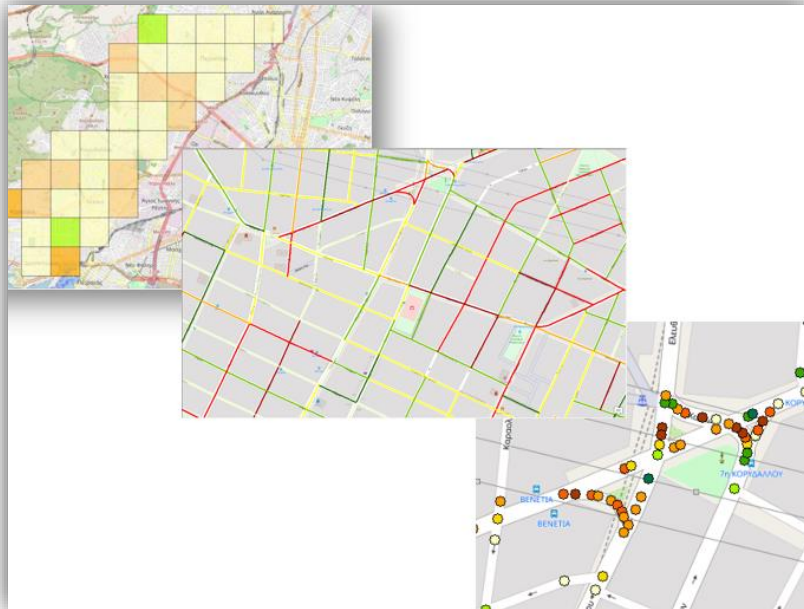




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ -
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
Δ.Π.Μ.Σ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αξιολόγηση της ποιότητας της Εθελοντικής Γεωγραφικής
Πληροφορίας ως προς τα ανοιχτά δεδομένα του Ελληνικού
Κτηματολογίου : Μελέτη για το αστικό οδικό δίκτυο του OSM**



Σάββας Βασιλειάδης

Οκτώβριος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
Δ.Π.Μ.Σ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αξιολόγηση της ποιότητας της Εθελοντικής
Γεωγραφικής Πληροφορίας ως προς τα ανοιχτά
δεδομένα του Ελληνικού Κτηματολογίου :
Μελέτη για το αστικό οδικό δίκτυο του**

Σάββας Βασιλειάδης
Μηχανικός Χωροταξίας και Ανάπτυξης Α.Π.Θ

Επιβλέπουσα: Ανδριανή Σκοπελίτη, Επ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την Επιτροπή:

Ανδριανή Σκοπελίτη
Επ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Χρυσή Πότσιου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Βύρων Αντωνίου
Επ. Καθηγητής ΣΣΕ

Οκτώβριος 2023

Copyright © Σάββας Βασιλειάδης, 2023 Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Πρόλογος.....	9
Περίληψη.....	10
Abstract	13
Εισαγωγή	16
Δομή της εργασίας.....	17
1. Εθελοντική γεωγραφική πληροφορία και Ποιότητα	19
1.1 Γεωγραφικά δεδομένα στο διαδίκτυο.....	20
1.2 Ποιότητα των χωρικών δεδομένων	23
1.3 OpenStreetMap	33
1.3.1 OSM και ποιότητα δεδομένων	35
2. Εθνικό Κτηματολόγιο.....	38
2.1 Ο φορέας Ελληνικό Κτηματολόγιο	38
2.2 Πως λειτουργεί τον εθνικό κτηματολόγιο	40
2.3 Κτηματολόγια της Ε.Ε. και οδηγία INSPIRE	42
2.4 Ποιότητα δεδομένων Ελληνικού Κτηματολογίου	47
2.5 Διάθεση δεδομένων Ελληνικού κτηματολογίου	49
3. Αξιολόγηση της ποιότητας του οδικού δικτύου του OSM.....	51
3.1 Παγκόσμια κοινότητα	54
3.2 Αξιολόγηση του οδικού δικτύου το OSM για την Ελλάδα	62
4. Μεθοδολογία και αποτελέσματα της εφαρμογής.....	72
4.1 Δεδομένα	72
4.1.1 Οδικό δίκτυο του OSM	72
4.1.2 Οδικό δίκτυο από το Ελληνικό Κτηματολόγιο.....	73
4.2 Μέτρα αξιολόγησης της ποιότητας	75
4.3 Περιγραφή εργαλείων για την αξιολόγηση της ποιότητας των δρόμων	76
4.4 Περιοχή μελέτης.....	84
4.5 Αποτελέσματα εφαρμογής	85
4.5.1 Πληρότητα	86
4.5.2 Ορθότητα θέσης – Συνολικοί Δείκτες	86
4.6 Γεωπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.....	90
5. Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις	103
Βιβλιογραφία.....	110

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1. Θεματικός Χάρτης επισήμανσης εγκλημάτων στο Chicago, κατασκευασμένος από τη Διεύθυνση Ασφάλειας του Chicago μετά από εθελοντικές προσπάθειες πολιτών	22
Εικόνα 2. Ο τρόπος παραγωγής της Γεωγραφικής Πληροφορίας με συμβατικές μεθόδους (από επαγγελματίες) αριστερά, και μετά την ανάμειξη των εθελοντών δεξιά	23
Εικόνα 3. Αριθμός εγγεγραμμένων μελών του OSM από το 2012 έως σήμερα	33
Εικόνα 4. Σύγκριση OSM με BING, HERE και Google Maps.....	36
Εικόνα 5. Παράδειγμα διαχείρισης γης	44
Εικόνα 6. Ευρωπαϊκά Κτηματολόγια και Εθνικοί Οργανισμοί Χαρτογράφησης που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Esri.....	45
Εικόνα 7. Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου της οδηγίας INSPIRE	46
Εικόνα 8. Κεντρική ιστοσελίδα της γεωπύλης INSPIRE του «Ελληνικού Κτηματολογίου»,	50
Εικόνα 9. Κατηγοριοποίηση μεθόδων αξιολόγησης ποιότητας ΕΓΠ	51
Εικόνα 10. Μέθοδος σύγκρισης ζώνης (buffer) των Goodchild και Hunter. Η ζώνη πλάτους x δημιουργείται γύρω από το αντικείμενο υψηλής ποιότητας και αξιολογείται το ποσοστό του υπό έλεγχο αντικειμένου που εμπίπτει στη ζώνη	52
Εικόνα 11. Παράδειγμα της μεθόδου με τη διπλή ζώνη	57
Εικόνα 12. Ακρίβεια θέσης του OSM με τη μέθοδο της ζώνης στα δεδομένα αναφοράς	58
Εικόνα 13. Ακρίβεια θέσης του OSM με τη μέθοδο των ζωνών και στα 2 σετ δεδομένων	58
Εικόνα 14. Δύο τμήματα του αυτοκινητόδρομου M11 : (A) Αναμενόμενη θέση του OS και του OSM, (B) δεδομένων OSM που δεν ταιριάζουν με το OS	60
Εικόνα 15. Ποσοστό επικάλυψης μεταξύ των buffer OS και OSM	60
Εικόνα 16. Η περιοχή ενδιαφέροντος της μελέτης στην Αθήνα.....	63
Εικόνα 17. Αποτελέσματα σύγκρισης HMGS και OSM (η κόκκινη γραμμή παρουσιάζει δρόμους με επικάλυψη πάνω από 90% ενώ η μπλε κάτω του 50%)	66
Εικόνα 18. Μέσα ποσοστά επικάλυψης	67
Εικόνα 19. Κως-Κάλυμνος: Δεδομένα ΓΥΣ (αριστερά) και OSM '12,'13,'14 (δεξιά)	69
Εικόνα 20. Κομοτηνή-Ξάνθη: Δεδομένα ΓΥΣ (αριστερά) και OSM '12,'13,'14 (δεξιά).....	70
Εικόνα 21. Ηράκλειο: Δεδομένα ΓΥΣ (αριστερά) και OSM '12,'13,'14 (δεξιά)	70
Εικόνα 22. Αποτελέσματα χωρικής ακρίβειας OSM για το έτος 2014 περιοχών α. Κω, β. Κομοτηνής – Ξάνθης, γ. Ηρακλείου	71
Εικόνα 23. Σύνολο δεδομένων OSM.....	73

Εικόνα 24. Παράδειγμα εξαγωγής μέσου άξονα από τα πολύγωνα των δρόμων	74
Εικόνα 25. Σύνολο δεδομένων ΕΚΧΑ	74
Εικόνα 26. Η γεωβάση και το Toolbox της έρευνας	76
Εικόνα 27. Το μοντέλο Osm_clear.	77
Εικόνα 28. Το μοντέλο Data_Completeness.....	78
Εικόνα 29. Το μοντέλο Line_to_point_korifes.....	78
Εικόνα 30. Απεικονιστική απόδοση των μοντέλων, πάνω Line_to_point_korifes και κάτω Line_to_point_grammes	79
Εικόνα 31. Το μοντέλο Ekxa_buffer	81
Εικόνα 32. Το μοντέλο Fishnet_cliposm.....	81
Εικόνα 33. Το μοντέλο Fishnet_mean_dist	83
Εικόνα 34. Το μοντέλο Fishnet_ekxa_buffer	83
Εικόνα 35. Η περιοχή μελέτης χωρισμένη σε τετραγωνικά χιλιόμετρα	85
Εικόνα 36. Αποτέλεσμα του δείκτη πληρότητας	86
Εικόνα 37. Ποσοστό κορυφών και μέγιστη απόσταση μεταξύ των κορυφών του OSM και κτηματολογίου.....	86
Εικόνα 38. Ποσοστό μήκους γραμμών και μέση απόσταση μεταξύ γραμμών OSM και Κτηματολογίου.	87
Εικόνα 39. Ποσοστό μήκους γραμμών εντός ζώνης πλάτους 1μ, 2μ, 3μ και 5μ από τα δεδομένα του Κτηματολογίου.....	88
Εικόνα 40. Ποσοστό μήκους των οδών του OSM ανά κατηγορία	88
Εικόνα 41. Κατηγορίες οδικού δικτύου στο OSM, απόσταση από τα δεδομένα του Κτηματολογίου και ποσοστό επί του συνολικού μήκους	89
Εικόνα 42. Η διεπαφή της χαρτογραφικής εφαρμογής – Δεδομένα.....	91
Εικόνα 43. Απόσταση των κορυφών από τις γραμμές του Κτηματολογίου	92
Εικόνα 44. Μέση απόσταση γραμμών από τις γραμμές του κτηματολογίου.....	93
Εικόνα 45. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 1m.	94
Εικόνα 46. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 2m.	95
Εικόνα 47. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 3m.	96
Εικόνα 48. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 5m	97

Εικόνα 49. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 1m	98
Εικόνα 50. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 2m	99
Εικόνα 51. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 3m	100
Εικόνα 52. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 5m	101
Εικόνα 53. Μέση τιμή των κοντινότερων αποστάσεων των κορυφών για κάθε κελί του κανάβου	102
Εικόνα 54. Μέγιστη τιμή των κοντινότερων αποστάσεων των κορυφών για κάθε κελί του κανάβου	102
Εικόνα 55. Ποσοστό μήκους εντός ζωνών σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και την μελέτη εφαρμογής.....	103
Εικόνα 56. Οπτικοποίηση και ενημέρωση σε πολλαπλά επίπεδα και κλίμακες για διαφορετικούς σκοπούς.....	105
Εικόνα 57. Παράδειγμα του OSM (κόκκινη γραμμή) που υπερτερεί σε ορθότητα έναντι του Κτηματολογίου (μπλε γραμμή).....	106
Εικόνα 58. Παράδειγμα του OSM (κόκκινη γραμμή) που υπερτερεί σε ορθότητα έναντι του Κτηματολογίου (μπλε γραμμή) (α) και επιβεβαίωση της πραγματικής εικόνας μέσω του Google Street View (β)	107
Εικόνα 59. Παράδειγμα του Κτηματολογίου (μαύρη γραμμή) που καταγράφει τον κήπο εκκλησίας ως δρόμο	108
Εικόνα 60. Παράδειγμα αναντιστοιχίας του OSM με το Κτηματολόγιο εξαιτίας της καταγραφής δρόμων με δυο λωρίδες ως μια στο OSM	108
Εικόνα 61. Παράδειγμα του OSM (κόκκινη γραμμή) που δεν έχει σωστή αντιστοιχία σε σχέση με τα δεδομένα του Κτηματολογίου (μπλε γραμμή)	109

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1. Στοιχεία ποιότητας του ISO, οι απαιτήσεις τους και τα θέματα που σχετίζονται με τη χρήση τους στην ΕΓΠ	31
Πίνακας 2. Κατηγορίες προτεινόμενων μέτρων ποιότητας για την ΕΓΠ	31
Πίνακας 3. Προτεινόμενοι δείκτες ποιότητας της ΕΓΠ με βάση τα δεδομένα.....	32
Πίνακας 4. Κριτήρια γεωμετρικής ακρίβειας των κτηματολογικών διαγραμμάτων	48
Πίνακας 5. Μέσος όρος ακρίβειας θέσης	62
Πίνακας 6. Μέσα ποσοστά επικάλυψης	66

Πίνακας 7. Συνολικά αποτελέσματα έρευνας	68
Πίνακας 8. Πληρότητα OSM	70
Πίνακας 9. Ακρίβεια θέσης OSM	71
<i>Πίνακας 10. Ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM με βάση τις ζώνες για κάθε κελί</i>	<i>89</i>
Πίνακας 11. Βιβλιογραφικές αναφορές για ποσοστά και πλάτη ζώνης για την περιγραφή της ορθότητας θέσης	104

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών σπουδών στη Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής ΕΜΠ, στο γνωστικό πεδίο της Γεωπληροφορικής, με θέμα «Αξιολόγηση της ποιότητας της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας ως προς τα ανοιχτά δεδομένα του Ελληνικού Κτηματολογίου : Μελέτη για το αστικό οδικό δίκτυο του Open Street Map».

Σε αυτό το σημείο πρέπει να ειπωθεί ότι η μεταπτυχιακή εργασία δε θα μπορούσε να υλοποιηθεί χωρίς την αμερόληπτη στήριξη και συμπαράσταση της οικογένειας και των κοντινών μου ανθρώπων καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας. Ένα τεράστιο ευχαριστώ αξίζει στην επιβλέπουσα κ. Σκοπελίτη Ανδριανή Επίκουρη Καθηγήτρια ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που παρείχε κατά την εκπόνηση της μεταπτυχιακής εργασίας

Περίληψη

Η αξιολόγηση της ποιότητας της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΕΓΠ) αποτελεί ένα αναδυόμενο θέμα έρευνας τα τελευταία χρόνια. Ένας ευρέως αποδεκτός τρόπος εκτίμησης της ποιότητας είναι η σύγκριση των δεδομένων της ΕΓΠ με επίσημα χωρικά δεδομένα που παρέχονται από Εθνικές Υπηρεσίες Χαρτογράφησης (NMAs) ή εμπορικές εταιρείες. Οι περισσότερες μελέτες εστιάζονται στα δεδομένα του OpenStreetMap (OSM). Σε αυτήν την εργασία, το οδικό δίκτυο του OSM συγκρίνεται με τα πιο λεπτομερή και ενημερωμένα γεωγραφικά δεδομένα μεγάλης κλίμακας για την Ελλάδα, τα οποία έχουν συλλεχθεί από το Εθνικό Κτηματολόγιο. Υπάρχουν και παλαιότερες μελέτες που έχουν ήδη αξιολογήσει την ποιότητα και συγκεκριμένα, την ακρίβεια θέσης του οδικού δικτύου του OSM στην Ελλάδα συγκρίνοντάς το με αξιόπιστα χαρτογραφικά σύνολα δεδομένων (Kounadi, 2009 & Koukoletos, 2014), αλλά αυτή είναι η πρώτη φορά που γίνεται σύγκριση με σύνολα δεδομένων μεγάλης κλίμακας που συλλέχθηκαν με βάση τις προδιαγραφές ποιότητας της κτηματολογίου.

Το OSM καταγράφει το οδικό δίκτυο παγκοσμίως και παρέχει διαδικτυακούς χάρτες πολλαπλών κλιμάκων. Το μέγιστο επίπεδο μεγέθυνσης (zoom level 19) επιτρέπει την απεικόνιση σε κλίμακα περίπου 1:1000. Επιπλέον, παρέχονται θεματικές πληροφορίες, όπως οι κατηγορίες των οδών για το σύνολο δεδομένων. Σύμφωνα με το μοντέλο δεδομένων του OSM, οι οδοί καταγράφονται ως «ways», δηλαδή γραμμές με ετικέτες/ιδιότητες (tags) όπως ο τύπος, η κατεύθυνση κυκλοφορίας, η μέγιστη ταχύτητα, κλπ., που προσφέρουν χρήσιμο σημασιολογικό περιεχόμενο.

Από το Εθνικό Κτηματολόγιο συλλέγονται δεδομένα γεωτεμαχίων για τη δημιουργία κτηματολογικών διαγραμμάτων σε κλίμακα 1:1000 για τις αστικές περιοχές και 1:5000 για τις αγροτικές περιοχές. Αυτά είναι διαθέσιμα ως ανοιχτά δεδομένα από τη γεωπύλη του οργανισμού (<https://www.ktimanet.gr/geoportal/catalog/main/home.page>). Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα ως υπηρεσίες αλλά μπορούν να ληφθούν και ως αρχεία Shapefile στο ΕΓΣΑ87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987). Οι οδοί στα δεδομένα του κτηματολογίου εμφανίζονται και αυτοί ως γεωτεμάχια, δηλαδή πολύγωνα με έναν συγκεκριμένο κωδικό (ΚΑΕΚ) που τις ταυτοποιεί ως οδούς. Σύμφωνα με την έκθεση ακρίβειας για τα δεδομένα του κτηματολογίου, ορίζεται μέσο τετραγωνικό σφάλμα

$RMSE_{xy} \leq 0,71\mu$ για σημεία ελέγχου ($RMSE_x \leq 0,50\mu$, $RMSE_y \leq 0,50\mu$) και 1.22μ απόλυτη ακρίβεια για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Από την παραπάνω ανάλυση, συμπεραίνεται ότι τα δύο σύνολα δεδομένων μπορούν να συγκριθούν. Η προεπεξεργασία περιλαμβάνει την προβολή των δεδομένων του OSM από το παγκόσμιο σύστημα αναφοράς WGS84 στο ΕΓΣΑ87. Αξίζει να σημειωθεί ότι εξετάζονται μόνο οι γραμμές του οδικού δικτύου του OSM που βρίσκονται εντός των γεωτεμαχίων/πολυγώνων με κωδικό οδούς στο Εθνικό κτηματολόγιο. Με αυτόν τον τρόπο συγκρίνονται μόνο τα αντίστοιχα τμήματα. Επιπλέον, απαιτείται η εξαγωγή του μέσου άξονα κάθε γεωτεμαχίου/πολυγώνου που αντιπροσωπεύει τον άξονα του δρόμου.

Για την αξιολόγηση της θέσης του οδικού δικτύου, εφαρμόζονται οι ακόλουθοι δείκτες ποιότητας:

- Σε επίπεδο οντότητας: Υπολογισμός απόστασης μεταξύ του οδικού δικτύου του OSM και του κτηματολογίου:
 - Απόσταση μεταξύ των κορυφών του οδικού δικτύου του OSM και των γραμμών του οδικού δικτύου αναφοράς.
 - Η μέση απόσταση για κάθε γραμμή οδικού δικτύου που αναγνωρίζεται από το μοναδικό κωδικό OSM ID με βάση τις τιμές για τις κορυφές.
- Σε επίπεδο κάναβου (πλέγμα):
 - Μέση απόσταση των γραμμών
 - Ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που περιλαμβάνεται σε ζώνες 1μ, 2μ, 3μ και 5μ που δημιουργούνται γύρω από τα αξιόπιστα δεδομένα.
- Καθολικός δείκτης:
 - Μέσος όρος απόστασης κορυφών
 - Μέσος όρος μέσης απόστασης δρόμων
 - Ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που απέχει μέση απόσταση έως 1μ, 2μ, 3μ, 5μ από τα δεδομένα του κτηματολογίου.
 - Ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που βρίσκεται σε ζώνης πλάτους 1μ, 2μ, 3μ, 5μ από τα δεδομένα του κτηματολογίου.

Η μελέτη εφαρμογής αφορά μια περιοχή 35 τετραγωνικών χιλιομέτρων στη δυτική Αττική. Σε αυτήν την περιοχή, το δίκτυο OSM έχει μήκος 956 χιλιόμετρα. Η πληρότητα σε σύγκριση με το δίκτυο του κτηματολογίου είναι 88%. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν αποδεκτή ακρίβεια θέσης για τα δεδομένα του OSM: το 95% του μήκους του οδικού δικτύου του OSM έχει μέση απόσταση μικρότερη από 2.75μ από τα δεδομένα του κτηματολογίου και το 50% των κόμβων του OSM βρίσκονται 1.1μ μακριά από τις γραμμές του κτηματολογίου. Η θεματική ακρίβεια δεν αξιολογείται καθώς οι οδοί του κτηματολογίου δεν έχουν χαρακτηριστικά στο σύνολο δεδομένων με ανοικτή πρόσβαση. Τέλος, για να δημοσιοποιηθεί η αξιολόγηση της ποιότητας στο κοινό, τα αποτελέσματα της έρευνας οπτικοποιούνται με χάρτες μεταβλητής κλίμακας στο διαδίκτυο σε επίπεδο κόμβων, γραμμών του οδικού δικτύου και σε επίπεδο φατνίων του πλέγματος καλύπτοντας διαφορετικές ανάγκες του χρήστη για την πληροφόρηση για την ποιότητα κατά τη χρήση του OSM όπως ως χάρτη υποβάθρου, για τον προσδιορισμό της βέλτιστης διαδρομής, για τεχνικά έργα κ.ά.

Λέξεις κλειδιά: Αξιολόγηση της Ποιότητας, Οδικό δίκτυο, Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία, OpenStreetMap, Ελληνικό Κτηματολόγιο

Abstract

VGI quality assessment has been an emerging research topic in recent years. One widely accepted method is to compare VGI data with authoritative data provided by NMAs or commercial companies. Most of the studies elaborate on OSM data. In this work, the OSM road network is compared with the most detailed and up-to-date large-scale geographic data for Greece. These data have been collected by the Hellenic Cadastre (HC) in the last 20 years (since 2003) as part of the compilation of the Greek Cadastre. Several studies have already assessed the quality and, more precisely, the positional accuracy of the OSM road network in Greece by comparing it with authoritative datasets, but this is the first time that a comparison is made with such a large-scale dataset collected under the quality requirements of a cadastre.

OSM captures the road network worldwide and provides multi-scale web maps. The maximum zoom level (value 19) permits the portrayal at approximately a 1:1000 scale map. Additionally, thematic details are present as many road categories appear in the dataset. Based on the OSM data model, roads are recorded as ways e.g. lines with several tags/attributes such as fclass, oneway, maxspeed, etc that build valuable semantic content.

Parcel data are collected by the Hellenic Cadastre to create cadastral diagrams at a 1:1000 scale for the urban areas and a 1:5000 scale for the rural areas. They are available as open data from the geoportal of the organization (<https://www.ktimanet.gr/geoportal/catalog/main/home.page>). Data are available as services but can also be downloaded as an ESRI shapefile at the HGRS87 (Hellenic Geodetic Reference System 1987). Roads in the parcel dataset appear as parcels i.e. polygons with a specific code (KA EK) that identifies them as roads. According to the accuracy report on parcel data, there is a $RMSE_{xy} \leq 0,71m$ for control points ($RMSE_x \leq 0,50m$, $RMSE_y \leq 0,50m$) and a 1,22 m horizontal accuracy at the 95% confidence level.

From the above analysis, it is concluded that the two datasets can be compared. Pre-processing involves the projection of OSM data (geographic coordinates in WGS84) to HGRS87. Only OSM road network lines that are inside the HC road polygons are examined. In this way, only corresponding lines are compared. Additionally, it is

needed to extract the medial axis/centerline of each parcel/polygon that represents the road axis.

To evaluate the positional accuracy of the road network the following quality indicators are applied:

- At the entity level: Calculation of distance between the OSM road network and the cadastre:
 - Distance between the vertices of the OSM road network and the reference lines of the road network.
 - The average distance for each road network line recognized by the unique OSM ID based on the values for the vertices.
- At the grid level:
 - Average distance of the lines.
 - Percentage of the length of the OSM road network included in buffer zones of 1m, 2m, 3m, and 5m created around reliable data.
- Global index:
 - Average distance of vertices.
 - Average distance of road segments.
 - Percentage of the length of the OSM road network that is within an average distance of 1m, 2m, 3m, 5m from the cadastre data.
 - Percentage of the length of the OSM road network located in width buffer zones of 1m, 2m, 3m, 5m from the cadastre data.

A case study is conducted for a 35 square kilometer area in western Attica. In this area, the OSM network has a length of 956 km. The completeness compared to the HC network is 88%. Preliminary results show acceptable positional accuracy for the OSM road dataset: 95% of the OSM road length has a mean distance of less than 2.75 m from the HC dataset and 50% of the OSM vertices are 1.1 m away from the HC road lines. In addition, positional accuracy is checked concerning OSM road classes (fclass). Thematic accuracy is not evaluated because HC roads have no attributes in

the open-access dataset. Finally, to communicate the quality assessment to the citizens, the horizontal position accuracy results are visualized with web maps at the road network line level and at the grid cell level.

Key words: Assessing quality, Road network, Volunteered Geographic Information, OpenStreetMap, Hellenic Cadastre

Εισαγωγή

Η Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (Volunteered Geographic Information – VGI) αντιπροσωπεύει έναν ειδικό τύπο συνεισφοράς και συνεργασίας, που επιτρέπει τους πολίτες να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της χαρτογράφησης και της γεωπληροφορικής. Βασίζεται στη συλλογή, διάδοση και επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων μέσω διαθέσιμων εργαλείων που παρέχονται από ιδιώτες. Ένα παράδειγμα που αφορά τα παραπάνω είναι το OpenStreetMap (www.openstreetmap.org), αυτή η πρωτοβουλία προσφέρει γενικές χαρτογραφικές πληροφορίες και αφήνει τους χρήστες να δημιουργήσουν το δικό τους περιεχόμενο, εισάγοντας γεωγραφικές θέσεις όπου έχουν λάβει χώρα διάφορα γεγονότα ή όπου υπάρχουν χαρακτηριστικά που δεν αναφέρονται ακόμα στον βασικό χάρτη. Ειδικότερα, το OpenStreetMap, αποτελεί πλέον έναν από τους κορυφαίους συμμετοχικούς χάρτες παγκοσμίως, όπου οι χρήστες έχουν την ελευθερία να συλλέξουν, επεξεργαστούν και χρησιμοποιήσουν τα γεωγραφικά δεδομένα.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, ειδικότερα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), η δημιουργία χαρτών έχει μετακινηθεί σε μεγάλο βαθμό στο διαδίκτυο. Πλέον, χάρτες που κάποτε ήταν περιορισμένης πρόσβασης, τώρα είναι προσβάσιμοι και έτοιμοι για χρήση από οποιονδήποτε ενδιαφέρεται. Αυτό έχει οδηγήσει στην δημιουργία χαρτών και από εθελοντές οι οποίοι είναι ανειδίκευτοι στον τομέα της χαρτογραφίας. Εξαιτίας των παραπάνω και λόγω της γρήγορης ανάπτυξης της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΕΓΠ) έχουν υπάρξει ανησυχίες σχετικά με την ποιότητα αυτών των δεδομένων. Αμφισβητείται δηλαδή, εάν αυτά τα δεδομένα είναι αξιόπιστα και εάν μπορούν να ενσωματωθούν με τα επίσημα δεδομένα από αρμόδιους φορείς. Η επιστημονική κοινότητα, ερευνώντας την Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία, έχει υποδείξει ποικίλους δείκτες και μέτρα για την αξιολόγηση της ποιότητας αυτών των Δεδομένων, είτε σε σύγκριση με τα επίσημα δεδομένα, είτε ως ανεξάρτητα. Τέλος, επειδή ο μέσος χρήστης σπάνια έχει εξειδικευμένες γνώσεις σχετικά με την ποιότητα της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΕΓΠ), η χαρτογραφική απεικόνιση της ποιότητας μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο. Καθώς οι χρήστες ποικίλουν σε γνώσεις αλλά και σε υπόβαθρο, η οπτικοποίηση της ΕΓΠ εξυπηρετεί διάφορες ανάγκες και προσφέρει

μια ευρεία γκάμα λειτουργικότητας με αποτέλεσμα να αποτελεί τον κύριο τρόπο αξιολόγησης της ποιότητας της ΕΓΠ.

