του Κτηματολογίου, στο διανυσματικό αρχείο του OSM αλλά και στο Google Earth.

Πίνακας 5.1. Κτίρια ενδιαφέροντος

ΚΤΙΡΙΑ	ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	OPENSTREETMAP	GOOGLE EARTH
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας Π.Ε. Σερρών (Διοικητήριο)			
Ιερός Ναός «Σαράντα Μαρτύρων»			
ΕΦΚΑ (πρώην ΙΚΑ)			
Γενικό Νοσοκομείο Σερρών			

<p>8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών</p>			
<p>29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών</p>			
<p>1^η οικοδομή</p>			
<p>2^η οικοδομή</p>			
<p>1^η μονοκατοικία</p>			
<p>2^η μονοκατοικία</p>			

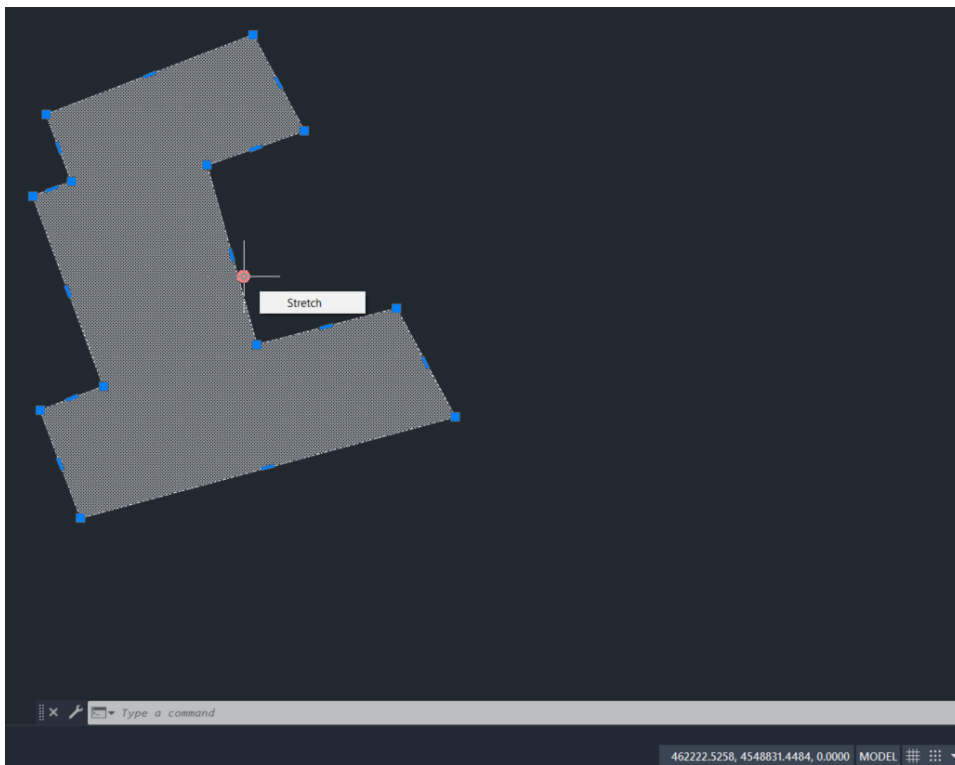
5.2.1 Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας Π.Ε. Σερρών (Διοικητήριο)

Το συγκεκριμένο κτίριο δεν θα ελεγχθεί ως προς την ακρίβεια θέσης καθώς η σχέση των αποτυπωμάτων σε OSM και Κτηματολόγιο δεν χαρακτηρίζεται ως 1:1. Συγκεκριμένα, στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου έχουμε δύο αποτυπώματα για την εν λόγω κατασκευή, ενώ στη βάση δεδομένων του OSM έχουμε ένα κτιριακό αποτύπωμα.

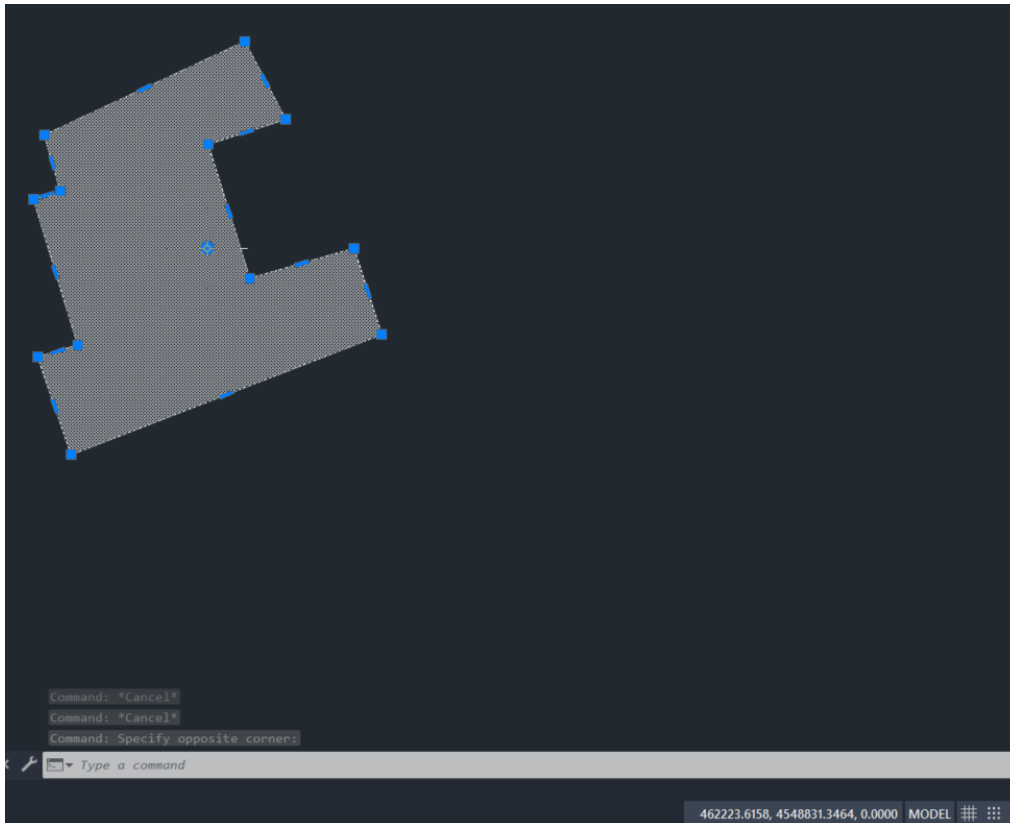
5.2.2 Ιερός Ναός «Σαράντα Μαρτύρων»

Το συγκεκριμένο κτίριο δεν θα ελεγχθεί ως προς την ακρίβεια θέσης καθώς η σχέση των αποτυπωμάτων σε OSM και Κτηματολόγιο δεν χαρακτηρίζεται ως 1:1. Συγκεκριμένα, στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου έχουμε δύο αποτυπώματα για την εν λόγω κατασκευή, ενώ στη βάση δεδομένων του OSM έχουμε ένα κτιριακό αποτύπωμα.

5.2.3 ΕΦΚΑ (πρώην ΙΚΑ)



Εικόνα 5.1. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο.



Εικόνα 5.2. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM.

Χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα που υπάρχει στην ιστοσελίδα: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 1.0947620746293

Steps:

$$\begin{aligned}
 \text{Distance (d)} &= \sqrt{(462223.6158 - 462222.5258)^2 + (4548831.3464 - 4548831.4484)^2} \\
 &= \sqrt{(1.090000000256)^2 + (-0.101999999553)^2} \\
 &= \sqrt{1.1985040000467} \\
 &= 1.0947620746293
 \end{aligned}$$

Εικόνα 5.3. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 1,095μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική.

5.2.4 Γενικό Νοσοκομείο Σερρών

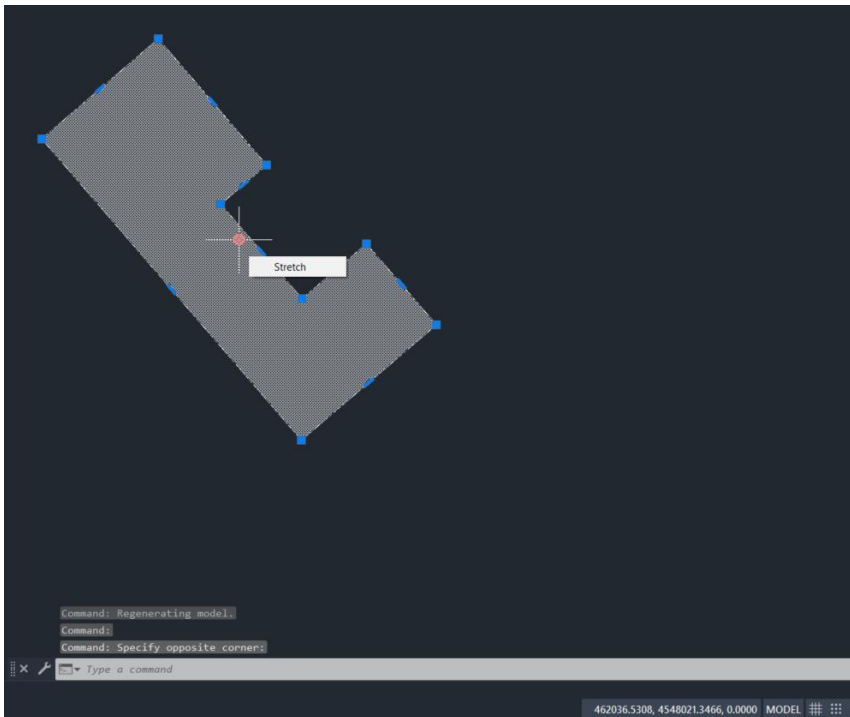
Το συγκεκριμένο κτίριο δεν θα ελεγχθεί ως προς την ακρίβεια θέσης καθώς η σχέση των αποτυπωμάτων σε OSM και Κτηματολόγιο δεν χαρακτηρίζεται ως 1:1. Συγκεκριμένα, στη βάση

δεδομένων του Κτηματολογίου έχουμε δύο αποτυπώματα για την εν λόγω κατασκευή, ενώ στη βάση δεδομένων του OSM έχουμε ένα κτιριακό αποτύπωμα.

5.2.5 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών



Εικόνα 5.4. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο.



Εικόνα 5.5. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 1.8330708798611

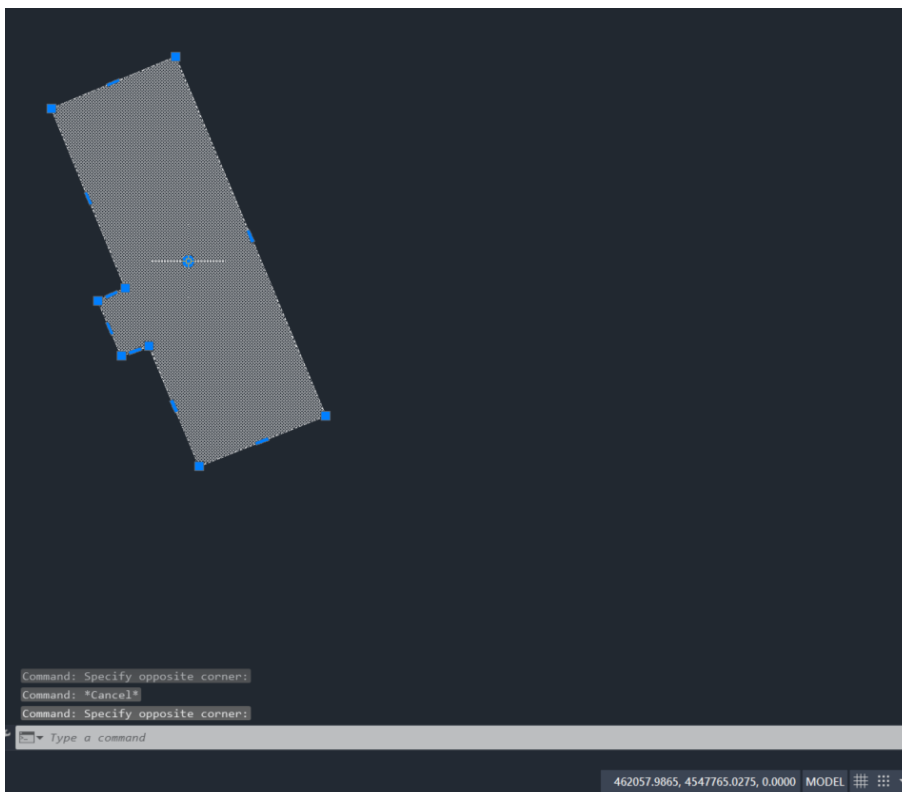
Steps:

$$\begin{aligned} \text{Distance (d)} &= \sqrt{(462036.5308 - 462034.9085)^2 + (4548021.3466 - 4548022.2)^2} \\ &= \sqrt{(1.622299999882)^2 + (-0.85340000037104)^2} \\ &= \sqrt{3.3601488505949} \\ &= 1.8330708798611 \end{aligned}$$

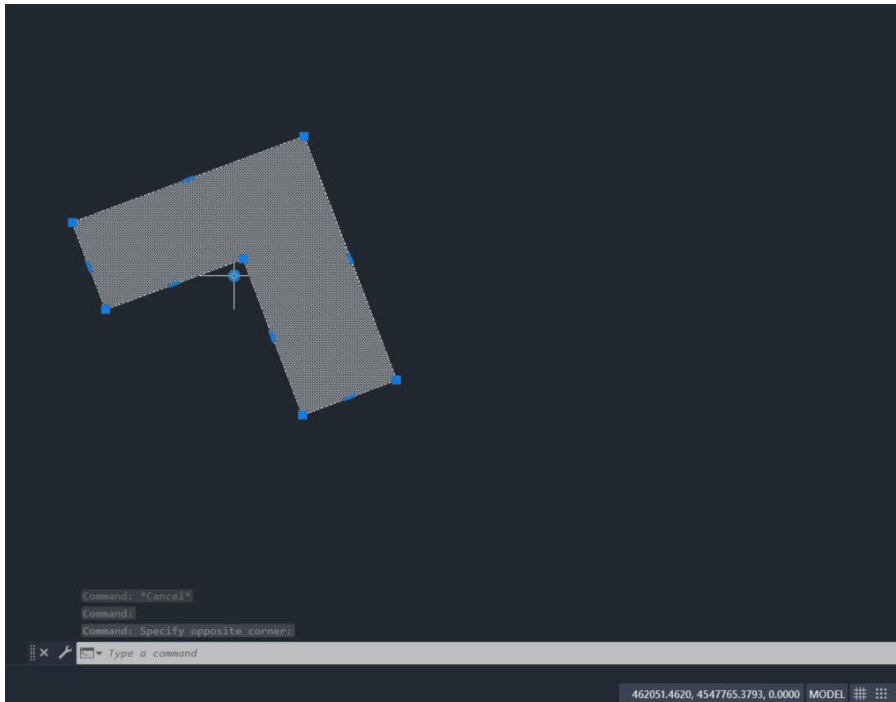
Εικόνα 5.6. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 1,833μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική.

5.2.6 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών



Εικόνα 5.7. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο.



Εικόνα 5.8. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM.

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 6.5339776162917

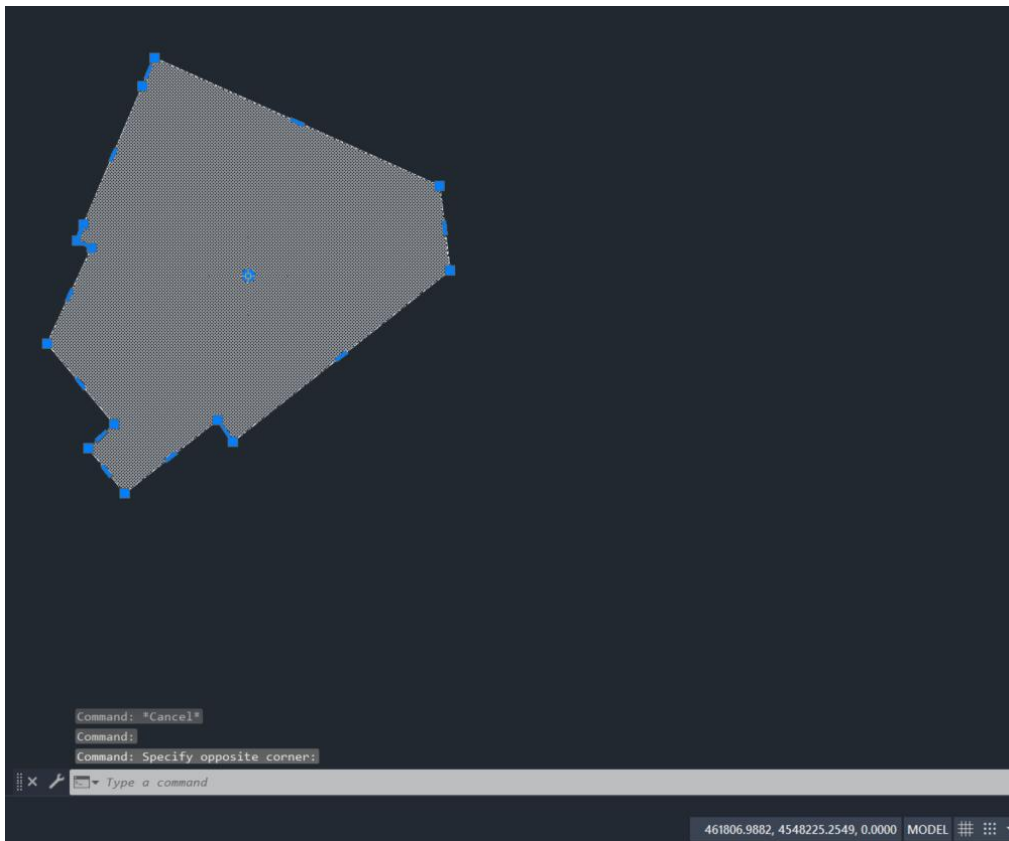
Steps:

$$\begin{aligned} \text{Distance (d)} &= \sqrt{(462051.4620 - 462057.9865)^2 + (4547765.3793 - 4547765.0275)^2} \\ &= \sqrt{(-6.5244999999995)^2 + (0.35180000029504)^2} \\ &= \sqrt{42.692863490202} \\ &= 6.5339776162917 \end{aligned}$$

Εικόνα 5.9. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή :<https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 6,534μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως μη ικανοποιητική.

5.2.7 1^η εξεταζόμενη οικοδομή



Εικόνα 5.10. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο



Εικόνα 5.11. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM.