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η αξιολόγηση της ποιότητας της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας ως προς τα ανοιχτά δεδομένα του Ελληνικού Κτηματολογίου αναφορικά με το οδικό δίκτυο. Επιπλέον δημιουργείται μια διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή μέσα από την οποία ο κάθε χρήστης θα μπορεί να ενημερώνεται για τα αποτελέσματα της έρευνας και πιο συγκεκριμένα για την ορθότητα της θέσης των οδών του OpenStreetMap σε σχέση με τα ανοιχτά δεδομένα του εθνικού κτηματολογίου στη δυτική Αττική. Τα αποτελέσματα για την αξιολόγηση της ποιότητας του αστικού οδικού δικτύου του OSM αναφορικά με την ακρίβεια της θέσης, και την πληρότητα προέκυψαν μετά την επιτυχημένη δημιουργία μιας σειράς από μοντέλα που κατασκευάστηκαν μέσα από το πρόγραμμα του ArcGIS. Τέλος η παρούσα εργασία χωρίζεται νοητά σε τρεις κατηγορίες:

- Την αξιολόγηση της ποιότητας του αστικού οδικού δικτύου του OSM στη περιοχή μελέτης με βάση τα μοντέλα που κατασκευάστηκαν.
- Την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποιότητα της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας.
- Την κατασκευή της διαδικτυακής χαρτογραφικής εφαρμογής για την χαρτογραφική απόδοση των μοντέλων και των αποτελεσμάτων.

Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία απαρτίζεται από πέντε (5) κεφάλαια, κατά τα οποία αναλύονται λεπτομερώς οι θεωρητικές έννοιες που σχετίζονται με το επιστημονικό υπόβαθρο του θέματος και παρουσιάζονται οι εφαρμογές και τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση του. Στη συνέχεια, γίνεται λεπτομερής ανάλυση των διαδικασιών που ακολουθήθηκαν, με αποτέλεσμα την απόκτηση σημαντικών ευρημάτων σχετικά με το επιστημονικό αντικείμενο αλλά και τη διατύπωση μελλοντικών προτάσεων για περαιτέρω έρευνα.

Στο πρώτο κεφάλαιο, αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο και οι βασικές γνώσεις που αφορούν την εθελοντική γεωγραφική πληροφορία. Εξετάζεται η έννοια της ποιότητας

των γεωγραφικών δεδομένων και η σημασία της. Πιο συγκεκριμένα ορίζονται τα στοιχεία για την περιγραφή της ποιότητας των δεδομένων όπως η ορθότητα θέσης, η πληρότητα κλπ. Επίσης παρουσιάζεται η πρωτοβουλία OpenStreetMap, προσφέροντας μια γενική επισκόπηση και αναφέρεται ο κρίσιμος ρόλος των χρηστών-εθελοντών και η συνεισφορά τους στην δημιουργία της εθελοντικής πληροφορίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια συνολική περιγραφή του φορέα του ελληνικού κτηματολογίου. Παρουσιάζονται βασικές εννοιές και πληροφορίες για την κατανόηση της λειτουργίας του κτηματολογίου. Γίνεται αναφορά στα κτηματολόγια της Ε.Ε. και περιγράφεται η ευρωπαϊκή οδηγία Inspire. Τέλος εξετάζεται η ποιότητα των δεδομένων που παρέχονται από το Ελληνικό κτηματολόγιο και ο τρόπος διάθεσης της από τη γεωπύλη Inspire στο κοινό.

Το τρίτο κεφάλαιο πραγματεύεται τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει η αξιολόγηση της ποιότητας του οδικού δικτύου του OSM. Με τις περισσότερες μελέτες να αξιολογούν την εσωτερική ποιότητα των δεδομένων του OSM συγκρίνοντάς την με ένα σύνολο δεδομένων αναφοράς. Επίσης γίνεται μια εμπειριστατωμένη αναφορά σε μελέτες τόσο του εξωτερικού όσο και στην Ελλάδα που ερευνούν την πληρότητα και την ακρίβεια θέσης του οδικού δικτύου του OSM.

Εν συνεχεία στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται το πρακτικό κομμάτι του θέματος και περιγράφονται λεπτομερώς τα βήματα που ακολουθήθηκαν σε κάθε διαδικασία από την άντληση των πρωτογενών δεδομένων μέχρι την κατασκευή των μοντέλων και την γεωοπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και εντοπίζονται οι δυσκολίες και οι περιορισμοί που πιθανόν να προέκυψαν κατά την υλοποίηση. Επίσης αναφέρονται προτάσεις για μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις.

1. Εθελοντική γεωγραφική πληροφορία και Ποιότητα

Η Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (ΕΓΠ) είναι μια νέα και εξελισσόμενη πηγή δεδομένων στην οποία συνεισφέρουν οι πολίτες, η οποία μπορεί να λάβει διαφορετικές μορφές, π.χ. φωτογραφίες με γεωγραφικές ετικέτες μέσω τοποθεσιών όπως το Panoramio και το Flickr, διαδικτυακοί χάρτες και διανυσματικά δεδομένα όπως το OpenStreetMap (OSM) και το Wikimapia και τρισδιάστατα δεδομένα όπως το OSM-3D και το OSM2World.

Η τρέχουσα εύκολη πρόσβαση, δημιουργία και διαχείριση των γεωχωρικών δεδομένων αποτελούν εγγενή στοιχεία της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΕΓΠ) (Goodchild, 2007). Η ΕΓΠ παρέχει ευκαιρίες, αλλά και κινδύνους, για την ενημέρωση και τον εμπλουτισμό των έγκυρων συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών που διατηρούνται από παρόχους τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού τομέα (Coleman, 2010). Η ΕΓΠ έχει τη δυνατότητα να μετεγκαταστήσει και να αναδιανείμει τις υπηρεσίες χαρτογράφησης που προσφέρονται παραδοσιακά από επίσημους φορείς σε δίκτυα μη κρατικών εθελοντών φορέων.

Η Νεογεωγραφία επιτρέπει στους χρήστες να χρησιμοποιούν και να διαχειρίζονται γεωγραφικά πληροφορίες και εργαλεία σύμφωνα με τα ενδιαφέροντά τους χωρίς να λαμβάνουν υπόψη συγκεκριμένους χαρτογραφικούς κανόνες και τεχνικές χαρτογράφησης. Ο Turner (Turner, 2006) υπογράμμισε «Νεογεωγραφία σημαίνει «νέα γεωγραφία» και αποτελείται από ένα σύνολο τεχνικών και εργαλείων που εμπίπτουν εκτός του βασιλείου των παραδοσιακών ΣΓΠ». Η κύρια επανάσταση που προέκυψε από αυτή την τάση είναι ότι ο καθένας μπορεί να συμμετάσχει συλλέγοντας και ανεβάζοντας δεδομένα, να επεξεργάζεται καταχωρήσεις και να παρακολουθεί τα αποτελέσματα. Από άποψη συμμετοχής, χρήσης και επεξεργασίας, οι γεωγραφικές πληροφορίες έχουν εκδημοκρατιστεί θεμελιωδώς (Haklay, 2013).

Η μελέτη της ποιότητας των γεωχωρικών δεδομένων δεν αποτελεί πρόσφατη ανησυχία. Τόσο η εμφάνιση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) όσο και η αυξανόμενη χρήση δεδομένων και εξοπλισμού που βασίζονται σε δορυφόρους ενίσχυσαν αυτήν την ανησυχία (Oort, 2005). Σήμερα, ακόμη και το πιο τυπικό smartphone είναι εξοπλισμένο με αισθητήρα Global Positioning System (το γνωστό GPS) και περιλαμβάνει μια ποικιλία εργαλείων γεωγραφικών πληροφοριών.

Επιπλέον, το γεγονός ότι αυτές οι φορητές συσκευές διαθέτουν δυνατότητα δικτύου, σε συνδυασμό με την ισχυρή χρήση διαδικτυακών πλατφορμών χαρτογράφησης, αυξάνει σημαντικά τη διαθεσιμότητα, την ευκολία ανταλλαγής και τη χρήση χωρικών δεδομένων. Αυτή η αύξηση των δεδομένων έχει, στην πραγματικότητα, ενισχύσει σημαντικά την ευαισθητοποίηση σχετικά με τη διασφάλιση και τον έλεγχο της γεωχωρικής ποιότητας, με σημαντικό αριθμό δημοσιεύσεων και συνεδρίων αφιερωμένων σε αυτό το θέμα.

Η ποιότητα είναι βασικό συστατικό οποιουδήποτε συνόλου δεδομένων. Οι αποφάσεις σχετικά με τη χρήση ενός συνόλου χωρικών δεδομένων για έναν συγκεκριμένο σκοπό βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε ποιοτικά μέτρα όπως η ακρίβεια θέσης, η θεματική ποιότητα, η πληρότητα και η χρηστικότητα. Ένα σύνολο στοιχείων καθορίζεται στο πρότυπο ISO 19157 για την ποιότητα των χωρικών δεδομένων (ISO, 2013). Αυτό το πλαίσιο εξυπηρετεί επαρκώς κοινότητες όπως οι Εθνικοί Οργανισμοί Χαρτογράφησης (NMA), οι οποίοι διαθέτουν επαγγελματικό προσωπικό που ακολουθεί αυστηρά πρωτόκολλα και πολλαπλές διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου, ώστε να παράγουν προϊόντα υψηλής ποιότητας με ελάχιστες αποδεκτές προδιαγραφές. Ωστόσο, αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα των χωρικών δεδομένων δεν έχουν αναπτυχθεί λαμβάνοντας υπόψη τη φύση της ΕΓΠ. Η ποιότητα των δεδομένων της ΕΓΠ φέρνει νέες προκλήσεις στον τομέα της αξιολόγησης ποιότητας και επομένως είναι δυνατό να ληφθεί υπόψη η ποιότητα των δεδομένων ΕΓΠ χρησιμοποιώντας αυτό το πρότυπο και στη συνέχεια να προταθούν πρόσθετα μέτρα που λαμβάνουν υπόψη την ειδική φύση της ΕΓΠ.

1.1 Γεωγραφικά δεδομένα στο διαδίκτυο

Η ΕΓΠ είναι όπως αναφέρθηκε μια νέα και αυξανόμενη πηγή δεδομένων, που συνεισφέρουν οι πολίτες, η οποία μπορεί να λάβει πολλές διαφορετικές μορφές, όπως για παράδειγμα φωτογραφίες με γεωγραφικές ετικέτες μέσω τοποθεσιών. Σήμερα στο διαδίκτυο μπορεί κανείς να συναντήσει τόσους πολλούς διαδικτυακούς χάρτες, όσα και τα ενδιαφέροντα των χρηστών που τους δημιουργούν. Μία έρευνα από τον David Coleman συνέδεσε το φαινόμενο αυτό, δηλαδή της δημιουργίας διαδικτυακών χαρτών από χρήστες του διαδικτύου με τρία αίτια (Coleman, 2010). Πρώτον η ευρεία χρήση του GPS και των τεχνολογιών χαρτογράφησης που βασίζονται σε εικόνες από επαγγελματίες και εξειδικευμένους ερασιτέχνες, δεύτερον ο αναδυόμενος ρόλος του

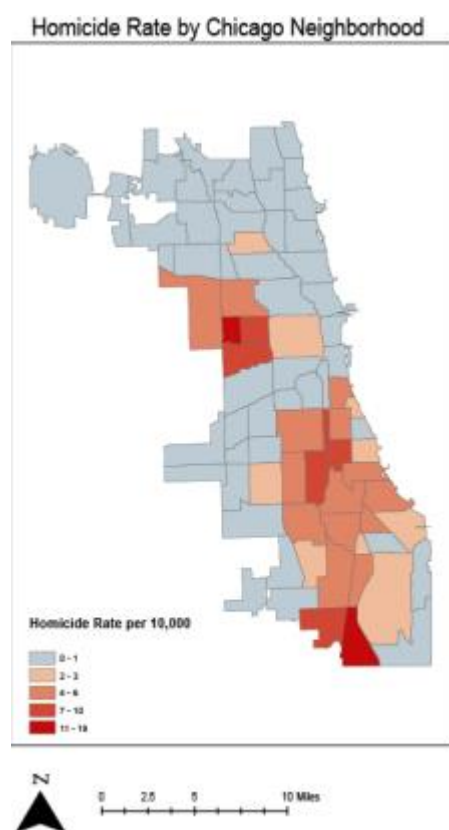
Web 2.0, των wikis και των προτύπων που βασίστηκαν σε διαδικασίες ελέγχου ταυτότητας για τη συνεισφορά πληροφοριών στον Ιστό και τρίτον η ανάπτυξη των εργαλείων κοινωνικής δικτύωσης, καθώς και των πρακτικών και κουλτούρας που προέκυψαν από αυτά.

Βάση των παραπάνω οι διαδικτυακοί χάρτες που συναντώνται σήμερα στο διαδίκτυο μπορούν να κατηγοριοποιηθούν κατά κανόνα σε τρεις κύριες κατηγορίες, βάση της συμμετοχής των χρηστών που τους δημιουργούν. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους χάρτες που υπήρξαν η αρχή της ανάπτυξης του φαινομένου της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας με βασικότερους αυτούς που έχουν να κάνουν με πλοήγηση και γενική χαρτογράφηση. Η χρήση του εργαλείου της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας ξεκίνησε ως απάντηση στα εμπορικά μέσα πλοήγησης, με απώτερο σκοπό τον περιορισμό του κόστους απόκτησης και αναβάθμισης δεδομένων.

Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσονται χάρτες που προέκυψαν από έναν συνδυασμό της αυξημένης χρήσης του διαδικτύου και των κοινωνικών μέσων δικτύωσης. Στη μελέτη των δικτύων αυτών και στη χαρτογράφηση των σχέσεων μεταξύ τους, βασίζεται η θεωρία πίσω από την κοινωνική δικτύωση (Ethier, 2003). Η θεωρία των κοινωνικών δικτύων είναι ένας κλάδος της κοινωνικής επιστήμης που εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα ανθρώπινων οργανώσεων. Ο όρος δίκτυο αναφέρεται σε ένα σύνολο αντικειμένων ή κόμβων και σε μια αντιστοιχίση ή περιγραφή της σχέσης μεταξύ των αντικειμένων. Στην περίπτωση των κοινωνικών δικτύων, τα αντικείμενα αναφέρονται σε άτομα ή ομάδες ανθρώπων. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο μπορεί να αποτελείται από ένα άτομο και μια σειρά συνδέσεων (χαρτογράφηση) από αυτό το άτομο σε κάθε έναν από τους φίλους και συγγενείς του. Αυτή η χαρτογράφηση μπορεί να είναι κατευθυντική ή αμφίδρομη. Ένα παράδειγμα κατευθυντικής χαρτογράφησης θα ήταν εάν στο άτομο Α άρεσε το άτομο Β, αλλά στο άτομο Β δεν άρεσε το άτομο Α. Ενώ ένα παράδειγμα αμφίδρομης χαρτογράφησης θα ήταν αν στο άτομο Α άρεσε το άτομο Β και στο Β άρεσε το άτομο Α αντίστοιχα (Ethier, 2003). Ένας από τους λόγους για τους οποίους μελετάται η θεωρία των κοινωνικών δικτύων είναι ότι κατανοώντας τις αντιστοιχίσεις που συνδέουν ένα άτομο με άλλα, μπορεί κανείς να αξιολογήσει το κοινωνικό κεφάλαιο αυτού του ατόμου. Βασικά, όσες περισσότερες συνδέσεις έχει ένα άτομο στο κοινωνικό δίκτυο και όσες περισσότερες χαρτογραφήσεις έχουν αυτοί οι άνθρωποι, τόσο περισσότερη γνώση, επιρροή και δύναμη θα ελέγχει το αρχικό άτομο. Αυτά τα κοινωνικά δίκτυα ποικίλουν τόσο σε εφαρμογή όσο και σε εύρος,

από μικρές κοινότητες έως ολόκληρα έθνη. Παραδείγματα τέτοιων χαρτών είναι αυτοί που δημιουργούνται με τη χρήση του Flickr και εν γένει βασίζονται σε mashup maps (π.χ. θεματικοί χάρτες αναψυχής σε υπόβαθρα χαρτών πλοήγησης).

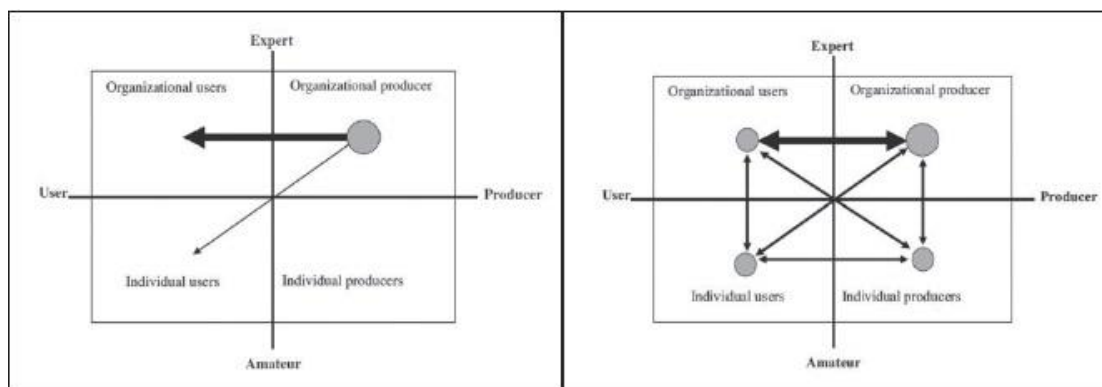
Τέλος υπάρχει μία τρίτη κατηγορία χαρτών, αυτών που προκύπτουν προς αντιμετώπιση προβλημάτων ποικίλων μεγεθών και έντασης, που μπορεί να είναι τοπικής, εθνικής ή παγκόσμιας κλίμακας και αναπτύχθηκαν με τη βοήθεια της ευαισθητοποίησης των πολιτών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας κατηγορίας χαρτών είναι ο χάρτης επισήμανσης εγκλημάτων στην πόλη του Chicago των Η.Π.Α.



Εικόνα 1. Θεματικός Χάρτης επισήμανσης εγκλημάτων στο Chicago, κατασκευασμένος από τη Διεύθυνση Ασφάλειας του Chicago μετά από εθελοντικές προσπάθειες πολιτών, Πηγή : City Of Chicago Data Portal, Chicago Police Department CMAP

Είναι χαρακτηριστικό πως η παραδοσιακή αντίληψη για τα γεωγραφικά συστήματα έχει αλλάξει με την ανάμειξη των απλών χρηστών σε αυτά. Ο Budhathoki (Budhathoki, Bruce, & Nedovic – Budic, 2008) αναφερόμενος σε αυτή την αλλαγή διατύπωσε μία σχέση μεταξύ ειδικών χρηστών και παραγωγών χαρτών έναντι ερασιτεχνών. Τα συμβατικά γεωγραφικά συστήματα που παρουσιάζονται στο πρώτο διάγραμμα της Εικόνας 2 καθιστούν σαφές πως οι μοναδικοί παραγωγοί χαρτών είναι οι μεγάλοι οργανισμοί (ιδιωτικές εταιρείες ή δημόσιοι χαρτογραφικοί οργανισμοί) και

τα προϊόντα τους προορίζονται πρώτα για χρήση από οργανισμούς και δευτερευόντως για ξεχωριστούς ή μεμονωμένους χρήστες. Ο λόγος αυτής της κατανομής οφείλεται κυρίως στο κόστος του λογισμικού, στη δυσκολία απόκτησης δεδομένων καθώς και στην έλλειψη εκπαίδευσης (Wyngaardem και Waters, 2007). Η επανάσταση που επήλθε με την εισαγωγή των γεωγραφικών συστημάτων που έχουν ως βάση τον εθελοντισμό οδήγησε σε μια νέα εποχή όπου τα προϊόντα των γεωγραφικών συστημάτων μπορούν να παραχθούν και να μοιραστούν απ' όλους.



Εικόνα 2. Ο τρόπος παραγωγής της Γεωγραφικής Πληροφορίας με συμβατικές μεθόδους (από επαγγελματίες) αριστερά, και μετά την ανάμειξη των εθελοντών δεξιά, Πηγή : (Budhathoki, Bruce, & Nedovic – Budic, 2008)

1.2 Ποιότητα των χωρικών δεδομένων

Η ποιότητα είναι βασικό συστατικό οποιουδήποτε συνόλου δεδομένων. Οι αποφάσεις σχετικά με τη χρήση ενός χωρικού συνόλου δεδομένων για έναν συγκεκριμένο σκοπό βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε ποιοτικά μέτρα όπως η ακρίβεια θέσης, η θεματική ποιότητα, η πληρότητα και η χρηστικότητα. Αυτό ισχύει επίσης για την ΕΓΠ.

Ένα χαρακτηριστικό της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας είναι η ετερογενής φύση της, π.χ. υπάρχει συχνά μια χωρική ανομοιογένεια στις πληροφορίες, με περισσότερα δεδομένα να συλλέγονται σε αστικές περιοχές παρά σε αγροτικές περιοχές (Estima, Fonte, & Painho, 2014) ή προς συγκεκριμένους τύπους χαρακτηριστικών, που επηρεάζονται από τα ενδιαφέροντα των εθελοντών (Bégin, Devillers, & Roche, 2013). Επιπλέον, ακόμη και μέσα στον αστικό ιστό, οι πιο δημοφιλείς και τουριστικές περιοχές τραβούν περισσότερη προσοχή, και επομένως περισσότερα δεδομένα με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, από άγνωστες αστικές περιοχές (Antoniou & Schlieder, 2014). Αυτές οι προκαταλήψεις μπορούν να επηρεαστούν περαιτέρω από την πρόσβαση και τη γνώση των ψηφιακών πόρων, τη γλώσσα της

εφαρμογής ΕΓΠ, τις πολιτισμικές διαφορές και τον χρόνο συμμετοχής των χρηστών (Holloway, Bozicevic, & Börner, 2007).

Ένα άλλο ζήτημα είναι η έλλειψη αυστηρών προδιαγραφών δεδομένων του είδους που συνοδεύουν πιο έγκυρες Γεωγραφικές Πληροφορίες, ένα ζήτημα που μπορεί να οδηγήσει σε ετερογενή ποιότητα δεδομένων (Hochmair & Zielstra, 2012). Ενώ η συνεργατική χαρτογράφηση μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των δεδομένων σε κάποιο βαθμό (Haklay, 2010), οι συχνές αλλαγές στα ίδια χαρακτηριστικά μπορούν να επιδεινώσουν τη συνολική ποιότητα και τη χρηστικότητα των δεδομένων. Παραδείγματα αυτού του φαινομένου μπορούν να βρεθούν στις υπηρεσίες που βασίζονται στην τοποθεσία (Mooney & Corcoran, 2012; Antoniou et al., 2016). Επιπλέον, το γεγονός ότι δεν υπάρχει τυπικός τρόπος με τον οποίο συλλέγονται τα δεδομένα, καθώς οι προδιαγραφές δεδομένων ποικίλουν, σημαίνει ότι η ποιότητα θα ποικίλλει στο χώρο και στο χρόνο, όπως για παράδειγμα στο OSM η προσθήκη ετικετών σε χαρακτηριστικά.

Για ορισμένους τύπους εφαρμογών ΕΓΠ, όπως το OSM ή το Flickr, οι εθελοντές μπορούν να συνεισφέρουν πληροφορίες σε οποιαδήποτε τοποθεσία. Ωστόσο, ορισμένες εκστρατείες ΕΓΠ έχουν προωθηθεί έχοντας κατά νου έναν πιο συγκεκριμένο στόχο και, κατά συνέπεια, έχουν χρησιμοποιήσει ένα σύστημα στατιστικής δειγματοληψίας για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα συλλέγονται όπου χρειάζονται, ότι επιτυγχάνεται πιο παγκόσμια κάλυψη ή ότι επιτυγχάνονται πιο ακριβή αποτελέσματα (Waldner et al., 2015). Μερικά από τα συστήματα στατιστικής δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν τη συστηματική κατανομή σημείων σε ένα πλέγμα με τυχαία ή στρωματοποιημένα τυχαία δείγματα, είτε πρόκειται για σημεία, πολύγωνα ή εικονοστοιχεία. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης στατιστικών δειγμάτων περιλαμβάνει τον αυστηρότερο έλεγχο σχετικά με τα δεδομένα που μπορούν να συνεισφέρουν οι χρήστες, επιτρέποντας πιο σαφείς μετρήσεις ποιότητας, π.χ. μέσω της εκτίμησης των στατιστικών αβεβαιοτήτων και του προσδιορισμού πιθανής αύξησης του δείγματος για τη μείωση αυτών των αβεβαιοτήτων. Επιπλέον, και ανάλογα με τον σχεδιασμό αυτών των συστημάτων, οι συγκρίσεις μεταξύ των χρηστών είναι πιο εύκολο να γίνουν, καθώς η τοποθεσία είναι σταθερή και κοινή μεταξύ των συντελεστών. Ένα βασικό μειονέκτημα των προκαθορισμένων συστημάτων δειγματοληψίας, ωστόσο, μπορεί να είναι ακριβώς η αυστηρότητά τους, π.χ. δέσμευση των χρηστών σε ένα

προκαθορισμένο σύνολο γεωγραφικών τοποθεσιών, με συνήθως μικρή πιθανότητα αναφοράς τοπικών χαρακτηριστικών από το περιβάλλον που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση και επίτευξη ενός δεδομένου στόχου. Αυτό, από μόνο του, θα μπορούσε να είναι επιζήμιο για την ποιότητα των πληροφοριών παρέχοντας πληροφορίες που είναι πολύ ακριβείς αλλά εκτός στόχου.

Σχετικά με την ποιότητα των δεδομένων για την χωρική πληροφορία έχει θεσπιστεί το ISO 19157 (ISO ; 2013). Σύμφωνα με αυτό καθορίζονται ορισμένες αρχές για την περιγραφή της ποιότητας των γεωγραφικών δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα ορίζονται στοιχεία για την περιγραφή της ποιότητας των δεδομένων. Επίσης, καθορίζεται η δομή περιεχομένου ενός μητρώου για μέτρα ποιότητας δεδομένων και περιγράφονται γενικές διαδικασίες για την αξιολόγηση της ποιότητας των γεωγραφικών δεδομένων¹.

Το ISO 19157 ορίζει επίσης ένα σύνολο μέτρων ποιότητας δεδομένων για χρήση στην αξιολόγηση και την περιγραφή της ποιότητας των δεδομένων. Ισχύει για παραγωγούς δεδομένων που παρέχουν πληροφορίες για να περιγράψουν και να αξιολογήσουν πόσο καλά ένα σύνολο δεδομένων συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές του προϊόντος του και σε χρήστες δεδομένων που προσπαθούν να προσδιορίσουν εάν συγκεκριμένα γεωγραφικά δεδομένα είναι επαρκούς ποιότητας για τη συγκεκριμένη εφαρμογή τους. Το ISO 19157 τέλος δεν επιχειρεί να ορίσει ελάχιστα αποδεκτά επίπεδα ποιότητας για γεωγραφικά δεδομένα².

Τα πρώτα πέντε στοιχεία ποιότητας χωρικών δεδομένων του ISO 19157 εστιάζονται στην ποιότητα του προϊόντος από τη σκοπιά ενός παραγωγού, ή σχετικά με αυτό που ονομάζεται «εσωτερική ποιότητα» ενός συνόλου δεδομένων (Devillers et al., 2007). Το έκτο στοιχείο ποιότητας χωρικών δεδομένων επικεντρώνεται στις ανάγκες και απαιτήσεις των χρηστών και αναφέρεται ως η «εξωτερική ποιότητα» ενός συνόλου δεδομένων (Devillers et al., 2007).

Αυτά είναι αναφορικά :

- 1) Ορθότητα θέσης (Positional Accuracy)
- 2) Θεματική ορθότητα (Thematic Accuracy)
- 3) Πληρότητα (Completeness)

¹ ISO, 2013. ISO 19157: 2013 Geographic Information – Data quality.

² ISO, 2013. ISO 19157: 2013 Geographic Information – Data quality.

- 4) Χρονική Ποιότητα (Temporal Quality)
- 5) Λογική Συνέπεια (Logical Consistency)
- 6) Ευχρηστία (Usability)

Η ορθότητα θέσης (Positional Accuracy) αναφέρεται στην ακρίβεια της θέσης των οντοτήτων (δηλαδή σημείων, γραμμών ή περιοχών) μέσα σε ένα χωρικό σύστημα αναφοράς και συνήθως αξιολογείται συγκρίνοντας τη θέση τους με τις αντίστοιχες σε δεδομένα αναφοράς, τα οποία θεωρείται ότι αντιπροσωπεύουν την «αληθινή θέση». Αυτή η αξιολόγηση, ωστόσο, απαιτεί την ύπαρξη δεδομένων αναφοράς με παρόμοια χαρακτηριστικά και έγκυρο χρονικό πλαίσιο για να γίνει η σύγκριση. Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες για την αξιολόγηση της ακρίβειας θέσης των δεδομένων ΕΓΠ. Μια ανάλυση της ακρίβειας θέσης του OSM σε σχέση με τους Χάρτες Google και τους Χάρτες Bing για τοποθεσίες στην Ιρλανδία, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι σε ορισμένες τοποθεσίες υπήρχαν διαφορές έως και 10 μέτρων μεταξύ αυτών των πηγών, αν και μόνο για ορισμένους τύπους, που φαινόταν να προέρχεται από ψηφιοποίηση σε εικόνες χαμηλής ανάλυσης (Ciepluch et al., 2010). Για ένα σύνολο οδικού δικτύου του OSM σε σύγκριση με τα δεδομένα της Ordnance Survey του Ηνωμένου Βασιλείου, ο μέσος όρος σφαλμάτων απόκλισης που εντοπίστηκαν ήταν 5,8 μέτρα (Haklay, 2010) – μια απόσταση που δεν θεωρείται σοβαρά προβληματική για τους περισσότερους χάρτες κάλυψης γης, αλλά μπορεί να προκαλέσει σε μικρά ή στενά χαρακτηριστικά (λίμνες, φράκτες κ.λπ.) να χαθούν ή να τοποθετηθούν σε λάθος θέση.

Η αξιολόγηση της ακρίβειας θέσης ή της χαρτογράφησης της έκτασης της κατακερματισμένης βλάστησης και των τύπων χρήσεων γης υψηλής υφής αποτελεί πολύ μεγαλύτερη πρόκληση. Η ακρίβεια της απόλυτης θέσης εξακολουθεί να είναι σημαντική, αλλά συχνότερα σχετίζεται με τα όρια μεταξύ των περιοχών ή με τις θέσεις μεμονωμένων σημείων ελέγχου, και η κυρίαρχη πηγή ανακρίβειας είναι η θεματική εσφαλμένη ταξινόμηση.

Η θεματική ακρίβεια (Thematic Accuracy) αναφέρεται στην ακρίβεια κλάσεων ή θεματικών ετικετών που σχετίζονται με συγκεκριμένες τοποθεσίες ή αντικείμενα που τοποθετούνται στο γεωγραφικό χώρο, όπως κλάσεις που έχουν εκχωρηθεί σε εικονοστοιχεία σε χάρτη κάλυψης γης ή ετικέτες που έχουν εκχωρηθεί σε διανυσματικές οντότητες, π.χ. έναν αυτοκινητόδρομο, ποτάμι, κτίριο ή περιοχή

πρασίνου. Η αξιολόγηση της θεματικής ακρίβειας της ΕΓΠ μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας μια παραδοσιακή προσέγγιση, όπου οι πληροφορίες συγκρίνονται με δεδομένα αναφοράς, π.χ. δορυφορικές εικόνες ή επίσημα δεδομένα, από ειδικούς. Για παράδειγμα, έχει διερευνηθεί η θεματική ακρίβεια της ταξινόμησης των χαρακτηριστικών OSM χρησιμοποιώντας ως βάση δεδομένων το Corine Land Cover και το πανευρωπαϊκό σύνολο δεδομένων GMESUA (Estima & Painho, 2015). Ωστόσο, η αξιολόγηση της θεματικής ακρίβειας της ΕΓΠ εγείρει νέες προκλήσεις, λόγω της έλλειψης αυστηρών προδιαγραφών, των χαρακτηριστικών των συντελεστών και των συνεισφορών και του τύπου των θεματικών πληροφοριών που διακυβεύονται. Η ανάθεση θεματικών πληροφοριών της ΕΓΠ έχει πολλές ομοιότητες με την εκτενή επισήμανση και αξιολόγηση της συνάφειας των εγγράφων από εθελοντές ή αμειβόμενους εργολάβους που εργάζονται μέσω συστημάτων όπως το Mechanical Turk της Amazon. Πολλές προκλήσεις χαρτογράφησης κάλυψης γης είναι ουσιαστικά προβλήματα αναγνώρισης, όπου προκαθορισμένα pixel ή χωρικά χαρακτηριστικά πρέπει να εκχωρηθούν σε συγκεκριμένες κλάσεις. Ως εκ τούτου, ορισμένες από τις εργασίες που αναπτύχθηκαν σε αυτούς τους τομείς εφαρμογής για τη διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων μπορούν να εφαρμοστούν στην ΕΓΠ.

Η πληρότητα (Completeness) αναφέρεται στην παρουσία ή απουσία χαρακτηριστικών, των ιδιοτήτων τους και των σχέσεων τους σε σύγκριση με τις προδιαγραφές του προϊόντος. Χωρίζεται σε :

- ανάθεση, που αφορά τη λανθασμένη παρουσία δεδομένων σε ένα σύνολο δεδομένων και
- παράλειψη, που αφορά την απουσία δεδομένων από ένα σύνολο δεδομένων.

Η πληρότητα είναι μείζονος σημασίας για την ΕΓΠ, καθώς πολλά εθελοντικά σύνολα δεδομένων είναι εμφανώς πιο πυκνά σε συγκεκριμένες χωρικές περιοχές (Haklay, 2010), αλλά και ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά που είναι πιο εύκολο να μετρηθούν ή προς θέματα (Bégin et. al., 2013) που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το άτομο που συνεισφέρει, ή ακόμη και παρακινούνται από την προσβασιμότητα ή την ψηφιακή ένταξη (Zielstra and Zipf, 2010). Αυτή η εξάρτηση στα κίνητρα των μεμονωμένων εθελοντών καθορίζει την ανάλυση, ομοιογένεια, αντιπροσωπευτικότητα και συνοχή των δεδομένων που προκύπτουν. Όπου μπορεί να

επιβληθεί στους εθελοντές μια στρατηγική δειγματοληψίας βάσει αρχών, π.χ. ένα πιθανό σχήμα ή το συστηματικό, ομοιόμορφο πλέγμα του Degree Confluence Project, τα εθελοντικά δεδομένα έχουν τη δυνατότητα να είναι ευρύτερα εφαρμόσιμα, αλλά η αξία των δεδομένων θα εξαρτηθεί από την κάλυψη από εθελοντές, πράγμα που σημαίνει ότι πολλές πλατφόρμες πρέπει να κατευθύνουν ενεργά τους χρήστες σε επιθυμητές τοποθεσίες, ανταλλάσσοντας δυνητικά πλούσιες πληροφορίες έναντι ομοιόμορφης τοποθέτησης παρατηρήσεων.

Η χρονική ποιότητα (Temporal Quality) αναφέρεται στην ποιότητα των χρονικών χαρακτηριστικών, όπως η ημερομηνία συλλογής, η ημερομηνία δημοσίευσης, η συχνότητα ενημέρωσης, η τελευταία ενημέρωση ή χρονική εγκυρότητα (αναφέρεται επίσης ως currency), καθώς και σε σχέσεις μεταξύ της χρονικής εγκυρότητας των χαρακτηριστικών. Η χρονική εγκυρότητα είναι μια πτυχή της παραδοσιακής ποιότητας δεδομένων όπου η ΕΓΠ μπορεί να αναμένεται να ξεπεράσει τα επίσημα δεδομένα, ειδικά σε δυναμικά μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα, δεδομένου του μεγάλου αριθμού πολιτών που λειτουργούν ως αισθητήρες ανά πάσα στιγμή. Ωστόσο, υπάρχει συχνά μια αντιστάθμιση μεταξύ χρονικής εγκυρότητας και άλλων πτυχών της ποιότητας των δεδομένων. Το ζήτημα της αντιπροσωπευτικότητας γίνεται ακόμη πιο δύσκολο όταν ο χωρικός τομέας επεκτείνεται στον χώρο-χρονικό τομέα και, εκτός εάν επιβληθεί ένα σύστημα χρονικής δειγματοληψίας στους συνεισφέροντες, η πυκνότητα και η κάλυψη ενός συνόλου δεδομένων ΕΓΠ σε ένα μικρό χρονικό εύρος μπορεί να είναι πολύ περιορισμένη. Τα δίκτυα αισθητήρων από πολίτες, τα οποία αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από αυτοματοποιημένα όργανα και το μοτίβο παρατήρησης διαχρονικά είναι αρκετά συνεπές, ωστόσο, σε άλλα πλαίσια (π.χ. παρατηρήσεις ειδών μόνο με παρουσία και χαρτογράφηση αστικών υποδομών), ένας χρήστης θα πρέπει να εξετάσει προσεκτικά το εύρος των δεδομένων που είναι κατάλληλα για τον σκοπό του και το εάν οι σωρευτικές παρατηρήσεις είναι χρήσιμες. Κατά τη λήψη αυτής της απόφασης, πιθανότατα θα απαιτηθούν μεταδεδομένα για τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά, όπως π.χ. χρονοσφραγίδες και δεδομένα για ενημερώσεις χαρακτηριστικών. Ένας σημαντικός παράγοντας εδώ είναι ότι η χρονοσφραγίδα πρέπει να αντικατοπτρίζει την ώρα κατά την οποία έγινε η μέτρηση ή η παρατήρηση, παρά τη στιγμή που ανέβηκε ή ψηφιοποιήθηκε, ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία εφαρμόζονται τα δεδομένα (Antoniou, et al., 2016a).

Παρόλο που η δυνατότητα της ΕΓΠ να παρέχει ενημερωμένες πληροφορίες είναι μεγάλη, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι είναι πιθανό να εμφανιστεί μεγάλη ετερογένεια για διαφορετικούς τύπους φαινομένων ή χαρακτηριστικών που θα χαρτογραφηθούν, καθώς η ΕΓΠ εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των ενδιαφερόμενων εθελοντών για τη συλλογή κάθε συγκεκριμένου τύπου δεδομένων στις απαιτούμενες τοποθεσίες.

Η λογική συνέπεια (logical consistency) αναφέρεται στον βαθμό τήρησης των λογικών κανόνων της δομής δεδομένων, της απόδοσης και των σχέσεων, όπως περιγράφεται στις προδιαγραφές ενός προϊόντος. Η λογική συνέπεια μιας παρατήρησης δεν έχει νόημα μεμονωμένα: πρέπει συνήθως να αξιολογείται με αναφορά σε άλλα δεδομένα από την ίδια πηγή ή από ανεξάρτητα (και μερικές φορές έγκυρα) δεδομένα και προσφέρεται για αυτοματοποιημένη αξιολόγηση ποιότητας. Η έννοια της χωρικής συσχέτισης χρησιμοποιήθηκε από ερευνητές σε έναν συνδυασμό δεδομένων πολλαπλής αναπαράστασης για να δημιουργήσει ένα πλαίσιο για τον προσδιορισμό των πιθανών ασυνεπειών στο OSM, με στόχο να υποστηριχθεί η αξιολόγηση της λογικής συνέπειας των δεδομένων ΕΓΠ (Hashemi & Ali Abbaspour, 2015). Οι Bonter και Cooper (2012), επίσης έχουν συζητήσει τη χρήση ενός έξυπνου συστήματος φίλτρου στο πλαίσιο της αναγνώρισης ειδών, με την ενεργοποίηση του φίλτρου οι χρήστες ενημερώνονται για ασυνήθιστες παρατηρήσεις, διορθώνοντας έτσι πιθανά σφάλματα σε πραγματικό χρόνο (Bonter & Cooper, 2012). Παρόμοια έξυπνα φίλτρα θα μπορούσαν να επινοηθούν και να τεθούν σε εφαρμογή σε άλλους τύπους ΕΓΠ, αντιμετωπίζοντας έτσι ορισμένες πτυχές της λογικής συνέπειας.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η χρηστικότητα (usability) (ή η καταλληλότητα για χρήση) αναφέρεται στην εξωτερική ποιότητα ενός συνόλου δεδομένων και επικεντρώνεται στις ανάγκες του χρήστη. Τα πέντε προαναφερθέντα στοιχεία ποιότητας δεδομένων μπορούν να συγκεντρωθούν προκειμένου να περιγραφεί η συνολική χρηστικότητα ενός συγκεκριμένου συνόλου δεδομένων για μια συγκεκριμένη χρήση, δηλαδή καταλληλότητα για τον σκοπό. Με άλλα λόγια, η χρηστικότητα λειτουργεί ως συμπληρωματικό στοιχείο συνδέοντας τόσο τις απαιτήσεις των χρηστών όσο και τα μέτρα ποιότητας δεδομένων για να ελεγχθεί εάν τα δεδομένα για μια συγκεκριμένη εφαρμογή μπορούν να χρησιμοποιηθούν (Guptill & Morrison, 1995).

Ο λόγος του διαχωρισμού των παραπάνω στοιχείων σε «εσωτερικής» και «εξωτερικής» ποιότητας, είναι ότι μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις όπου η εσωτερική ποιότητα είναι υψηλή (δηλαδή η πληροφορία παράγεται σύμφωνα με ένα σύνολο προδιαγραφών) αλλά η εξωτερική ποιότητα είναι χαμηλή (δηλαδή δεν εκπληρώνει έναν συγκεκριμένο σκοπό από την οπτική γωνία του χρήστη). Το ίδιο ισχύει και για την ΕΓΠ, επομένως το γεγονός ότι ένα σύνολο δεδομένων ΕΓΠ δημιουργείται σύμφωνα με ορισμένες αρχικές προδιαγραφές δε σημαίνει απαραίτητα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη όλων ή οποιωνδήποτε απαιτήσεων που δηλώνονται από πιθανούς τελικούς χρήστες. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία αν σκεφτούμε ότι σε πολλές πηγές ΕΓΠ, οι υπάρχουσες προδιαγραφές ενδέχεται να μην έχουν άμεση σχέση με χωρικούς στόχους. Ορισμένα πρόσθετα ποιοτικά στοιχεία έχουν προταθεί για τα δεδομένα πληθοπορισμού που εμπίπτουν μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής ποιότητας (Meek, Jackson, & Leibovici, 2016). Αυτά τα πρόσθετα ποιοτικά στοιχεία έχουν επίσης αναφερθεί ως δείκτες ποιότητας (Antoniou & Skopeliti, 2015).

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις απαιτήσεις και τις συγκεκριμένες πτυχές των παραμέτρων αξιολόγησης της ποιότητας των δεδομένων, όπως ορίστηκαν από το πρότυπο ISO 19157 (2013), σχετικά με την εφαρμογή τους στις ΕΓΠ. Κατά την εξέταση της ποιότητας της ΕΓΠ, οι δείκτες της ποιότητας του ISO δεν επαρκούν. Αυτό συμβαίνει όχι μόνο επειδή σε πολλές περιπτώσεις η σύγκριση με τα επίσημα δεδομένα δεν είναι δυνατή αλλά και επειδή τα χαρακτηριστικά και η φύση της ΕΓΠ επιτρέπουν τη χρήση δεικτών που συνήθως δεν έχουν νόημα όταν εφαρμόζονται σε επίσημα δεδομένα (Fonte et al., 2017). Δεδομένου ότι αυτοί οι δείκτες αξιολογούν την ποιότητα σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπουν την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων προσεγγίσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της διαδικασίας συλλογής δεδομένων, απαιτώντας, για παράδειγμα την επιβεβαίωση ή / και πρόσθετους ελέγχους κατά τη συλλογή. Έχουν διατυπωθεί διάφορες προτάσεις σχετικά με τις κατηγορίες των νέων δεικτών (Πίνακας 2).

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

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

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

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

Από τις παραπάνω κατηγορίες προτεινόμενων μέτρων εκτίμησης της ποιότητας της ΕΓΠ, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις κατηγορίες που όρισαν οι Αντωνίου και Σκοπελίτη (2015) και συγκεκριμένα στους δείκτες δεδομένων. Μια σημαντική ομάδα δεικτών ποιότητας της ΕΓΠ είναι εκείνη που βασίζεται στη σύγκριση με άλλα δεδομένα που προέρχονται από το πλήθος. Μία δυνατότητα είναι η μέτρηση της «συμφωνίας» με τα αντίστοιχα δεδομένα, την οποία ορίζουμε εδώ ως «συνοχή» των

δεδομένων με άλλες πηγές. Η συμφωνία αυτή μπορεί να μετρηθεί μεταξύ των συνόλων δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα μέτρο Boolean ή μια συνεχή μεταβλητή με παραδοσιακά μέτρα όπως η απόσταση μεταξύ των αντίστοιχων στοιχείων, οι συγκρίσεις των ιδιοτήτων κ.λπ. και μπορεί να θεωρηθεί δείκτης αξιοπιστίας των δεδομένων. Η λογική συνέπεια των διαθέσιμων δεδομένων από διαφορετικές πηγές δεδομένων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των δεδομένων, ελέγχοντας εάν, σύμφωνα με τους τύπους των οντοτήτων που υπάρχουν σε όλες τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων, μια συγκεκριμένη συμβολή είναι πιθανό να είναι σωστή ή όχι. Μία άλλη σειρά δεικτών είναι εκείνη που βασίζεται στην αξιολόγηση της ποιότητας εξετάζοντας αποκλειστικά το ίδιο το σύνολο ΕΓΠ και τα σχετικά μεταδεδομένα (Πίνακας 3). Τέτοιοι δείκτες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν το συνολικό μήκος των χαρακτηριστικών και την πυκνότητα σημείων σε ένα τετράγωνο πλέγμα, ή τον αριθμό των εκδόσεων, τη σταθερότητα έναντι των αλλαγών και τις διορθώσεις και επαναφορές των χαρακτηριστικών. Η παρούσα εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση της εσωτερικής λογικής συνέπειας, δηλαδή αυτή που προσδιορίζεται αποκλειστικά από το ίδιο το σύνολο της ΕΓΠ.

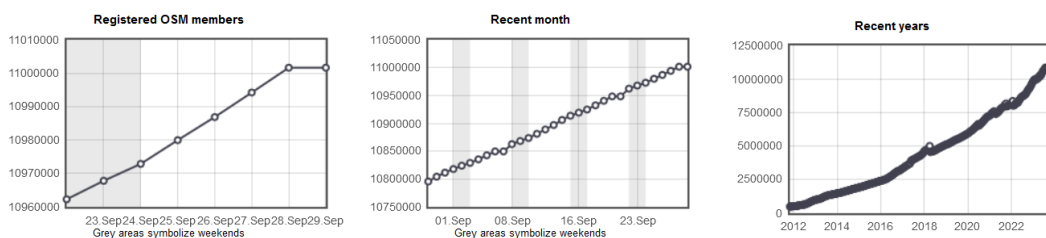
Πίνακας 3. Προτεινόμενοι δείκτες ποιότητας της ΕΓΠ με βάση τα δεδομένα (Πηγή: Fonte et al., 2017).

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

1.3 OpenStreetMap

Το διαδίκτυο είναι επί του παρόντος το απόλυτο μέσο επικοινωνίας και ως εκ τούτου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση μιας ποικιλίας πληροφοριών που δημιουργούνται και κοινοποιούνται δημόσια από τους χρήστες. Μεταξύ αυτών των πλατφορμών, διαδικτυακά έργα συνεργατικής χαρτογράφησης, όπως το OpenStreetMap (OSM), έχουν αναπτυχθεί όχι μόνο για να παρέχουν δημόσιες και δωρεάν πληροφορίες σχετικά με πολλούς τύπους γεωχωρικών χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων επικοινωνίας και μεταφορών όπως δρόμοι, μονοπάτια και σιδηρόδρομοι, αλλά δίνει και στους χρήστες του την ευκαιρία να συνεισφέρουν με τις τοπικές τους γνώσεις για τα μέρη. Αυτού του είδους τα έργα προέκυψαν, και θα συνεχιστούν, ως μια φυσική απάντηση στην απαγορευτικά δαπανηρή ή δύσκολη πρόσβαση σε επίσημα και υψηλής ποιότητας γεωχωρικά δεδομένα. Πρέπει, ωστόσο, να υπάρχει ιδιαίτερη μέριμνα για τη διασφάλιση της ποιότητας σε αυτούς τους χάρτες που βασίζονται στην κοινότητα. Αφενός, ορισμένοι από αυτούς τους χάρτες μπορεί να είναι πιο ενημερωμένοι και λεπτομερείς από τους έγκυρους, αφετέρου, καθώς κατασκευάζονται κυρίως από μη ειδικούς εθελοντές, μπορεί να περιέχουν πληροφορίες χαμηλής ποιότητας.

Το OpenStreetMap είναι ένα συλλογικό έργο χαρτογράφησης. Οι χρήστες μπορούν ελεύθερα να χαρτογραφήσουν οποιαδήποτε περιοχή του κόσμου και οι χάρτες που προκύπτουν γίνονται άμεσα διαθέσιμοι με δωρεάν πρόσβαση σε όλους. Οι χρήστες χαρτογραφούν τον κόσμο χρησιμοποιώντας πληροφορίες GPS, αεροφωτογραφίες ή τις τοπικές τους γνώσεις. Επιπλέον, η προσθήκη ετικετών σε όλα τα χαρακτηριστικά παρέχει εξαιρετικά μέσα κατάλληλα για θεματικές εφαρμογές. Το OSM που ξεκίνησε το 2004 ως δράση, αποτελεί Ίδρυμα από το 2006 (OpenStreetMap Foundation) και έχει προσελκύσει πάνω από δέκα εκατομμύριο χρήστες μέχρι σήμερα.



Εικόνα 3. Αριθμός εγγεγραμμένων μελών του OSM από το 2012 έως σήμερα. Πηγή: <https://osmstats.neis-one.org>

Το OpenStreetMap (OSM) είναι μια δραστηριότητα πληθοπορισμού (Howe, 2006). Ο πληθοπορισμός είναι μια από σημαντικότερες και δυνητικά αμφιλεγόμενες εξελίξεις στο Web 2.0. Αυτός ο όρος αναπτύχθηκε από την έννοια της εξωτερικής ανάθεσης (outsourcing) όπου οι επιχειρηματικές δραστηριότητες μεταφέρονται σε απομακρυσμένες φθηνότερες τοποθεσίες. Ομοίως, ο πληθοπορισμός έχει να κάνει με το πως μεγάλες ομάδες χρηστών μπορούν να εκτελούν λειτουργίες που είναι είτε δύσκολο να αυτοματοποιηθούν είτε ακριβές στην εφαρμογή τους. Οι Tapscott και Williams (2006) σημειώνουν ότι «σε πολλές κοινότητες παραγωγής, οι παραγωγικές δραστηριότητες είναι εθελοντικές και μη νομισματικές», δημιουργείται δωρεάν περιεχόμενο, προς όφελος της κοινότητας (Tapscott & Williams, 2006). Σε σύγκριση με τη συμβατική συλλογή γεωγραφικών δεδομένων και μέθοδο ενημέρωσης, τα γεωγραφικά δεδομένα πληθοπορισμού που προέρχονται από μη επαγγελματίες έχουν χαρακτηριστικά ή πλεονεκτήματα δεδομένων μεγάλου όγκου, γρήγορη ενημέρωση (currency), αφθονία πληροφορίας και χαμηλό κόστος και αποτελούν ερευνητικό αντικείμενο της διεθνούς γεωπληροφορικής τα τελευταία χρόνια (Goodchild, 2009; Heipke, 2010).

Το OSM στοχεύει στη δημιουργία δεδομένων για χάρτες που είναι ελεύθερα στη χρήση, επεξεργάσιμα και αδειοδοτημένα βάσει νέων συστημάτων πνευματικών δικαιωμάτων. Ένα βασικό κίνητρο για αυτό το έργο είναι να επιτρέπει την ελεύθερη πρόσβαση σε τρέχουσες ψηφιακές γεωγραφικές πληροφορίες σε όλο τον κόσμο. Για παράδειγμα, στις ευρωπαϊκές χώρες αυτές οι πληροφορίες θεωρούνται υψηλού κόστους. Ακόμη και στις Η.Π.Α., όπου οι βασικές πληροφορίες οδικού δικτύου είναι διαθέσιμες μέσω του Γραφείου Απογραφής των ΗΠΑ TIGER/Line, οι λεπτομέρειες που παρέχονται είναι περιορισμένες (μόνο δρόμοι και παράδρομοι) και δεν περιλαμβάνουν χώρους πρασίνου, τοπόσημα και άλλες παρεμφερείς πληροφορίες. Επίσης, λόγω του κόστους των ενημερώσεων, ο ρυθμός ενημέρωσης είναι αργός και δε λαμβάνονται υπόψιν οι γρήγορες αλλαγές. Έτσι, ακόμη και στις ΗΠΑ, υπάρχει ανάγκη για λεπτομερή ελεύθερη γεωγραφική πληροφορία.

Οι πληροφορίες του OSM μπορούν να επεξεργαστούν από τους χρήστες μέσω της ιστοσελίδας του OSM, αφού πρώτα αυτοί δημιουργήσουν ένα λογαριασμό. Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες πηγές για τη δημιουργία τέτοιων χαρτών, συμπεριλαμβανομένων δεδομένων που συλλέχθηκαν μέσω του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS) και, πιο πρόσφατα με αεροφωτογραφίες που

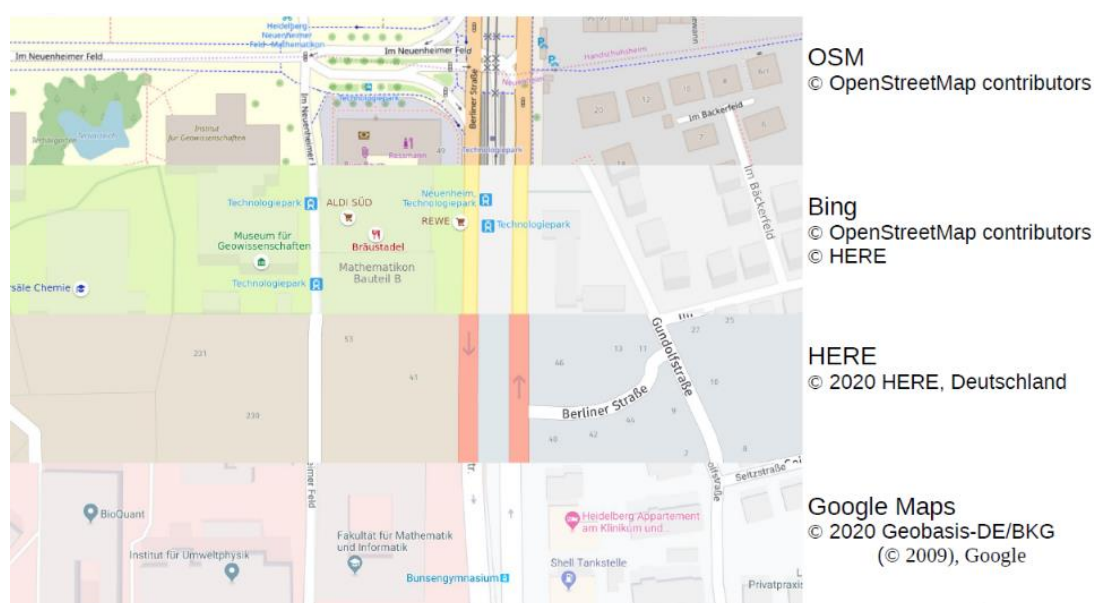
διατέθηκαν π.χ. Bing, Yahoo κ.α.. Όπως με τη Wikipedia, όπου το μεγαλύτερο μέρος του περιεχομένου δημιουργείται σε διαφορετικές τοποθεσίες, η κοινότητα OSM διοργανώνει επίσης μια σειρά τοπικών εργαστηρίων ή workshops (που ονομάζονται «ομάδες χαρτογράφησης»), με στόχο τη δημιουργία και τον σχολιασμό περιεχομένου για τοπικές γεωγραφικές περιοχές (Perkins & Dodge, 2008). Αυτές οι εκδηλώσεις έχουν σχεδιαστεί για να εισάγουν νέα μέλη στην κοινότητα με πρακτική εμπειρία στη συλλογή δεδομένων, ενώ συνεισφέρει θετικά στο έργο συνολικά με τη δημιουργία νέων πληροφοριών. Τα δεδομένα OSM αποθηκεύονται σε διακομιστές στο University College του Λονδίνου, και της Bytemark, οι οποίες συνεισφέρουν για τη λειτουργία αυτού του έργου. Ενώ πάνω από 50.000 άτομα έχουν συμβάλει στον χάρτη από τον Αύγουστο του 2008, είναι μια βασική ομάδα περίπου 40 εθελοντών που αφιερώνουν χρόνο για τη δημιουργία της τεχνικής υποδομής για μια βιώσιμη υπηρεσία συλλογής και διάδοσης δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει τη συντήρηση των διακομιστών, τη σύνταξη του βασικού λογισμικού που χειρίζεται τις συναλλαγές με τον διακομιστή για την προσθήκη και την επεξεργασία γεωγραφικών πληροφοριών και τη δημιουργία χαρτογραφικών εξόδων. Το έργο του OSM μοιάζει περισσότερο με ένα πακέτο επεξεργασίας GIS που έχει όμως τη δυνατότητα δια λειτουργικότητας με πάρα πολλές άλλες εφαρμογές.

1.3.1 OSM και ποιότητα δεδομένων

Επί του παρόντος, το OpenStreetMap είναι ένα από τα πιο σημαντικά έργα για εθελοντική εργασία χαρτογράφησης, το οποίο ενημερώνεται κάθε ώρα από ερασιτέχνες, λάτρεις και επαγγελματίες του χώρου παγκοσμίως. Τα τεράστια, δυναμικά και πολυεπίπεδα δεδομένα του OpenStreetMap, καθιστούν τη γενική ποιότητα θέσης του αρκετά δύσκολη στη μελέτη με υψηλό βαθμό εμπιστοσύνης και σε σύντομο χρονικό διάστημα. Μια εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθούν γεωγραφικά περιορισμένα σύνολα δεδομένων διαφορετικών τύπων χαρακτηριστικών, τα οποία αναλύονται χωριστά.