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 1.885542471135

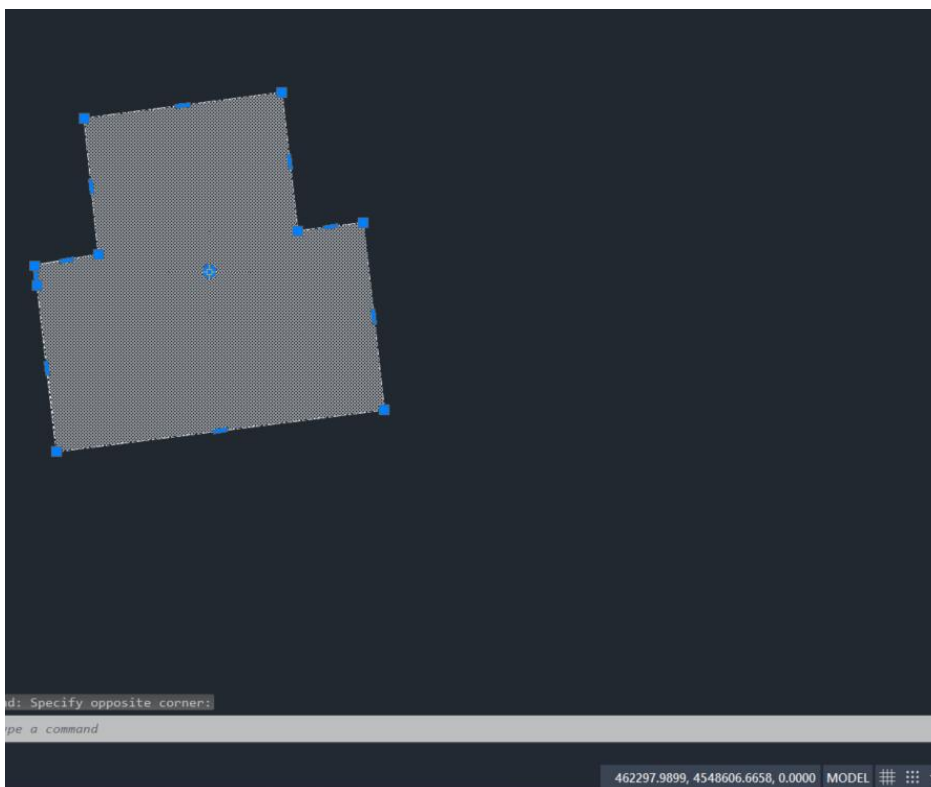
Steps:

$$\begin{aligned}\text{Distance (d)} &= \sqrt{(461808.5486 - 461806.9882)^2 + (4548224.1964 - 4548225.2549)^2} \\ &= \sqrt{(1.560399999585)^2 + (-1.0585000002757)^2} \\ &= \sqrt{3.555270410454} \\ &= 1.885542471135\end{aligned}$$

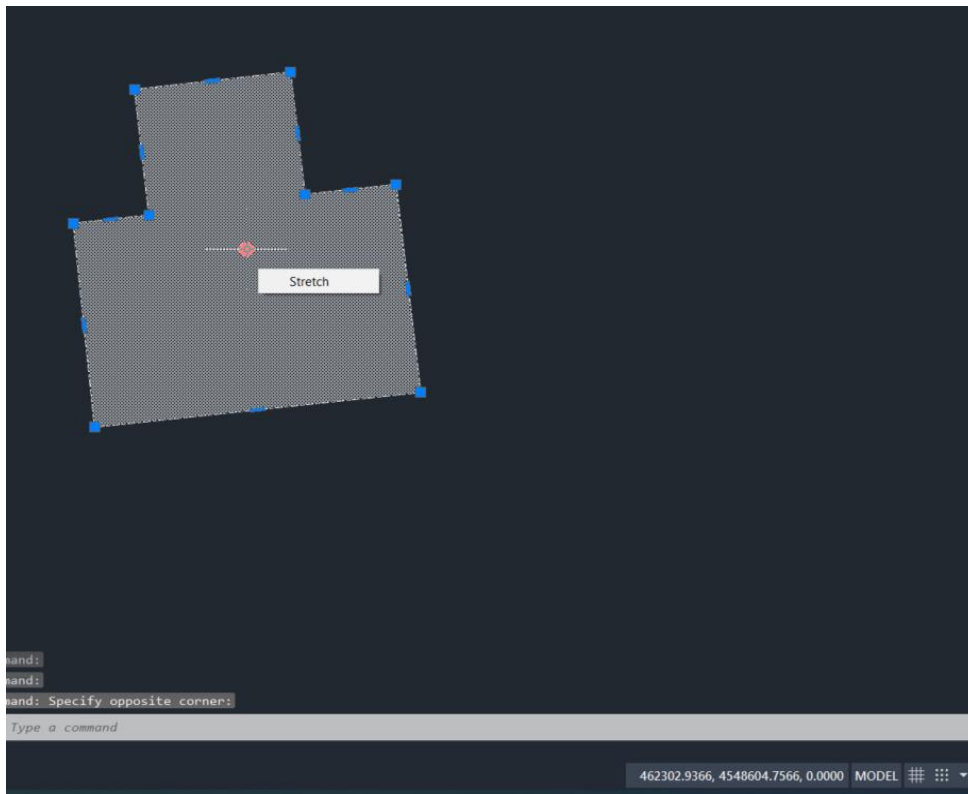
Εικόνα 5.12. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 1,886μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική.

5.2.8 2^η εξεταζόμενη οικοδομή



Εικόνα 5.13. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο.



Εικόνα 5.14. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM.

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 5.302347171672

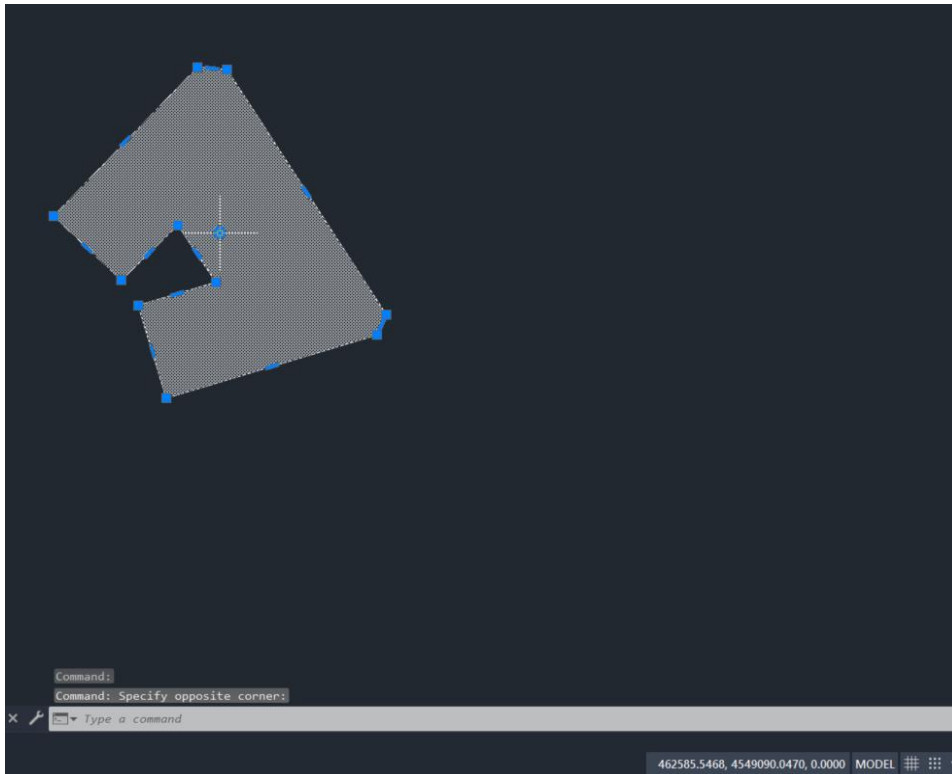
Steps:

$$\begin{aligned} \text{Distance (d)} &= \sqrt{(462302.9366 - 462297.9899)^2 + (4548604.7566 - 4548606.6658)^2} \\ &= \sqrt{(4.946700000295)^2 + (-1.9091999996454)^2} \\ &= \sqrt{28.114885528938} \\ &= 5.302347171672 \end{aligned}$$

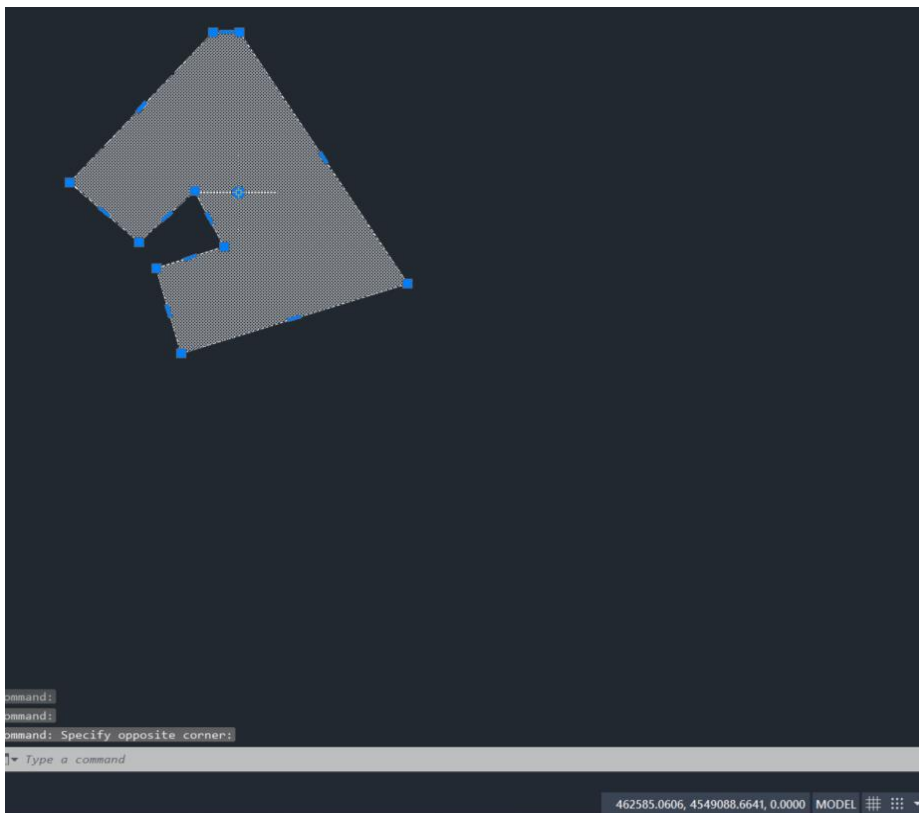
Εικόνα 5.15. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 5,302μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως μη ικανοποιητική.

5.2.9 1^η εξεταζόμενη μονοκατοικία



Εικόνα 5.16. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο.



Εικόνα 5.17. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM.

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 1.4658795487713

Steps:

$$\begin{aligned}\text{Distance (d)} &= \sqrt{(462585.0606 - 462585.5468)^2 + (4549088.6641 - 4549090.047)^2} \\ &= \sqrt{(-0.48619999998482)^2 + (-1.38290000005499)^2} \\ &= \sqrt{2.148802851506} \\ &= 1.4658795487713\end{aligned}$$

Εικόνα 5.18. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 1,466μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική.

5.2.10 2^η εξεταζόμενη μονοκατοικία



Εικόνα 5.19. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο.



Εικόνα 5.20. Συντεταγμένες κέντρου βάρους κτιριακού αποτυπώματος στο OSM.

2D Distance Calculator

Use this calculator to find the distance between two points on a 2D coordinate plane.

Result

Distance: 2.1456292900491

Steps:

$$\begin{aligned}
 \text{Distance (d)} &= \sqrt{(463195.9578 - 463194.4919)^2 + (4548692.5032 - 4548694.07)^2} \\
 &= \sqrt{(1.465899999519)^2 + (-1.566800000146)^2} \\
 &= \sqrt{4.6037250503167} \\
 &= 2.1456292900491
 \end{aligned}$$

Εικόνα 5.21. Υπολογισμός απόστασης κέντρων βάρους (Πηγή: <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>)

Η απόσταση των κέντρων βάρους του εν προκειμένω εξεταζόμενου κτιρίου προέκυψε ίση με 2,146μ, μια τιμή που χαρακτηρίζεται ως ικανοποιητική.

Για τα επτά από τα δέκα κτίρια ενδιαφέροντος που είναι εφικτός ο υπολογισμός προέκυψαν οι τιμές 1,095m, 1,833m, 6,533m, 1,886m, 5,302m, 1,466m και 2,146m. Ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών αποστάσεων είναι ίσος με 2,894m, ο οποίος χαρακτηρίζεται ικανοποιητικός.

Όσον αφορά τις μεμονωμένες τιμές, οι τιμές 6,533m και 5,302m χαρακτηρίζονται ως ενδείξεις κακής ποιότητας ακρίβειας θέσης ενώ όλες οι υπόλοιπες κρίνονται ως ικανοποιητικές καθώς πάντα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το γεγονός ότι και οι αεροφωτογραφίες που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση στο OSM δεν συνοδεύονται από πλήρη ακρίβεια όσον αφορά την ακρίβεια θέσης.

Περισσότερα και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.3 Διερεύνηση ως προς την ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)

Τα κτιριακά αποτυπώματα του OSM ψηφιοποιούνται από τους εθελοντές χρήστες της πλατφόρμας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας, οι εθελοντές χρήστες που συμβάλλουν στο OSM δεν είναι απαραίτητα εξειδικευμένοι στο έργο το οποίο πραγματοποιούν. Για το λόγο αυτό προκύπτει ότι τα σχήματα των πολυγώνων δεν είναι ακριβώς όπως στη πραγματικότητα. Παρακάτω θα υπολογιστούν διάφοροι δείκτες της ακρίβειας σχήματος που έχουν χρησιμοποιηθεί και παρουσιαστεί και στο παρελθόν στη σχετική βιβλιογραφία. Ως πραγματικότητα, θεωρείται η όποια μορφή έχει ένα κτιριακό αποτύπωμα στη βάση δεδομένων αναφοράς. Έτσι η σύγκριση γίνεται και πάλι μεταξύ OSM και Κτηματολογίου για τα 10 κτίρια ενδιαφέροντος εντός της πόλης των Σερρών. Σημειώνεται και πάλι ότι η σύγκριση αυτή έχει νόημα μόνο για τα κτίρια για τα οποία ισχύει η σχέση 1:1.

5.3.1 Λόγος εμβαδών (Area ratio)

Το μέγεθος αυτό είναι ουσιαστικά ο λόγος των εμβαδών μεταξύ των δύο συγκρινόμενων κτιριακών αποτυπωμάτων εκ των οποίων το ένα αφορά το OSM και το άλλο τη βάση δεδομένων αναφοράς, δηλαδή στη προκειμένη περίπτωση το Κτηματολόγιο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εν λόγω υπολογισμοί.

Πίνακας 5.2. Λόγος εμβαδών, για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	Εμβαδό OSM	Εμβαδό Κτηματολόγιο	Λόγος Εμβαδών
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	1,101.95	820.53	1.34
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	1,175.75	1,388.32	0.85
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	320.95	172.32	1.86
7	1η οικοδομή	476.79	554.68	0.86
8	2η οικοδομή)	452.75	493.07	0.92
9	1η μονοκατοικία	796.41	841.70	0.95
10	2η μονοκατοικία	373.07	276.56	1.35
Μέσος Όρος				1.16

Τα εμβαδά των κτιρίων έχουν μετρηθεί σε m² και ο λόγος των εμβαδών είναι αδιάστατο μέγεθος.

Όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι ο λόγος των εμβαδών τόσο καλύτερη η ένδειξη για καλή ποιότητα αποτύπωσης των δεδομένων OSM. Ωστόσο σαν τιμή δεν επαρκεί μεμονωμένα για τον πλήρη χαρακτηρισμό της ακρίβειας σχήματος. Έτσι, υπολογίζεται στο πλαίσιο της διερεύνησης της ποιότητας σχήματος και βοηθάει τον ενδιαφερόμενο να οδηγηθεί στα τελικά του συμπεράσματα.

Περισσότερα και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.3.2 Απόκλιση γεωμετρίας από αυτή του κύκλου (Compactness)

Η απόκλιση της γεωμετρίας από τον κύκλο, υπολογίζεται για τα δύο συγκρινόμενα πολύγωνα. Η υπολογιζόμενη τιμή για ένα πολύγωνο, εκφράζει το βαθμό στον οποίο η γεωμετρία του πολυγώνου πλησιάζει αυτή του κύκλου. Αν τα δύο συγκρινόμενα πολύγωνα έχουν παρόμοια τιμή, τότε θεωρείται ότι παρουσιάζουν ομοιότητα ως προς το σχήμα. Η εξεταζόμενη παράμετρος υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 3.6 που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Για λόγους κατανόησης παρουσιάζεται και εδώ.

$$Compactness = \frac{Area}{(0.282 * Perimeter)^2}$$

Εξ. 3.6

Πίνακας 5.3. Υπολογισμός Compactness για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	Εμβαδό OSM	Περίμετρος OSM	Εμβαδό Κτηματολόγιο	Περίμετρος Κτηματολόγιο	Compactness OSM	Compactness Κτηματολόγιο	Διαφορά Compactness
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-	-	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-	-	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	1.101.95	173.83	820.53	160.30	0.46	0.40	0.06
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-	-	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	1.175.75	184.31	1.388.32	192.36	0.44	0.47	0.04
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	320.95	91.12	172.32	62.33	0.49	0.56	0.07
7	1η οικοδομή	476.79	86.31	554.68	99.88	0.80	0.70	0.11
8	2η οικοδομή)	452.75	94.89	493.07	97.11	0.63	0.66	0.03
9	1η μονοκατοικία	796.41	142.80	841.70	147.24	0.49	0.49	0.00
10	2η μονοκατοικία	373.07	89.13	276.56	84.05	0.59	0.49	0.10

Τα εμβαδά των κτιρίων έχουν υπολογιστεί σε m², η περίμετρος σε m και το εξεταζόμενο μέγεθος προκύπτει αδιάστατο. Για να αξιολογηθεί το μέγεθος αυτό δεν μας αφορά η τιμή για ένα κτίριο στη μία από τις δύο βάσεις δεδομένων αναφοράς αλλά το κατά πόσο διαφέρουν οι τιμές της ίδιας παραμέτρου για τα ίδιο κτίριο στις δύο βάσεις δεδομένων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι διαφορές κρίνονται μικρές και άρα αποτελούν καλή ένδειξη για την ομοιότητα των εξεταζόμενων ζευγών πολυγώνων.

Περισσότερα και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.3.3 Διερεύνηση ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας (Elongation)

Ένας ακόμα δείκτης για την αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων του OSM ως προς την ορθότητα σχήματος είναι η διερεύνηση των πολυγώνων ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας τους. Συγκεκριμένα, θεωρείται ένα ορθογώνιο το οποίο "καλύπτει" την κάτοψη του πολυγώνου και ταυτόχρονα το ορθογώνιο αυτό χαρακτηρίζεται από τις ελάχιστες δυνατές αποστάσεις που απαιτούνται για την " κάλυψη" της κάτοψης. Ως ορθογώνιο, περιγράφεται από τα μήκη των δύο πλευρών που το διαμορφώνουν με τη μικρότερη εκ των δύο να λαμβάνεται ως πλάτος W και την επιμήκη ως μήκος L. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι υπολογισμοί που

πραγματοποιήθηκαν κατά τη διερεύνηση ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας των πολυγώνων σε OSM και στο Κτηματολόγιο. Στην τελευταία στήλη υπολογίζεται η διαφορά που προέκυψε στην τιμή του εν λόγω δείκτη μεταξύ OSM και Κτηματολογίου προκειμένου να είναι ευκολότερη η κατάληξη σε συμπεράσματα. Σημειώνεται και πάλι, ότι οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται μόνο για τα κτίρια που χαρακτηρίζονται από τη σχέση 1:1 καθώς σε διαφορετική περίπτωση, οι περισσότερες επιφάνειες θα διαστρέβλωναν σημαντικά τα αποτελέσματα.

Η εξεταζόμενη παράμετρος υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 3.7 που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Για λόγους κατανόησης παρουσιάζεται και εδώ.

$$Elongation = 1 - \frac{W}{L}$$

Εξ. 3.7

Πίνακας 5.4. Υπολογισμός Elongation για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	W OSM	L OSM	W Κτηματολόγιο	L Κτηματολόγιο	Elongation OSM	Elongation Κτηματολόγιο	Διαφορά Elongation
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-	-	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-	-	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	38.85	41.43	36.07	38.16	0.06	0.05	0.01
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-	-	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	29.03	58.69	31.82	60	0.51	0.47	0.04
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	22.21	23.59	9.33	21.98	0.06	0.58	0.52
7	1η οικοδομή	23.74	25.75	27.36	32.65	0.08	0.16	0.08
8	2η οικοδομή)	23.47	24.27	24.46	24.96	0.03	0.02	0.01
9	1η μονοκατοικία	27.91	39.41	28.46	40.48	0.29	0.30	0.01
10	2η μονοκατοικία	19.8	25.08	16.71	24.63	0.21	0.32	0.11

Οι διαστάσεις των παραμέτρων W και L έχουν μονάδα μέτρησης το m ενώ η παράμετρος που εξετάζεται είναι αδιάστατη. Συνοπτικά αναφέρεται ότι οι διαφορές που προκύπτουν χαρακτηρίζονται ως πολύ μικρές κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα καλής ακρίβειας σχήματος. Εξαιρέση αποτελεί η περίπτωση που η διαφορά λαμβάνει την τιμή 0,52. Σημειώνεται επίσης ότι η παράμετρος elongation, δεν ευσταθεί αυτόνομα ως μέτρο αξιολόγησης αλλά συμβάλει με τη σειρά της στην διαμόρφωση πλήρους εικόνας όσον αφορά την ακρίβεια σχήματος των πολυγώνων σε OSM και βάση δεδομένων αναφοράς.