Υπάρχουν κυρίως τρεις παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του OSM. Πρώτον, η συλλογή και η χαρτογράφηση δεδομένων ολοκληρώνονται από μη επαγγελματίες οι οποίοι στερούνται γεωγραφικές γνώσεις και δεν έχουν λάβει κάποια εκπαίδευση, οπότε αυξάνεται η πιθανότητα σφάλματος. Κατά δεύτερον, τα δεδομένα

που συλλέγονται μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές πηγές δεδομένων διαφορετικής ακρίβειας. Τρίτον, τα δεδομένα που συλλέγονται από διαφορετικά GPS από διαφορετικούς εθελοντές μπορεί επίσης να έχουν διαφορετική ακρίβεια. Με βάση τα παραπάνω, είναι άτοπο να αξιολογήσουμε την ποιότητα του OSM με συμβατικές μεθόδους που ισχύουν για την εκτίμηση της ποιότητας κανονικού χάρτη. Η απλή και έγκυρη μέθοδος είναι η σύγκριση του OSM με δεδομένα αναφοράς για την ανάλυση και την αξιολόγηση της ποιότητας του OSM με βάση το μοντέλο αξιολόγησης ποιότητας που δημιουργήθηκε με στοιχεία κατάλληλης ποιότητας (Ming et al., 2013).



Εικόνα 4. Σύγκριση OSM με BING, HERE και Google Maps, Πηγή : (Raifer, et al., 2020)

Η αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων OSM έχει αποτελέσει ένα προβεβλημένο θέμα σε συνέδρια και επιστημονικά περιοδικά (Senaratne, 2017). Η ποιότητα μιας μεγάλης ποικιλίας από κατηγορίες χαρακτηριστικών σε όλο τον κόσμο έχει αναλυθεί, από καταστήματα και μουσεία μέχρι χρήσεις γης και κτίρια στα οποία συχνά επικεντρώνονται τέτοιες μελέτες. Οι μελέτες καλύπτουν περισσότερο στοιχεία ποιότητας χωρικών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας των χαρακτηριστικών, όπως αν είναι διαθέσιμα και ορθά τα όρια ταχυτήτων των δρόμων (G. M. Foody, 2015). Πολλές από τις μελέτες ποιότητας του OSM είναι απλοϊκές, και βασίζονται κυρίως σε πιο αξιόπιστα - επίσημα δεδομένα (π.χ. κυβερνητικά) τα οποία χρησιμοποιούνται για σύγκριση, αλλά με αυτόν τον τρόπο οι μελέτες συνήθως δεν είναι ευρείας κλίμακας. Εναλλακτικά, ορισμένες μελέτες χρησιμοποιούν άλλες πηγές,

όπως δορυφορικές εικόνες. Λόγω της αυξανόμενης διαθεσιμότητας και ποιότητας τέτοιων δεδομένων και των υπολογιστικών πόρων, πρόσφατες μελέτες έχουν επεκτείνει ελαφρώς τον τυπικό μέγεθος μιας μελέτης και καλύπτουν ολόκληρες χώρες (Goldblatt, 2020). Εκτός από αυτές τις εξωτερικές μελέτες που συνήθως χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση πτυχών όπως πληρότητα και ακρίβεια, υπάρχουν και εσωτερικές αντίστοιχες. Αυτές δεν βασίζονται σε εξωτερική πηγή δεδομένων για την αξιολόγηση της ποιότητας, αλλά επικεντρώνονται σε πτυχές για τις οποίες δεν απαιτούνται αναφορικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα η χωροχρονική ανάλυση των συνεισφορών και η κατανόηση της συνέπειας των δεδομένων (π.χ. επαλήθευση του περιεχομένου των δεδομένων έναντι των οδηγιών χαρτογράφησης όπως η συμμόρφωση προς ένα σύνολο καθορισμένων τιμών, όπως οι τύποι κτιρίων) (Biljecki, 2023).

2. Εθνικό Κτηματολόγιο

2.1 Ο φορέας Ελληνικό Κτηματολόγιο

Το Κτηματολόγιο ιδρύθηκε στην Ελλάδα το 1994. Το Ελληνικό Κτηματολόγιο είναι ένα σύστημα που στοχεύει στην καταχώριση όλων των ακινήτων και των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας στην Ελλάδα και διατηρεί πάντα ενημερωμένες τις σχετικές πληροφορίες (HEMCO, 1994; Potsiou et al. 2001). Η ενημέρωση και η εγκυρότητα των στοιχείων μετά τις αρχικές εγγραφές είναι ευθύνη του Ελληνικού Δημοσίου. Το σύστημα αυτό σχεδιάστηκε για να αντικαταστήσει το υπάρχον σύστημα «Μητρώων και Υποθηκών» που λειτουργεί στην Ελλάδα από τη δεκαετία του 1850 και έχει αρκετές ελλείψεις που δεν επιτρέπουν την αποτελεσματική λειτουργία των αγορών γης στην Ελλάδα. Ειδικότερα, το σύστημα στοχεύει στην παροχή όλων των σχετικών πληροφοριών ιδιοκτησίας με συνοπτικό τρόπο, έτσι ώστε ένα άτομο που ενδιαφέρεται για ένα ακίνητο να μπορεί να έχει εύκολη πρόσβαση σε όλα τα σχετικά δεδομένα και έγγραφα. Η διευκόλυνση αυτή δεν υποστηριζόταν από το σύστημα που προαναφέρθηκε, όπου οι πληροφορίες αποθηκεύονταν με χρονολογική σειρά των εγγεγραμμένων πράξεων και καταχωρούνταν στο ευρετήριο μόνο με το όνομα του ιδιοκτήτη ή του δικαιούχου ενός δικαιώματος ιδιοκτησίας και όχι κατά ιδιοκτησία. Η δεύτερη σημαντική βελτίωση που κάνει το νέο σύστημα είναι ότι μετά την οριστικοποίηση των αρχικών εγγραφών παρέχει ασφάλεια σε όσους κάνουν συναλλαγές γης με βάση τα δεδομένα που διατηρεί το σύστημα ενώ το παλιό σύστημα δεν μπορούσε να το εγγυηθεί. Αντίθετα, ένα άτομο που είχε αποκτήσει νομίμως δικαιώματα ιδιοκτησίας, θα μπορούσε να αντιμετωπίσει διαφορές ή ακόμα και να χάσει την περιουσία του, εάν κάποιος αμφισβητούσε αυτά τα δικαιώματα φέρνοντας έγκυρους τίτλους. Τέλος, μια τρίτη σημαντική βελτίωση είναι ότι, εάν ένα ακίνητο καταχωρηθεί και απεικονιστεί σε κτηματολογικό χάρτη, τότε είναι πάντα δυνατό να εντοπιστεί αυτό το ακίνητο στο έδαφος. Αυτή η δυνατότητα δεν υποστηριζόταν από το παλιό σύστημα, επειδή οι πληροφορίες για ένα ακίνητο και τη θέση του ήταν σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις περιγραφικές και όχι χαρτογραφικές. Κατά συνέπεια, πολλά ακίνητα, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές, δεν μπορούν να εντοπιστούν στο έδαφος, αν και έχουν καταχωρηθεί στο σύστημα.

Για να δημιουργηθεί το νέο σύστημα, χρειάστηκε, μεταξύ άλλων, η συλλογή και η επικύρωση των στοιχείων για τα ακίνητα και τα δικαιώματα ιδιοκτησίας στην Ελλάδα. Το έργο αυτό επιτεύχθηκε μέσω της διαδικασίας συλλογής και επικύρωσης δεδομένων που ορίζει ο Ν. 2308/1995 και της υλοποίησης μιας σειράς έργων κτηματογράφησης μεγάλης κλίμακας που, διαδοχικά, θα κάλυπταν ολόκληρη τη χώρα (Lolopis, 2012). Οι τρεις πρώτες σειρές έργων κτηματογράφησης ξεκίνησαν το 1995, 1997 και 1998, αντίστοιχα, και κάλυψαν 340 δήμους (6% της χώρας) και συνολική έκταση 8.400 Km². Οι τρεις σειρές έργων βρίσκονται πλέον σε στάδιο ολοκλήρωσης, μάλιστα, η διαδικασία συλλογής και επικύρωσης δεδομένων έχει ολοκληρωθεί σε περισσότερο από το 85% των δήμων που περιλαμβάνονται στα έργα αυτά.

Η υλοποίηση των τριών πρώτων σειρών έργων κτηματογράφησης κατέδειξε αρκετά ζητήματα που έπρεπε να ληφθούν υπόψη στον σχεδιασμό και την υλοποίηση των επόμενων έργων. Πρώτον, υπήρξαν σημαντικές καθυστερήσεις στην υλοποίηση των έργων αυτών γιατί, μεταξύ άλλων, οι ιδιοκτήτες ακινήτων δεν γνώριζαν τη διαδικασία που έπρεπε να ακολουθήσουν και χρειαζόντουσαν χρόνο για να τη μάθουν και να υποβάλουν τις δηλώσεις τους. Επίσης, υπήρξαν καθυστερήσεις στα έργα επειδή υποτιμήθηκε το μέγεθος των σχετικών εργασιών, προστέθηκαν επιπλέον εργασίες (π.χ. σύνταξη δασικών χαρτών για τη διασφάλιση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας του κράτους σε δασική γη), καθώς και ο χρόνος που απαιτείται για να κριθούν οι ενστάσεις καθώς, η εκτέλεση ποιοτικού ελέγχου των δεδομένων ήταν μεγαλύτερη από ότι είχε αρχικά προβλεφθεί. Τέλος, υπήρξαν σημαντικές υπερβάσεις του προϋπολογισμού, κυρίως λόγω του αυξημένου όγκου εργασιών που έπρεπε να γίνουν και των μεγαλύτερων χρονικών περιόδων που απαιτούνταν για την ολοκλήρωση των έργων. Όλα αυτά τα ζητήματα ώθησαν τις ελληνικές, αλλά και τις αρχές της ΕΕ, που ήταν τότε οι πρωταρχικές οικονομικές πηγές των έργων, να επαναξιολογήσουν τη διαδικασία και να διερευνήσουν εναλλακτικούς τρόπους που θα μείωναν το κόστος και θα βελτιώναν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης του έργου.

Μετά από μια αρκετά μακρά περίοδο διαπραγματεύσεων και μετά από στενή συνεργασία των αρχών της Ελλάδας και της ΕΕ, αναπτύχθηκε νέο Επιχειρησιακό Σχέδιο για την επόμενη σειρά έργων που θα μπορούσαν να συγχρηματοδοτηθούν από αυτές. Τα έργα αυτά δε στόχευαν στην καθιέρωση κτηματολογικού συστήματος σε

νέες περιοχές στην Ελλάδα, αλλά, αντίθετα, στόχευαν στην ανάπτυξη των κατάλληλων γεωδαιτικών, δεδομένων, και υποδομής τεχνολογίας πληροφοριών (ΤΠ) που θα χρησιμοποιούνταν ως βάση για τα επόμενα στάδια των διαδικασιών κτηματογράφησης. Με αυτόν τον τρόπο, προβλέφθηκε ότι τα προβλήματα που παρουσιάζονται στα πρώτα έργα θα βελτιωνόταν και τα νέα έργα θα ελέγχονται και θα αντιμετωπίζονται καλύτερα (Zentelis, 2011).

Η Ελλάδα καλύπτει έκταση 132.000.000 m² από τα οποία τα 22.500.000 m² ήταν ήδη υπό κτηματογράφηση από τα τέλη του '90. Η Ελλάδα αποτελούνταν προ Καλλικράτη από 5921 Οργανισμούς Τοπικής Ανάπτυξης (Δήμοι και Κοινότητες), από τους οποίους οι 1187 ήταν ήδη υπό κτηματογράφηση. Το Ελληνικό Κτηματολόγιο, με το τεράστιο μέγεθος και προϋπολογισμό του, χρειάστηκε περισσότερα από 15 χρόνια για να ολοκληρωθεί πλήρως, και φυσικά θα ήταν άχρηστο χωρίς ενημέρωση και συντήρηση, ώστε να διατηρείται ακριβές, πλήρες, αξιόπιστο και έγκυρο κάθε στιγμή, παρέχοντας ασφάλεια και εγγύηση για τα κτηματολογικά δεδομένα του κάθε πολίτη (Arvanitis & Koukoroulou, 1999).

2.2 Πως λειτουργεί τον εθνικό κτηματολόγιο

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Ελληνικού Κτηματολογίου είναι:

- Ομοιομορφία: Το Κτηματολόγιο καταρτίζεται και ενημερώνεται βάσει μοναδικών προτύπων για τη συνολική έκταση της χώρας.
- Δημόσιος Χαρακτήρας: Το Δημόσιο έχει την ευθύνη για την κατάρτιση του Κτηματολογίου και θα εγγυάται το περιεχόμενο των κτηματολογικών βιβλίων και χαρτών.
- Ενημέρωση: Όλες οι συναλλαγές καταχωρούνται στο σύστημα τη στιγμή που πραγματοποιούνται.
- Βασική μονάδα εγγραφής είναι το αγροτεμάχιο όπως περιγράφεται στα νομικά έγγραφα.
- Η γεωμετρική περιγραφή των αγροτεμαχίων επιτυγχάνεται με τους κτηματολογικούς χάρτες, οι οποίοι βασίζονται σε ένα μοναδικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς.

- Τα διάφορα συμφέροντα γης καταχωρούνται στα Κτηματολογικά Ευρετήρια και τέλος στα Κτηματολογικά Βιβλία.
- Ο αριθμός αναγνώρισης κτηματογράφησης (ΚΑΕΚ: Αναγνωριστικό αγροτεμαχίου) χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των διαφορετικών ειδών πληροφοριών (Arvanitis, 1998).

Στη διαδικασία του ελληνικού κτηματολογίου εντάσσονται κάθε χρόνο διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Μέχρι πρόσφατα το Ελληνικό Κτηματολόγιο λειτουργούσε παράλληλα με το Υποθηκοφυλακείο, που είναι το παλιό δημόσιο μητρώο. Στις περιοχές που έχει οργανωθεί το κτηματολόγιο μέχρι το τελικό του στάδιο, κάθε συναλλαγή, πώληση, αγορά, υποθήκη κ.λπ. καταχωρείται στο Ελληνικό Κτηματολόγιο.

Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο (εταιρείες, ιδρύματα κ.λπ.) με δικαιώματα ιδιοκτησίας σε ακίνητα οποιουδήποτε είδους (συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, δικαιωμάτων ιδιοκτησίας, δουλείες, υποθήκες, βάρη κ.λπ.) υποχρεούται να εγγραφεί αυτά τα δικαιώματα στο Ελληνικό Κτηματολόγιο με την υποβολή των σχετικών δηλώσεων και τεκμηρίωσης. Σε περίπτωση που ένα ακίνητο ανήκει σε περισσότερα από ένα πρόσωπα, κάθε ένα από τα πρόσωπα που έχουν δικαίωμα στην ιδιοκτησία πρέπει να καταχωρίσει ατομικά το δικαίωμά του.

Σε κάθε μεμονωμένο ακίνητο εκχωρείται ένας μοναδικός 12ψήφιος κωδικός αριθμός, το «ΚΑΕΚ» σε σχέση με την ιδιοκτησία και την τοποθεσία του τίτλου, ο οποίος μαζί με τον «Ηλεκτρονικό Κωδικό Ταυτότητας Κτιρίου» θα εγγυάται και θα διασφαλίζει μελλοντικά δικαιώματα και αξιώσεις ιδιοκτησίας.

Ακίνητα τα οποία δε δηλώνονται από κανέναν ταξινομούνται σε κατάσταση «αγνώστου ιδιοκτησίας». Μετά την ολοκλήρωση της κτηματογράφησης προβλέπεται από το νόμο προθεσμία επτά (7) ετών (για κατοίκους ημεδαπής και μόνιμα διαμένοντες εξωτερικού) για την αμφισβήτηση των αρχικών εγγραφών. Αυτή η προθεσμία ισχύει επίσης για τη διόρθωση μιας εγγραφής που έχει επισημανθεί ότι ανήκει σε «άγνωστο ιδιοκτήτη». Ειδικά για τις περιφέρειες που περιλαμβάνονται στα προγράμματα κτηματογράφησης ετών 1997-1999, η προθεσμία που αναφέρεται ανωτέρω είναι δεκατέσσερα (14) έτη για κατοίκους ημεδαπής και κατοίκους εξωτερικού ή μόνιμα εργαζόμενους στο εξωτερικό (Κτηματολόγιο, 2008).

2.3 Κτηματολογία της Ε.Ε. και οδηγία INSPIRE

Στην Ευρώπη, στα τέλη του 18ου αιώνα και στις αρχές του 19ου, εμφανίστηκαν τα πρώτα κτηματολόγια, που καταγράφουν μόνο ακίνητα που βαρύνονται με υποθήκη. Αμέσως μετά, τα κτηματολογικά μητρώα δεν κατέγραφαν μόνο υποθήκες, αλλά διατηρούσαν επίσης αρχεία για την ιδιοκτησία, την κυριότητα, τις υποθήκες και τυχόν άλλα βάρη. Τα κτηματολόγια είναι νομικά δεσμευτικά συστήματα, τα οποία δίνουν έμφαση στη νομική πτυχή του ακινήτου, το οποίο ανήκει, συνήθως με τίτλους, και μπορεί να υποβληθεί σε υποθήκες ή άλλα βάρη. Ωστόσο, λόγω διαφορετικών τύπων ακινήτων, όπως οικόπεδα ή κομμάτια γης ή κτίρια ή μέρος κτιρίων, το οικόπεδο ή η ιδιοκτησία έχει μια ευρύτερη έννοια.

Αυτή η ευρεία έννοια των οικοπέδων, συνδέεται με τη νομική τεκμηρίωση των δικαιωμάτων που επιβάλλεται στα οικόπεδα, αλλά έχει ελλείψεις στις γεωμετρικές και χωρικές πληροφορίες το οποίο οδήγησε στην ανάγκη μιας ακριβούς και λεπτομερούς κτηματογράφησης. Σε ένα Κτηματολογικό Σύστημα καταγράφονται αναλυτικά τα ακίνητα, ως προς τα όρια των οικοπέδων, στα οποία βρίσκονται κτίρια και άλλες ανθρωπογενείς κατασκευές, ενώ τα δικαιώματα που επιβάλλονται σε αυτά τα ακίνητα και τα διάφορα βάρη τους καταγράφονται αναλυτικά.

Τα κτηματολογικά αρχεία χρησιμοποιήθηκαν (και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται) για φορολογικούς σκοπούς, για φορολογία όπως στην Ολλανδία ή για νομικά και κτηματογραφικά συστήματα πολλαπλών χρήσεων. Σε πολλές περιπτώσεις, κτηματολόγιο και κτηματολογικές λειτουργίες συνυπάρχουν, αλλά η πολυπλοκότητα αυτών όσον αφορά την επίτευξη νομικής ασφάλειας των δικαιωμάτων, αμφισβητεί την ολοκλήρωση και τη διαλειτουργικότητα τους (Kalogridis, 2003).

Οι αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τη γη και τους πόρους της είναι απαραίτητες για την αειφόρο ανάπτυξη, επομένως τα κτηματολογικά συστήματα (καθώς και τα συστήματα καταγραφής γης) θα πρέπει να είναι έγκυρα και να ισχύουν. Μόλις παραχωρηθούν τίτλοι και δικαιώματα σε ένα ακίνητο δεν μπορούν εύκολα να αποσυρθούν, τα κτηματολογικά συστήματα πρέπει να περιλαμβάνουν νομικούς κανόνες που ορίζουν τα δικαιώματα σε ακίνητα, επομένως οι δικηγόροι πρέπει να κατανοούν τους τεχνικούς κανόνες, ενώ οι επιθεωρητές πρέπει να κατανοούν το νόμο

υπερασπιζόμενοι την απόφαση τους σε μια δικαστική διαμάχη. Η σε βάθος και επιστημονική διερεύνηση των κτηματολογικών ορίων είναι αναγκαία και απαραίτητη. Τα περισσότερα κτηματολογικά συστήματα χρησιμοποιούν δισδιάστατες μονάδες ή αγροτεμάχια (2D), περιγράφοντας τα όρια του αγροτεμαχίου στα οποία επιβάλλονται δικαιώματα, ωστόσο αυτό το αρχείο δεν μπορεί να περιλαμβάνει κάθε πτυχή μιας ιδιοκτησίας ή πιο περίπλοκων καταστάσεων, ενώ πρέπει να αναπτυχθεί γεωμετρική επικύρωση για τρισδιάστατα κτηματολογικά αντικείμενα (Dimoroulou, 2005).

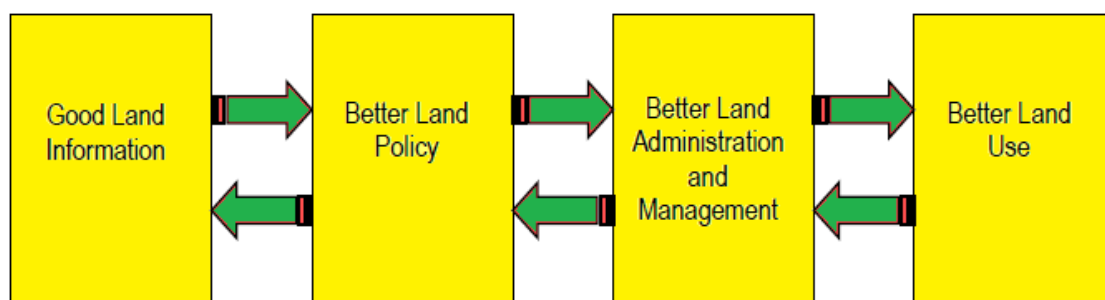
Τα σύγχρονα κτηματολόγια λοιπόν έχουν εξελιχθεί από τα ευρωπαϊκά κτηματολόγια του 18ου και 19ου αιώνα. Ωστόσο μόλις τα τελευταία 30-40 χρόνια ο κόσμος άρχισε συστηματικά να αποδέχεται και να εφαρμόζει τις κτηματολογικές αρχές του συστήματος διαχείρισης γης. Το αποτέλεσμα είναι ότι σήμερα σχεδόν όλες οι χώρες παγκοσμίως έχουν επίγνωση της σημασίας των κτηματολογίων. Αυτή η παγκόσμια κατανόηση των αρχών του κτηματολογίου έχει παράλληλη αύξηση της κατανόησης του ρόλου που διαδραματίζουν τα κτηματολογικά συστήματα στη στήριξη της οικονομικής ανάπτυξης, περιβαλλοντικής διαχείρισης και κοινωνικής σταθερότητας.

Ο ρόλος των κτηματολογίων στην τεκμηρίωση των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας και στην υποστήριξη της λειτουργίας των αγορών γης έχει χρησιμοποιηθεί ολοένα και περισσότερο από την Παγκόσμια Τράπεζα και άλλες διεθνείς οργανώσεις. Η σημασία των κτηματολογίων στην υποστήριξη των αγορών γης απέκτησε δυναμική τις τελευταίες δεκαετίες.

Κτηματολογική μεταρρύθμιση και συναφή έργα κτηματογράφησης και διαχείρισης γης σήμερα εξακολουθούν να δίνουν έμφαση στον βασικό ρόλο της τεκμηρίωσης των ατομικών ιδιωτικών δικαιωμάτων προς υποστήριξη της αγοράς γης. Ωστόσο, υπάρχει μια αυξανόμενη αναγνώριση σε πολλές χώρες, σε οργανώσεις όπως τα Ηνωμένα Έθνη και στη Παγκόσμια Τράπεζα, ότι η διαχείριση γης, και ιδιαίτερα ο πυρήνας του κτηματολογικού συστήματος, έχει εξίσου σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης, πέρα από την παραδοσιακά στενή εστίαση στις αγορές γης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη, από κοινού των Ηνωμένων Εθνών και της FIG (International Federation of Surveyors) της Διακήρυξης Bathurst για τη διαχείριση γης για την αειφόρο ανάπτυξη.

Η Διακήρυξη του Bathurst κατέληξε στο συμπέρασμα ότι «τα περισσότερα συστήματα διαχείρισης γης σήμερα δεν επαρκούν για να αντιμετωπίσουν το όλο και

πιο περίπλοκο φάσμα δικαιωμάτων, περιορισμών και ευθυνών σε σχέση με τη γη, η οποία επηρεάζεται από παράγοντες όπως το νερό, γηγενείς χρήσεις γης, θόρυβο και ρύπανση». Εν ολίγοις, τα συστήματα διοίκησης πρέπει να ανασχεδιαστούν και να εξελιχθούν για να αντιμετωπίσουν την αυξημένη πολυπλοκότητα της σχέσης ανθρώπου-γης. Θα χρειαστεί να διαδραματίσουν θεμελιώδη ρόλο στη διευκόλυνση και υποστήριξη της σύνθετης λήψης αποφάσεων που είναι αναπόσπαστο μέρος της βιώσιμης ανάπτυξης. Εν ολίγοις, η αειφόρος ανάπτυξη είναι απλώς ρητορική χωρίς κατάλληλα συστήματα διαχείρισης γης (Williamson, 2000).



Εικόνα 5. Παράδειγμα διαχείρισης γης (Πηγή : UN-FIG, 1999)

Τα σημερινά κτηματολόγια στην Ευρώπη, έχουν εξελιχθεί σε ένα σύστημα πληροφοριών γης πολλαπλών χρήσεων, καθώς και σε θεμελιώδες στοιχείο της υποδομής χωρικών δεδομένων ενός έθνους (SDI). Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, για παράδειγμα, το κτηματολόγιο όχι μόνο παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ιδιοκτησία και την αξία της γης, αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνει πληροφορίες για τη χρήση-γης, νομικούς περιορισμούς σχετικά με τον τρόπο χρήσης της γης και την καταχώριση σημαντικών περιουσιακών στοιχείων ή υποδομών, όπως οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

Καθώς οι απαιτήσεις για τους εθνικούς φορείς χαρτογράφησης και κτηματογράφησης της Ευρώπης (NMCA) αυξάνονται και ο ρόλος τους συνεχίζει να διευρύνεται, η θεμελιώδης σημασία και αξία της χρήσης GIS αυξάνεται επίσης. Η τεχνολογία GIS επιτρέπει στα NMCA όχι μόνο να διαχειρίζονται αποτελεσματικά και αποδοτικά το βασικό εθνικό κτηματολόγιο αλλά και να το ενσωματώνουν με άλλα θέματα πληροφοριών στην εθνική SDI. Με αυτόν τον τρόπο, τα NMCA μπορούν να ικανοποιήσουν πολλές άλλες απαιτήσεις, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης και της καλύτερης διαχείρισης της γης.

Η αναζήτηση γεωγραφικών πληροφοριών απαιτεί μια υπηρεσία για την εξερεύνηση τους. Περιστασιακά η Κοινότητα Γεωγραφικών Πληροφοριών έχει δώσει μια ποικιλία ονομάτων για αυτήν την προσπάθεια, όπως π.χ. OpenGeospatial Consortium (OGC), Federal Geographic Data Committee (FGDC USA) κ.α. Ακόμη και αν χρησιμοποιούνται διαφορετικά ονόματα, ο στόχος είναι κοινός και απαιτεί την εξερεύνηση χωρικών δεδομένων. Η τεχνολογία GIS της Esri είναι η προτιμώμενη πλατφόρμα πολλών NMCA της Ευρώπης. Τέλος τα συστήματα κτηματογράφησης ποικίλλουν στην Ευρώπη, αντανακλώντας διαφορετικά ιστορικά υπόβαθρα, πολιτισμούς, νομικά πλαίσια και οργανωτικά μοντέλα.

European Cadastres and National Mapping Agencies Using Esri Technology		
Albania	France	Netherlands
Austria	Georgia	Norway
Azerbaijan	Germany	Portugal
Belarus	Greece	Romania
Belgium	Hungary	Russia
Bulgaria	Iceland	Serbia
Croatia	Ireland	Slovakia
Cyprus	Italy	Slovenia
Czech Republic	Latvia	Spain
Denmark	Lithuania	Sweden
Estonia	Luxembourg	Switzerland
Former Yugoslavic Republic of Macedonia (FYROM)	Malta	Turkey
	Moldova	Ukraine
	Montenegro	United Kingdom

Εικόνα 6. Ευρωπαϊκά Κτηματολόγια και Εθνικοί Οργανισμοί Χαρτογράφησης που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Esri, (Πηγή : <https://www.esri.com>)

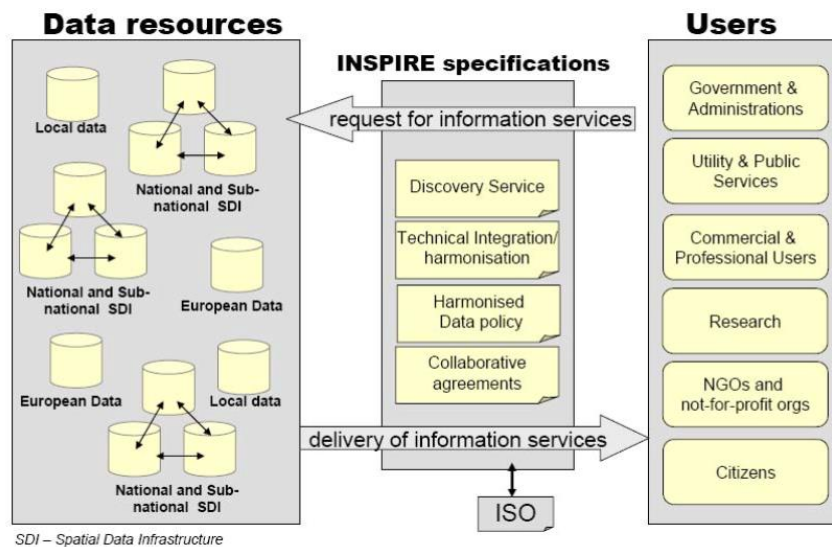
Η οδηγία INSPIRE της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που αντιστοιχεί στα αρχικά της φράσης "Infrastructure for Spatial Information in Europe" (Ευρωπαϊκή Υποδομή Χωρικών Πληροφοριών), θεσπίζει το θεσμικό πλαίσιο για την ίδρυση και λειτουργία της υποδομής χωρικών πληροφοριών στην Ευρώπη. Ο κύριος στόχος της δεν περιορίζεται μόνο στην παροχή πληροφοριών προς δημόσιες υπηρεσίες και πολίτες, αλλά περιλαμβάνει επίσης την εφαρμογή, τον συντονισμό και την αξιολόγηση των πολιτικών της ΕΕ που εφαρμόζονται στις χώρες-μέλη σε όλα τα επίπεδα της διοίκησης.

Η οδηγία αυτή προσδοκά να αντιμετωπίσει τα ζητήματα που αφορούν τη διαθεσιμότητα, ποιότητα, οργάνωση και πρόσβαση στις χωρικές πληροφορίες που

συλλέγονται σε εθνικό επίπεδο. Στόχος της είναι να καθιερώσει το πλαίσιο για την εφαρμογή διασυνοριακής πολιτικής για το περιβάλλον, με την δυνατότητα επέκτασης και σε τομείς όπως η γεωργία, οι μεταφορές και η ενέργεια. Αυτή περιλαμβάνει γεωγραφικές και περιβαλλοντικές πληροφορίες, συνολικά σε 34 επίπεδα που έχουν ομαδοποιηθεί σε τρία παραρτήματα.

Η οδηγία INSPIRE δεν προβλέπει ένα εκτενές πρόγραμμα συλλογής νέων χωρικών δεδομένων στα κράτη μέλη. Ωστόσο, προωθεί την ανάπτυξη των Εθνικών Υποδομών Χωρικών Πληροφοριών των χωρών-μελών. Τα θεμέλια αυτής της Ευρωπαϊκής Υποδομής στηρίζονται στις Εθνικές Υποδομές των χωρών-μελών.

Ο λόγος για τον οποίο η οδηγία INSPIRE έχει σχεδιαστεί είναι να επιτύχει τη σταδιακή εναρμόνιση των υποδομών χωρικών δεδομένων των κρατών μελών προς τη δημιουργία μιας ενιαίας Ευρωπαϊκής Υποδομής. Ο κεντρικός στόχος της είναι η βελτιστοποίηση της αξιοποίησης των διαθέσιμων χωρικών δεδομένων, μέσω της τεκμηρίωσής τους, της δημιουργίας υπηρεσιών που διευκολύνουν την πρόσβαση σε αυτά, της ενίσχυσης της διαλειτουργικότητάς τους και της αντιμετώπισης των προκλήσεων που παρουσιάζονται κατά τη χρήση τους (Marakakis, 2008).



Εικόνα 7. Διαγραμματική απεικόνιση του στόχου της οδηγίας INSPIRE Πηγή: Inspire.jrc.ec.europa.eu/

2.4 Ποιότητα δεδομένων Ελληνικού Κτηματολογίου

Η χωρική πληροφορία που περιέχεται στην Ψηφιακή Βάση Κτηματολογικών Δεδομένων (ΨΒΚΔ) χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: περιγραφικά στοιχεία και χωρικά στοιχεία. Τα περιγραφικά στοιχεία που αναφέρονται στο Εθνικό Κτηματολόγιο (ΕΚ) είναι δυναμικά και διατηρούνται ενημερωμένα σε πραγματικό χρόνο. Κατά τη δημιουργία του χάρτη, χρησιμοποιείται ο πίνακας ιδιοκτησιών με την ονομασία "PROP" από το ΕΚ, ο οποίος διατηρείται στην ΨΒΚΔ σε επίπεδο ΟΤΑ. Ο πίνακας PROP χρησιμοποιείται για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τη χρήση της γης σε επίπεδο διηρημένης ιδιοκτησίας, συμπεριλαμβανομένων των κάθετων, οριζοντίων και οριζοντίων επιφανειών. Η χωρική πληροφορία στην ΨΒΚΔ διατηρείται ενημερωμένη σε πραγματικό χρόνο και οργανώνεται σε χωρικές οντότητες που αντιστοιχούν σε θεματικά επίπεδα. Τα θεματικά επίπεδα είναι αρχεία μορφότυπου shapefile που περιλαμβάνουν γεωμετρικά στοιχεία με διπλή ακρίβεια στις οριζοντιογραφικές συντεταγμένες και περιλαμβάνουν θεματική πληροφορία.

Για τη σύνθεση του χάρτη χρησιμοποιούνται τα παρακάτω χωρικά δεδομένα από το Εθνικό Κτηματολόγιο (ΕΚ), τα οποία τροφοδοτούν την βάση γεωχωρικών δεδομένων ανά θεματικό επίπεδο:

- i. Κτηματολογικά γεωτεμάχια (PST): Αφορούν στα δίκτυα επικοινωνίας και μεταφορών, υδατογραφικά στοιχεία, χρήση γης, γεωγραφικά ονόματα και δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- ii. Χώροι αποκλειστικής χρήσης καθέτων ιδιοκτησιών (VST): Περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη χρήση της γης.
- iii. Διοικητικές μονάδες (ASTOTA): Περιλαμβάνουν τα διοικητικά όρια και υδατογραφικά στοιχεία.
- iv. Μεταλλεία (MRT): Περιλαμβάνουν τοπογραφικά στοιχεία που σχετίζονται με μεταλλευτικές δραστηριότητες.
- v. Όρια αστικής περιοχής (ΟΙΚ): Αφορούν σε πληροφορίες σχετικά με οικισμούς.
- vi. Στοιχεία μεσοπαράλληλων των δρόμων (ROADS): Αφορούν σε δίκτυα επικοινωνίας και μεταφορών.

vii. Σημεία ενδιαφέροντος (POI): Περιλαμβάνουν γεωγραφικά ονόματα και γενικά χαρτογραφικά στοιχεία.

Εφόσον τα δεδομένα του ΕΚ διατηρούνται ενημερωμένα σε πραγματικό χρόνο, για τη σύνθεση του χάρτη, χρησιμοποιείται ένα στιγμιότυπο (screenshot) της ΨΒΚΔ σε συγκεκριμένη ημερομηνία που καταχωρείται σε επίπεδο οντότητας της βάσης γεωχωρικών δεδομένων (Καβαδάς, 2022).

Η χωρική πληροφορία στο Εθνικό Κτηματολόγιο διακρίνεται σε δύο κατηγορίες κτηματολογικών διαγραμμάτων, ανάλογα με τη γεωμετρική ακρίβειά της. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις αστικές και περιαστικές περιοχές των οικισμών, ενώ η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις αγροτικές και άλλες περιοχές της χώρας. Τα κριτήρια για την οριζοντιογραφική ακρίβεια των κτηματολογικών διαγραμμάτων που έχει προκαθορίσει το Ελληνικό Κτηματολόγιο αναλύονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4. Κριτήρια γεωμετρικής ακρίβειας των κτηματολογικών διαγραμμάτων, Πηγή: Απόφαση υπ' αριθμ. 15649 Υπουργού Υ.Π.Ε.Ν. (2016)

α/α	Είδος Ελέγχου	Αστικές περιοχές	Λοιπές περιοχές
1	RMSE _{xy} , όπως αυτό προκύπτει από τη σύγκριση σημείων γνωστών συντεταγμένων στο έδαφος με τις συντεταγμένες των ίδιων σημείων στα κτηματολογικά διαγράμματα	RMSE _x ≤ 0,50m RMSE _y ≤ 0,50m RMSE _{xy} ≤ 0,71m	RMSE _x ≤ 1,00m RMSE _y ≤ 1,00m RMSE _{xy} ≤ 1,41m
2	Απόλυτη Ακρίβεια	Απόλυτη Ακρίβεια ≤ 0,98m (RMSE _{xy} * 1,73), για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	Απόλυτη Ακρίβεια ≤ 2,45m (RMSE _{xy} * 1,73), για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι στα πρώτα προγράμματα του Εθνικού Κτηματολογίου (πιλοτικά) και στις πρωτεύουσες των νομών και τις μεγάλες πόλεις, τα κριτήρια για τις αστικές περιοχές ήταν αυστηρότερα όσον αφορά τη γεωμετρική ακρίβεια των

διαγραμμάτων. Ειδικότερα, προκαθορίζονται τα εξής: $RMSE_x \leq 0,40m$, $RMSE_y \leq 0,40m$ και $RMSE_{xy} \leq 0,56m$. Από τα κριτήρια γεωμετρικής ακρίβειας των κτηματολογικών διαγραμμάτων προκύπτει ότι η οριζοντιογραφική ακρίβεια είναι κατάλληλη για τη σύνθεση χάρτη κλίμακας 1:25.000. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται από το Ελληνικό Κτηματολόγιο στα πρώτα στάδια της εγγραφής δεδομένων προσδιορίζουν την ποιότητα της κτηματολογικής βάσης που χρησιμοποιείται κατά την τροφοδότηση της βάσης γεωχωρικών δεδομένων (Καβαδάς, 2022).

2.5 Διάθεση δεδομένων Ελληνικού κτηματολογίου

Το Ελληνικό Κτηματολόγιο, σύμφωνα με τις αρμοδιότητές του όπως ορίζονται από τον ιδρυτικό του νόμο 4512/2018 (Άρθρο 1), ανέπτυξε μια γεωπύλη που φιλοξενεί αρχικά τους κτηματολογικούς χάρτες περιοχών όπου έχει ήδη ολοκληρωθεί η σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου. Αυτοί οι χάρτες είναι ελεύθερα προσβάσιμοι για όλους τους πολίτες και τους επαγγελματίες μέσω της ιστοσελίδας του Κτηματολογίου: <https://www.ktimanet.gr/geoportal/catalog/main/home.page>. Μέσω αυτής της ιστοσελίδας, οι χρήστες μπορούν να ενημερώνονται για τις περιοχές που έχουν υποβληθεί σε κτηματολογική διαδικασία, να προβάλλουν τους κτηματολογικούς χάρτες των εν λόγω περιοχών, να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τα μεταδεδομένα των χαρτών, να επιλέγουν τις περιοχές που τους ενδιαφέρουν, να ενσωματώνουν τους χάρτες σε προγράμματα που διαθέτουν ή αναπτύσσουν και τέλος, να κατεβάσουν τα δεδομένα τοπικά στον ηλεκτρονικό υπολογιστή τους για ανεξάρτητη χρήση. Η σχεδίαση και η λειτουργικότητα της ιστοσελίδας έχουν γίνει με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να πληροί τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Οδηγίας INSPIRE (Οδηγία 2007/2/EK – INSPIRE), καλύπτοντας έτσι, μία από τις βασικές υποχρεώσεις της χώρας μας που εμπίπτει στην αποκλειστική θεσμική αρμοδιότητα του Ελληνικού Κτηματολογίου. Εκτός των κτηματολογικών χαρτών, η συγκεκριμένη ιστοσελίδα παρέχει πληροφορίες που σχετίζονται ορθοφωτογραφίες και ψηφιακά μοντέλα εδάφους και απεικονίζουν χαρακτηριστικά της επιφανείας της γης (κάλυψη και ανάγλυφο) σε διάφορες κλίμακες (1:1.000, 1:5.000) και διάφορες χρονικές περιόδους (2007-2009, 2014-2015). Για την απόκτηση αυτών των δεδομένων, οι χρήστες μπορούν να υποβάλλουν αίτηση στο

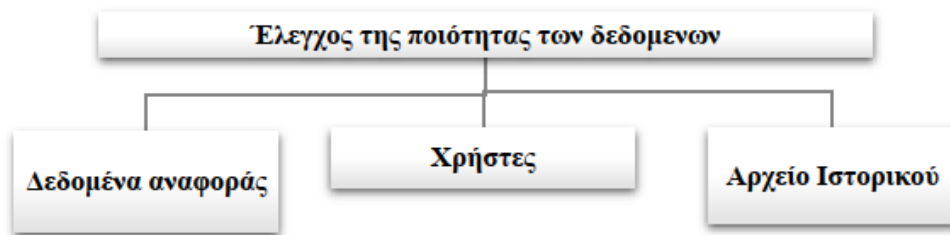
"Ελληνικό Κτηματολόγιο". Παρατηρείται ότι λόγω περιορισμών που έχουν τεθεί από τις υπηρεσίες του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας, τα εν λόγω δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα διαδικτυακά όπως οι κτηματολογικοί χάρτες. Επιπρόσθετα, το υλικό της ιστοσελίδας είναι δυναμικό που σημαίνει ότι θα ενημερώνεται και θα αναβαθμίζεται συστηματικά ανάλογα με την εξέλιξη των χαρτογραφικών δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο αναπτύσσεται αισθητά η Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών της χώρας. Τέλος στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η ανάπτυξη της Γεωπύλης Γεωχωρικών δεδομένων INSPIRE του Ελληνικού Κτηματολογίου (ΓΕΩΙΝΕΚ).

The screenshot shows the main page of the INSPIRE Geoportal of the Hellenic Cadastre. At the top left is the logo of the Hellenic Cadastre (ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ). To the right are navigation links: Αρχική σελίδα, Αναζήτηση, Περιοχή, and Προβολή χάρτη. The main heading is "Γεωπύλη γεωχωρικών δεδομένων INSPIRE Ελληνικού Κτηματολογίου". Below this is introductory text about the INSPIRE Directive (2007/2/ΕΚ) and the portal's purpose. A search section titled "Εύρεση δεδομένων" features a search input field and a "Αναζήτηση" button. To the right of the button, there is a note: "Πατήστε ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ για να δείτε μια λίστα με όλα τα διαθέσιμα σύνολα δεδομένων του Ελληνικού Κτηματολογίου. Ή εισαγάγετε μια λέξη-κλειδί του συνόλου δεδομένων που αναζητάτε στο πλαίσιο αναζήτησης". At the bottom, there are links for "Χάρτη" (related to registration progress) and "Οδηγό Χρήστη" (related to portal usage), along with the contact email "inspire@ktimatologio.gr".

Εικόνα 8. Κεντρική ιστοσελίδα της γεωπύλης INSPIRE του «Ελληνικού Κτηματολογίου», Πηγη: <https://www.ktimanet.gr>

3. Αξιολόγηση της ποιότητας του οδικού δικτύου του OSM

Η ποιότητα της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας έχει αποτελέσει αντικείμενο σημαντικής έρευνας, ιδιαίτερα όσον αφορά την ποιότητα του OpenStreetMap. Από την διεθνή βιβλιογραφία προκύπτει ότι η έρευνα για την ποιότητα της ΕΓΠ έχει εξεταστεί με διάφορες προσεγγίσεις για την ανεύρεση του βέλτιστου και πιο σωστού τρόπου. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι ο έλεγχος της ποιότητας των δεδομένων μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την προσέγγιση που υιοθετείται για την αξιολόγηση αυτών των δεδομένων.

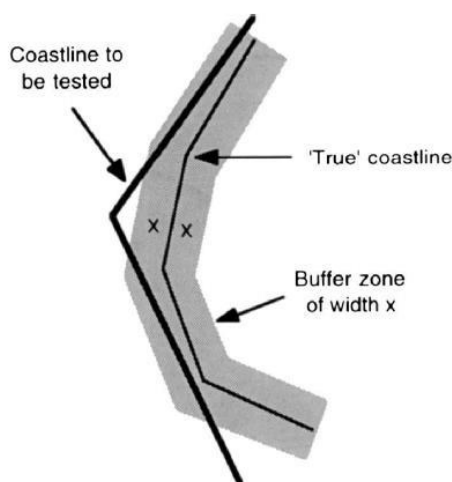


Εικόνα 9. Κατηγοριοποίηση μεθόδων αξιολόγησης ποιότητας ΕΓΠ, Πηγή: Sifnaiou, 2019

Για παράδειγμα, στη πρώτη κατηγορία ορισμένες μελέτες προσπάθησαν να αξιολογήσουν την ποιότητα της ΕΓΠ με βάση συγκρίσεις με επίσημα δεδομένα που παρέχονται από δημόσιους φορείς ή εμπορικές εταιρείες (Haklay, 2010). Αυτές οι συγκρίσεις βασίζονται στην πεποίθηση ότι τα έγκυρα δεδομένα είναι αποδεκτής ποιότητας και δημιουργούνται σύμφωνα με υψηλά πρότυπα και ότι είναι επομένως λογικό να υποθέσουμε ότι τα έγκυρα δεδομένα μπορούν να παίξουν το ρόλο των δεδομένων αναφοράς κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας αξιολόγησης ποιότητας των συνόλων δεδομένων ΕΓΠ. Σε αυτές τις μελέτες χρησιμοποιούνται αρκετές μέθοδοι, που λαμβάνουν υπόψη διαφορετικά στοιχεία ποιότητας δεδομένων, όπως ακρίβεια θέσης ή θεματική. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των μεθόδων δεν είναι πάντα δυνατή, λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας των δεδομένων, των περιορισμών άδειας χρήσης ή έλλειψη πρόσβασης σε δαπανηρά έγκυρα σύνολα δεδομένων. Επιπλέον, καθώς τα σύνολα δεδομένων ΕΓΠ είναι συχνά πλουσιότερα από τα επίσημα αντίστοιχά τους και θα συνεχίσουν να είναι, η χρήση αυτών ως σύνολα δεδομένων αναφοράς για αξιολόγηση ποιότητας μπορεί να μην είναι πλέον η πιο έγκυρη επιλογή. Σε ορισμένα μέρη του κόσμου, η ΕΓΠ είναι πιο πλήρης και πιο ακριβής από τα

έγκυρα σύνολα δεδομένων, γεγονός που θέτει προκλήσεις στην αξιολόγηση της ποιότητας της ΕΓΠ.

Συγκεκριμένα για την ποιότητα του οδικού δικτύου όπως αναλύεται παρακάτω οι περισσότερες έρευνες στο παρελθόν εστίασαν κυρίως σε 2 χαρακτηριστικά που θεωρούνται ότι είναι κρίσιμης σημασίας : 1) την ορθότητα θέσης των δρόμων και 2) την πληρότητα τους. Ειδικά για την ορθότητα θέσης, χρησιμοποιήθηκε στις περισσότερες έρευνες μεθοδολογία των Goodchild and Hunter (Goodchild and Hunter, 1997). Τα πλεονεκτήματα της παραπάνω μεθόδου μεταξύ άλλων είναι πως βασίζεται στη στατιστική, είναι σχετικά ανεξάρτητη από εξωτερικούς παράγοντες και δεν απαιτεί σύμπτωση των σημείων μεταξύ των αναπαραστάσεων. Παράλληλα, η εν λόγω μέθοδος βασίζεται σε μια απλή διαδικασία επικάλυψης που μπορεί να υλοποιηθεί στα περισσότερα προγράμματα γεωγραφικών πληροφοριών. Η ιδέα βασίζεται στον εντοπισμό της διαφοράς μεταξύ της θέσης του αντικειμένου όπως καταγράφεται στη βάση δεδομένων και στην πραγματική του θέση. Η ακρίβεια των δεδομένων αναφοράς που έχουν και την υψηλή ακρίβεια παίζουν τον ρόλο της πραγματικής θέσης ενώ τα δεδομένα προς εξέταση είναι αυτά που μελετώνται ως προς την ακρίβεια θέσης. Στην πράξη, η μέθοδος υπολογίζει το ποσοστό του συνολικού μήκους του υπό εξέταση αντικειμένου το οποίο βρίσκεται εντός μιας συγκεκριμένης απόστασης από το ακριβές αντικείμενο. Η παραπάνω σύγκριση πραγματοποιείται με τη χρήση ζωνών (buffers) (Goodchild & Hunter, 1997).



Εικόνα 10. Μέθοδος σύγκρισης ζώνης (buffer) των Goodchild και Hunter. Η ζώνη πλάτους x δημιουργείται γύρω από το αντικείμενο υψηλής ποιότητας και αξιολογείται το ποσοστό του υπό έλεγχο αντικειμένου που εμπίπτει στη ζώνη (Πηγή : Goodchild & Hunter, 1997).

Η ανάγκη για την αξιολόγηση της εσωτερικής ποιότητας των δεδομένων προέκυψε λόγω της έλλειψης λεπτομερών προδιαγραφών και της δυσκολίας στην αξιολόγηση τους σε σχέση με έγκυρα δεδομένα. Στην αντιμετώπιση αυτής της ανάγκης, ερευνητές δημιούργησαν διάφορους δείκτες για την αξιολόγηση και τον προσδιορισμό της ποιότητας των δεδομένων (Antonίου & Skopeliti, 2015). Οι δείκτες αυτοί μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες ως εξής:

- 1) Δημογραφικοί δείκτες.
- 2) Κοινωνικοοικονομικοί δείκτες.
- 3) Δείκτες του εθελοντή.
- 4) Δείκτες δεδομένων.

Για να διαμορφωθούν οι αρχικές ομάδες δεικτών, οι ερευνητές βασίστηκαν στην παρατήρηση ότι αυτού του είδους τα δεδομένα προέρχονται από απλούς χρήστες. Επιπλέον, υποστήριξαν τη σύνδεση μεταξύ της ποιότητας και των δημογραφικών πληροφοριών. Συγκεκριμένα, τόνισαν ότι η σχέση μεταξύ των δημογραφικών στοιχείων μιας περιοχής επηρεάζει την ακρίβεια και την πληρότητα των δεδομένων. Αυτό οδήγησε σε πολλές περιπτώσεις στο συμπέρασμα ότι η πυκνότητα του πληθυσμού έχει θετική επίδραση στον αριθμό των συνεισφορών, επηρεάζοντας έτσι την πληρότητα των δεδομένων και την ακρίβεια της θέσης (Antonίου & Skopeliti, 2015). Στη συνέχεια, η ποιότητα των συγκεκριμένων δεδομένων συνδέθηκε και με κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι θεωρούνται ότι επηρεάζουν τη συνολική ποιότητα. Μελέτες ανέδειξαν ότι διάφορες κοινωνικές διαδικασίες μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα, τόσο ως προς την πληρότητα όσο και ως προς την ακρίβεια της θέσης (Antonίου & Skopeliti, 2015). Τέλος, η ποιότητα σε σχέση με τους δείκτες του εθελοντή ήταν αναγκαίο να ληφθεί υπόψη, καθώς τα κίνητρα του καθενός μπορούν να οδηγήσουν στη συλλογή βελτιωμένων δεδομένων. Παρόλα αυτά, σε αυτήν την περίπτωση υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη σε αυτή τη διαδικασία, όπως η εμπειρία, η αναγνώριση και η γνώση των εμπλεκόμενων (Antonίου & Skopeliti, 2015).

Βάσει των παραπάνω, παρατηρείται μια προσπάθεια να συνδεθεί η ποιότητα των δεδομένων με τη συμπεριφορά των χρηστών. Για παράδειγμα, η Arsanjani διερεύνησε διάφορα χαρακτηριστικά που αφορούν την ποιότητα, συμπεριλαμβανομένης της ακρίβειας της θέσης, της πληρότητας και της

σημασιολογικής ακρίβειας, που σχετίζονται με τους χρήστες που δημιούργησαν τα δεδομένα. Σε αυτήν την κατηγορία, προσπάθησαν να ερευνήσουν τον αντίκτυπο του αριθμού των συνεισφορών στην ποιότητα των δεδομένων (Arsanjani, 2013). Επιπλέον, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η φύση της συμμετοχής των ανθρώπων επηρεάζει τα πρότυπα συμμετοχής των συνεισφερόντων και, ως εκ τούτου, το εθελοντικό περιεχόμενο που δημιουργείται. Το παραπάνω είναι κατανοητό και μέσω των προτιμήσεων των χρηστών - εθελοντών, τόσο σε συγκεκριμένες περιοχές όσο και σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (Antoniou & Schlieder, 2014). Η προκατάληψη στα πρότυπα συμμετοχής των συνεισφερόντων επηρεάζεται από πολλούς και διάφορους παράγοντες, όπως η πρόσβαση στο διαδίκτυο, η γνώση της γλώσσας, ο διαθέσιμος χρόνος χρήσης των χρηστών και η τεχνική ικανότητα (Holloway, 2007).

Στην τρίτη κατηγορία, η αξιολόγηση της ποιότητας των εξεταζόμενων δεδομένων βασίζεται αποκλειστικά στην εξέταση των μεταδεδομένων τους. Συγκεκριμένα, δεν χρησιμοποιείται ένα σύνολο δεδομένων αναφοράς για την αξιολόγηση της ποιότητας, αλλά χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι για την αξιολόγηση με βάση το ιστορικό των δεδομένων και όχι μέσω σύγκρισης με άλλα δεδομένα (Antoniou, 2016).

3.1 Παγκόσμια κοινότητα

Οι περισσότερες μελέτες σχετικά με την ποιότητα δεδομένων OSM έχουν αξιολογήσει την εσωτερική τους ποιότητα συγκρίνοντάς την με ένα σύνολο δεδομένων αναφοράς (Haklay 2010). Επιπλέον, αρκετές άλλες μελέτες έχουν αξιολογήσει την εξωτερική ποιότητα, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες εφαρμογής. Εφόσον το OSM παρέχει διάφορους τύπους γεωγραφικών αντικειμένων, ερευνητές έχουν προτείνει διάφορες μεθόδους αξιολόγησης ποιότητας για κάθε τύπο δεδομένων OSM, συμπεριλαμβανομένων των οδικών δικτύων, κτιρίων, χρήσεων γης και σημείων ενδιαφέροντος. Το πεδίο της συγκεκριμένης μελέτης περιορίζεται στην ποιότητα των οδικών δικτύων, επομένως συζητούνται μόνο μελέτες που σχετίζονται με την ποιότητα αυτών (Koukoletsos 2012).

Πολλές μελέτες έχουν αξιολογήσει την πληρότητα του οδικού δικτύου του OSM. Ο Haklay ήταν μία από τις πρώτες μελέτες που ασχολήθηκε με την αξιολόγηση της ποιότητας δεδομένων OSM. Ο συγγραφέας αξιολόγησε την πληρότητα των δύο

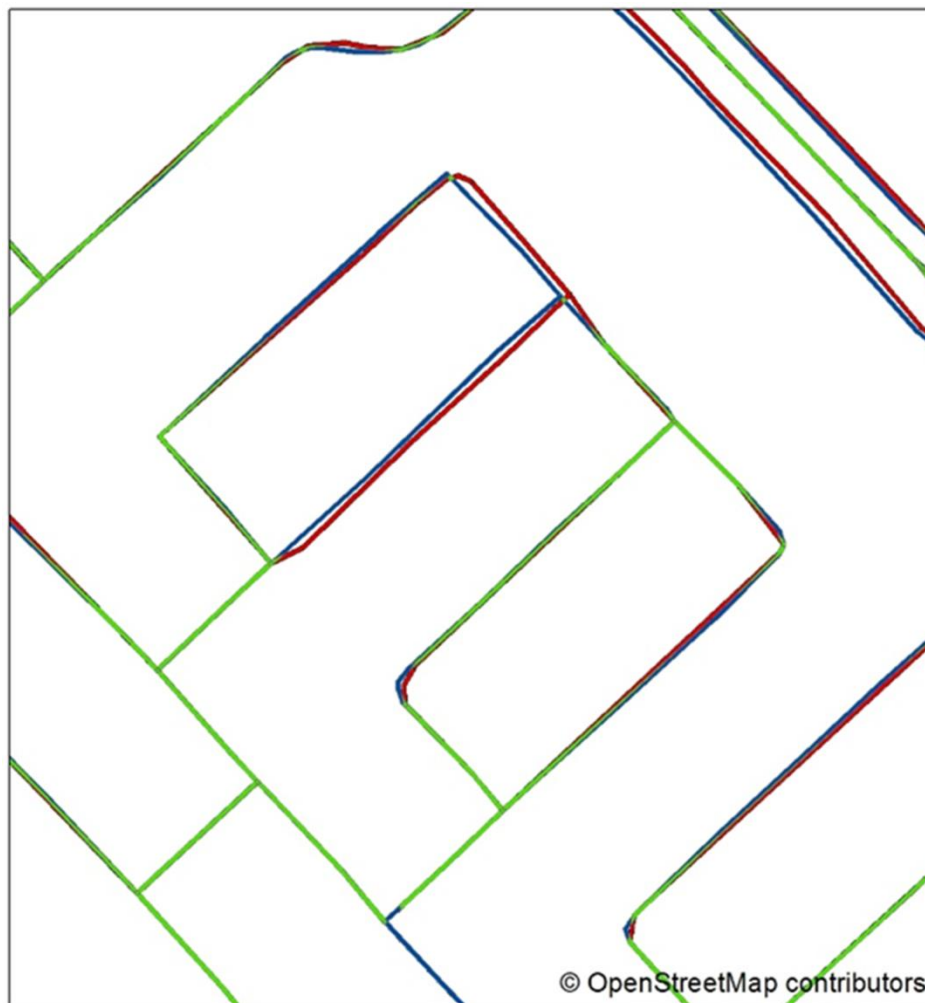
κυριότερων τύπων οδών συγκρίνοντάς αυτές με την βάση δεδομένων της Ordnance Survey. Ο Haklay διαπίστωσε ότι το OSM ήταν περίπου 29% πλήρες στην Αγγλία το 2010. Από αυτές, τις γραμμές δρόμων το 24% δεν είχε καμία τιμή για τα χαρακτηριστικά τους (Haklay 2010). Ο Haklay χρησιμοποίησε μια απλή αλλά αποτελεσματική μέθοδο για την αξιολόγηση της πληρότητας των οδών του OSM. Αυτή ήταν να συγκρίνει το συνολικό μήκος των οδών του OSM με αυτό των αναφερόμενων οδών. Αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί την αντιστοίχιση αντικειμένων μεταξύ δύο βάσεων δεδομένων. Επομένως, μπορεί να εφαρμοστεί εξαιρετικά γρήγορα.