Περισσότερα και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.3.4 Απόσταση Hausdorff

Η απόσταση Hausdorff (Siebritz (2015), Lee and Scholtz (1987), Chen and Han (1992)) είναι ένας ακόμα δείκτης της ακρίβεια σχήματος των κτιριακών αποτυπωμάτων του OSM σε σχέση με τη βάση δεδομένων αναφοράς. Συγκεκριμένα εκφράζει το βαθμό στον οποίο, τα σημεία των δύο πολυγώνων που συγκρίνονται είναι κοντά μεταξύ τους. Η απόσταση Hausdorff υπολογίζει τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των ορίων των δύο πολυγώνων. Με αυτό τον τρόπο είναι εύκολο να εντοπιστούν λάθη που μπορεί να πραγματοποιήθηκαν κατά την ψηφιοποίηση των κτιρίων στο OSM. Όσον αφορά τη μεθοδολογία σε εφαρμογή, το πολύγωνο του OSM μετακινείται έτσι ώστε να τοποθετηθεί ομόκεντρα ως προς το πολύγωνο της βάσης δεδομένων αναφοράς. Στη συνέχεια η μέγιστη απόσταση μεταξύ των ορίων των δύο πολυγώνων μετριέται και αποτελεί τον επιθυμητό

δείκτη. Έπειτα μπορεί να υπολογιστεί και ο μέσος όρος των αποστάσεων αυτών για τα κτίρια ενδιαφέροντος για μια πιο συνολική εικόνα της ακρίβειας σχήματος στη περιοχή ελέγχου.

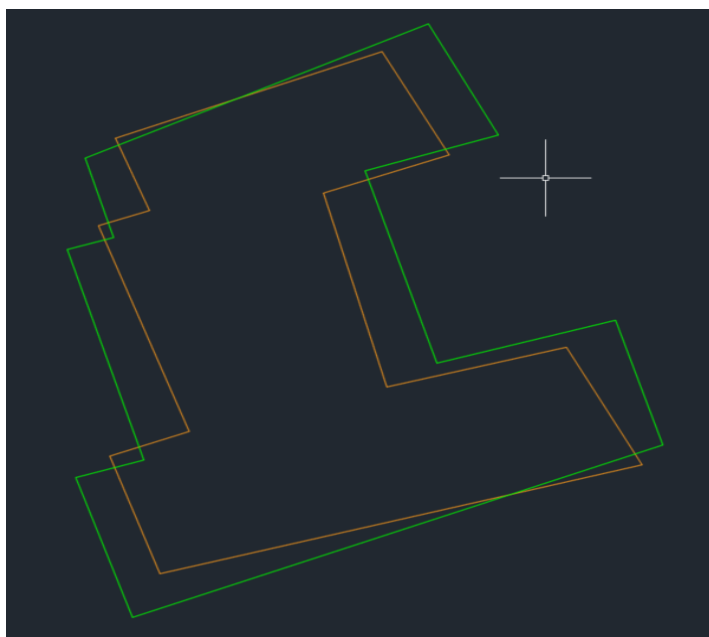
Παρακάτω παρουσιάζονται με τη μορφή εικόνων οι ομόκεντρες τοποθετήσεις κάθε ζεύγους συγκρινόμενων πολυγώνων στο περιβάλλον του AutoCAD καθώς επίσης και οι αποστάσεις Hausdorff για κάθε κτίριο ενδιαφέροντος που ταυτόχρονα χαρακτηρίζεται από τη σχέση 1:1.

Πίνακας 5.5. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

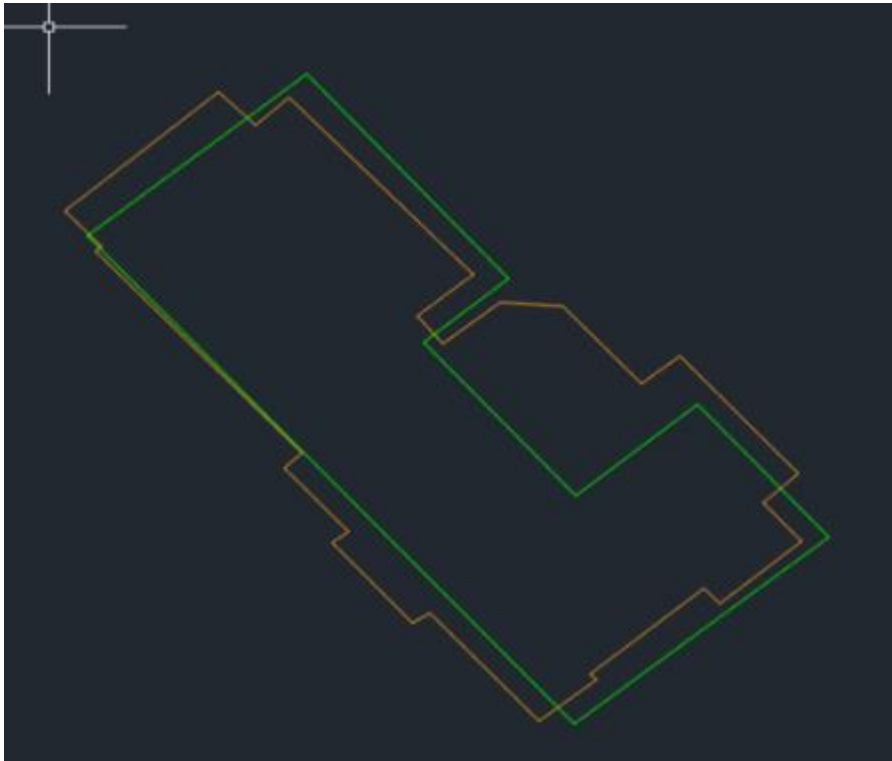
A/A	Κτίριο	Απόσταση Hausdorff
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-
2	Ι.Ν. Σαράντα Μαρτύρων	-
3	ΕΦΚΑ	4
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	10.35
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	10.06
7	1η οικοδομή	5.43
8	2η οικοδομή)	2.17
9	1η μονοκατοικία	1.07
10	2η μονοκατοικία	3.52
Μέσος Όρος		5.23

Στις τιμές που υπολογίστηκαν στο περιβάλλον του AutoCAD και παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα, αποτυπώνεται η απόσταση Hausdorff σε m. Σε γενικές γραμμές οι αποστάσεις που προκύπτουν θεωρούνται ικανοποιητικές και αποδεκτές. Ωστόσο, τιμές της τάξης των 10m, χαρακτηρίζονται ως μεγάλες και ως ενδείξεις ανεπαρκούς ακρίβειας σχήματος. Παρόλα αυτά ο μέσος όρος των μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητικός.

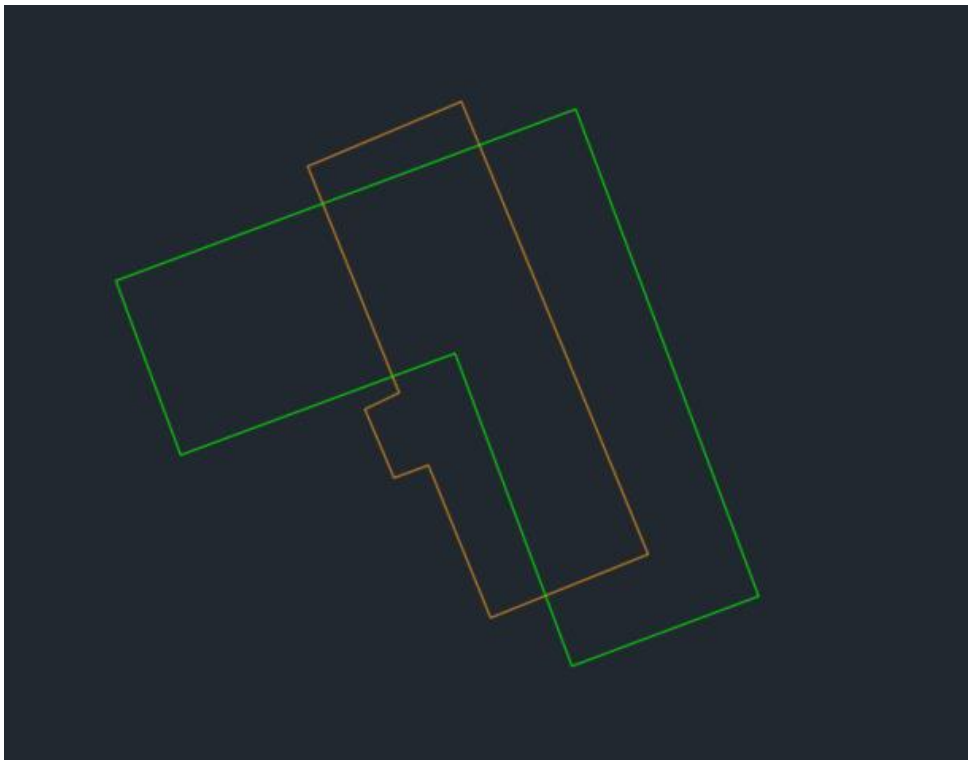
Περισσότερα και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.



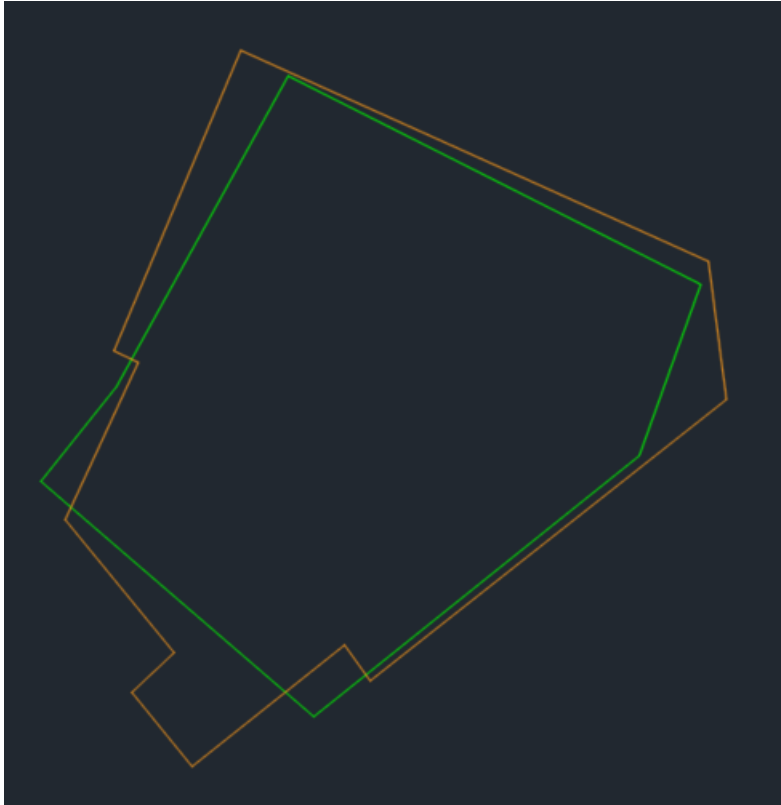
Εικόνα 5.22. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο ΕΦΚΑ.



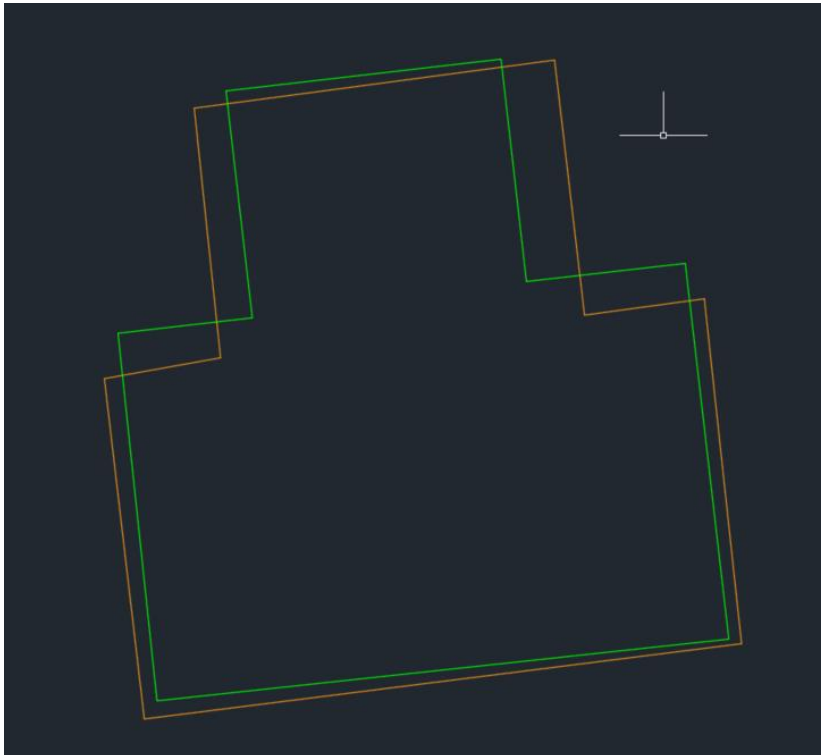
Εικόνα 5.23. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών.



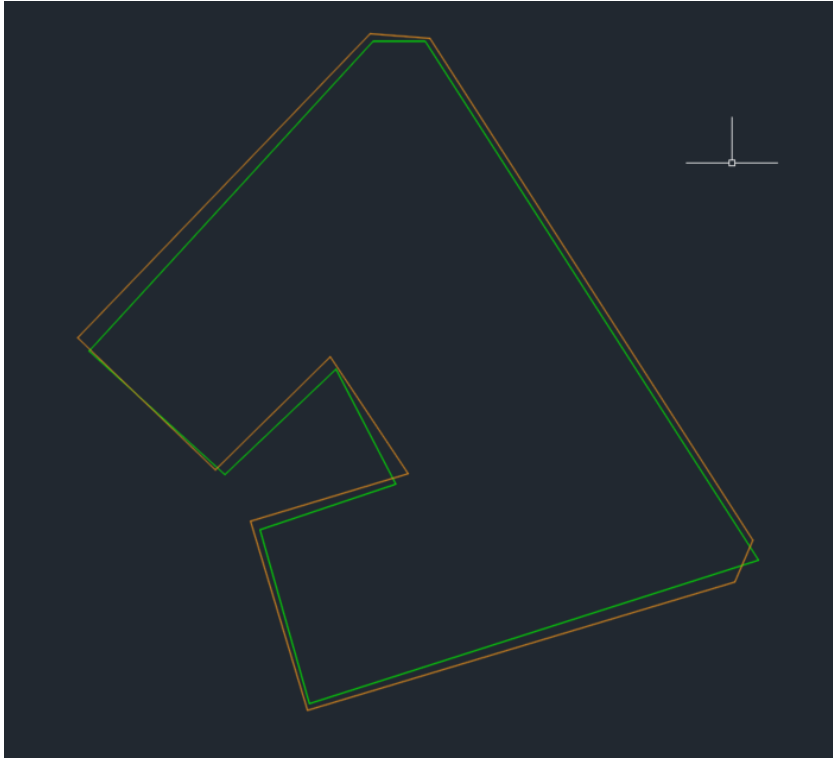
Εικόνα 5.24. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 29ο Νηπιαγωγείο Σερρών.



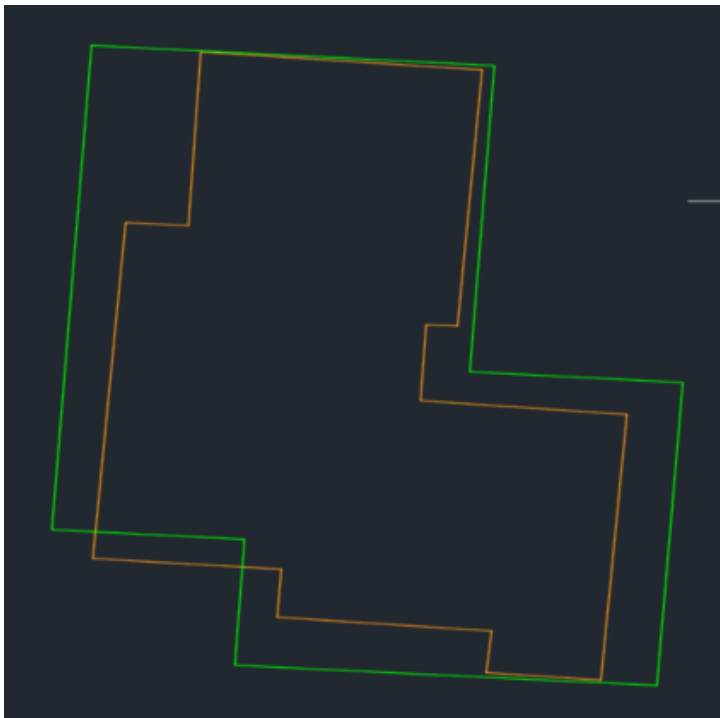
Εικόνα 5.25. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 1η οικοδομή.



Εικόνα 5.26. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 2η οικοδομή.



Εικόνα 5.27. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 1η μονοκατοικία.

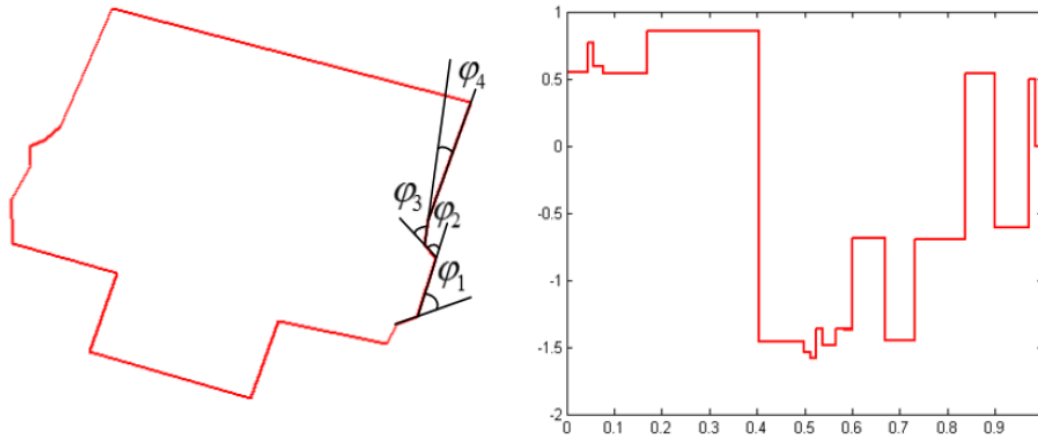


Εικόνα 5.28. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff πολύγωνο 2η μονοκατοικία.

5.3.5 Turning function

Γενικώς υπάρχουν δύο τρόποι ορισμού ενός πολυγώνου. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω μιας λίστας διανυσμάτων και ο δεύτερος μέσω μιας λίστας γραμμών. Εναλλακτικά των δύο παραπάνω

τρόπων, παρουσιάζεται η δυνατότητα περιγραφής ενός πολυγώνου από μια λίστα ζευγών γωνίας-μήκους (Arkinetal., 1991). Στην περίπτωση αυτού του εναλλακτικού τρόπου, η γωνία στο ζεύγος τιμών αφορά την αθροιστική εφαπτομενική γωνία που συγκεντρώνεται επί διανύσματος ενώ η τιμή του μήκους που δίνεται στο ζεύγος αφορά το κανονικοποιημένο αθροιστικό μήκος του πολυγώνου μέχρι το εκάστοτε σημείο των δεδομένων.



Εικόνα 5.29. Ημεθοδολογία turning function (Πηγή: Arkinetal., 1991)

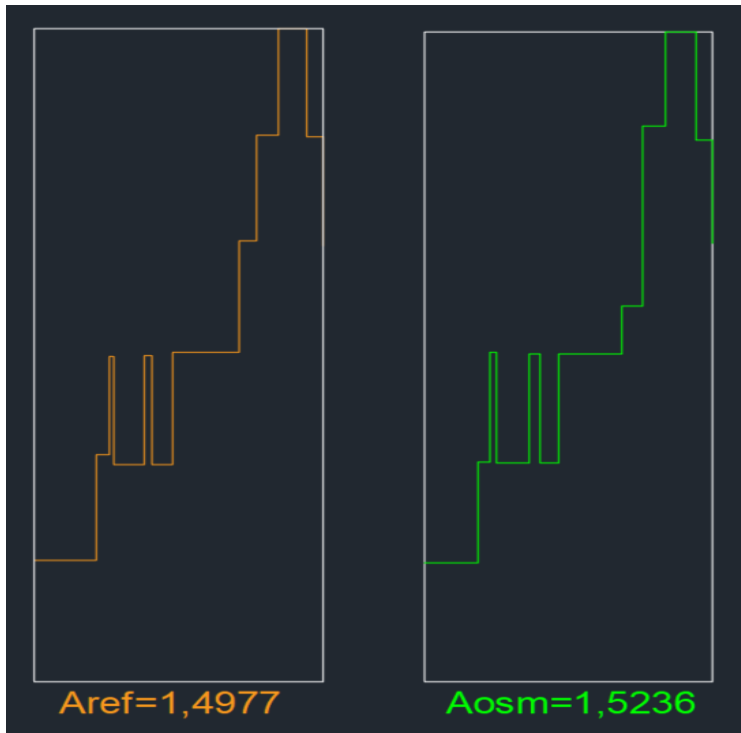
Στην παραπάνω εικόνα, (Arkin, D., O'Brien, M., & Snyder, J. (1991). Efficient computation of polygon similarity measures. *Computational geometry: theory and applications*, 1(1), 69-82) παρουσιάζεται η εν λόγω μεθοδολογία. Συγκεκριμένα, στα αριστερά φαίνονται οι επιμέρους εφαπτομενικές γωνίες επί των διανυσμάτων σε κάθε βήμα περιγραφής του πολυγώνου. Η αθροιστική τιμή που μας ενδιαφέρει προκύπτει από το άθροισμα όλων των γωνιών μέχρι το σημείο που το πολύγωνο έχει σχεδιαστεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι το άθροισμα των γωνιών πρέπει να ακολουθεί αυστηρά μια συμβατική προσήμανση. Η γωνία σε κάθε βήμα προσμετράται θετικά ή αρνητικά ανάλογα με την φορά της (θετική φορά ή αντί ωρολογιακή).

Στα δεξιά φαίνεται με τη μορφή διαγράμματος δύο αξόνων, η συνολική εικόνα για τις εφαπτομενικές γωνίες και τα κανονικοποιημένα μήκη. Αναλύοντας περισσότερο το διάγραμμα στα δεξιά, σημειώνεται ότι ο κατακόρυφος άξονας αντικατοπτρίζει την μεταβολή της τιμής της αθροιστικής εφαπτομενικής γωνίας στη διάρκεια της σχεδίασης του πολυγώνου. Από την άλλη, ο οριζόντιος άξονας, απεικονίζει το κανονικοποιημένο συνολικό μήκος του πολυγώνου στη διάρκεια της περιγραφής του. Η περιγραφή με τη χρήση κανονικοποιημένου συνολικού μήκους, εξηγεί και το γεγονός ότι το διάγραμμα ολοκληρώνεται με τιμή μονάδας στο τέλος του. Έτσι λοιπόν, έχοντας διαμορφώσει το διάγραμμα στα δεξιά, ορίζεται μια συνάρτηση. Η συνάρτηση της αθροιστικής εφαπτομενικής γωνίας ως προς το αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος του πολυγώνου ενδιαφέροντος.

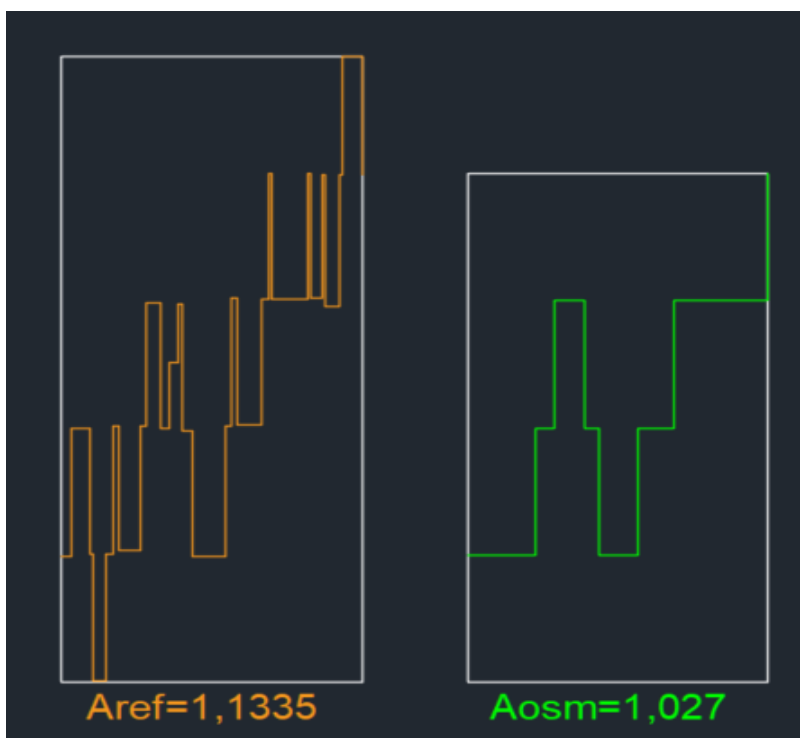
Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της μεθοδολογίας είναι ότι η περιγραφή του πολυγώνου είναι ανεξάρτητη από τον ορισμό του προσανατολισμού και ταυτόχρονα ανεξάρτητη από την κλίμακα αρχικής σχεδίασης των συγκρινόμενων πολυγώνων λόγω της χρήσης του αθροιστικού μήκους σε κανονικοποιημένη μορφή.

Για την επίτευξη του τελικού στόχου, δηλαδή της σύγκρισης των δύο διαφορετικών πολυγώνων, ορίζεται το μέγεθος της απόστασης μεταξύ των turning function που χαρακτηρίζουν το καθένα. Αξιολογείται έτσι το πόσο όμοια είναι τα δύο συγκρινόμενα πολύγωνα. Όσο μικρότερη και

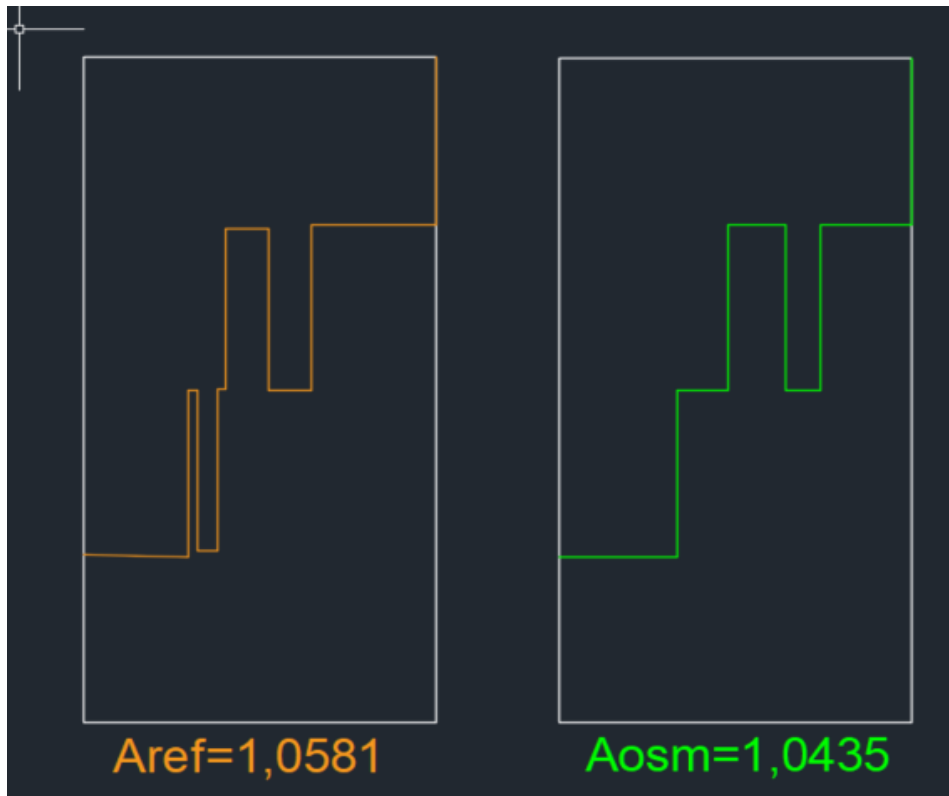
πιο κοντά στην τιμή του μηδενός προκύψει η τιμή της απόστασης, τόσο πιο επιτυχημένη η σύγκριση. Στην περίπτωση που προκύψει τιμή μηδέν, τα δύο πολύγωνα ταυτίζονται.



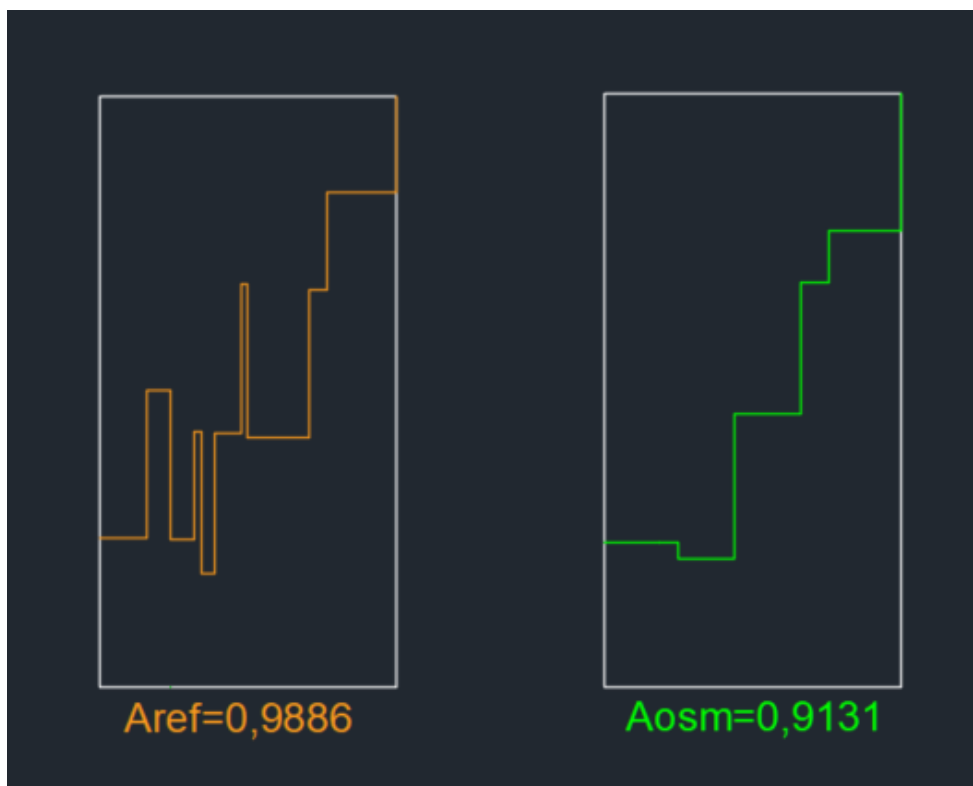
Εικόνα 5.30. Υπολογισμός turningfunction για ΕΦΚΑ.



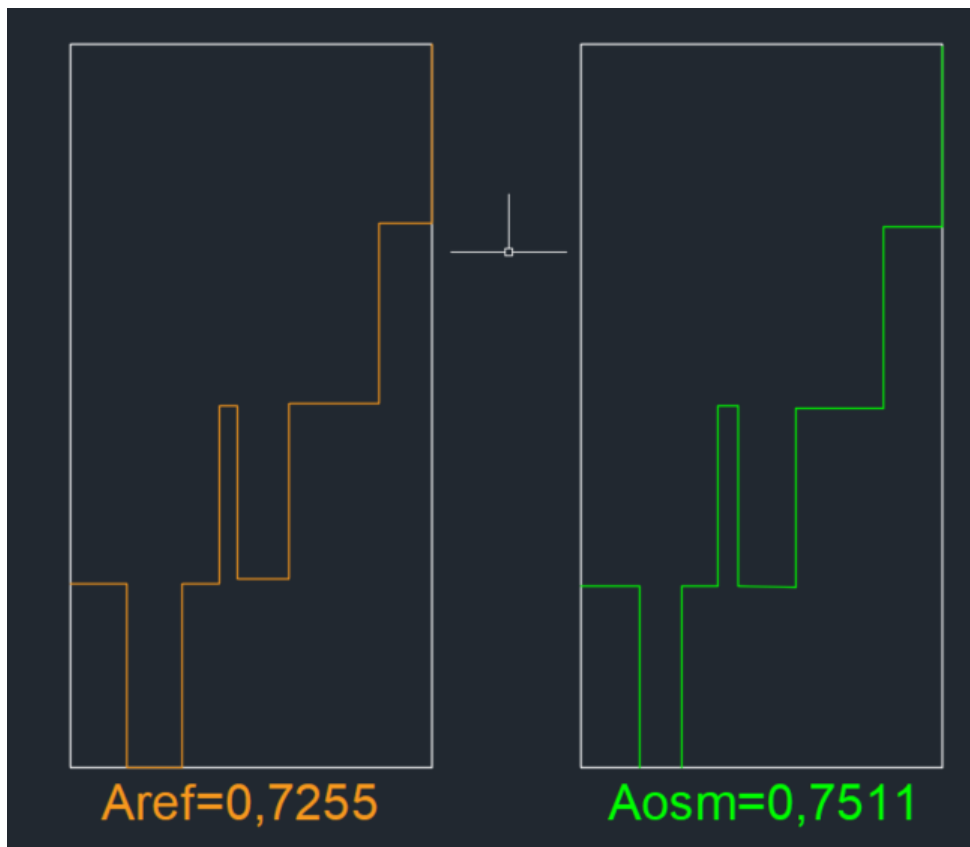
Εικόνα 5.31. Υπολογισμός turningfunction για 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών.



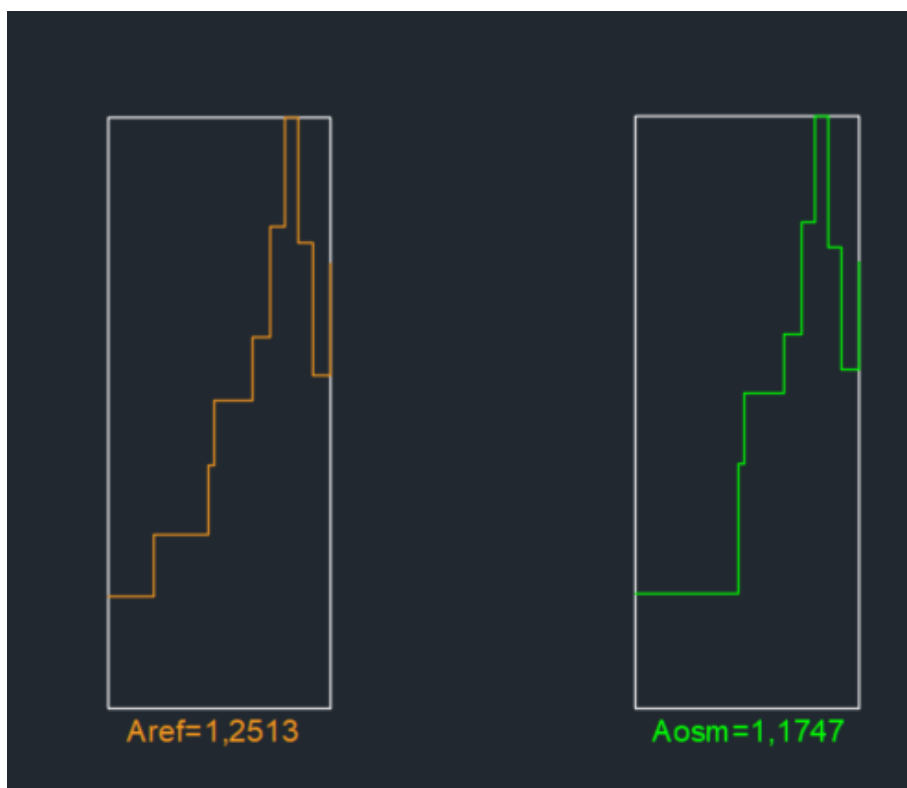
Εικόνα 5.32. Υπολογισμός turningfunction για 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών.



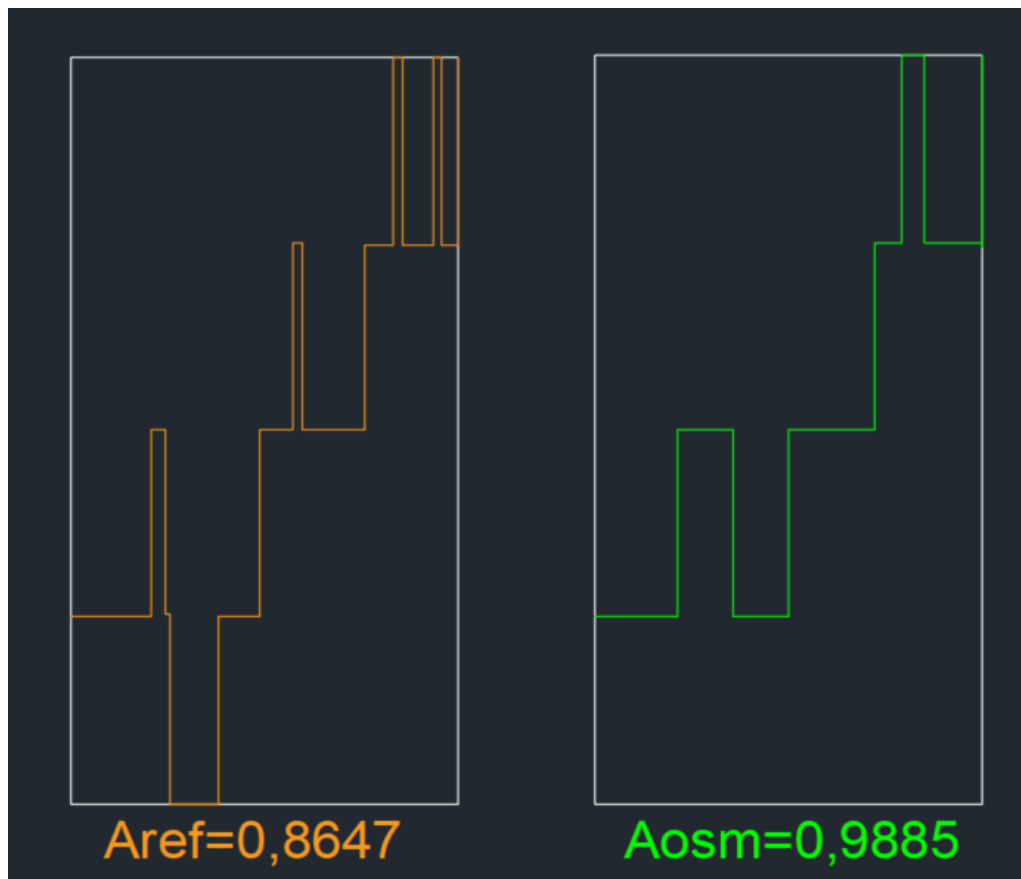
Εικόνα 5.33. Υπολογισμός turningfunction για 1^η οικοδομή.



Εικόνα 5.34. Υπολογισμός turningfunction για 2^η οικοδομή.



Εικόνα 5.35. Υπολογισμός turningfunction για 1^η μονοκατοικία.



Εικόνα 5.36. Υπολογισμός turningfunction για 2^η μονοκατοικία.

Παρακάτω, στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι διαφορές που προέκυψαν με τη μέθοδο της turningfunction για τα κτίρια ενδιαφέροντος.

Πίνακας 5.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογισμών turningfunction

A/A	Κτίριο	Aref	Aosm	Διαφορά εμβαδών
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	1.4977	1.5236	0.03
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	1.1335	1.0270	0.11
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	1.0581	1.0435	0.01
7	1η οικοδομή	0.9886	0.9131	0.08
8	2η οικοδομή)	0.7255	0.7511	0.03
9	1η μονοκατοικία	1.2513	1.1747	0.08
10	2η μονοκατοικία	0.8647	0.9885	0.12

Πρακτικά, για να συγκριθούν τα ζεύγη καμπυλών για κάθε εξεταζόμενο κτίριο, υπολογίζεται το εμβαδό μεταξύ της καμπύλης και του οριζόντιου άξονα. Για τις τελικές τιμές των εμβαδών κάθε ζεύγους, υπολογίζεται η διαφορά του και βάσει αυτής πραγματοποιείται τελικά η σύγκριση των δύο πολυγώνων. Οι τιμές που προκύπτουν για τα εξεταζόμενα κτίρια της παρούσας εργασίας, παρουσιάστηκαν στον παραπάνω πίνακα και όπως φαίνεται παρατηρούνται σε άλλες περιπτώσεις πολύ μικρές τιμές που καθιστούν τη διαφορά αμελητέα και την ποιότητα υψηλή ενώ σε άλλες περιπτώσεις η διαφορά δεν είναι αμελητέα και χρήζει διερεύνησης για εξήγηση των λόγων που

συμβαίνει αυτό. Υψηλές τιμές που οδηγούν σε συμπεράσματα μη ικανοποιητικής ακρίβειας σχήματος είναι της τάξης του 0,08 και άνω μέχρι και 0,12.