Μια άλλη μελέτη αξιολόγησε την πληρότητα των οδών του OSM στη Βραζιλία το 2015 (Camboim, 2015), χρησιμοποιώντας τον λόγο των μηκών των οδών στις δύο βάσεις δεδομένων και διαπιστώθηκε ότι το οδικό δίκτυο του OSM ήταν μόλις 5% πλήρες και ότι η πληρότητα ήταν ανομοιογενής στην περιοχή της μελέτης. Παρατηρήθηκε επίσης ότι ανάμεσα στις οδούς της βάσης δεδομένων του OSM, το 70% είχε χαρακτηριστικά σχετικά με την κατηγοριοποίηση τους. Σε άλλη μελέτη οι Barrington-Leigh και Millard-Ball (Barrington-Leigh & Millard-Ball, 2017) ανέφεραν ότι σχεδόν 83% των οδικών δικτύων του OSM είναι πλήρη, και σε περισσότερες από το 40% των χωρών, το OSM έχει φτάσει σε ώριμη κατάσταση. Ανέφεραν επίσης ότι η πρόσβαση στο διαδίκτυο είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την πληρότητα των οδών του OSM. Τέλος πραγματοποιήθηκε μια ακόμη μελέτη για την ποιότητα των δρόμων του OSM στον Καναδά από τον Jacobs (Jacobs, 2018). Ο παραπάνω αξιολόγησε την πληρότητα των οδών του OSM στην περιοχή Ottawa–Gatineau το 2018 και διαπίστωσε ότι στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης, οι οδοί του OSM ήταν περίπου 90% πλήρεις. Επιπλέον, συγκρίνοντας το δίκτυο του OSM σε τρεις χρονικές περιόδους, ο συγγραφέας διαπίστωσε ότι η ταχύτητα ολοκλήρωσης του OSM δεν είναι πολύ υψηλή, εν μέρει επειδή η βάση δεδομένων σε αυτήν την περιοχή είναι σχεδόν πλήρης.

Μια σειρά από μελέτες έχουν αξιολογήσει την ακρίβεια θέσης του οδικού δικτύου του OSM. Ο Koukoletsos (Koukoletsos, 2012) πρότεινε μια μέθοδο για την αντιστοίχιση γραμμικών χαρακτηριστικών του OSM βασισμένη σε γεωμετρικούς και θεματικούς περιορισμούς. Αυτή η μέθοδος είναι πιο ακριβής για την ακρίβεια θέσης, επειδή αντιστοιχεί τα τμήματα του OSM με τα αναφερόμενα τμήματα. Στη συνέχεια, τα δύο τμήματα συγκρίθηκαν για να περιγραφεί η ακρίβεια θέσης τους. Ωστόσο, οι

περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούν τη μέθοδο που προτάθηκε από τους Goodchild και Hunter, η οποία δημιουργεί ζώνες (buffers) γύρω από τα δεδομένα αναφοράς και τα τέμνει με το σύνολο των δεδομένων υπό εξέταση. Ο Canavosio-Zuzelski (Canavosio-Zuzelski, 2013) χρησιμοποίησε μια φωτογραμμετρική προσέγγιση για να υπολογίσει τις θέσεις των οδών με μεγαλύτερη ακρίβεια και να τις συγκρίνει με τις θέσεις των VGI δεδομένων. Ο Siebritz (Siebritz, 2014) αξιολόγησε την ακρίβεια θέσης του οδικού δικτύου του OSM στη Νότια Αφρική το 2014 με σκοπό την ενσωμάτωση σε επίσημες βάσεις δεδομένων. Ο συγγραφέας διαπίστωσε ότι αν και η ακρίβεια θέσης των οδών του OSM σε ορισμένα μέρη της Νότιας Αφρικής πλησιάζει τα απαιτούμενα πρότυπα, γενικά η ακρίβεια θέσης των οδών του OSM δεν είναι επαρκής για την ικανοποίηση των επίσημων προτύπων.

Πιο συγκεκριμένα για την ακρίβεια θέσης έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένες μελέτες οι οποίες έχουν μεγάλο ενδιαφέρον. Για παράδειγμα ο Moradi αξιολόγησε την ακρίβεια θέσης του OSM εφαρμόζοντας τη μέθοδο της διπλής ζώνης και σύγκρινε τα αποτελέσματα με την μέθοδο του Goodchild και Hunter. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί μια ζώνη (buffer) ενός μέτρου γύρω από τους αναφερόμενους δρόμους και τους δρόμους του OSM και στη συνέχεια υπολογίζει τη τομή αυτών των δύο ζωνών όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Legend

- Intersection
- Buffer (1m) Reference Roads
- Buffer (1m) OSM Roads

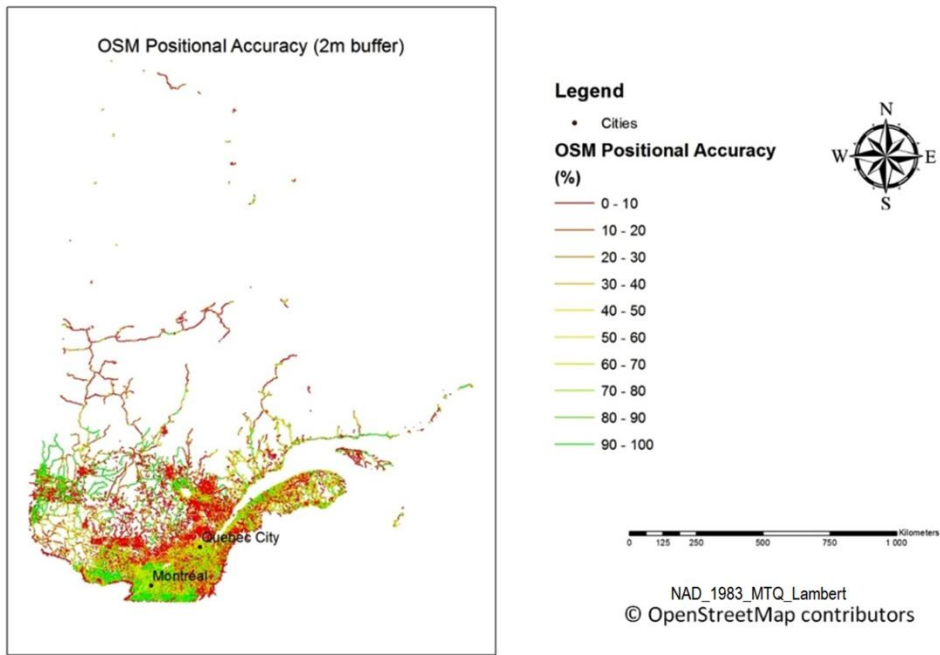


© Addresses Québec

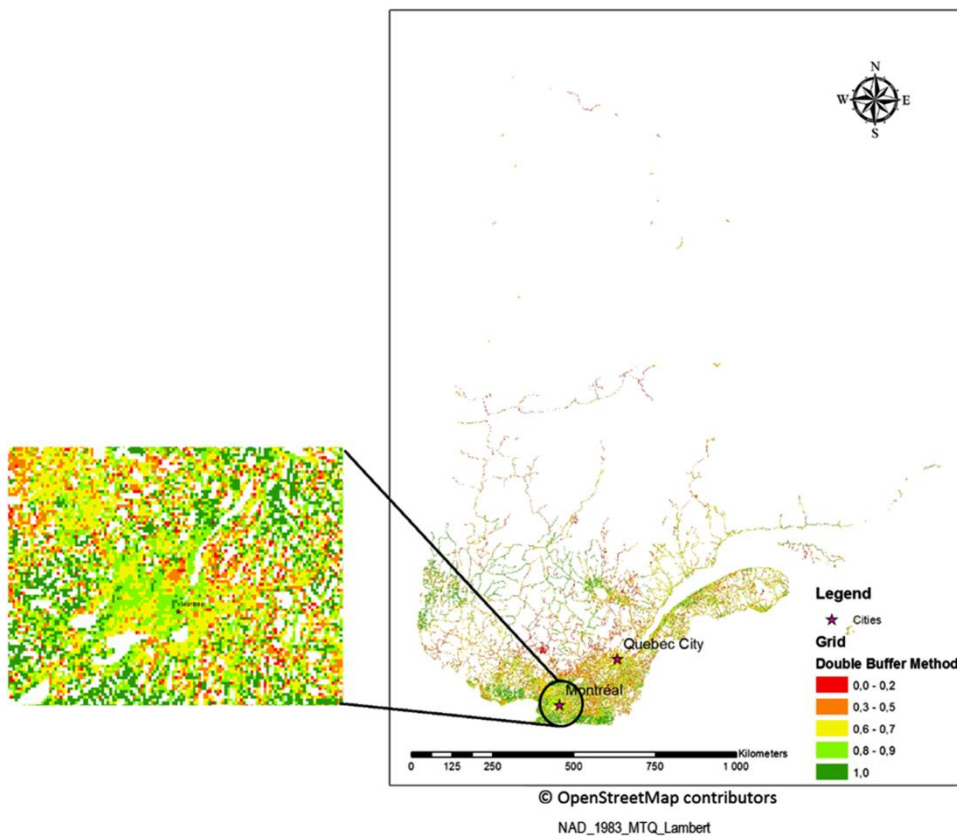
© Données Québec

Εικόνα 11. Παράδειγμα της μεθόδου με τη διπλή ζώνη (Πηγή: Moradi, 2022).

Το πράσινο χρώμα υποδεικνύει τα πολύγωνα που δημιουργήθηκαν από τη διασταύρωση των δύο περιγραμμάτων. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να συγκριθεί με τη μέθοδο που δημιουργεί ζώνες μόνο στα δεδομένα αναφοράς με την προϋπόθεση ότι η ζώνη θα είναι δυο μέτρα καθώς σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα δύο ζώνες ενός μέτρου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων (Moradi, 2022).



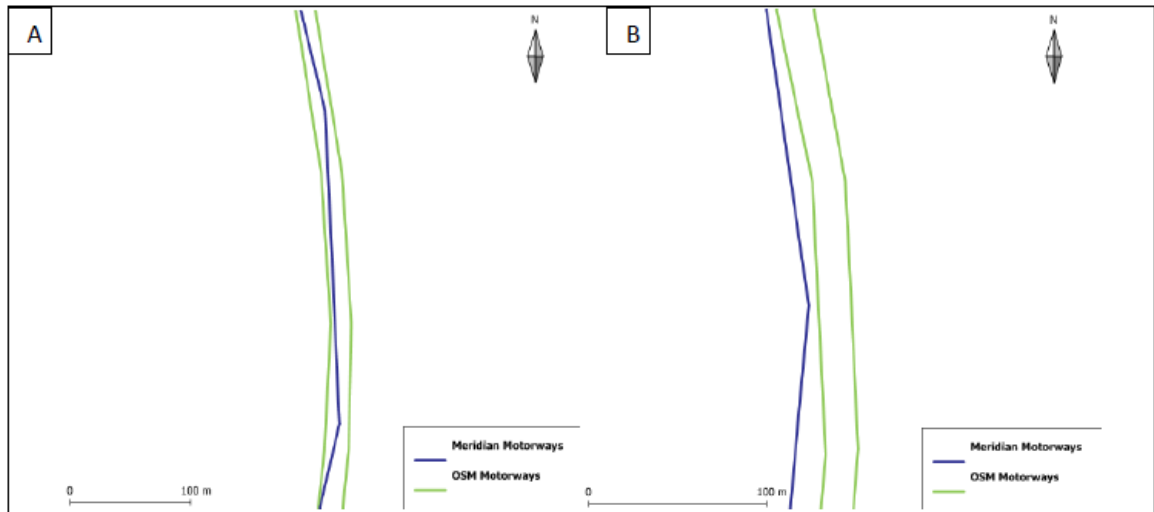
Εικόνα 12. Ακρίβεια θέσης του OSM με τη μέθοδο της ζώνης στα δεδομένα αναφοράς (Πηγή: Moradi, 2022).



Εικόνα 13. Ακρίβεια θέσης του OSM με τη μέθοδο των ζωνών και στα δυο σετ δεδομένων (Πηγή: Moradi, 2022).

Σε μια άλλη συγκριτική μελέτη, ο Haklay αξιολόγησε την ποιότητα της ΕΓΠ αναφορικά με τα δίκτυα μεταφορών (αυτοκινητόδρομοι, πρωτεύοντες και δευτερεύοντες οδοί), χρησιμοποιώντας σύνολα δεδομένων του OpenStreetMap και της Ordnance Survey, εστιάζοντας την έρευνά του στο Λονδίνο και την Αγγλία. Στη συγκεκριμένη μελέτη, ο συγγραφέας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι πληροφορίες OSM μπορούν να φτάσουν σε πολύ ενδιαφέρουσα επίπεδα ποιότητας. Πιο συγκεκριμένα, για τη σύγκριση των διανυσματικών δεδομένων του OpenStreetMap, χρησιμοποιήθηκε το σύνολο δεδομένων Meridian 2 της Ordnance Survey. Το Meridian 2 είναι ένα διανυσματικό σύνολο δεδομένων που παρέχει κάλυψη της Μεγάλης Βρετανίας με πλήρεις λεπτομέρειες του εθνικού οδικού δικτύου: αυτοκινητόδρομοι, μεγάλοι και δευτερεύοντες δρόμοι αντιπροσωπεύονται σε αυτό το σύνολο. Για να αποφευχθεί η συμφόρηση, ορισμένοι δευτερεύοντες δρόμοι και αδιέξοδα μικρότερα από 200 μέτρα δε συμπεριλήφθηκαν. Επίσης, δε συμπεριλήφθηκαν ιδιωτικοί δρόμοι (Haklay, 2010). Η πηγή του οδικού δικτύου είναι η χαρτογράφηση υψηλής ανάλυσης κλίμακας 1:1250 σε αστικές περιοχές, 1:2500 σε αγροτικές περιοχές και 1:10.000 σε βαλτότοπους (OS, 2007).

Η αξιολόγηση της ακρίβειας θέσης του OSM πραγματοποιήθηκε με βάση το σύνολο δεδομένων του Meridian, αφού οι κόμβοι του προέρχονται από σύνολο δεδομένων υψηλής ανάλυσης και επομένως είναι εξαιρετικά ακριβής. Ωστόσο, το γεγονός ότι ο αριθμός των κορυφών έχει μειωθεί με την εφαρμογή ενός φίλτρου και τις διαφορετικές μεθόδους ψηφιοποίησης σημαίνει ότι τα δύο σύνολα δεδομένων έχουν διαφορετικό αριθμό κορυφών. Επιπλέον, το OSM αντιπροσωπεύει τους αυτοκινητόδρομους ως αντικείμενο γραμμής για κάθε κατεύθυνση, ενώ το Meridian τους αντιπροσωπεύει ως μια ενιαία γραμμή. Αυτό σημαίνει ότι η αντιστοίχιση σε βάση σημείου προς σημείο θα ήταν ακατάλληλη. Επομένως, η ανάλυση πραγματοποιήθηκε στα γραμμικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 14. Δύο τμήματα του αυτοκινητόδρομου M11³ : (A) Αναμενόμενη θέση του OS και του OSM, (B) δεδομένων OSM που δεν ταιριάζουν με το OS (Πηγή : Haklay, 2008).

Η υπόλοιπη ανάλυση πραγματοποιήθηκε δημιουργώντας ζώνες (buffer) στα δεδομένα αναφοράς και, στη συνέχεια, αξιολογήθηκαν τα υπό εξέταση δεδομένα με βάση την επικάλυψη. Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στο σύνολο δεδομένων του OSM παρείχαν καλή εκπροσώπηση των αυτοκινητοδρόμων με μέση επικάλυψη σχεδόν στο 80% και μεταβλητότητα από 60% έως 89%.

Motorway	Percentage Overlap
M1	87.36%
M2	59.81%
M3	71.40%
M4	84.09%
M4 Spur	88.77%
M10	64.05%
M11	84.38%
M20	87.18%
M23	88.78%
M25	88.80%
M26	83.37%
M40	72.78%
A1(M)	85.70%
A308(M)	78.27%
A329(M)	72.11%
A404	76.65%

Εικόνα 15. Ποσοστό επικάλυψης μεταξύ των buffer OS και OSM (Πηγή : Haklay, 2008).

³ Ο M11 είναι ένας αυτοκινητόδρομος στην Αγγλία μήκους 55 μιλίων (89 χλμ) που εκτείνεται βόρεια από τον North Circular Road (A406) στο South Woodford έως τον A14, βορειοδυτικά του Cambridge. (Πηγή : Wikipedia)

Τέλος, μια ακόμη συγκριτική μελέτη εξετάζει την χωρική ακρίβεια των οδών του OSM ακολουθώντας τη μεθοδολογία που περιγράφεται στις Κατευθυντήριες Οδηγίες του Εθνικού Προτύπου για την Χωρική Ακρίβεια των Δεδομένων (NSDI, 1998). Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει δείγματα από τα μήκη των οδών και των δυο σετ δεδομένων δηλαδή και των δεδομένων αναφοράς που αντιπροσωπεύουν την αληθινή τιμή και τα δεδομένα που είναι να εξεταστούν. Το μέτρο που προτείνει η παραπάνω μελέτη για την αξιολόγηση της ακρίβειας της θέσης είναι ο υπολογισμός του σχετικού μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE). Όσο μικρότερο είναι το RMSE, τόσο πιο ακριβής είναι η αξιολογούμενη πηγή δεδομένων. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι αναφορικά με την ψηφιοποίηση των δρόμων υπάρχουν περισσότερα και ορθότερα δεδομένα στις αστικές περιοχές σε σχέση με τις αγροτικές για αυτό στη συγκεκριμένη έρευνα γίνεται τυχαία δειγματοληψία για κάθε κατηγορία. Δεδομένου ότι οι διαθέσιμες διοικητικές μονάδες δεν έφταναν στο επιθυμητό επίπεδο απογραφής, ανατέθηκε χειροκίνητα μια "αστική" ταξινόμηση στις διοικητικές μονάδες όταν το πολύγωνο περιείχε την κύρια αστική συγκέντρωση της χώρας (π.χ. πρωτεύουσα), ή όταν η πυκνότητα πληθυσμού ήταν πάνω από 90%. Κατά προεπιλογή, οι υπόλοιπες διοικητικές μονάδες ταξινομούνται ως "αγροτικές". Επίσης, εντός κάθε διοικητικής μονάδας, επιλέχθηκαν δέκα τυχαία σημεία σε διασταυρώσεις δρόμων και εισήχθησαν στο ArcGIS. Συνολικά, εξετάστηκαν εκατό τυχαία σημεία διασταυρώσεων ανά χώρα. Στη συνέχεια, ταυτοποιήθηκαν χειροκίνητα οι ίδιες διασταυρώσεις δρόμων στο Google Earth, και εκτελέστηκε το εργαλείο ευκλείδειας απόστασης μεταξύ των δύο σημείων, για να ληφθεί μια τιμή μήκους και να εκτιμηθεί το σχετικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE) μεταξύ όλων των σημείων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εικόνα που ήταν διαθέσιμη στο Google Earth δεν ήταν αρκετά καθαρή για να αναγνωριστούν με βεβαιότητα οι διασταυρώσεις των δρόμων. Σε περιπτώσεις όπου οι διασταυρώσεις των δρόμων ήταν ασαφείς ή φαινόταν ότι δεν υπήρχαν, αφαιρέθηκε το σημείο και αντικαταστάθηκε με ένα νέο τυχαίο σημείο. Χρησιμοποιήθηκε το Google Earth ως τα δεδομένα αναφοράς, επειδή το μέσο τετραγωνικό του σφάλμα (RMSE) έχει εκτιμηθεί από 8.2 έως 39.7 μέτρα. Παρόλο που δεν είναι τέλεια η ακρίβεια, είναι τα καλύτερα διαθέσιμα δεδομένα που είναι ευρέως προσβάσιμα (Blanco, 2018).

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ικανοποιητικά επίπεδα χωρικής ακρίβειας. Σε όλες τις τέσσερες περιπτώσεις, το συνολικό μέσο RMSE παρουσιάζει επίπεδα κάτω

από τα 35 μέτρα, τα οποία είναι σύμφωνα με την προδιαγραφή χωρικής ακρίβειας του gROADS (δηλαδή < 50 μέτρα). Επιπλέον, επιβεβαιώνεται η ύπαρξη προκατάληψης των αγροτικών περιοχών σε σχέση με των αστικών, με τα επίπεδα χωρικής ακρίβειας να κυμαίνονται με μέσο όρο στα 7.5 μέτρα RMSE για αστικά συγκροτήματα και 18.8 μέτρα RMSE για αγροτικές περιοχές. Τα παραπάνω αποτελέσματα αντικατοπτρίζουν την διαθεσιμότητα υψηλής ανάλυσης εικόνας στις αστικές περιοχές και τη σχετική της απουσία στις αγροτικές περιοχές.

Πίνακας 5. Μέσος όρος ακρίβειας θέσης (Πηγή: Blanco, 2018).

a/a	Total RMSE (m)	Urban RMSE (m)	Rural RMSE (m)
Ghana	9.47	9.90	9.03
Guinea	11.50	8.06	13.30
Liberia	31.57	7.97	43.93
Senegal	7.46	4.10	8.99

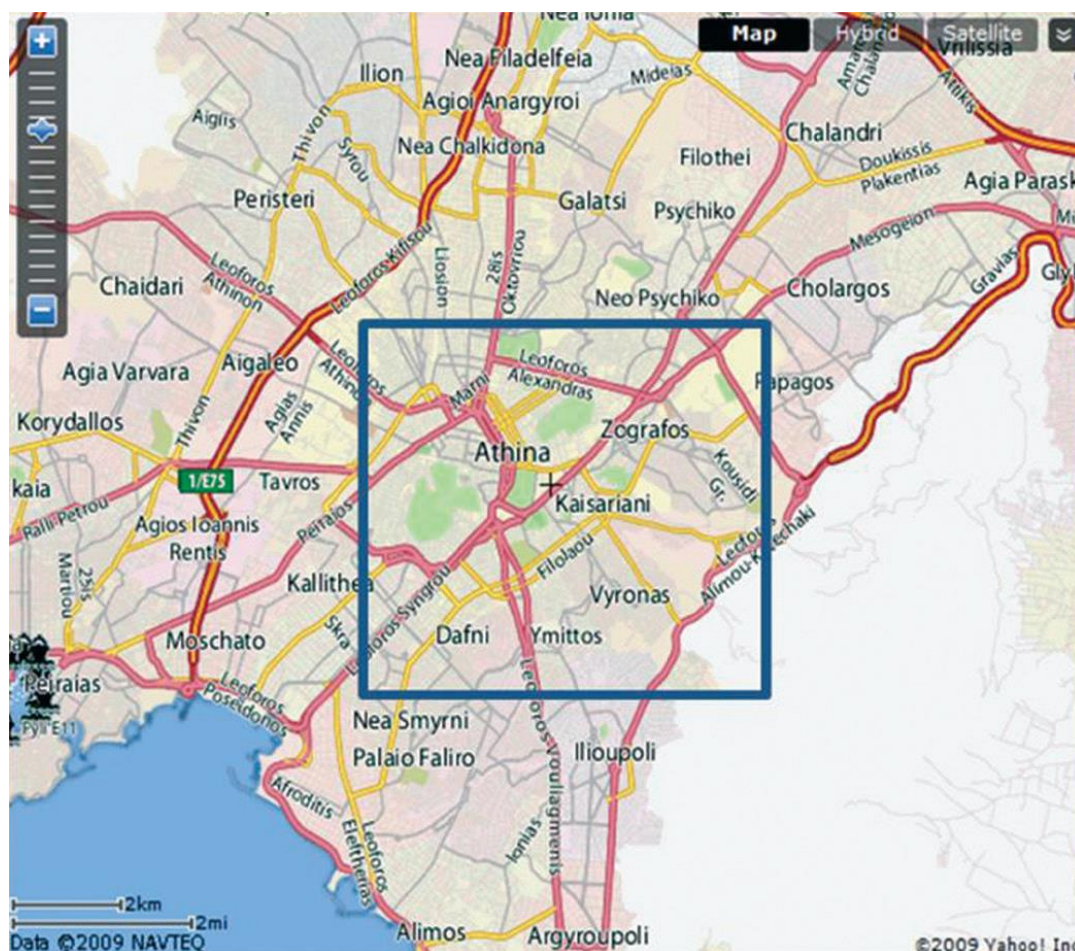
Όπως φαίνεται στον πίνακα 5, η ανάλυσή φανερώνει ότι η Γκάνα παρουσιάζει συνεπείς επίπεδα RMSE τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές ομάδες, ενώ η Λιβερία παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ των αστικών και αγροτικών συγκροτημάτων. Το αποτέλεσμα στη Λιβερία πηγαιίνει αντίθετα με τις προσδοκίες καθώς ήταν μία από τις χώρες που επηρεάστηκαν από την επιδημία του Ebola, όπου πραγματοποιήθηκε σημαντική ανθρωπιστική χαρτογράφηση το 2014. Αυτό ίσως να οφείλεται στη χαμηλή ανάλυση της βασικής εικόνας (Blanco, 2018).

3.2 Αξιολόγηση του οδικού δικτύου το OSM για την Ελλάδα

Για τον ελλαδικό χώρο, μία μελέτη για το OSM που περιλάμβανε και την Αθήνα (μαζί με το Λονδίνο) έγινε το 2009 (Kounadi, 2009), η οποία σύγκρινε το οδικό δίκτυο της πρωτεύουσας μεταξύ των δεδομένων που παρέχονται από το OSM και των δεδομένων που ανήκουν και διαχειρίζονται από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού. Η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού παράγει, διαχειρίζεται και έχει υπό την εποπτεία της όλες εκείνες τις γεωγραφικές πληροφορίες που μπορεί να χρειαστούν στον

ελληνικό στρατό, στους δημόσιους φορείς και σε άλλες ανάγκες της χώρας (ΓΥΣ 2009). Στα προϊόντα της περιλαμβάνονται γεωδαιτικά, γεωφυσικά προϊόντα, αεροφωτογραφίες, χαρτογραφικά δεδομένα, τοπογραφικά όρια και ψηφιακές γεωγραφικές πληροφορίες.

Η περιοχή που επιλέχθηκε στην Αττική αποτελεί ένα μεγάλο κομμάτι του δήμου Αθηναίων συνολικής έκτασης 25 τ.χλμ. όπου περιλαμβάνεται ολόκληρο το κέντρο της πόλης μαζί με τους Δήμους Καλλιθέας, Δάφνης, Ζωγράφου, Βύρωνα, Καισαριανής και Ύμηττού. Η συγκεκριμένη περιοχή μελέτης επιλέχθηκε επειδή περιλαμβάνει τόσο το κέντρο της πόλης όσο και όμορους Δήμους. Παράλληλα στην εν λόγω ευρύτερη περιοχή βρίσκονται και οι σημαντικότεροι οδικοί άξονες με τη μεγαλύτερη κυκλοφοριακή κίνηση.



Εικόνα 16. Η περιοχή ενδιαφέροντος της μελέτης στην Αθήνα (Πηγή : Kounadi, 2009).

Η αξιολόγηση για τον υπολογισμό της ακρίβειας θέσης έγινε σε κάθε περιοχή ξεχωριστά χρησιμοποιώντας ως γεωγραφικές πληροφορίες αναφοράς αυτές που παρέχονται από τη ΓΥΣ και ως εξεταζόμενες πληροφορίες αυτές που παρέχονται από

το OSM. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της ακρίβειας θέσης ψηφιακών γραμμικών στοιχείων ήταν και πάλι αυτός των Goodchild και Hunter (Goodchild & Hunter, 1997). Γενικά κατά την εφαρμογή του αλγόριθμου και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν παρατηρήθηκε πως οι δρόμοι με τα μεγαλύτερα μήκη και πλάτη τείνουν να παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά επικάλυψης. Παράλληλα, οι δρόμοι που βρίσκονται στα δυτικά της περιοχής μελέτης ακολουθούν την ίδια τάση. Οι λόγοι είναι οι εξής, πρώτα από όλα στα Δυτικά της περιοχής μελέτης βρίσκονται οι δρόμοι που γειτνιάζουν με το κέντρο της Αθήνας. Είναι λογικό λοιπόν να έχουν χαρτογραφηθεί από περισσότερους εθελοντές και να έχει δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα σε αυτούς. Επίσης, οι δρόμοι με μεγαλύτερα μήκη και πλάτη είναι δρόμοι μεγαλύτερης σημασίας από άλλους μικρότερους. Μια εξήγηση λοιπόν είναι ότι έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον των εθελοντών για χαρτογράφηση και πιθανή τοποθέτηση σημείων ενδιαφέροντος σε αυτούς (Kounadi, 2009).

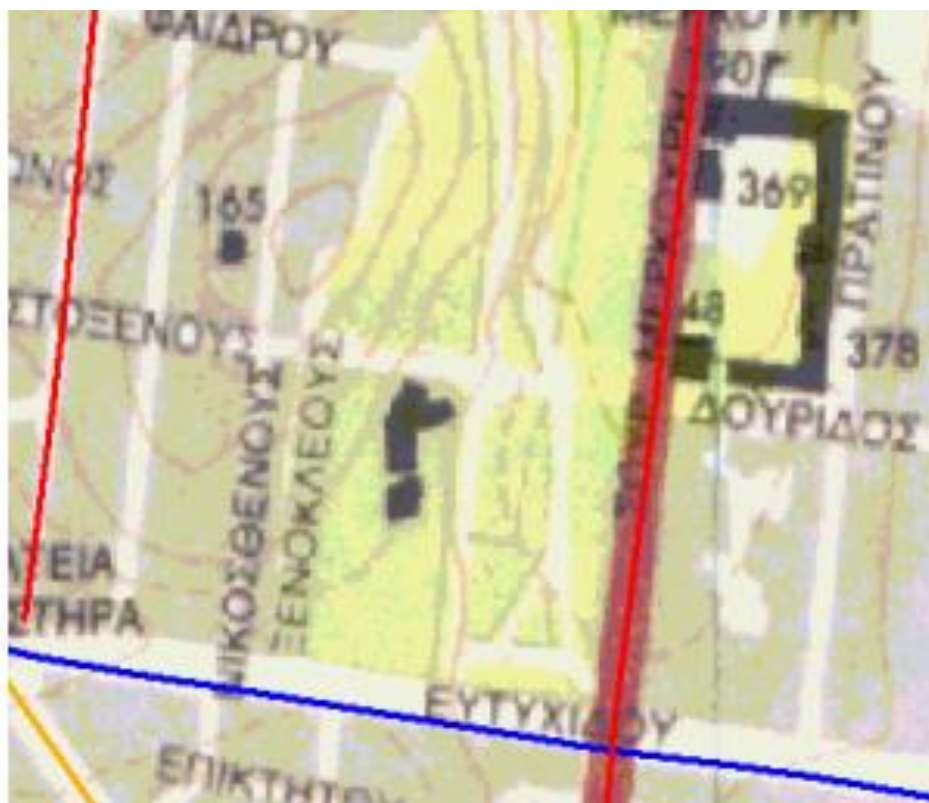
Σημαντικές ήταν οι παρατηρήσεις που γίνανε ως προς την ονομασία των δρόμων, παρατηρήθηκε πως στο μεν Λονδίνο η πληρότητα των ονομάτων ήταν αρκετά ικανοποιητική, στη δε Αθήνα κινήθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα δεδομένου ότι υπήρχαν δρόμοι χωρίς ονομασία. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ανομοιογένεια μεταξύ των OSM δεδομένων, καθώς σε αρκετούς δρόμους η ονομασία είχε δοθεί με Λατινικούς χαρακτήρες και σε άλλους με Ελληνικούς. Είναι μάλιστα ενδεικτικό πως η πληρότητα σε ονομασία οδών κινήθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα δείχνοντας πως μόλις το 26% των οδών στην περιοχή μελέτης είχε ονομασία, κάτι που σημαίνει πως το 74% των δρόμων αποτελούνταν από δρόμους χωρίς όνομα. Συγκρίνοντας αυτά τα αποτελέσματα, με αποτελέσματα προγενέστερης μελέτης για την περιοχή του Λονδίνου (Ather, 2009) είναι σαφές ότι το φαινόμενο αυτό δεν αποτελεί κυρίαρχη τάση για όλα τα δεδομένα που προέρχονται από το OSM καθώς το ποσοστό των οδών που δεν είχαν όνομα περιοριζόταν στο 31%. Η εξήγηση που δίνεται σε αυτή την ανομοιομορφία των ποσοστών πληρότητας των ονομάτων των οδών οφείλεται στον αριθμό των εθελοντών που έχουν ασχοληθεί με την περιοχή ενδιαφέροντος και στο ότι η περιοχή του Λονδίνου είναι λογικό να έχει υψηλότερα ποσοστά πληρότητας δεδομένου ότι το εγχείρημα του OSM ξεκίνησε από τη συγκεκριμένη πόλη και άρα έχει δοθεί περισσότερη βαρύτητα. Επιπλέον, στην Αγγλία διοργανώνονται πολύ συχνά Σαββατοκύριακα χαρτογράφησης με συγκέντρωση εθελοντών και συλλογή

χωρικών και περιγραφικών στοιχείων. Στην Αθήνα, η χαρτογράφηση μέσω του OSM έχει γίνει σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα, μεμονωμένα και είναι λογικό η πληρότητα να είναι σε εξελίξιμο στάδιο (Kounadi, 2009).

Η πληρότητα του μήκους του οδικού δικτύου έλαβε χώρα υπολογίζοντας το μήκος κάθε κατηγορίας δρόμου, ξεχωριστά προκειμένου να γίνει η σύγκριση. Επίσης η μελέτη έγινε για κάθε τετράγωνο χωριστά και έπειτα τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν ώστε να υπάρξει μια γενικευμένη εικόνα της πληρότητας για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος. Η κύρια φιλοσοφία της μεθοδολογίας ήταν ο υπολογισμός του λόγου των δεδομένων OSM έναντι των δεδομένων της ΓΥΣ στην Αθήνα. Στην περιοχή της Αθήνας, τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως το οδικό δίκτυο του OSM έχει μήκος 600.982 μ. ενώ το αντίστοιχο της ΓΥΣ 682.956 μ. Προκύπτει λοιπόν ότι τα χωρικά δεδομένα του OSM υπολείπονταν κατά 12% της ΓΥΣ. Είναι σαφές πως η πληρότητα του οδικού δικτύου βρίσκεται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα. Τέλος από την μελέτη που δημιουργήθηκε προκύπτει πως οι ελλείψεις στο οδικό δίκτυο του OSM εστιάζεται κυρίως στις μικρές, τοπικές οδούς (Kounadi, 2009).

Αναφορικά με την ακρίβεια θέσης η Κουνάδη δημιουργεί ένα πλέγμα που χωρίζει την περιοχή μελέτης σε 25 υπό περιοχές του ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου η κάθε μια και κρατάει τις οδούς που την ενδιαφέρουν για την ανάλυση των ζωνών (buffer analysis). Όλη η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε στο MapInfo και το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των ζωνών ήταν γραμμένο σε MapBasic. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η μέθοδος υπολογίζει το ποσοστό των υπό εξέταση δεδομένων που επικαλύπτονται στα δεδομένα αναφοράς. Τα δεδομένα αναφοράς χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το πλάτος τους και για κάθε κατηγορία εφαρμόστηκε και διαφορετική ζώνη (buffer) ώστε να παραχθούν πιο ακριβή αποτελέσματα. Τα πλάτη των ζωνών που επιλέχθηκαν ήταν 7.5 μέτρα για δρόμους Α κατηγορίας, 5 μέτρα για Β' και 4 μέτρα για Γ', τα οποία είναι βασιζόμενα στην ψηφιοποιημένη ράστερ εικόνα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Γενικά, παρατηρείται ότι το σύνολο δεδομένων OSM επικαλύπτει πολύ καλά τους αντίστοιχους δρόμους του HMGS και οι περισσότεροι δρόμοι έχουν επικάλυψη μεγαλύτερη του 90%. Η ακόλουθη εικόνα δείχνει δύο δρόμους με υψηλό και χαμηλό ποσοστό, αντίστοιχα, και πώς αυτοί οι δρόμοι ταιριάζουν με τους αντίστοιχους δρόμους του ράστερ του HMGS. Ο δρόμος με υψηλό ποσοστό επικάλυψης ακολουθεί το κέντρο του αντίστοιχου δρόμου του HMGS, ενώ ο δρόμος με το χαμηλό ποσοστό

βρίσκεται κοντά στην άκρη ή έξω από τον αντίστοιχο δρόμο του HMGS (Kounadi, 2009).



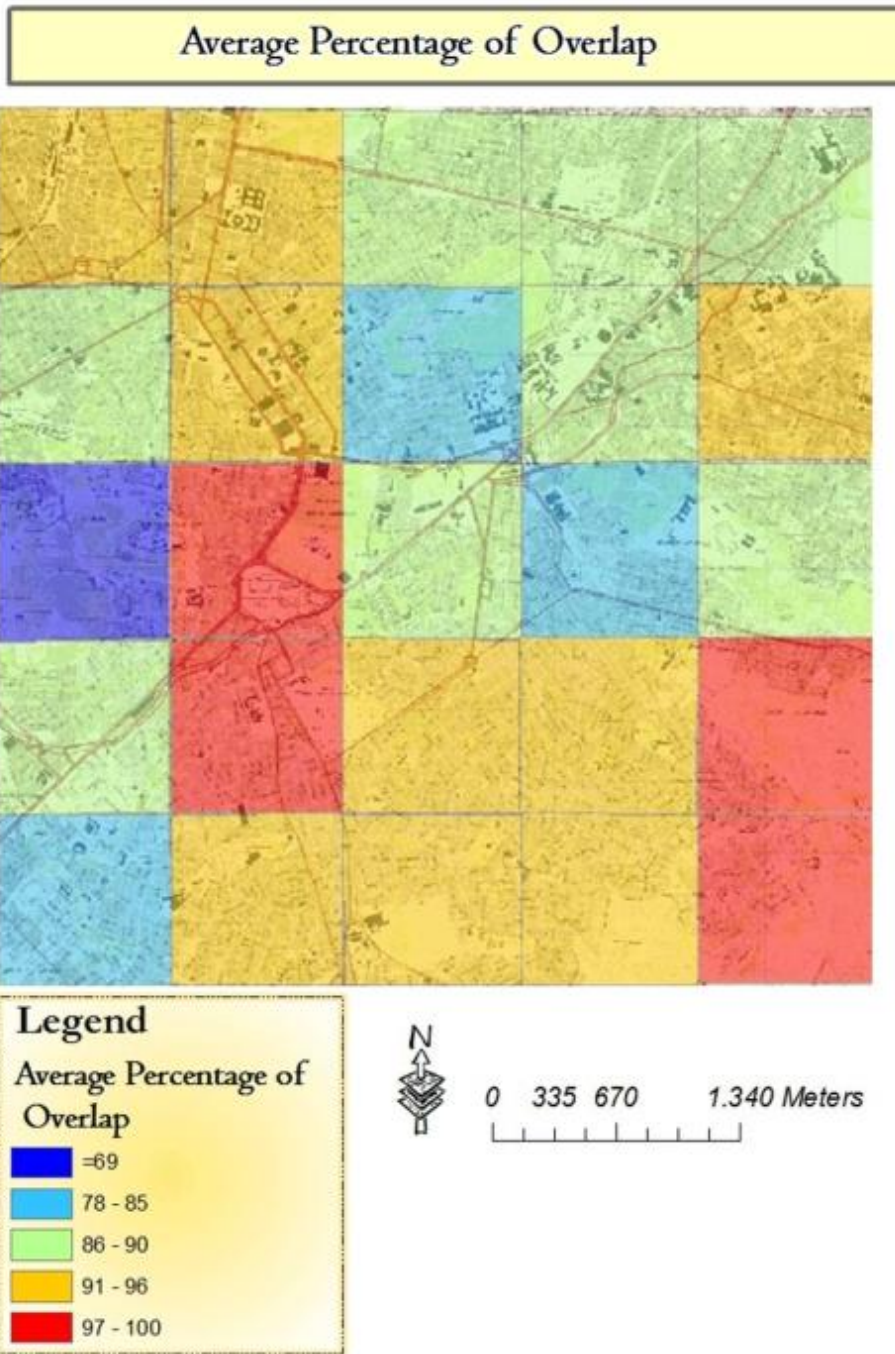
Εικόνα 17. Αποτελέσματα σύγκρισης HMGS και OSM (η κόκκινη γραμμή παρουσιάζει δρόμους με επικάλυψη πάνω από 90% ενώ η μπλε κάτω του 50%), Πηγή: Kounadi, 2009

Ο πίνακας και η εικόνα που ακολουθούν παρουσιάζουν τα μέσα αποτελέσματα για κάθε τετράγωνο πλέγματος, ώστε να εξεταστεί καλύτερα η κατανομή των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 6. Μέσα ποσοστά επικάλυψης (Πηγή: Kounadi, 2009).

a/a	Average % Overlap	Sum of Road Length	a/a	Average % Overlap2	Sum of Road Length 2
Square 1	85%	8861	Square 14	92%	7605
Square 2	87%	13262	Square 15	96%	6925
Square 3	69%	2245	Square 16	89%	11046
Square 4	87%	10340	Square 17	87%	11043
Square 5	92%	10844	Square 18	83%	10296
Square 6	94%	12666	Square 19	95%	5786
Square 7	92%	11724	Square 20	93%	5023
Square 8	100%	8659	Square 21	87%	11217
Square 9	100%	8278	Square 22	91%	11438
Square 10	93%	5692	Square 23	90%	3296
Square 11	89%	12934	Square 24	99%	939

Square 12	78%	6381	Square 25	99%	4459
Square 13	86%	9351			



Εικόνα 18. Μέσα ποσοστά επικάλυψης (Πηγή: Kounadi, 2009).

Τα ποσοστά κυμαίνονται μεταξύ 69% και 100%. Ωστόσο, η πλειοψηφία των τετραγώνων (21 από 24) είχε μέσο ποσοστό επικάλυψης πάνω από 86%. Μόνο ένα τετράγωνο (στη δυτική πλευρά του χάρτη) είχε χαμηλό ποσοστό 69%. Ωστόσο, το άθροισμα του μήκους των δρόμων για αυτό το τετράγωνο είναι το δεύτερο χαμηλότερο με 2245 μέτρα. Γενικά, στον πίνακα παρατηρείται ότι τα τετράγωνα με μεγάλο μήκος δρόμου τείνουν να έχουν υψηλότερα ποσοστά. Επίσης, τα τετράγωνα 8

και 9 (στη δυτική πλευρά του χάρτη) έχουν 100% μέσο ποσοστό επικάλυψης. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι αυτά τα τετράγωνα πλέγματος είναι πιο κοντά στο κέντρο της πόλης και επίσης έχουν πολλούς δρόμους τύπου Α'.

Συνολικά, ερευνήθηκαν 313 δρόμοι που καλύπτουν περισσότερα από 209.000 χιλιόμετρα στην κεντρική περιοχή της Αθήνας, όπως φαίνεται στον πίνακα 7 παρακάτω. Το μέσο ποσοστό επικάλυψης των τετραγώνων σχετικά με το μήκος του οδικού δικτύου υπολογίστηκε στο 89,5%. Επιπλέον, η μέση επικάλυψη για τους δρόμους τύπου Α' και Β' είναι 91%, ενώ για τους δρόμους τύπου C' είναι 86%. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι οι τύποι δρόμων Α' και Β' έχουν μεγαλύτερο πλάτος ζώνης. Ένας άλλος λόγος μπορεί να είναι ότι το κύριο οδικό δίκτυο είναι υψηλής σημασίας και προσβασιμότητας σε σχέση με άλλους δρόμους. Επομένως, περισσότεροι χρήστες μπορεί να έχουν συλλέξει αυτά τα δεδομένα, αυξάνοντας τη δυνατότητα για καλύτερα αποτελέσματα ή οι χρήστες μπορεί να ήταν πιο προσεκτικοί στο στάδιο της ψηφιοποίησης αυτών των δρόμων (Kounadi, 2009).

Πίνακας 7. Συνολικά αποτελέσματα έρευνας (Πηγή: Kounadi, 2009).

Athens Tile	
Number of roads	313
Average %Overlap	89%
Sum of Length	209292
A' and B' roads average %overlap	91%
C' roads average % overlap	86%

Τέλος ακόμα μια μελέτη για τα Ελληνικά δεδομένα ήταν αυτή που περιελάμβανε τις περιοχές Κω, Ηράκλειο και Κομοτηνή - Ξάνθη (Κουκολέτσος, 2014). Η μελέτη αυτή αναλύει μια αυτοματοποιημένη μέθοδο ποιοτικού ελέγχου για γραμμικά δεδομένα, προσαρμοσμένη για ανομοιογενή δεδομένα που συλλέγονται από εθελοντές. Χρησιμοποιείται για να συγκρίνει το οδικό δίκτυο του OpenStreetMap (OSM) με αυτό της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) σε τρεις περιοχές της Ελλάδας. Η σύγκριση πραγματοποιείται τρεις φορές χρησιμοποιώντας δεδομένα από το OSM για τα έτη 2012, 2013 και 2014, επιτρέποντας τη διαχρονική αξιολόγηση των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων του OSM. Η μέθοδος αξιολογεί τη γεωμετρική πληρότητα των δεδομένων του OSM, δηλαδή το πόσο πλήρης είναι η αναπαράσταση του οδικού δικτύου σε σχέση με την αναπαράσταση της ΓΥΣ, καθώς και τη χωρική τους ακρίβεια. Μετά από την

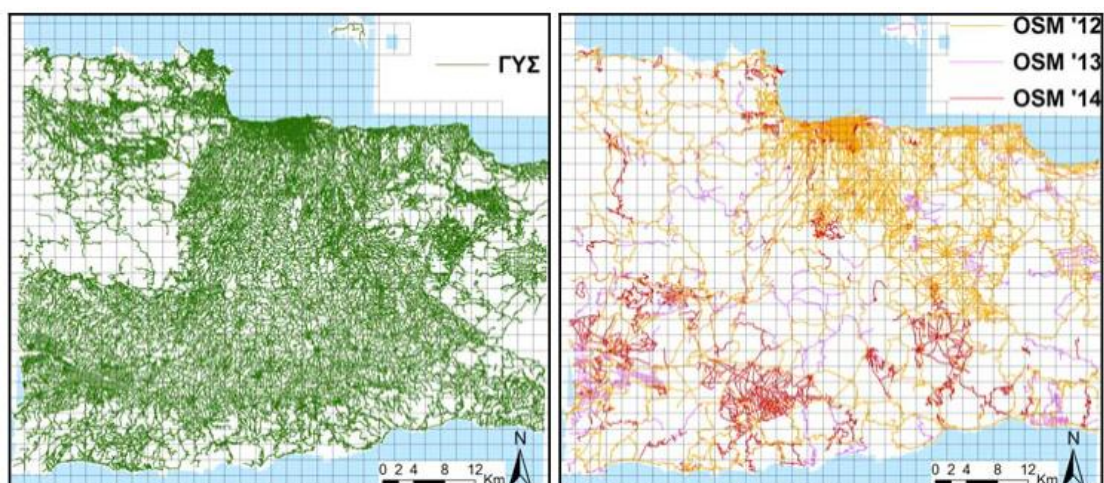
αντιστοίχιση των δεδομένων από τις δύο πηγές, προκύπτουν μοναδικά δεδομένα από κάθε πηγή, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν τα υπάρχοντα δεδομένα (συγχώνευση δεδομένων) ή για να υποδείξουν περιοχές που απαιτούν αναθεώρηση των δεδομένων. Επιπλέον, η έρευνα παρέχει συμπεράσματα σχετικά με την αντιστοίχιση των διαφορετικών κατηγοριών δρόμων που χρησιμοποιούν οι δύο πηγές δεδομένων, καθώς και τα τμήματα του οδικού δικτύου που δεν έχουν χαρτογραφηθεί. Τα δεδομένα που χρησιμοποιεί η έρευνα χωρίζονται σε τρία σετ: α) Τα δεδομένα αναφοράς τα οποία είναι το οδικό δίκτυο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ). Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται από τη ΓΥΣ για τη δημιουργία χαρτών κλίμακας 1:50.000. Η οριζοντιογραφική ακρίβεια των δεδομένων είναι το ένα τέταρτο του χιλιοστού της κλίμακας, δηλαδή 12.5 μέτρα ή καλύτερη, αν και η αναγραφόμενη στον αναλογικό χάρτη ακρίβεια είναι 25 μέτρα. Καθώς η παραπάνω κλίμακα δεν περιλαμβάνει ονομασίες οδών, τα δεδομένα του οδικού δικτύου δεν περιλαμβάνουν την αντίστοιχη περιγραφική πληροφορία. β) τα δεδομένα του οδικού δικτύου του OSM για τις χρονιές 2012, 2013 και 2014 και γ) ένα πλέγμα πολυγώνων σύμφωνα με το οποίο θα γίνει η αξιολόγηση. Οι εικόνες που ακολουθούν απεικονίζουν τα σετ δεδομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 19. Κως-Κάλυμνος: Δεδομένα ΓΥΣ (αριστερά) και OSM '12,'13,'14 (δεξιά), Πηγή: Koukoletsos, 2014



Εικόνα 20. Κομοτηνή-Ξάνθη: Δεδομένα ΓΥΣ (αριστερά) και OSM '12, '13, '14 (δεξιά), Πηγή: Koukoletsos 2014



Εικόνα 21. Ηράκλειο: Δεδομένα ΓΥΣ (αριστερά) και OSM '12, '13, '14 (δεξιά), Πηγή: Koukoletsos, 2014

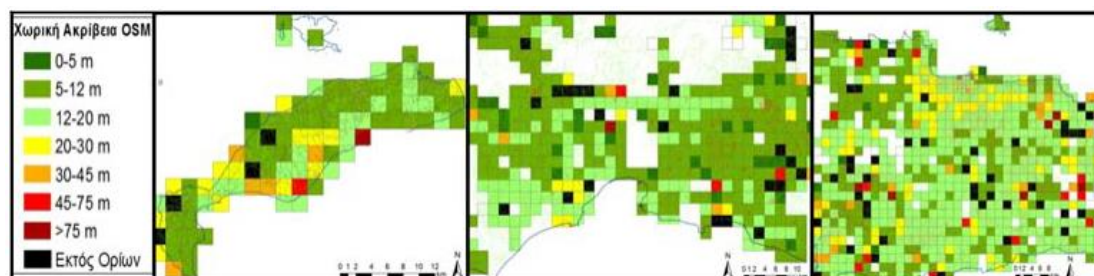
Οι παρακάτω πίνακες περιγράφουν τα αποτελέσματα πληρότητας και ακρίβειας θέσης των δεδομένων του OSM.

Πίνακας 8. Πληρότητα OSM, Πηγή: Koukoletsos, 2014

	Κως			Κομοτηνή - Ξάνθη			Ηράκλειο		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Έτος	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Πολύγωνα	95	95	97	346	382	419	676	755	787
Συσχ.ΓΥΣ(%)	56.55	58.35	63.82	12.57	21.33	24.38	33.21	38.15	45.18
Τυπ.Απόκλ.(%)	21.26	21.98	20.45	10.41	15.85	17.84	24.24	26.40	26.73

Πίνακας 9. Ακρίβεια θέσης OSM, Πηγή: Koukoletsos, 2014

Στατιστικά χωρίς εκτός ορίων τιμές	Κως			Κομοτηνή-Ξάνθη			Ηράκλειο		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Έτος									
Πολύγωνα	90	91	94	199	330	388	608	699	736
Ακρίβεια(m)	18.73	17.49	16.80	17.23	12.97	11.18	16.19	16.17	16.20
Τυπ.απόκλ.(m)	15.21	14.34	12.83	14.59	9.19	7.89	9.14	9.76	9.99



Εικόνα 22. Αποτελέσματα χωρικής ακρίβειας OSM για το έτος 2014 περιοχών α. Κως, β. Κομοτηνής – Ξάνθης, γ. Ηρακλείου, Πηγή: Koukoletsos, 2014

Σημαντική βελτίωση παρουσιάζει τόσο η ακρίβεια του OSM με την πάροδο του χρόνου (κατά μέσο όρο), όσο και η τυπική απόκλιση που μειώνεται διαχρονικά με τις τιμές να βρίσκονται όλο και πιο κοντά στο μέσο όρο. Συγκεκριμένα, στη περιοχή της Κως παρατηρείται μια ετήσια βελτίωση της ακρίβειας περίπου 1 μέτρο, στη περιοχή της Κομοτηνής-Ξάνθης περίπου 3 μέτρα, ενώ στη περιοχή του Ηρακλείου παραμένει σχεδόν σταθερή. Συνολικά, η ακρίβεια του OSM το 2014 κυμαίνεται από 11 μέτρα έως 17 μέτρα.

4. Μεθοδολογία και αποτελέσματα της εφαρμογής

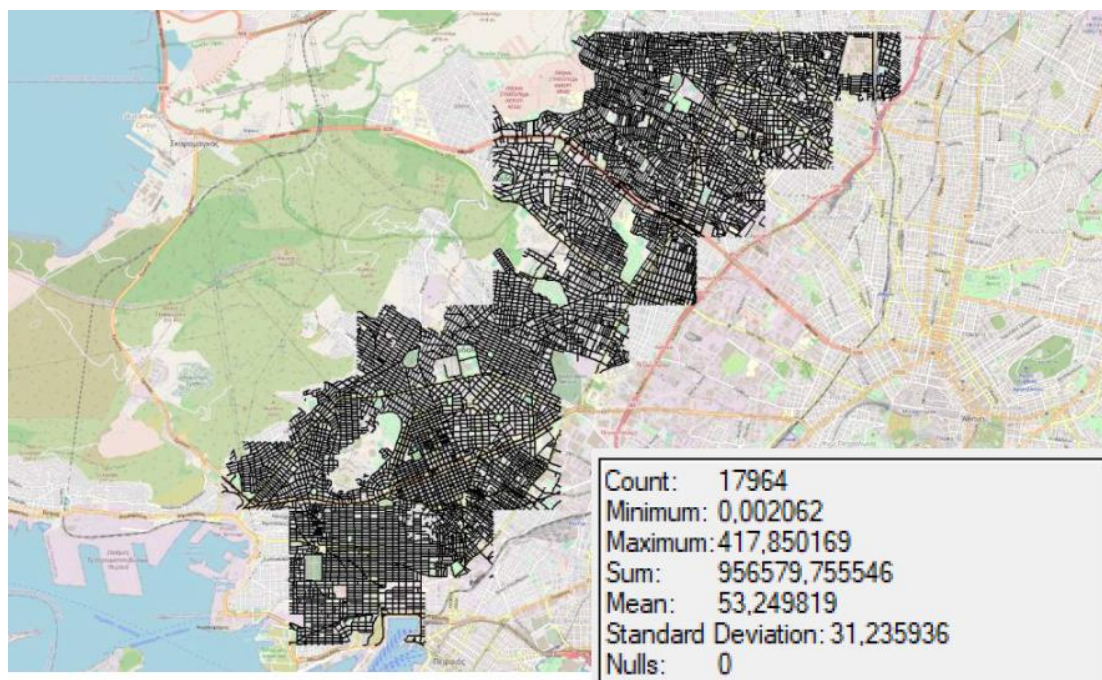
4.1 Δεδομένα

4.1.1 Οδικό δίκτυο του OSM

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το OpenStreetMap (OSM) αποτυπώνει το οδικό δίκτυο σε παγκόσμιο επίπεδο με τη βοήθεια εθελοντών-χρηστών που δημιουργούν δεδομένα με διάφορους τρόπους (π.χ. GPS, ψηφιοποίηση κ.α.) και παρέχει διαδικτυακούς χάρτες σε διάφορες κλίμακες. Επιπλέον, παρέχονται λεπτομέρειες σχετικά με τις διάφορες κατηγορίες οδών σε ολόκληρο το σύνολο δεδομένων του OSM. Πιο συγκεκριμένα, οι οδοί καταγράφονται ως γραμμές, που περιλαμβάνουν ετικέτες όπως τύπος, κατεύθυνση κυκλοφορίας, μέγιστη ταχύτητα και άλλα, προσφέροντας σημαντική σημασιολογική πληροφορία. Η λήψη δεδομένων από το OSM για το οδικό δίκτυο της Ελλάδας έγινε από την ιστοσελίδα <http://download.geofabrik.de/>. Στη συνέχεια απαιτείται η μετατροπή συντεταγμένων του συνόλου δεδομένων του OSM από WGS84 σε ΕΓΣΑ87 και να γίνει η περικοπή των δεδομένων στη περιοχή μελέτης δηλαδή στην Δυτική Αττική.