Περαιτέρω και αναλυτικότερα σχόλια πραγματοποιούνται και στο Κεφάλαιο 6 όπου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

5.4 Διερεύνηση ως προς τη θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)

Το QGIS δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής σε μορφή Excel του πίνακα με τις ιδιότητες των κτιρίων που έχουν καταγραφεί στο διανυσματικό αρχείο του OSM. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αξιολογηθεί σε ένα βαθμό η ποιότητα των δεδομένων του OSM ως προς την θεματική ακρίβεια (attribute accuracy). Σημειώνεται ότι οι πληροφορίες που αφορούν ένα κτίριο και το συνοδεύουν βρίσκονται αποθηκευμένες σε ετικέτες (tags). Συγκεκριμένα κάθε ιδιότητα που συνοδεύει ένα κτίριο στο OSM αποθηκεύεται με μια μορφή "key = value". Η πιο σημαντική ιδιότητα που μας αφορά, είναι σε πρώτη φάση εάν η εξεταζόμενη οντότητα είναι ή όχι κτίριο καθώς επίσης και το όνομα του κτιρίου όπως και το είδος του κτιρίου.

Από τον Πίνακα 5.7 που ακολουθεί διαπιστώθηκε ότι από τα 514 κτίρια που έχουν καταγραφεί στο διανυσματικό αρχείο του OSM, τα 315 συνοδεύονται από την πληροφορία ως προς το είδος του κτιρίου. Επομένως, το ποσοστό των κτιρίων για τα οποία η πληροφορία του είδους, αναφέρεται στο OSM είναι ίσο με 61,28%. Από το σύνολο των 514 κτιρίων στο OSM, τα 126 συνοδεύονται από την πληροφορία του ονόματος, δηλαδή ένα ποσοστό της τάξης 24,51%.

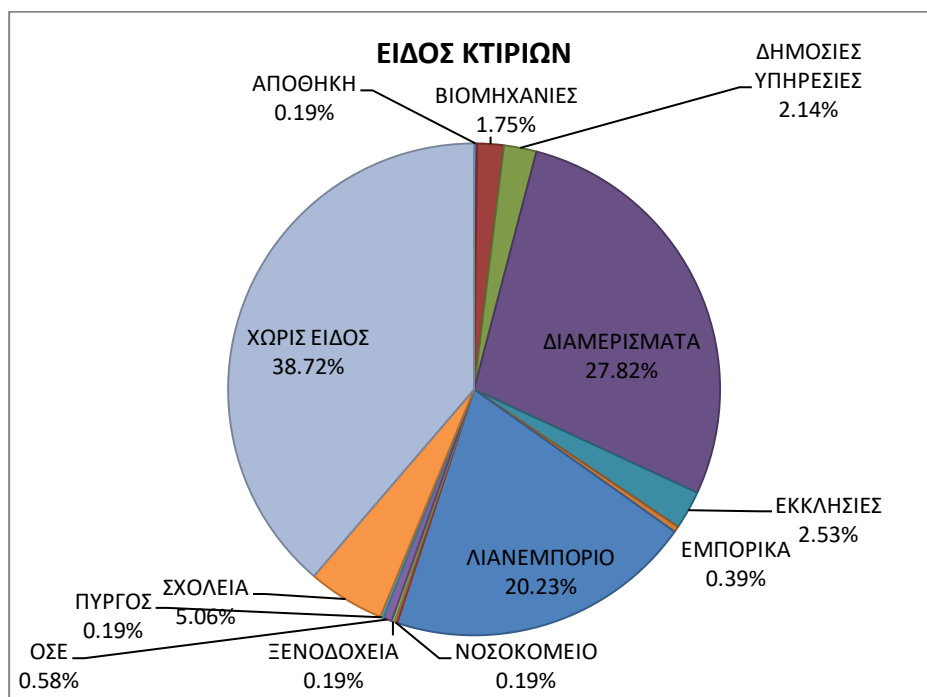
Πίνακας 5.7. Καταγεγραμμένες ιδιότητες κτιρίων OSM

ΚΤΗΡΙΑ			
ΕΙΔΟΣ		ΟΝΟΜΑ	
ΑΠΟΘΗΚΗ	1	ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	34
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	9	ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	30
ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	11	ΕΜΠΟΡΙΚΑ	15
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ	143	ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	26
ΕΚΚΛΗΣΙΕΣ	13	ΜΟΥΣΕΙΑ	2
ΕΜΠΟΡΙΚΑ	2	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ	1
ΛΙΑΝΕΜΠΟΡΙΟ	104	ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ	2
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ	1	ΠΥΡΓΟΣ	1
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑ	1	ΣΙΝΕΜΑ	2
ΟΣΕ	3	ΣΟΥΠΕΡ ΜΑΡΚΕΤ	9
ΠΥΡΓΟΣ	1	ΤΡΑΠΕΖΕΣ	4
ΣΧΟΛΕΙΑ	26	ΧΩΡΙΣ ΟΝΟΜΑ	388
ΧΩΡΙΣ ΕΙΔΟΣ	199	ΜΕ ΟΝΟΜΑ	126
ΜΕ ΕΙΔΟΣ	315		
ΣΥΝΟΛΟ	514	ΣΥΝΟΛΟ	514

Παρακάτω, παρουσιάζονται με τη μορφή εικόνων κάποιες επιπλέον πληροφορίες στο πλαίσιο της διερεύνησης της θεματικής ακρίβειας. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 5.37 παρουσιάζεται σε μορφή πίτας η κατανομή των κτιρίων με βάση το αν χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα του είδους τους. Στην Εικόνα 5.38 και πάλι σε μορφή πίτας, πιο αναλυτικά η κατανομή των κτιρίων που συνοδεύονται από τον χαρακτηρισμό του είδους τους, στα διάφορα είδη που απαντώνται στην περιοχή της πόλης των Σερρών.

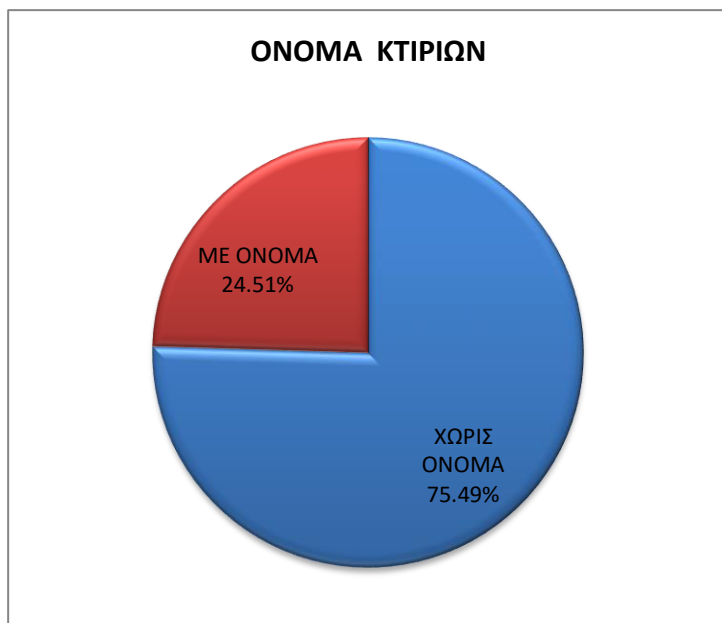


Εικόνα 5.37. Ποσοστό συνολικά των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του είδους των κτιρίων

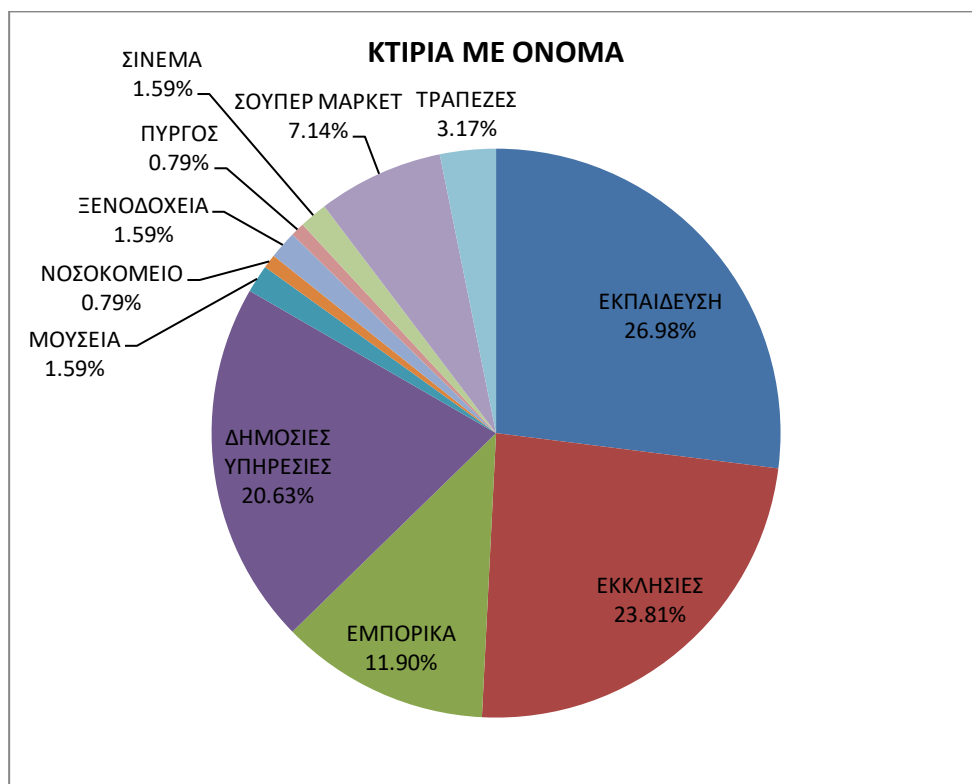


Εικόνα 5.38. Αναλυτικά το ποσοστό των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του είδους των κτιρίων

Στην Εικόνα 5.39 παρουσιάζεται σε μορφή πίτας η κατανομή των κτιρίων με βάση το αν χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα του ονόματός τους. Στην Εικόνα 5.40 και πάλι σε μορφή πίτας, πιο αναλυτικά η κατανομή των κτιρίων που συνοδεύονται από τον χαρακτηρισμό του ονόματός τους, στα διάφορα είδη που απαντώνται στην περιοχή της πόλης των Σερρών.



Εικόνα 5.39. Ποσοστό συνολικά των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του ονόματος των κτιρίων.



Εικόνα 5.40. Ποσοστό αναλυτικά των κτιρίων που έχουν καταγεγραμμένη την ιδιότητα του ονόματος των κτιρίων.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα ως προς την πληρότητα (Completeness)

Παρατηρείται ότι κατά την αξιολόγηση της πληρότητας (completeness) και συγκεκριμένα στη μέθοδο βάσει μονάδων (unit based method), η πληρότητα που υπολογίζεται σύμφωνα με το συνολικό πλήθος των κτιρίων είναι μικρότερη από αυτή που υπολογίζεται σύμφωνα με τη συνολικά καταλαμβανόμενη επιφάνεια. Μια υπόθεση που μπορεί να γίνει σε αυτό το σημείο για να δοθεί εξήγηση στην παραπάνω παρατήρηση, αφορά τη συμπεριφορά των εθελοντών που συμμετέχουν στο OSM. Συγκεκριμένα, η παραπάνω παρατήρηση μπορεί να εξηγηθεί από την υπόθεση ότι οι χρήστες τείνουν να προσομοιώνουν στο OSM τα μεγάλα κτίρια όπως ένα μεγάλο εμπορικό κέντρο και όχι ένα μικρό σπίτι σε μια γειτονιά μιας πόλης αδιάφορη προς τον εκάστοτε κάθε φορά χρήστη.

Μια πρόταση για μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να αφορά τη διερεύνηση για επαλήθευση ή μη της παραπάνω υπόθεσης. Μπορεί λοιπόν να υπολογιστεί ο μέσος όρος επιφάνειας κτιριακών αποτυπωμάτων σε OSM και στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου. Από τη σύγκριση των δύο αυτών μεγεθών, αν ο μέσος όρος της επιφάνειας στο OSM είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο της επιφάνειας των κτιριακών αποτυπωμάτων στο Κτηματολόγιο, είναι ισχυρή ένδειξη ότι η υπόθεση επαληθεύεται.

Ένα ακόμα συμπέρασμα αναφορικά με τον υπολογισμό της πληρότητας (completeness) σύμφωνα με τη μέθοδο βάσει μονάδων (unit based method) είναι ότι τα ποσοστά που προέκυψαν είναι ιδιαίτερα χαμηλά και αυτό δείχνει ότι η βάση δεδομένων του OSM δεν είναι ολοκληρωμένη και απαιτείται η συμμετοχή περισσότερων και πιο ενεργών εθελοντών.

Παρατηρείται ακόμα ότι κατά την αξιολόγηση της πληρότητας (completeness) και συγκεκριμένα στη μέθοδο βάσει αντικειμένων (object based method), η πληρότητα που υπολογίζεται αξιοποιώντας στη μία περίπτωση τα κεντροειδή και στην άλλη την αλληλοεπικάλυψη των συγκρινόμενων πολυγώνων των δύο βάσεων δεδομένων οδηγεί σε ίδια αποτελέσματα. Ωστόσο οι τιμές που προέκυψαν είναι διαφορετικές από αυτές της πληρότητας κατά την unit based method. Συγκεκριμένα με την object based method οι τιμές προέκυψαν μεγαλύτερες από την unit based method βάσει πλήθους κτιρίων και μικρότερες από την unit based method βάσει συνολικού εμβαδού κτιρίων.

6.2 Συμπεράσματα ως προς την ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)

Όσον αφορά τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τους υπολογισμούς της ορθότητας θέσης, μπορούν να αναφερθούν τα παρακάτω. Αρχικά, από τα εξεταζόμενα 10 κτίρια ενδιαφέροντος, είναι εφικτή η πραγματοποίηση υπολογισμών για τα 7 από αυτά. Ο λόγος είναι ότι μια τέτοια μέτρηση έχει νόημα μόνο στην περίπτωση που η σχέση μεταξύ του αποτυπώματος στο OSM και του αποτυπώματος στο Κτηματολόγιο, είναι ίση με 1:1. Σε διαφορετική περίπτωση είτε δεν

θα υπάρχει κέντρο βάρους σε μια από τις βάσεις δεδομένων είτε σε μία από τις δύο θα έχουμε περισσότερα του ενός κέντρο βάρους.

Για τα 7 κτίρια ενδιαφέροντος που είναι εφικτός ο υπολογισμός προέκυψαν οι τιμές 1,095m, 1,833m, 6,533m, 1,886m, 5,302m, 1,466m και 2,146m. Ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών αποστάσεων είναι ίσος με 2,894m.

Όσον αφορά τις μεμονωμένες τιμές, οι τιμές 6,533m και 5,302m χαρακτηρίζονται ως ενδείξεις κακής ποιότητας ακρίβειας θέσης ενώ όλες οι υπόλοιπες κρίνονται ως ικανοποιητικές καθώς πάντα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το γεγονός ότι και οι αεροφωτογραφίες που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση στο OSM δεν συνοδεύονται από πλήρη ακρίβεια όσον αφορά την ακρίβεια θέσης.

Ικανοποιητική κρίνεται και η τιμή που προκύπτει και για το μέσο όρο των τιμών των αποστάσεων για τον χαρακτηρισμό του συνόλου των εξεταζόμενων κτιριακών αποτυπωμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, για τις τιμές 6,533m και 5,302m, παρατηρούνται τα εξής: Η τιμή 6,533m προέκυψε ως απόσταση κέντρων βάρους για το κτιριακό αποτύπωμα του 29^{ου} Νηπιαγωγείου Σερρών. Το συγκεκριμένο κτίριο δέχτηκε προσθήκη η οποία δεν αντικατοπτρίζεται στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου όπου οι πληροφορίες είναι προγενέστερες της προσθήκης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η κάτοψη που συγκρίνεται να είναι αρκετά διαφορετική και άρα δικαιολογείται η υψηλή τιμή που προέκυψε στο μέγεθος της απόστασης κατά τη διερεύνηση της ακρίβειας θέσης. Η άλλη τιμή που χαρακτηρίστηκε ως ένδειξη κακής ποιότητας, δεν μπορεί να δικαιολογηθεί με κάποιο πέρα από την απλώς κακή προσομοίωσή της από τους εθελοντές χρήστες του OSM.

Αναφορικά με το ζήτημα της ακρίβειας θέσης, θίγεται και προτείνεται για μελλοντική έρευνα το εξής ζήτημα. Η διαμόρφωση των κτιριακών αποτυπωμάτων στη βάση δεδομένων OSM γίνεται με βάση αεροφωτογραφίες διαθέσιμες εντός του περιβάλλοντος του OSM. Η γωνία λήψης των αεροφωτογραφιών μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια θέσης όλων των κτιριακών αποτυπωμάτων εντός του πλαισίου της αεροφωτογραφίας και ειδικά των κτιρίων εκείνων που βρίσκονται πιο μακριά από το κέντρο λήψης της αεροφωτογραφίας. Θα μπορούσε κανείς να παρατηρήσει σε κάποια μελλοντική μελέτη, εάν η γωνία λήψης των αεροφωτογραφιών έχει σαν αποτέλεσμα την παρατήρηση μιας γενικής μετατόπισης των κτιριακών αποτυπωμάτων στο OSM προς κάποια κατεύθυνση σε σχέση με την πραγματική θέση αυτών στη βάση δεδομένων αναφοράς.

6.3 Συμπεράσματα ως προς την ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)

6.3.1 Λόγος εμβαδών (Area ratio)

Ο λόγος εμβαδών αποτελεί δείκτη για την ομοιότητα των πολυγώνων ανάμεσα στις δύο βάσεις δεδομένων. Αποτελεί έναν βασικό και εύκολο προς υπολογισμό δείκτη. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι ο λόγος για όλα τα εξεταζόμενα κτίρια κυμαίνεται κοντά στη μονάδα και συγκεκριμένα είτε υπολείπεται αυτής είτε την υπερβαίνει. Επίσης η τιμή του μέσου όρου για τον λόγο εμβαδών των εξεταζόμενων κτιρίων είναι ίση με 1,16 που επίσης θεωρείται πολύ κοντά στην τιμή 1,0. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί έγιναν μόνο για τα κτίρια ενδιαφέροντος και από αυτά μόνο για όσα χαρακτηρίζονται από τη σχέση 1:1. Εάν ο παραπάνω υπολογισμός πραγματοποιούνταν για όλα τα κτίρια της βάσης δεδομένων του OSM ανεξαρτήτως της σχέσης τους με τα αντίστοιχα κτιριακά αποτυπώματα της βάσης δεδομένων αναφοράς, ο μέσος όρος θα ήταν

πολύ διαφορετικός της μονάδας. Παρακάτω παρουσιάζεται και πάλι ο πίνακας 5.2 για καλύτερη κατανόηση του σχολιασμού των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.2. Λόγος εμβαδών, για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	Εμβαδό OSM	Εμβαδό Κτηματολόγιο	Λόγος Εμβαδών
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	1,101.95	820.53	1.34
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	1,175.75	1,388.32	0.85
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	320.95	172.32	1.86
7	1η οικοδομή	476.79	554.68	0.86
8	2η οικοδομή)	452.75	493.07	0.92
9	1η μονοκατοικία	796.41	841.70	0.95
10	2η μονοκατοικία	373.07	276.56	1.35
Μέσος Όρος				1.16

6.3.2 Απόκλιση γεωμετρίας από αυτή του κύκλου (Compactness)

Στους υπολογισμούς αναφορικά με την απόκλιση της γεωμετρίας των εξεταζόμενων πολυγώνων, υπολογίστηκε η τιμή της απόκλισης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα κτίρια. Στη συνέχεια για κάθε ένα εξεταζόμενο κτίριο, συγκρίθηκε η compactness σε OSM και σε Κτηματολόγιο μέσω της διαφορά των δύο τιμών σε απόλυτη τιμή. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και για τα εξεταζόμενα κτίρια που χαρακτηρίζονται από σχέση 1:1, οι διαφορές που προέκυψαν κυμαίνονται από 0,00 και φτάνουν σε μέγιστη τιμή το 0,11. Σε ποσοστιαίες μονάδες, οι διαφορές αυτές δεν οδηγούν σε τιμές άνω του 20% και κρίνονται σε γενικό πλαίσιο ως ικανοποιητικές για να θεωρηθούν όμοια τα κτίρια μεταξύ OSM και Κτηματολογίου. Παρακάτω παρουσιάζεται και πάλι ο πίνακας 5.3 για καλύτερη κατανόηση του σχολιασμού των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.3. Υπολογισμός Compactness για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	Εμβαδό OSM	Περίμετρος OSM	Εμβαδό Κτηματολόγιο	Περίμετρος Κτηματολόγιο	Compactness OSM	Compactness Κτηματολόγιο	Διαφορά Compactness
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-	-	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-	-	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	1,101.95	173.83	820.53	160.30	0.46	0.40	0.06
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-	-	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	1,175.75	184.31	1,388.32	192.36	0.44	0.47	0.04
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	320.95	91.12	172.32	62.33	0.49	0.56	0.07
7	1η οικοδομή	476.79	86.31	554.68	99.88	0.80	0.70	0.11
8	2η οικοδομή)	452.75	94.89	493.07	97.11	0.63	0.66	0.03
9	1η μονοκατοικία	796.41	142.80	841.70	147.24	0.49	0.49	0.00
10	2η μονοκατοικία	373.07	89.13	276.56	84.05	0.59	0.49	0.10

6.3.3 Διερεύνηση ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας (Elongation)

Κατά τη διερεύνηση ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας των πολυγώνων στο πλαίσιο του ελέγχου της ποιότητας των δεδομένων του OSM αναφορικά με την ακρίβεια σχήματος, υπολογίστηκαν οι διαστάσεις των ορθογωνίων με τις μικρότερες δυνατών διαστάσεις που καλύπτουν τη κάτοψη των πολυγώνων. Υπολογίστηκε ο δείκτης elongation για τα κτίρια ενδιαφέροντος που χαρακτηρίζονται από τη σχέση 1:1 τόσο για τη βάση δεδομένων OSM όσο και για το Κτηματολόγιο. Στη συνέχεια και για την λήψη συμπερασμάτων, συγκρίθηκαν οι τιμές. Η σύγκριση έγινε μέσω της απόλυτης τιμής της διαφοράς των δύο τιμών. Παρατηρήθηκε ότι οι διαφορές είναι πολύ μικρές για τα κτίρια ενδιαφέροντος που εξετάστηκαν και κυμαίνονται από 0,01 έως 0,11. Ωστόσο εκτός του προαναφερθέντος εύρους, βρίσκεται η διαφορά των δύο τιμών του δείκτη elongation ίση με 0,52 που αφορά το 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες ενότητες και υπολογισμούς, το εν λόγω κτίριο έχει δεχτεί προσθήκη η οποία δεν αντικατοπτρίζεται στη βάση δεδομένων αναφοράς δηλαδή στο Κτηματολόγιο. Η προσθήκη που έχει πραγματοποιηθεί στη κατασκευή δεν υπάρχει στο Κτηματολόγιο γιατί έχει πραγματοποιηθεί σε χρόνο μεταγενέστερο της τελευταίας ενημέρωσης της βάσης δεδομένων του Κτηματολογίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η κάτοψη να διαφοροποιείται σημαντικά και συγκεκριμένα από ορθογωνική, η μορφή της είναι πλέον τύπου "Γ". Αυτό σαφώς επηρεάζει και τους υπολογισμούς του δείκτη elongation με αποτέλεσμα να εξηγείται με βεβαιότητα η μεγάλη τιμή στη διαφορά που προέκυψε. Παρακάτω παρουσιάζεται και πάλι ο πίνακας 5.4 για καλύτερη κατανόηση του σχολιασμού των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.4. Υπολογισμός Elongation για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	W OSM	L OSM	W Κτηματολόγιο	L Κτηματολόγιο	Elongation OSM	Elongation Κτηματολόγιο	Διαφορά Elongation
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-	-	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-	-	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	38.85	41.43	36.07	38.16	0.06	0.05	0.01
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-	-	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	29.03	58.69	31.82	60	0.51	0.47	0.04
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	22.21	23.59	9.33	21.98	0.06	0.58	0.52
7	1η οικοδομή	23.74	25.75	27.36	32.65	0.08	0.16	0.08
8	2η οικοδομή)	23.47	24.27	24.46	24.96	0.03	0.02	0.01
9	1η μονοκατοικία	27.91	39.41	28.46	40.48	0.29	0.30	0.01
10	2η μονοκατοικία	19.8	25.08	16.71	24.63	0.21	0.32	0.11

6.3.4 Απόσταση Hausdorff

Από τον ορισμό του μεγέθους της απόστασης Hausdorff, είναι προφανές ότι όσο πιο μικρή προκύπτει η απόσταση τόσο πιο μεγάλη η ορθότητα σχήματος που εκφράζει και την ποιότητα των δεδομένων του OSM. Για τα εξεταζόμενα κτίρια προέκυψαν τιμές σε ένα εύρος από 1,00 έως και 10,35. Η τιμή 1,00 κρίνεται ως ικανοποιητική. Μια τιμή όπως αυτή που προέκυψε για την 1^η οικοδομή ίση με 5,43 κρίνεται ως ανεκτή ενώ μια τιμή της τάξης του 10,06 για το 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών και 10,35 για το 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών κρίνονται ως μεγάλες και ως δείκτες κακής ψηφιοποίησης των αποτυπωμάτων στο OSM.

Όπως έχει παρατηρηθεί και στα συμπεράσματα από τη μέτρηση άλλων δεικτών ποιότητας, το 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών οδηγεί σε αποτελέσματα μη ικανοποιητικά. Για ακόμα μια φορά, το γεγονός αυτό εξηγείται από τη προσθήκη που έχει πραγματοποιηθεί στο κτίριο και η οποία δεν έχει

αποτυπωθεί στη βάση δεδομένων αναφοράς. Παρατηρείται όμως και μη ικανοποιητική μέτρηση απόστασης για το 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών που έως τώρα δεν είχε κάποια αντίστοιχη εικόνα σε άλλες μετρήσεις. Όπως προκύπτει από την οπτική παρατήρηση και στην εικόνα ομόκεντρης τοποθέτησης των δύο πολυγώνων, τα δύο πολύγωνα του 8^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών σε OSM και Κτηματολόγιο, διαφέρουν κατά κάποιο τρόπο και στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου παρατηρούνται αρκετά περισσότερες λεπτομέρειες κατά την αποτύπωσή του μέσω πολλών ακμών στο περίγραμμα του κτιρίου. Αυτό τελικά οδηγεί σε μεγάλη απόσταση Hausdorff και μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κάθε ελεγχόμενη παράμετρος ποιότητας δεδομένων OSM είναι χρήσιμη και μπορεί να οδηγήσει σε μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ανεξάρτητα από την καλή εικόνα που μπορεί να παρουσιάζει ένα κτιριακό αποτύπωμα ως προς τις υπόλοιπες ποιοτικές μετρήσεις.

Τέλος, σημειώνεται ότι και ο μέσος όρος της απόστασης Hausdorff που υπολογίστηκε, κρίνεται ανεκτά ικανοποιητικός και είναι της τάξης του 5,23. Παρακάτω παρουσιάζεται και πάλι ο πίνακας 5.5 για καλύτερη κατανόηση του σχολιασμού των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.5. Υπολογισμός απόστασης Hausdorff για τα κτίρια ενδιαφέροντος με σχέση 1:1

A/A	Κτίριο	Απόσταση Hausdorff
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-
3	ΕΦΚΑ	4
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	10.35
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	10.06
7	1η οικοδομή	5.43
8	2η οικοδομή)	2.17
9	1η μονοκατοικία	1.07
10	2η μονοκατοικία	3.52
Μέσος Όρος		5.23

6.3.5 Turningfunction

Ως τελευταίο μέτρο ελέγχου ποιότητας των δεδομένων του OSM αναφορικά με την ακρίβεια σχήματος των πολυγώνων, ακολουθήθηκε η μέθοδος της turningfunction. Έτσι, υπολογίστηκαν σχεδιαστικά στο λογισμικό AutoCAD οι εφαπτομενικές γωνίες όλων των πλευρών των πολυγώνων καθώς επίσης και τα κανονικοποιημένα μήκη των ευθυγράμμων τμημάτων που διαμορφώνουν τα πολύγωνα. Με βάση αυτές τις σχεδιαστικές μετρήσεις και με βάση τη θεωρία της μεθόδου, σχεδιάστηκε για κάθε εξεταζόμενο πολύγωνο του OSM και του Κτηματολογίου η turningfunction. Η τελική σύγκριση, πραγματοποιείται με τη σύγκριση της καλυπτόμενης επιφάνειας μεταξύ turningfunction και οριζόντιου άξονα. Οι διαφορές των εμβαδών που υπολογίστηκαν, παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 5.3.5 και κυμαίνονται εντός εύρους από 0,01 έως 0,12. Οι τιμές κοντά στο μηδέν κρίνονται ως ιδιαίτερες ικανοποιητικές και δείκτες καλής ψηφιοποίησης των αποτυπωμάτων στο OSM. Παρατηρούνται όμως και τιμές που δεν θεωρούνται ικανοποιητικές και αναλύονται περισσότερο αμέσως παρακάτω.

Για το 8^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών, προέκυψε τιμή ίση με 0,11 και για τη 2^η μονοκατοικία προέκυψε μια τιμή ίση με 0,12. Και για τις δύο περιπτώσεις, η εξήγηση της μεγάλης διαφοράς που προκύπτει βρίσκεται στο γεγονός ότι στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου, τα κτίρια αυτά αποτυπώνονται με σημαντικά μεγαλύτερη λεπτομέρεια και για την ακρίβεια το περίγραμμα των δύο αυτών κτιρίων στο Κτηματολόγιο παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό ακμών. Οι πολλές περισσότερες ακμές οδηγούν σε σημαντική διαφοροποίηση στη σχεδίαση της turningfunction. Έτσι, προκύπτουν μεγάλες διαφορές και τα κτιριακά αποτυπώματα χαρακτηρίζονται ως μη ικανοποιητικός προσομοιωμένα.

Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε κατά την εφαρμογή της μεθόδου turningfunction σχετίζεται με τους υπολογισμούς που αφορούν το 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών. Κατά τον υπολογισμό της μεθόδου turningfunction, το 29^ο Νηπιαγωγείο Σερρών φαίνεται να έχει προσομοιωθεί ικανοποιητικά μιας και η διαφορά που προκύπτει είναι πολύ μικρή. Παρά την καλή αυτή ένδειξη, έχει γίνει σαφές τόσο από τις υπόλοιπες μεθοδολογίες για την αξιολόγηση της ακρίβειας σχήματος όσο και από τις πληροφορίες ότι το κτίριο έχει δεχτεί προσθήκη η οποία δεν αποτυπώνεται στη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου, ότι η αποτύπωσή του δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί ικανοποιητική. Έτσι, το συμπέρασμα που προκύπτει είναι η σημασία χρήσης όσο το δυνατόν περισσότερων δεικτών για την αξιολόγηση της ακρίβειας σχήματος καθώς η μέτρηση μιας παραμέτρου μπορεί να χαρακτηρίσει ικανοποιητική την ψηφιοποίηση ενός κτιριακού αποτυπώματος ενώ μια άλλη μέτρηση να οδηγήσει σε αντίθετα συμπεράσματα. Παρακάτω παρουσιάζεται και πάλι ο πίνακας 5.6 για καλύτερη κατανόηση του σχολιασμού των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 5.6. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογισμών turningfunction

A/A	Κτίριο	Aref	Aosm	Διαφορά εμβαδών
1	Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	-	-	-
2	I.N. Σαράντα Μαρτύρων	-	-	-
3	ΕΦΚΑ	1.4977	1.5236	0.03
4	Γενικό Νοσοκομείο Σερρών	-	-	-
5	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	1.1335	1.0270	0.11
6	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	1.0581	1.0435	0.01
7	1η οικοδομή	0.9886	0.9131	0.08
8	2η οικοδομή)	0.7255	0.7511	0.03
9	1η μονοκατοικία	1.2513	1.1747	0.08
10	2η μονοκατοικία	0.8647	0.9885	0.12

6.4 Συμπεράσματα ως προς την θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)

Όπως υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το ποσοστό των κτιρίων του OSM που περιλαμβάνουν χαρακτηρισμό ως προς το είδος είναι της τάξης του 61,28%. Το ποσοστό αυτό σαν απόλυτη τιμή κρίνεται επαρκές και το συμπέρασμα από την τιμή αυτή είναι ότι θα μπορούσε να καταστεί υψηλότερο εάν περισσότεροι χρήστες συνδράμουν στο OSM για την πόλη των Σερρών ή οι χρήστες που ήδη ασχολούνται με την πόλη των Σερρών, αυξήσουν τη συνεισφορά τους συμπληρώνοντας το είδος και σε άλλα κτίρια της πόλης.

Το ποσοστό 24,51% δείχνει ότι είναι περιορισμένα τα κτίρια που περιέχουν την ιδιότητα του ονόματος. Η συγκεκριμένη παρατήρηση εξηγείται εύλογα μιας και συνήθως μόνο τα ορόσημα (εμπορικά και δημόσια κτήρια) διαθέτουν όνομα ενώ τα κτίρια κατοικιών δεν έχουν όνομα.

Σημειώνεται ότι η διερεύνηση ως προς την θεματική ακρίβεια, πραγματοποιήθηκε μονομερώς χωρίς κάποια σύγκριση με τη βάση δεδομένων του Κτηματολογίου. Επειδή η πόλη των Σερρών δεν χαρακτηρίζεται από πολλά ειδικής σημασίας κτίρια, θεωρείται πως η προσέγγιση στην παρούσα φάση εκφράζει σε ένα βαθμό την θεματική ακρίβεια της βάσης δεδομένων του OSM. Σαν πρόταση για μελλοντική έρευνα, μπορεί κανείς να προσθέσει την εφαρμογή μιας μεθόδου όπως παρουσιάστηκε στη βιβλιογραφική κάλυψη του θέματος στα προηγούμενα κεφάλαια. Έτσι θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η σύγκριση με τη βάση δεδομένων αναφοράς εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Levenshtein όπου για παράδειγμα ο χαρακτηρισμός μιας οντότητας στο OSM θα συγκρινόταν με τον χαρακτηρισμό της αντίστοιχης οντότητας στη βάση δεδομένων αναφοράς. Υπενθυμίζεται ότι ένας αλγόριθμος όπως αυτός πρακτικά συγκρίνει τους χαρακτήρες της λέξης που αφορούν το χαρακτηρισμό που μας ενδιαφέρει για ένα κτίριο.

6.5 Συνολική αξιολόγηση μεθοδολογίας

Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάστηκαν όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία διερεύνησης της ποιότητας των δεδομένων OSM σε σχέση με δεδομένα μιας βάσης αναφοράς όπως είναι το Κτηματολόγιο. Η μελέτη στην παρούσα εργασία αφορούσε την πόλη των Σερρών. Φυσικά, βασική προϋπόθεση για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ήταν η εύρεση των δεδομένων αναφοράς του Κτηματολογίου, που πιστεύω ήταν το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετώπισα.

Στις προηγούμενες ενότητες του Κεφαλαίου 6, σχολιάστηκαν όλα τα αποτελέσματα, προέκυψαν τα συμπεράσματα της μελέτης και παρουσιάστηκαν κατά ενότητες ανάλογα με την εξεταζόμενη κάθε φορά παράμετρο χαρακτηρισμού της ποιότητας των δεδομένων του OSM.

Είναι σαφές στο σημείο αυτό ότι η ποιότητα δεν αποτελεί ένα μέγεθος που μπορεί να εξεταστεί με έναν απλό υπολογισμό ή με μία μόνο παράμετρο. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες παράμετροι στη βιβλιογραφία και κάθε μία από αυτές κρίνεται κατάλληλη ή όχι για την κάθε νέα έρευνα που πραγματοποιείται. Υπάρχει διαθέσιμη βιβλιογραφία και σύμφωνα με αυτή έγινε η επιλογή των παραμέτρων προς εξέταση στην παρούσα εργασία που ήταν επιθυμητή η αξιολόγηση της ποιότητας των κτιριακών αποτυπωμάτων του OSM ως προς τη βάση δεδομένων αναφοράς του Κτηματολογίου για την πόλη των Σερρών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι παράμετροι που τελικά εξετάστηκαν για να χαρακτηρισθεί ολοκληρωτικά η ποιότητα των δεδομένων κτιριακών αποτυπωμάτων του OSM ως προς τη βάση δεδομένων αναφοράς είναι η πληρότητα (completeness), η ακρίβεια θέσης (positional accuracy), η ακρίβεια σχήματος (shape accuracy) και η θεματική ακρίβεια (attribute accuracy).

Παρακάτω θα αξιολογηθούν οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν, σύμφωνα με την προσωπική μου εμπειρία κατά την εκπόνηση της εργασίας.

6.5.1 Πληρότητα (Completeness)

Συνολικά, τέσσερις δείκτες υπολογίστηκαν από δύο επιμέρους μεθοδολογίες για τον πλήρη χαρακτηρισμό των δεδομένων ως προς την πληρότητά τους.

Οι δείκτες αυτοί γίνονται εύκολα κατανοητοί ως προς την έννοιά τους καθώς αποτελούν απλούς λόγους τιμών. Οι τιμές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δεικτών μπορούν εύκολα να προκύψουν μέσω απλών εντολών στα εξειδικευμένα λογισμικά που χρησιμοποιούνται. Δεν απαιτείται κάποια ειδική επεξεργασία είτε των δεδομένων είτε των αποτελεσμάτων και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι σαφή και οδηγούν άμεσα στη λήψη συμπερασμάτων.

Αναφορικά λοιπόν με την πληρότητα των δεδομένων του OSM οι μεθοδολογίες που εφαρμόστηκαν στην παρούσα εργασία, προτείνονται προς εφαρμογή και σε μελλοντικές έρευνες.

6.5.2 Ακρίβεια θέσης (Positional accuracy)

Κατά τη διερεύνηση της ακρίβειας θέσης, τα κέντρα βάρους όλων των πολυγώνων εξάγονται εύκολα με απλές εντολές από τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται. Η εξέταση της ακρίβειας θέσης γίνεται εύκολα αντιληπτή καθώς ανάγεται στον υπολογισμό μιας απόστασης δηλαδή ενός μετρήσιμου μεγέθους και σύνηθες για οποιονδήποτε. Οι υπολογισμοί που απαιτούνται δεν ξεπερνούν την εφαρμογή μιας απλής εξίσωσης απόστασης που όπως έγινε και στην παρούσα εργασία μπορεί να γίνει και εύκολα με υπολογιστικά εργαλεία διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Τέλος, τα αποτελέσματα οδηγούν άμεσα σε συμπεράσματα.

Αναφορικά λοιπόν με την ακρίβεια θέσης, η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία, προτείνεται για χρήση και σε μελλοντικές έρευνες.

6.5.3 Ακρίβεια σχήματος (Shape accuracy)

Η διερεύνηση ως προς την ακρίβεια σχήματος των δεδομένων OSM ως προς τα δεδομένα της βάσης δεδομένων αναφοράς είναι η πιο σύνθετη. Για το λόγο αυτό υπολογίστηκαν και πολλές παράμετροι για το χαρακτηρισμό της ποιότητας των δεδομένων. Υπάρχουν λοιπόν παράμετροι που υπολογίζονται εύκολα όπως ο λόγος εμβαδών όπου γίνεται μια απλή σύγκριση της επιφάνειας των πολυγώνων. Υπάρχει η παράμετρος της ομοιότητας της γεωμετρίας ως προς τον κύκλο που υπολογίζεται εύκολα. Υπάρχει η παράμετρος του επιμήκους της γεωμετρίας των πολυγώνων που απαιτεί μια γεωμετρική παρέμβαση έτσι ώστε να προκύψουν οι διαστάσεις ενός νοητού ορθογωνίου. Υπάρχει η παράμετρος της απόστασης Hausdorff που απαιτεί τα εξεταζόμενα πολύγωνα να γίνουν αρχικά ομόκεντρα. Όλες οι παραπάνω παράμετροι είναι εύκολες στη σύλληψη και απαιτούν ελάχιστες τιμές για να πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί. Από άποψη επεξεργασίας, τα απαραίτητα στοιχεία για την ολοκλήρωση των υπολογισμών είτε προκύπτουν εύκολα από τα χρησιμοποιούμενα λογισμικά GIS είτε απαιτούν απλή επεξεργασία σε περιβάλλον CAD.

Το σημαντικό εδώ είναι πως όλες οι παραπάνω παράμετροι δεν μπορούν από μόνες τους να χαρακτηρίσουν την ακρίβεια σχήματος. Για το λόγο αυτό, υπολογίζονται όλες και ο ενδιαφερόμενος αποκτά μια συνολική εικόνα και οδηγείται τελικά στα συμπεράσματά του.

Μια μέθοδος που μπορεί από μόνη της να χαρακτηρίσει την ποιότητα ως προς την ακρίβεια σχήματος είναι αυτή της turningfunction η οποία αποτελεί ολοκληρωμένη μεθοδολογία που εφαρμόζεται εδώ και δεκαετίες από ερευνητές. Θα έλεγε κανείς ότι η μεθοδολογία αυτή είναι περισσότερο σύνθετη σε σχέση με τις υπόλοιπες. Απαιτεί υπολογισμούς επί των πολυγώνων όπως είναι η μέτρηση των εφαιπτομενικών γωνιών, κανονικοποίηση τιμών γωνιών και μήκους και τελικά σχεδίαση της συνάρτησης. Εγκυμονούν κίνδυνοι για λάθη και ο χρήστης πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός κατά την εφαρμογή της μεθόδου.

Από την προσωπική μου εμπειρία, προκύπτει το συμπέρασμα ότι κάθε παράμετρος κατά τη διερεύνηση της ακρίβειας σχήματος είναι χρήσιμη για τη διαμόρφωση πληρέστερης εικόνας. Ως πιο αξιόπιστη θεωρείται η turningfunction λόγω και της αυτόνομης χρήσης της σε παρελθοντικές αντίστοιχες έρευνες. Μια πρόταση μου είναι η αξιοποίηση όλων των παραπάνω παραμέτρων και η δημιουργία μιας νέας μεθόδου που θα ενσωματώνει όλους τους υπολογισμούς και θα οδηγεί σε περισσότερο ακριβή αποτελέσματα για την ακρίβεια σχήματος και θα μπορούσε μάλιστα να αυτοματοποιηθεί για πολλά κτίρια ταυτόχρονα.

6.5.4 Θεματική ακρίβεια (Attribute accuracy)

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 6, η θεματική ακρίβεια δεν εξετάστηκε σύμφωνα με τις συνήθεις πρακτικές. Προσδιορίστηκαν μονάχα τα ποσοστά των αντικειμένων που έχουν τον χαρακτηρισμό του κτιρίου καθώς επίσης και τα ποσοστά στα οποία υπάρχει χαρακτηρισμός αναφορικά με το είδος της χρήσης τους (πχ βιομηχανικό κτίριο).

Προτείνονται μέθοδοι όπως ο αλγόριθμος Levenhstein για ακρίβεια κατά τη σύγκριση.

6.5.5 Τελικό Συμπέρασμα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα δεδομένα αποτυπωμάτων κτιρίων του OSM είναι τελικά αξιόπιστα και ενδείκνυται η χρήση τους στο χωρικό σχεδιασμό, από τη στιγμή που δεν υπάρχουν αντίστοιχα ανοιχτά και ελεύθερα χωρικά δεδομένα για να βασιστούμε. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άμεση χρήση (εδαφικά πλαίσια, πλοήγηση χαρτών, αστική ανάλυση, εκτιμήσεις πληθυσμού και της πυκνότητας κατοικίας κλπ.) αλλά και για παράγωγη χρήση (υπόβαθρο για τη παραγωγή θεματικών χαρτών). Αλλά για εξεζητημένες χρήσεις χρειάζονται ακόμα ανάπτυξη, αυστηρή μετρική ακρίβεια και πρότυπα.

Τα δεδομένα αποτυπωμάτων κτιρίων του OSM παρουσιάζουν έλλειψη χαρακτηριστικών όπως όνομα, τύπος, ύψος, χρήση κτιρίου κλπ. Επίσης, υπάρχουν ακόμη πολλά κτίρια που δεν έχουν χαρτογραφηθεί στο OSM, για την πόλη των Σερρών, κυρίως αυτά που βρίσκονται σε απόσταση από το κέντρο της πόλης. Πιστεύω, όμως τα δεδομένα OSM θα βελτιωθούν πολύ σύντομα χάρη στη δύναμη του VGI: ένας τεράστιος αριθμός εθελοντών για συνεισφορά και η υψηλή συχνότητα ενημέρωσης των δεδομένων.

6.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα, τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του πρακτικού μέρους της εργασίας. Συγκεκριμένα, για κάθε μέγεθος αξιολόγησης της ποιότητας των δεδομένων, παρουσιάζονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, οι δείκτες οι οποίοι υπολογίζονται, οι τελικές τιμές των δεικτών αυτών καθώς επίσης και το εύρος τιμών που λαμβάνουν οι δείκτες αυτοί.

Σημειώνεται πως όλα τα δεδομένα εντός του παρακάτω πίνακα 6.1, έχουν παρουσιαστεί μεμονωμένα στις ενότητες των προηγούμενων κεφαλαίων. Ο σκοπός που εξυπηρετεί ο παρών πίνακας είναι να δώσει στον αναγνώστη μια συγκεντρωτική εποπτεία του ελέγχου που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και να κατανοήσει καλύτερα το περιεχόμενο.

Πίνακας 6.1. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων-συμπερασμάτων

A/A	Μέθοδος		Αποτέλεσμα		Όρια των αποτελεσμάτων	
1	Πληρότητα	βάσει μονάδων (unit based method)	Δείκτης C _{NO}	Δείκτης CArea	1,265 6,924 Χαμηλοί Δείκτες	0-100 με το 100 να αντιπροσωπεύει την απόλυτη πληρότητα
		βάσει αντικειμένων (object based method)	Δείκτης Ccenter	Δείκτης Coverlap	3,525 3,505 Χαμηλά ποσοστά	0-100 με το 100 να αντιπροσωπεύει την απόλυτη πληρότητα
2	Ακρίβεια Θέσης	ΕΦΚΑ		1,095= Ικανοποιητική	Η τιμή 0 αντιπροσωπεύει πλήρη ταύτιση και είναι η βέλτιστη τιμή. Ως μέγιστο όριο ικανοποιητικών τιμών λαμβάνονται αποστάσεις της τάξης έως και των 4m.	
		8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών		1,833= Ικανοποιητική		
		29ο Νηπιαγωγείο Σερρών		6,533 = Μη ικανοποιητική		
		1η οικοδομή		1,886= Ικανοποιητική		
		2η οικοδομή		5,302= Μη ικανοποιητική		
		1η μονοκατοικία		1,466= Ικανοποιητική		
3	Ακρίβεια σχήματος	Λόγος εμβαδών (Area ratio)	ΕΦΚΑ	1,34= Όχι τόσο ικανοποιητική	Ως βέλτιστη θεωρείται η τιμή 1. Το εύρος για τις αποδεκτές τιμές κυμαίνεται από 0.7 έως το πολύ 1.3.	
			8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	0,85= Ικανοποιητική		
			29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	1,86= Όχι τόσο ικανοποιητική		
			1η οικοδομή	0,86= Ικανοποιητική		
			2η οικοδομή	0,92= Ικανοποιητική		
			1η μονοκατοικία	0,95= Ικανοποιητική		
		2η μονοκατοικία	1,35= Όχι τόσο ικανοποιητική			
		Απόκλιση γεωμετρίας από αυτή του κύκλου (Compactness)	ΕΦΚΑ	0,06=ικανοποιητική ομοιότητα κτιρίων	Δεδομένου ότι το τελικό μέγεθος είναι η διαφορά μεταξύ Compactness σε OSM και Κτηματολόγιο, το εύρος αποδεκτών τιμών διαμορφώνεται ως εξής. Βέλτιστη θεωρείται η τιμή 0 ενώ ως μέγιστη αποδεκτή τιμή μπορεί να ληφθεί η τιμή 0,11.	
			8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	0,04=ικανοποιητική ομοιότητα κτιρίων		
			29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	0,07=ικανοποιητική ομοιότητα κτιρίων		
			1η οικοδομή	0,11=ικανοποιητική ομοιότητα κτιρίων		
			2η οικοδομή	0,03=ικανοποιητική ομοιότητα κτιρίων		
			1η μονοκατοικία	0,00= πλήρης ομοιότητα κτιρίων		
		2η μονοκατοικία	0,1=ικανοποιητική ομοιότητα κτιρίων			
		Ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας (Elongation)	ΕΦΚΑ	0,01= ικανοποιητική	Δεδομένου ότι το τελικό μέγεθος είναι η διαφορά μεταξύ Elongation σε OSM και Κτηματολόγιο, το εύρος αποδεκτών τιμών διαμορφώνεται ως εξής. Βέλτιστη θεωρείται η τιμή 0 ενώ ως μέγιστη αποδεκτή τιμή μπορεί να ληφθεί η τιμή 0,20.	
			8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	0,04= ικανοποιητική		
			29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	0,52= μη ικανοποιητική		
			1η οικοδομή	0,08= ικανοποιητική		
			2η οικοδομή	0,01= ικανοποιητική		
			1η μονοκατοικία	0,01= ικανοποιητική		
		2η μονοκατοικία	0,11= ικανοποιητική			
		Απόσταση Hausdorff	ΕΦΚΑ	4,00= ικανοποιητική	Βέλτιστη θεωρείται η τιμή 0 μιας και δηλώνει απόλυτη ταύτιση. Σαν μέγιστο αποδεκτό όριο για την απόσταση Hausdorff ορίζεται μια τιμή της τάξης των 5m.	
			8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	10,35= μη ικανοποιητική		
			29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	10,06= μη ικανοποιητική		
1η οικοδομή	5,43= ικανοποιητική					
2η οικοδομή	2,17= ικανοποιητική					
1η μονοκατοικία	1,07= ικανοποιητική					
2η μονοκατοικία	3,52= ικανοποιητική					
Turning function	ΕΦΚΑ	0,03= ικανοποιητική	Δεδομένου ότι το τελικό μέγεθος είναι η διαφορά μεταξύ της επιφάνειας σε OSM και Κτηματολόγιο, το εύρος αποδεκτών τιμών διαμορφώνεται ως εξής. Βέλτιστη θεωρείται η τιμή 0 ενώ ως μέγιστη αποδεκτή τιμή μπορεί να ληφθεί η τιμή 0,05.			
	8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	0,11= όχι τόσο ικανοποιητική				
	29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	0,01= ικανοποιητική				
	1η οικοδομή	0,08= όχι τόσο ικανοποιητική				
	2η οικοδομή	0,03= ικανοποιητική				
	1η μονοκατοικία	0,08= όχι τόσο ικανοποιητική				
2η μονοκατοικία	0,12= όχι τόσο ικανοποιητική					
4	Θεματική ακρίβεια	Ως προς το είδος		61,28%= επαρκές ποσοστό	0-100 με το 100 να αντιπροσωπεύει την απόλυτη πληρότητα	
		Ως προς το όνομα		24,51%= χαμηλό ποσοστό		

Επίσης, ο βασικός πίνακας με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα, συνοδεύεται και από έναν πίνακα όπου αξιολογούνται οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν, σύμφωνα με την προσωπική μου

εμπειρία κατά την εκπόνηση της εργασίας και αφορά την ευχρηστία, την αξιοπιστία και το πεδίο εφαρμογής για όλες τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν και εφαρμόστηκαν. Στον παρακάτω πίνακα 6.2, όπου θετικό πρόσημο σημαίνει πως η μέθοδος είναι θετικά προσκείμενη ως προς το χαρακτηριστικό της στήλης, ενώ όπου σημειώνεται αρνητικό πρόσημο, η μέθοδος δεν ενδείκνυται απόλυτα ή απαιτεί ιδιαίτερα προσεκτική διαχείριση από τον χρήστη.

Πίνακας 6.2. Πίνακας αξιολόγησης μεθόδων

A/A	Μέθοδος	Ευχρηστία	Αξιοπιστία	Πεδίο Εφαρμογής	
1	Αντιστοιχισή χαρακτηριστικών	βάσει κτιριακού αποτυπώματος	-	+	+
		βάσει κέντρου βάρους	-	+	+
2	Πληρότητα	βάσει μονάδων (unit based method)	+	-	+
		βάσει αντικειμένων (object based method)	-	+	+
3	Ακρίβεια Θέσης	+	+	-	
4	Ακρίβεια σχήματος	Λόγος εμβαδών (Area ratio)	+	+	-
		Απόκλιση γεωμετρίας από αυτή του κύκλου (Compactness)	+	+	-
		Ως προς το επίμηκες της γεωμετρίας (Elongation)	+	+	-
		Απόσταση Hausdorff	+	+	-
		Turning function	-	+	-
5	Θεματική ακρίβεια	+	+	+	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Antoniou, V. (2011). *User Generated Spatial Content: An Analysis of the Phenomenon and its Challenges for Mapping Agencies* (Doctoral dissertation). UCL (University College London).
- Arkin, D., O'Brien, M., & Snyder, J. (1991). Efficient computation of polygon similarity measures. *Computational geometry: theory and applications*, 1(1), 69-82.
- Arsanjani, J. J., Bakillah, M., (2015). Understanding the potential relationship between the socio-economic variables and contributions to OpenStreetMap. *International Journal of Digital Earth*, DOI: 10.1080/17538947.2014.951081.
- Barron, C., Neis, P., Zipf, A., (2014). *A comprehensive framework for intrinsic OpenStreetMap quality analysis*. Transactions in GIS 18, 877–895. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12073>.
- Bégin, Devillers, and Roche, "Contributors' Withdrawal from Online Collaborative Communities: The Case of OpenStreetMap," *ISPRS Int. J. Geo-Information*, vol. 6, no. 11, p. 340, 2017, doi: 10.3390/ijgi6110340.
- Brovelli, M.A., Minghini, M., Molinari, M., Mooney, P., (2017). *Towards an auto-mated comparison of OpenStreetMap with authoritative road datasets*. Transactions in GIS 21, 191–206. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12182>.
- Brovelli, M.A., and Zamboni, G., (2018). A new method for the assessment of spatial accuracy and completeness of OpenStreetMap building footprints. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8): 289 DOI:10.3390/ijgi7080289.
- Calculator.net, (2008) Retrieved from <https://www.calculator.net/distance-calculator.html>.
- Camboim, S., Bravo, J., and Sluter, C., (2015). An Investigation into the Completeness of, and the Updates to, OpenStreetMap Data in a Heterogeneous Area in Brazil, *ISPRS Int. J. Geo-Information*, vol. 4, no. 3, pp. 1366–1388, 2015, doi: 10.3390/ijgi4031366.

- Chen, L., & Han, J., (1992). Evaluating the quality of polygon approximations using Hausdorff distance. *Computer-Aided Design*, 24(7), 451-458.
- Civil protection, (2021) Retrieved from <https://www.civilprotection.gr/el/copernicus>.
- Copernicus, (2021) Retrieved from <https://emergency.copernicus.eu/>.
- Copernicus, (2021) Retrieved from <https://www.copernicus.eu/el>.
- Copernicus, (2021) Retrieved from <https://www.copernicus.eu/en/what-are-tangible-benefits-copernicus>.
- Copernicus, (2021) Retrieved from <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> .
- Copes, (2019). A Planning based Evaluation of Spatial Data Quality of OpenStreetMap Building Footprints in Canada. *UWSpace*. <http://hdl.handle.net/10012/14712>.
- Davidovic, N., Mooney, P., Stoimenov, L., Minghini, M., (2016). Tagging in Volunteered Geographic Information: An analysis of tagging practices for cities and urban regions in OpenStreetMap. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2016, 5, 232.
- Díaz, L., Granell, C., Gould, M., & Huerta, J. (2011). Managing user-generated information in geospatial cyber infrastructures. *Future Generation Computer Systems*, 27(3), 304-314. doi: 10.1016/j.future.2010.09.002.
- Du, H., Alechina, N., Jackson, M., & Hart, G. (2017). A Method for Matching Crowd-sourced and Authoritative Geospatial Data. *Transactions in GIS*, 21(2), 406-427. doi: 10.1111/tgis.12210
- Estellés-Arolas & F. González Ladrón-de- Guevara (2012). Towards an integrated crowdsourcing definition. *Journal of Information Science* (JCR: 1,41).
- Elwood, S., Goodchild, M.F., Sui, D., (2013). *Prospects for VGI research and the emerging fourth paradigm*, in: Sui, D., Elwood, S., Goodchild, M. (Eds.), *Crowdsourcing Geographic Knowledge*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 361–375.

- Fan, H., Zipf, A., Fu, Q., Neis, P., (2014). Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4), pp. 700- 719
doi: 10.1080/13658816.2013.867495.
- Fan, H., Yang, B., Zipf,, A., and Rousell, A. (2016). "A polygon-based approach for matching OpenStreetMap road networks with regional transit authority data." *Int. J. Geographical Information Science*, 30(4), 748–764.
- Garg, S., & Kumar, S. (2016). GIS-based morpho-tectonic studies of Alaknanda river basin: A precursor for hazard zonation. *Journal of Asian Earth Sciences*, 130, 41-53.
<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2016.08.008>.
- Geodata, (2010). Retrieved from <https://geodata.gov.gr/el/> .
- Geodesy, (2015). Retrieved from <https://geodesy.noaa.gov/> .
- Girard, L. P., & Pouliot, J. (2019). Evaluating the quality of OSM roads and buildings in the Québec Province. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 45(2), 173-182. doi:
10.1080/07038992.2019.1602651
- Girres, J. F., Touya, G., (2010). Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions in GIS*, 14(4), pp. 435- 459.
- Goodchild, M. F., Hunter, G. J., (1997). A simple positional accuracy measure for linear features. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(3), pp. 299-306.
- Goodchild, M.F., (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal* 69, 211–221. doi:10.1007/s10708-007- 9111-y.
- Goodchild, M.F., Li, L., (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics* 1, 110–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2012.03.002>.
- Hacar, M. Kılıç, B. and Şahbaz, K. (2018). Analysing OpenStreetMap road data and characterising the behavior of contributors in Ankara, Turkey. *ISPRS Int J Geo-Inf.* 7(10), 400.

<https://doi.org/10.3390/ijgi7100400>.

Haklay, M. and Weber, P.(2008). OpenStreet map: User-generated street maps, *IEEE Pervasive Comput.*, vol. 7, no. 4, pp. 12–18, doi: 10.1109/MPRV.2008.80.

Haklay M., (2010). How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37, 682–703. DOI: <https://doi.org/10.1068/b35097>.

Hecht, R., Kunze, C., Hahmann, S., (2013). Measuring completeness of building footprints in OpenStreetMap over space and time. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2, 1066–1091. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi2041066>.

Hochmair, Hartwig & Juhász, Levente & Cvetojevic, Sreten. (2018). Data Quality of Points of Interest in Selected Mapping and Social Media Platforms. 10.1007/978-3-319-71470-7_15.

Hochwasserzentralen,(2016). Retrieved from <https://www.hochwasserzentralen.de/>.

Huerta J, Schade S, Granell C, (2014). *Connecting Digital Europe Through Location and Place*. Amsterdam (The Netherlands): Springer; JRC90814 DOI: 10.1007/978-3-319-03611-3.

Humanitarian Data Exchange, (2014). Retrieved from <https://data.humdata.org/dataset/somalia-reported-flooded-areas>.

Hung, KC.; Kalantari Soltanieh, S.; Rajabifard, A. (2016) “Assessing the quality of building footprints on OpenStreetMap: a case study in Taiwan”. Coleman, D.; Rajabifard, A.; Cromptoets, J. (Ed.) *Spatial Enablement in a Smart World*. Gilbertville, IA, United States. *GSDI Association Press*.

Jacobs, J., Atkins, M., Davie, K., Imrichova, H., Romanelli, L., Christiaens, V., Hulselmans, G., Potier, D., Wouters, J., Taskiran, I.I., Paciello, G., González-Blas, C.B., Koldere, D., Aibar, S., Halder, G., Aerts, S. (2018). The transcription factor Grainy head primes epithelial enhancers for spatiotemporal activation by displacing nucleosomes. *Nature Communications*, 9(1), 4935. doi: 10.1038/s41467-018-07448-4.

- Jacobs, Kent. (2018). Quality Assessment of Volunteered Geographic Information: An Investigation into the Ottawa-Gatineau OpenStreetMap Database. *Electronic Thesis and Dissertation Repository*, University of Western Ontario. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/5696/>.
- Jiménez, J.M.; Terón, A.; Torres, M.(2018) Integrating and Querying OpenStreetMap and Linked Geo Open Data. *Comput. J.*, 1–25 doi: 10.1093/comjnl/bxy067.
- Joint Cryosphere-Ocean-Land-Ecosystems. (2018). *Copernicus Imaging Microwave Radiometer (CIMR) Science Workshop*. European Space Agency. https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_WORKSHOP_CIMR&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&Rendition=Web.
- Καπουνιάρη Μαρία, (2018), *Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα Copernicus στη μελέτη περιβαλλοντικών θεμάτων*, (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία), Θεσσαλονίκη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Kalogirou, S. (2015). Spatial Data [Chapter]. In Kalogirou, S. 2015. *SPATIAL ANALYSIS* [Undergraduate textbook]. Athens: Kallipos, Open Academic Editions. chapter 2. <http://hdl.handle.net/11419/5031>.
- Katsafados, P., Kalogirou, S., Papadopoulos, A., & Korres, G. (2012). Mapping long-term atmospheric variables over Greece. *Journal of Maps*, 8(2), 181–184.
- Kavouras, M., darra, A., kontaxaki, S., tomai, E. (2016). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Αρχές και Τεχνολογίες* [Undergraduate text book]. Athens: Kallipos, Open Academic Editions. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11419/6392>.
- Kavouras, M., Darra, A., Kokla, M., Kontaxaki, S., Panopoulos, G., Tomai, E. (2016). *Επιστήμη Γεωγραφικής Πληροφορίας - Ολοκληρωμένη Προσέγγιση και Ειδικά Θέματα* [Undergraduate text book]. Athens: Kallipos, Open Academic Editions. chapter 4. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11419/6385>.

- Koukoletsos, T., Haklay, M., Ellul, C., (2012). Assessing data completeness of VGI through an automated matching procedure for linear data. *Transactions in GIS* 16, 477–498. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2012.01304.x>.
- Lee, D. T., & Scholtz, J. C. (1987). Comparing polyggonal shapes using Hausdorff distance. *Computer Graphics and Image Processing*, 28(3), 219-226.
- Maps, (2015). Retrieved from <https://maps.gov.gr/gis/map/> .
- Müller, Iosifescu, Hurni, (2015). Assessment and Visualization of OSM Building Footprint Quality. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1388-1402. doi: 10.3390/ijgi4031388.
- Nasiri, A., Abbaspour , R. A., Chehregan , A., & Jokar Arsanjani, J. (2018). Improving the Quality of Citizen Contributed Geodata through Their Historical Contributions: The Case of the Road Network in OpenStreetMap. *I S P R S International Journal of Geo-Information*, 7(7), [253] <https://doi.org/10.3390/ijgi7070253>.
- Open data, (2017) Retrieved from <https://opendata.ellak.gr/>.
- Open definition, (2005) Retrieved from <https://opendefinition.org/od/2.1/en/> .
- OpenStreetMap Wiki, (2018) Retrieved from https://wiki.openstreetmap.org/wiki/El:Map_Features.
- OpenStreetMap Wiki, (2018) Retrieved from <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements>.
- OpenStreetMap Wiki, (2018) Retrieved from <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements#Node>.
- OpenStreetMap Wiki, (2018) Retrieved from https://wiki.openstreetmap.org/wiki/History_of_OpenStreetMap.
- OpenStreetMap, (2018) Retrieved from <https://www.openstreetmap.org/edit#map=20/38.44085/22.87502>.
- 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. Retrieved from DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>.
- Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(1), 139-167. doi: 10.1080/13658816.2016.1189556.
- Siebritz,(2014) “Assessing the accuracy of openstreetmap data in south africa for the purpose of integrating it with authoritative data,” University of Cape Town.
- Siebritz, (2015). Hausdorff distance based polygon similarity for building footprint extraction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 106, 97-104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.05.011>.
- Tian, Y., Zhou, Q., & Fu, X. (2019). An Analysis of the Evolution, Completeness and Spatial Patterns of OpenStreetMap Building Data in China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(1), 35. doi: 10.3390/ijgi8010035.
- Törnros, T., Dorn, H., Hahmann, S. and Zipf, A., (2015). Uncertainties of completeness measures in openstreetmap – A case study for buildings in a medium-sized German city, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 353–357, doi: 10.5194/isprsannals-II-3-W5-353-2015.
- Touya, G, Antoniou, V, Christophe, S and Skopeliti, A. (2017). *Production of Topographic Maps with VGI: Quality Management and Automation*.
- Τσούλος κ.ά, (2015). *Χαρτογραφική σύνθεση και απόδοση σε ψηφιακό περιβάλλον*. <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/2506>.
- Waterinfo, (2016) Retrieved from <https://waterinfo.rws.nl/#!/nav/themakaarten/>.
- Wheredoesmymoneygo, (2007) Retrieved from <https://app.wheredoesmymoneygo.org/>

Wikipedia, (2018) Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Volunteered_geographic_information.

Wikipedia, (2018) Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Crowdsourcing>.

Wikipedia, (2018) Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>.

Wikipedia, (2018) Retrieved from https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page.

Wikipedia, (2018) Retrieved from https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapping_parties.

Wikipedia, (2018) Retrieved from <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Taginfo>.

Wikipedia, (2018) Retrieved from <https://www.e-education.psu.edu/geog585/node/738>.

Wikipedia, (2019) Retrieved from <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Stats>.

Zeeshan Akhtar (2020). Building Footprints and AI. *Attentive AI Tech Blog* Retrieved from <https://medium.com/attentive-ai/building-footprints-and-ai-eeae3271ed89>.

Zhang, Hongyu, (2017). "Quality Assessment of the Canadian OpenStreetMap Road Networks". *Electronic Thesis and Dissertation Repository*. 4560. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/4560>.

Παράρτημα

Ενδεικτικά παραθέτονται κάποιοι πίνακες υπολογισμών που έχουν εξαχθεί από: OSM, GIS, Autocad και Excel και αφορούν το σύνολο των 10 επιλεχθέντων κτιρίων ενδιαφέροντος.

Το σύνολο των πινάκων και των υπολογισμών που αναφέρονται σε όλο το πλήθος των κτιριακών αποτυπωμάτων έχουν ενσωματωθεί σε ψηφιακή μορφή στο συνημμένο CD.

29ο Νηπιαγωγείο Σερρών Turning function

OSM 6			
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	90	1,571	+
φ2	90	1,571	+
φ3	90	1,571	+
φ4	-90	-1,571	-
φ5	90	1,571	+
φ6	90	1,571	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6
	1,571	3,142	4,712	3,142	4,712	6,283
ως μέρος του π	0,500	1,000	1,500	1,000	1,500	2,000
Περίμετρος	91,0863					
Μήκος	22,113	8,392	13,131	15,036	8,976	23,440
Κανονικοποιημένο μήκος	0,243	0,092	0,144	0,165	0,099	0,257
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,243	0,335	0,479	0,644	0,743	1,000

Κτηματολόγιο 6			
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	91	1,588	+
φ2	89	1,553	+
φ3	-87	-1,518	-
φ4	88	1,536	+
φ5	87	1,518	+
φ6	-88	-1,536	-
φ7	90	1,571	+
φ8	91	1,588	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8
	1,588	3,142	1,623	3,159	4,677	3,142	4,712	6,301
ως μέρος του π	0,506	1,000	0,517	1,006	1,489	1,000	1,500	2,006
Περίμετρος	62,25							
Μήκος	7,484	10,999	1,711	3,380	1,652	7,375	7,638	22,013
Κανονικοποιημένο μήκος	0,120	0,177	0,027	0,054	0,027	0,118	0,123	0,354
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,120	0,297	0,324	0,379	0,405	0,524	0,646	1,000

ΕΦΚΑ Turning function

OSM 3

A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	100	1,745	+
φ2	87	1,518	+
φ3	81	1,414	+
φ4	89	1,553	-
φ5	90	1,571	+
φ6	90	1,571	-
φ7	92	1,606	+
φ8	92	1,606	+
φ9	87	1,518	+
φ10	88	1,536	+
φ11	89	1,553	-
φ12	90	1,571	-

Αθροιστική εφάπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8	θ9	θ10	θ11	θ12
		1,745	3,264	4,677	3,124	4,695	3,124	4,730	6,336	7,854	9,390	7,837
ως μέρος του π	0,556	1,039	1,489	0,994	1,494	0,994	1,506	2,017	2,500	2,989	2,494	1,994
Περίμετρος	173,7995											
Μήκος	10,548	26,602	6,928	3,424	18,359	5,007	12,367	39,942	10,905	13,038	16,872	9,807
Κανονικοποιημένο μήκος	0,061	0,153	0,040	0,020	0,106	0,029	0,071	0,230	0,063	0,075	0,097	0,056
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,061	0,214	0,254	0,273	0,379	0,408	0,479	0,709	0,771	0,846	0,944	1,000

Κτηματολόγιο 3

A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	98	1,710	+
φ2	83	1,449	+
φ3	90	1,571	+
φ4	91	1,588	-
φ5	90	1,571	+
φ6	90	1,571	-
φ7	90	1,571	+
φ8	85	1,484	+
φ9	103	1,798	+
φ10	77	1,344	+
φ11	89	1,553	-
φ12	85	1,484	-

Αθροιστική εφάπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8	θ9	θ10	θ11	θ12
		1,710	3,159	4,730	3,142	4,712	3,142	4,712	6,196	7,994	9,338	7,784
ως μέρος του π	0,544	1,006	1,506	1,000	1,500	1,000	1,500	1,972	2,544	2,972	2,478	2,006
Περίμετρος	160,3862											
Μήκος	9,800	20,060	6,484	3,781	18,350	5,983	10,475	35,041	11,139	13,067	16,811	9,394
Κανονικοποιημένο μήκος	0,061	0,125	0,040	0,024	0,114	0,037	0,065	0,218	0,069	0,081	0,105	0,059
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,061	0,186	0,227	0,250	0,365	0,402	0,467	0,686	0,755	0,837	0,941	1,000

OSM 7

1η οικοδομή Turning function

A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	88	1,536	+
φ2	-10	-0,175	-
φ3	88	1,536	+
φ4	79	1,379	+
φ5	32	0,559	+
φ6	83	1,449	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6
	1,536	1,361	2,897	4,276	4,835	6,283
ως μέρος του π	0,489	0,433	0,922	1,361	1,539	2,000
Περίμετρος	86,2769					
Μήκος	16,152	5,495	16,392	18,938	8,286	21,014
Κανονικοποιημένο μήκος	0,187	0,064	0,190	0,220	0,096	0,244
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,187	0,251	0,441	0,660	0,756	1,000

Κτηματολόγιο 7

A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	91	1,588	+
φ2	89	1,553	+
φ3	-90	-1,571	-
φ4	65	1,134	+
φ5	-86	-1,501	-
φ6	85	1,484	+
φ7	90	1,571	+
φ8	-93	-1,623	-
φ9	90	1,571	+
φ10	59	1,030	+
φ11	58	1,012	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8	θ9	θ10	θ11
	1,588	3,142	1,571	2,705	1,204	2,688	4,259	2,635	4,206	5,236	6,248
ως μέρος του π	0,506	1,000	0,500	0,861	0,383	0,856	1,356	0,839	1,339	1,667	1,989
Περίμετρος	99,8185										
Μήκος	14,857	1,236	7,888	7,815	2,640	4,328	8,846	1,995	20,622	6,346	23,259
Κανονικοποιημένο μήκος	0,149	0,012	0,079	0,078	0,026	0,043	0,089	0,020	0,207	0,064	0,233
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,149	0,161	0,240	0,319	0,345	0,388	0,477	0,497	0,704	0,767	1,000

2η οικοδομή Turning function

OSM 8			
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	91	1,588	+
φ2	91	1,588	-
φ3	91	1,588	+
φ4	89	1,553	+
φ5	86	1,501	-
φ6	87	1,518	+
φ7	90	1,571	+
φ8	89	1,553	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8
	1,588	0,000	1,588	3,142	1,641	3,159	4,730	6,283
ως μέρος του π	0,506	0,000	0,506	1,000	0,522	1,006	1,506	2,000
Περίμετρος	97,083							
Κανονικοποιημένο μήκος	0,050	0,107	0,152	0,104	0,049	0,143	0,251	0,144
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,050	0,157	0,309	0,413	0,463	0,605	0,856	1,000

Κτηματολόγιο 8			
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	90	1,571	+
φ2	90	1,571	-
φ3	90	1,571	+
φ4	90	1,571	+
φ5	90	1,571	-
φ6	89	1,553	+
φ7	90	1,571	+
φ8	90	1,571	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8
	1,571	0,000	1,571	3,142	1,571	3,124	4,695	6,266
ως μέρος του π	0,500	0,000	0,500	1,000	0,500	0,994	1,494	1,994
Περίμετρος	94,8871							
Μήκος	6,476	9,0434	11,1717	9,2523	5,454	14,9552	23,2452	15,2913
Κανονικοποιημένο μήκος	0,068	0,095	0,118	0,098	0,057	0,158	0,245	0,161
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,068	0,164	0,281	0,379	0,436	0,594	0,839	1,000

1η μονοκατοικία Turning function

OSM 9			
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	92	1,606	+
φ2	105	1,833	+
φ3	57	0,995	+
φ4	48	0,838	+
φ5	90	1,571	+
φ6	86	1,501	+
φ7	-106	-1,850	-
φ8	-99	-1,728	-
φ9	87	1,518	+
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	90	1,571	+
φ2	50	0,873	+
φ3	56	0,977	+
φ4	52	0,908	+
φ5	51	0,890	+
φ6	90	1,571	+
φ7	88	1,536	+
φ8	-101	-1,763	-
φ9	-107	-1,868	-
φ10	90	1,571	+

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8	θ9
	1,606	3,438	4,433	5,271	6,842	8,343	6,493	4,765	6,283
ως μέρος του π	0,511	1,094	1,411	1,678	2,178	2,656	2,067	1,517	2,000
Περίμετρος	142,7826								
Μήκος	28,628	37,434	3,216	25,499	11,169	9,322	7,845	8,669	11,001
Κανονικοποιη μένο μήκος	0,200	0,262	0,023	0,179	0,078	0,065	0,055	0,061	0,077
Αθροιστικό κανονικοποιη μένο μήκος	0,200	0,463	0,485	0,664	0,742	0,807	0,862	0,923	1,000

Κτηματολόγιο 9

Αθροιστική εφαπτομενική γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8	θ9	θ10
	1,571	2,443	3,421	4,328	5,219	6,789	8,325	6,562	4,695	6,266
ως μέρος του π	0,500	0,778	1,089	1,378	1,661	2,161	2,650	2,089	1,494	1,994
Περίμετρος	147,1027									
Μήκος	27,077	2,736	36,227	3,596	25,625	11,589	9,786	8,498	9,998	11,971
Κανονικοποιη μένο μήκος	0,184	0,019	0,246	0,024	0,174	0,079	0,067	0,058	0,068	0,081
Αθροιστικό κανονικοποιη μένο μήκος	0,184	0,203	0,449	0,473	0,648	0,726	0,793	0,851	0,919	1,000

2η μονοκατοικία Turning function

OSM 10			
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	90	1,571	+
φ2	90	1,571	+
φ3	-90	-1,571	-
φ4	90	1,571	+
φ5	90	1,571	+
φ6	90	1,571	+
φ7	-90	-1,571	-
φ8	90	1,571	+
A/A	μοιρ	ακτ	πρόσημο
φ1	90	1,571	+
φ2	90	1,571	+
φ3	-89	-1,553	-
φ4	-91	-1,588	-
φ5	90	1,571	+
φ6	90	1,571	+
φ7	90	1,571	+
φ8	-90	-1,571	-
φ9	89	1,553	+
φ10	90	1,571	+
φ11	-90	-1,571	-
φ12	90	1,571	+
φ13	-90	-1,571	-
φ14	90	1,571	+

Αθροιστική εφαπτομενική ή γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8
ως μέρος του π	0,500	1,000	0,500	1,000	1,500	2,000	1,500	2,000
Περίμετρος	89,0926							
Μήκος	12,3615	6,7926	12,5315	12,863	19,78	6,1664	5,1118	13,485
Κανονικοποιημένο μήκος	0,139	0,076	0,141	0,144	0,222	0,069	0,057	0,151
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,139	0,215	0,356	0,500	0,722	0,791	0,849	1,000

Κτηματολόγιο 10

Αθροιστική εφαπτομενική ή γωνία	θ1	θ2	θ3	θ4	θ5	θ6	θ7	θ8	θ9	θ10	θ11	θ12	θ13	θ14
ως μέρος του π	0,500	1,000	0,506	0,000	0,500	1,000	1,500	1,000	1,494	1,994	1,494	1,994	1,494	1,994
Περίμετρος	84,0422													
Μήκος	10,8664	6,604	3,1218	1,0057	10,47	8,9688	7,082	2,0301	13,7036	6,0445	1,9248	6,851	1,7226	3,6459
Κανονικοποιημένο μήκος	0,129	0,079	0,037	0,012	0,125	0,107	0,084	0,024	0,163	0,072	0,023	0,082	0,020	0,043
Αθροιστικό κανονικοποιημένο μήκος	0,129	0,208	0,245	0,257	0,382	0,488	0,573	0,597	0,760	0,832	0,855	0,936	0,957	1,000

Τα 10 κτίρια ενδιαφέροντος

FID_	Entity	Handle	Layer	LyrFrzn	area	perimeter	logos= area/perimeter	area	perimeter	logos= area/perimeter
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (Π.Ε. Σερρών) 1	Polyline	12832	2200000		1.495,25	281,27	5,32			
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (Π.Ε. Σερρών) 2	Polyline	12E70	2200000		331,95	79,01	4,20	1.827,20	360,28	9,52
Ι.Ν. Σαράντα Μαρτύρων 1	Polyline	105DA	2200000		248,00	66,66	3,72			
Ι.Ν. Σαράντα Μαρτύρων 2	Polyline	109C7	2200000		16,20	16,69	0,97			
Ι.Ν. Σαράντα Μαρτύρων 3	Polyline	109C8	2200000		113,53	46,33	2,45	377,73	129,68	7,14
ΕΦΚΑ	Polyline	F2C1	2200000		820,53	160,30	5,12	820,53	160,30	5,12
Γενικό Νοσοκομείο 1	Polyline	F100	2200000		4.336,57	296,21	14,64			
Γενικό Νοσοκομείο 2	Polyline	103FD	2200000		2.848,85	343,93	8,28	7.185,42	640,14	22,92
8ο Δημοτικό σχολείο Σερρών	Polyline	12315	2200000		1.388,32	192,36	7,22	1.388,32	192,36	7,22
Εργατικό Κέντρο Ν. Σερρών (1η οικοδομή)	Polyline	12A5A	2200000		554,68	99,88	5,55	554,68	99,88	5,55
29ο Νηπιαγωγείο Σερρών	Polyline	12305	2200000		172,32	62,33	2,76	172,32	62,33	2,76
Alpha Bank (2η οικοδομή)	Polyline	F19C	2200000		493,07	97,11	5,08	493,07	97,11	5,08
Καπνομάγαζο (1η μονοκατοικία)	Polyline	F245	2200000		841,70	147,24	5,72	841,70	147,24	5,72
Εργατική κατοικία Σιγής (2η μονοκατοικία)	Polyline	FE1F	2200000		276,56	84,05	3,29	276,56	84,05	3,29

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται στον Οργανισμό και στον Εσωτερικό Κανονισμό του Ιδρύματος, δηλώνω υπεύθυνα ότι για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου συγγραφέα χωρίς να γίνεται αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό ή εφημερίδα, ιστοσελίδα κ.λπ.) και ότι χρησιμοποίησα μόνο τις πηγές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

[ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΚΑΜΤΣΙΟΥΡΗ ΑΡΤΕΜΗ]