Στο data set του OSM εκτελείται η διαγραφή των εγγραφών που έχουν ως κατηγορία δρόμου (fclass) μια από τις παρακάτω: cycleway, footway, path, steps και bridleway. Οι παραπάνω εγγραφές διαγράφονται γιατί δεν έχουν αντιστοιχία με το σύνολο δεδομένων του κτηματολογίου. Επίσης πολύ σημαντικό είναι να τονισθεί ότι επιλέχθηκαν μόνο οι γραμμές του OSM που βρίσκονται ολοκληρωτικά μέσα στα πολύγωνα των δρόμων του κτηματολογίου όπως περιγράφεται παρακάτω. Έπειτα στο data set του OSM στις κατηγορίες οδών όπως π.χ. αυτοκινητόδρομος υπάρχουν διπλές γραμμές στην ίδια οδό, με το συγκεκριμένο τρόπο το OSM συμβολίζει ότι ο δρόμος είναι διπλής κατεύθυνσης. Για τους σκοπούς της έρευνας και για να είναι τα 2 data set συγκρίσιμα πρέπει οι διπλές γραμμές να μετατραπούν σε μια, το παραπάνω πραγματοποιείται μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS και με την εντολή “Merge divided road” όπου δημιουργεί την διάμεσο των δυο παράλληλων γραμμών εισάγοντας τις κατάλληλες παραμέτρους (τύπος δρόμου, μέγιστη απόσταση παράλληλων γραμμών κλπ.). Τέλος το συνολικό μήκος του οδικού δικτύου του OSM

είναι 956 χιλιόμετρα με τις τοπικές οδούς να περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μήκος αυτού του συνόλου.



Εικόνα 23. Σύνολο δεδομένων OSM, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

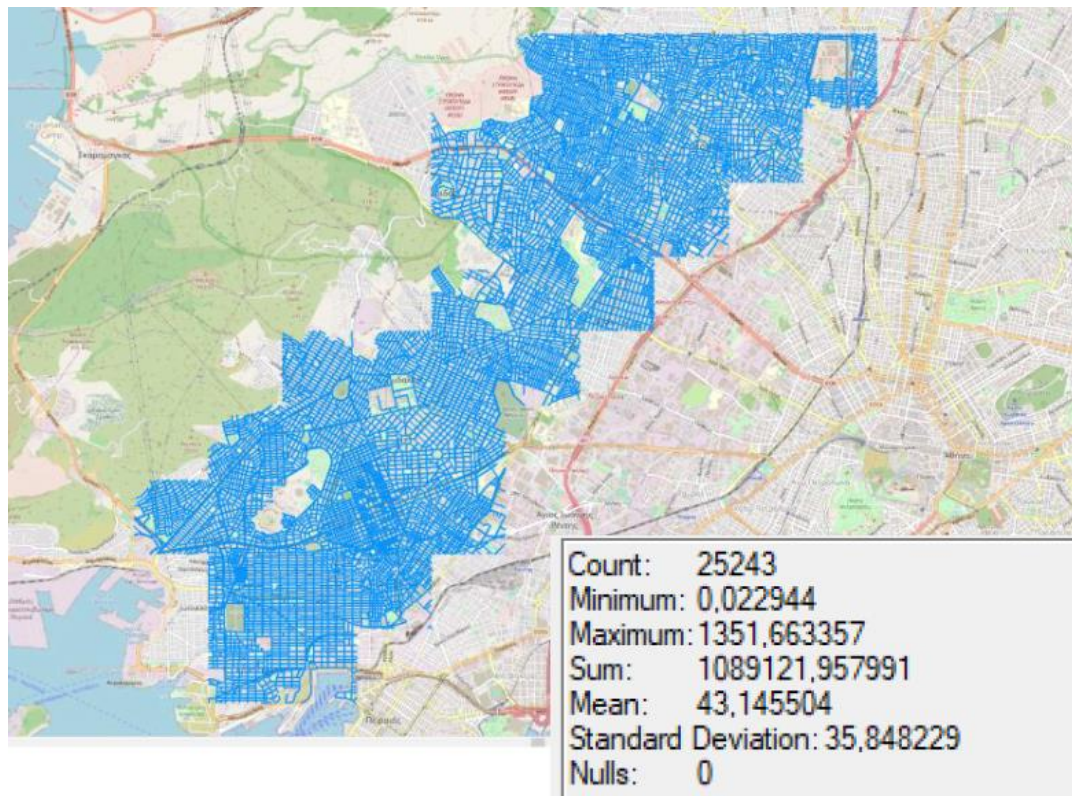
4.1.2 Οδικό δίκτυο από το Ελληνικό Κτηματολόγιο

Από το Εθνικό Κτηματολόγιο συλλέγονται δεδομένα γεωτεμαχίων με σκοπό τη δημιουργία κτηματολογικών διαγραμμάτων. Συγκεκριμένα, δημιουργούνται διαγράμματα σε κλίμακα 1:1000 για τις αστικές περιοχές και 1:5000 για τις αγροτικές περιοχές. Η λήψη των δεδομένων του κτηματολογίου γίνεται από τη Γεωπύλη του οργανισμού <https://www.ktimanet.gr/geoportal/catalog/main/home.page>. Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα ως υπηρεσίες αλλά μπορούν να ληφθούν και ως αρχεία Shapefile στο ΕΓΣΑ87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987). Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι το σύνολο δεδομένων του κτηματολογίου αποτελείται από πολύγωνα οικοπέδων και δρόμων στα οποία πραγματοποιείται όπως και παραπάνω περικοπή των δεδομένων στη περιοχή μελέτης. Για τους σκοπούς της έρευνας διαγράφονται όλα τα πολύγωνα των οικοπέδων δηλαδή όλα τα πολύγωνα στα οποία δεν περιέχεται ο κωδικός 'ΕΚ' στο ID τους (Ο κωδικός 'ΕΚ' περιλαμβάνεται στον δωδεκαψήφιο κωδικό ΚΑΕΚ και συμβολίζει τα τεμάχια των δρόμων). Με αυτόν τον τρόπο παραμένουν μόνο τα πολύγωνα των δρόμων τα οποία πρέπει να μετασχηματιστούν σε

γραμμές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS Pro και με την εντολή “Center Line” δημιουργείται ο μέσος άξονας κάθε γεωτεμαχίου/πολυγώνου που αντιπροσωπεύει τον άξονα του δρόμου. Τα παραπάνω όπως και το συνολικό μήκος των γραμμών του κτηματολογίου που ανέρχεται στα 1089 χιλιόμετρα παρουσιάζεται στις ακόλουθες εικόνες.



Εικόνα 24. Παράδειγμα εξαγωγής μέσου άξονα από τα πολύγωνα των δρόμων, Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 25. Σύνολο δεδομένων ΕΚΧΑ, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

4.2 Μέτρα αξιολόγησης της ποιότητας

Για την αξιολόγηση της ποιότητας του οδικού δικτύου του OSM ως προς τα ανοιχτά δεδομένα του Ελληνικού Κτηματολογίου χρησιμοποιήθηκε μια σειρά από μέτρα και δείκτες όπως περιγράφονται παρακάτω με σκοπό την απόκτηση σημαντικών ευρημάτων σχετικά με το επιστημονικό αντικείμενο.

Ο δείκτης πληρότητας βασίζεται στη σύγκριση των συνολικών μηκών (lengths) των δυο συνόλων δεδομένων με σκοπό να υπολογίσει το ποσοστό ομοιότητας αυτών.

Αναφορικά με την ορθότητα θέσης χρησιμοποιούνται διάφορα μέτρα για ένα πιο ασφαλές και ολοκληρωμένο αποτέλεσμα. Τα μέτρα υπολογίζονται σε επίπεδο οντότητας, για ένα πλέγμα και με τη μορφή συνολικών δεικτών.

Σε επίπεδο οντότητας υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του οδικού δικτύου του OSM και του κτηματολογίου. Αυτό επιτυγχάνεται σε επίπεδο κορυφών, αφού πρώτα οι γραμμές του OSM μετατραπούν σε κορυφές και στη συνέχεια υπολογίζεται η απόσταση αυτών των κορυφών από τις γραμμές του οδικού δικτύου αναφοράς. Έπειτα υπολογίζεται η μέση απόσταση για κάθε γραμμή οδικού δικτύου που περιγράφεται από έναν μοναδικό κωδικό OSM ID.

Από τα παραπάνω μέτρα μπορούν να εξαχθούν στατιστικοί καθολικοί δείκτες όπως η μέση απόσταση των κορυφών και των γραμμών. Ένας ακόμα δείκτης για την συνολική αξιολόγηση της ορθότητας της θέσης είναι ένας καθολικός δείκτης ο οποίος υπολογίζει το ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που βρίσκεται σε απόσταση έως 1μ, 2μ, 3μ και 5μ από τα δεδομένα του Κτηματολογίου. Επιπλέον υπολογίζεται το ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που βρίσκεται σε ζώνη πλάτους 1μ, 2μ, 3μ και 5μ από τα δεδομένα του κτηματολογίου.

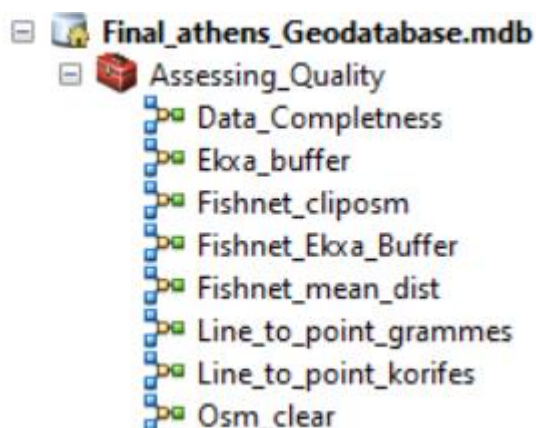
Επιπλέον μια ακόμη εκτίμηση της ποιότητας που μελετάται είναι η προσέγγιση βασισμένη σε πλέγμα. Η οποία υπολογίζει το ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που περιλαμβάνεται σε ζώνες 1μ, 2μ, 3μ και 5μ που δημιουργούνται γύρω από τα δεδομένα αναφοράς, για κάθε κελί του πλέγματος του ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου που καλύπτει την περιοχή μελέτης. Το παραπάνω μέτρο αξιολογεί τη ποιότητα των δεδομένων του OSM σε επίπεδο περιοχής του ενός

τετραγωνικού χιλιομέτρου για ένα πιο γενικό αποτέλεσμα και όχι εστιασμένο σε επίπεδο οντότητας.

Τέλος η θεματική ακρίβεια δεν αξιολογείται καθώς οι οδοί του κτηματολογίου δεν έχουν την σχετική πληροφορία και αυτό οφείλεται στη περιορισμένη πληροφορία που μπορεί να ληφθεί από τα ανοιχτά δεδομένα του κτηματολογίου.

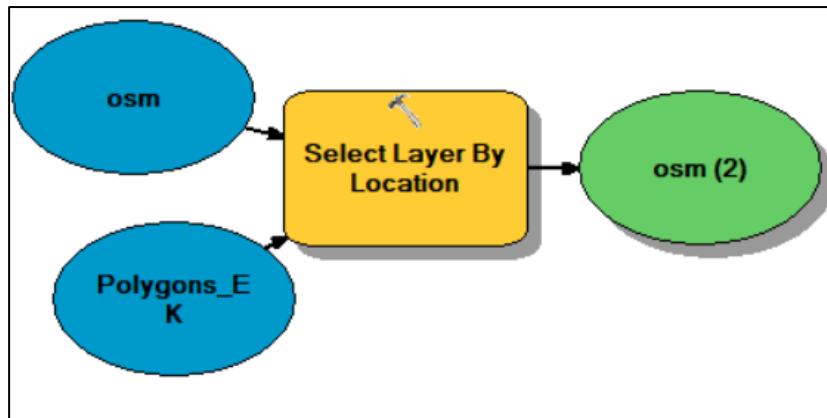
4.3 Περιγραφή εργαλείων για την αξιολόγηση της ποιότητας των δρόμων

Σε αυτήν την ενότητα πραγματοποιείται η αναλυτική περιγραφή όλων των μοντέλων που κατασκευάστηκαν και των διαδικασιών που ακολουθήθηκαν για την αξιολόγηση της ποιότητας των δρόμων του OSM μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS. Όλα τα μοντέλα κατασκευάστηκαν με το Model_Builder και βρίσκονται μέσα στη γεωβάση “Final_Athens_Geodatabase” στην εργαλειοθήκη “Assessing_Quality” όπως απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 26. Η γεωβάση και το Toolbox της έρευνας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

Το πρώτο μοντέλο που κατασκευάστηκε είναι το “Osm_clear” το οποίο σα στόχο έχει να επιλέξει όλες τις εγγραφές του OSM που βρίσκονται ολοκληρωτικά μέσα (are_within) στα πολύγωνα των δρόμων του κτηματολογίου. Στη συνέχεια με την εντολή switch selection διαγράφονται όλες οι εγγραφές του OSM εκτός πολυγώνων ΕΚΧΑ οι οποίες θα επηρέαζαν αρνητικά την αξιοπιστία του μοντέλου σύγκρισης δρόμων.

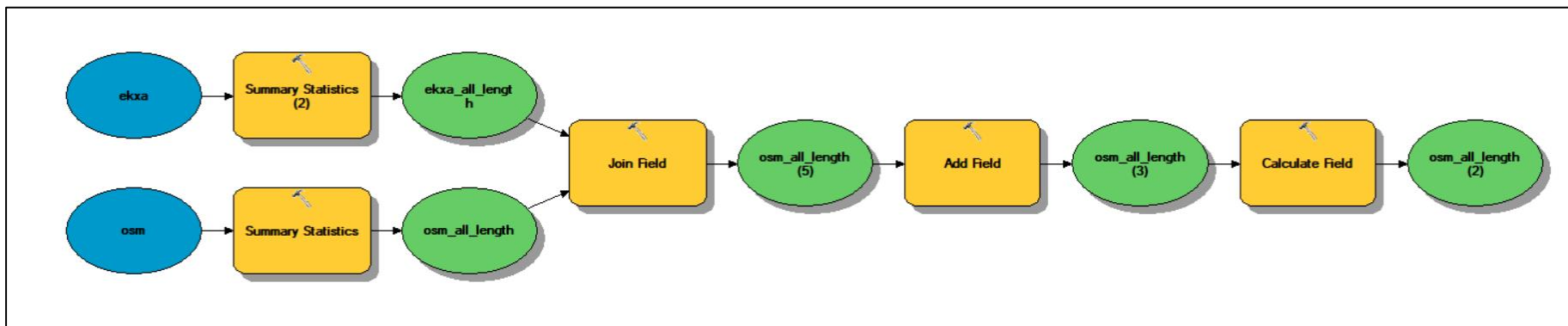


Εικόνα 27. Το μοντέλο *Osm_clear* (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

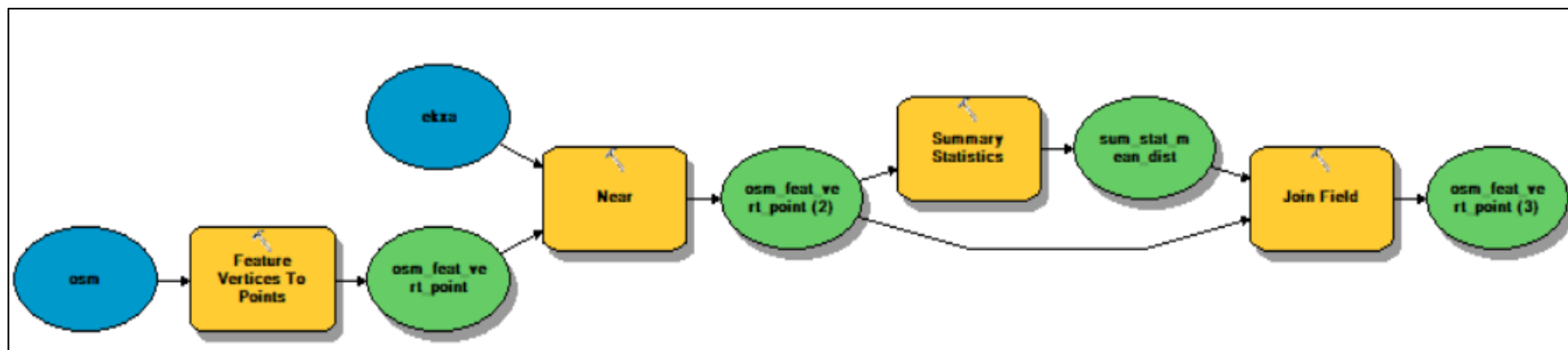
Το δεύτερο μοντέλο (*Data_Completeness*) αφορά τον υπολογισμό ενός δείκτη πληρότητας προκειμένου να υπάρχει μια γενική εικόνα και βασίζεται στη σύγκριση των συνολικών μηκών (*lengths*) των δυο συνόλων δεδομένων. Για τον υπολογισμό των παραπάνω χρησιμοποιήθηκε το *summary statistics* και στη συνέχεια στον πίνακα του *osm_all_length* προστέθηκε το συνολικό μήκος του Κτηματολογίου και δημιουργήθηκε ένα νέο πεδίο *data_completeness* που υπολογίζει το ποσοστό ομοιότητας των μηκών των δυο *data set* με τη παρακάτω πράξη:

$$[\text{SUM_Shape_Length_ekxa}] / [\text{SUM_Shape_Length_osm}] * 100 .$$

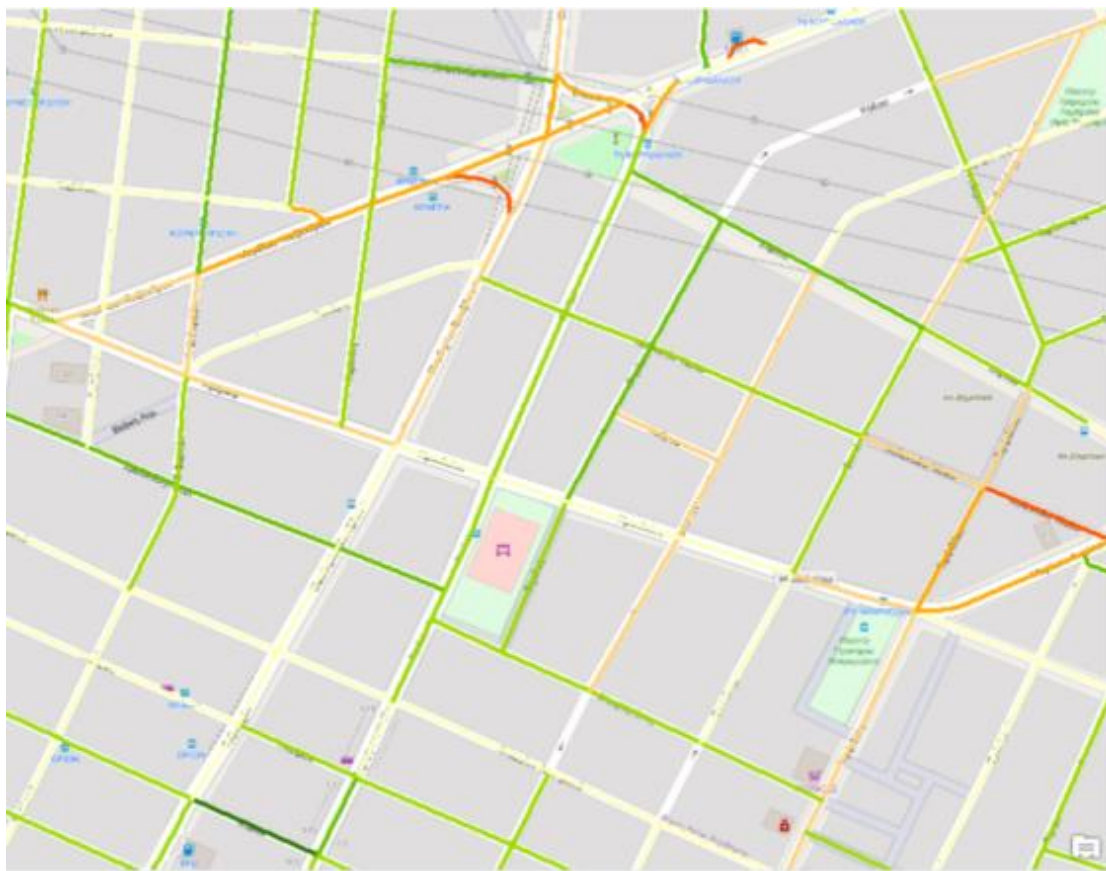
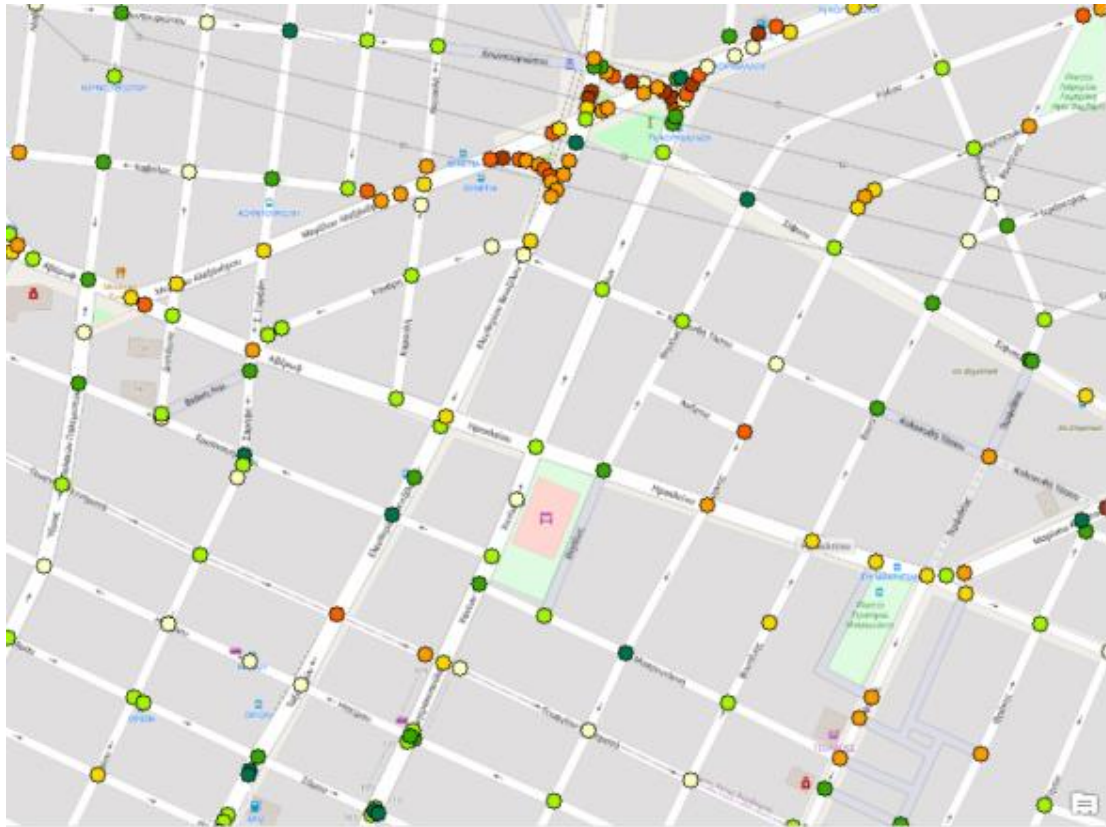
Τα επόμενα δυο μοντέλα είναι παρόμοια (*Line_to_point_korifes* και *Line_to_point_grammes*) και είναι ένας από τους δυο τρόπους σύγκρισης των δρόμων των δυο *data set* με βάση την απόσταση που έχουν μεταξύ τους. Για τα παραπάνω μοντέλα χρειάστηκε το υπό εξέταση *data set* (*OSM*) το οποίο αποτελείται από γραμμές να μετασχηματιστεί στις κορυφές που τις ορίζουν και να υπολογιστεί η απόσταση των κορυφών από τις γραμμές του Κτηματολογίου. Πιο συγκεκριμένα στο πρώτο μοντέλο (*Line_to_point_korifes*) οι γραμμές του *OSM* μετατρέπονται σε κορυφές και με την εντολή “near” υπολογίζεται η κοντινότερη απόσταση αυτών από τις γραμμές του κτηματολογίου, στη συνέχεια υπολογίζεται η μέση τιμή των κοντινότερων αποστάσεων κάθε γραμμής με βάση τον κωδικό (*osm_id*) στον πίνακα “*sum_stat_mean_dist*”. Τέλος εισάγονται οι μέσες τιμές του πίνακα στο *feature class* των κορυφών (*osm_feat_vert_point*). Η μόνη διαφορά στο δεύτερο μοντέλο (*Line_to_point_grammes*) είναι ότι οι μέσες τιμές του παραπάνω πίνακα προστίθενται στο *feature class* του *OSM* και αυτό γίνεται καθαρά για απεικονιστικούς σκοπούς όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 28. Το μοντέλο Data_Completeness, Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 29. Το μοντέλο Line_to_point_korifes, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

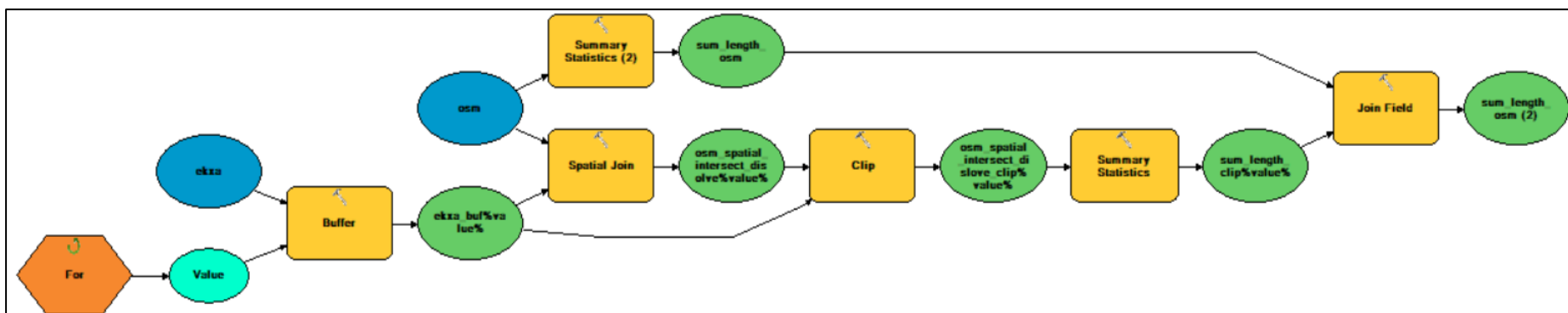


Εικόνα 30. Απεικονιστική απόδοση των μοντέλων, πάνω Line_to_point_korifes και κάτω Line_to_point_grammes,
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

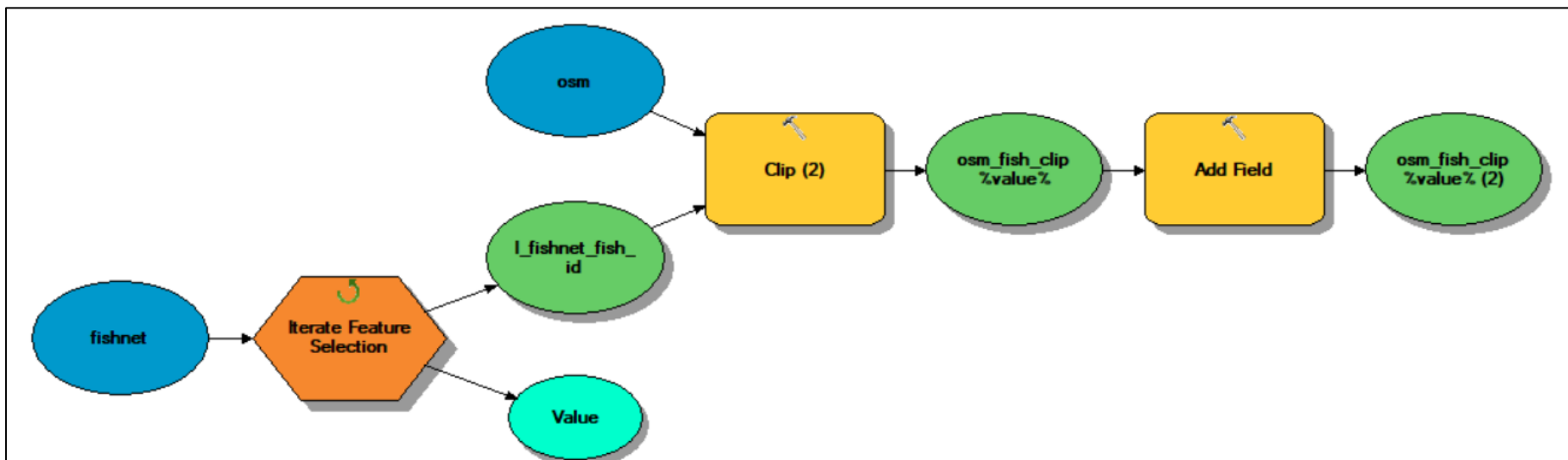
Ο δεύτερος τρόπος σύγκρισης των δυο ομάδων δεδομένων που μελετάται για να ελεγχθεί η αξιοπιστία των δρόμων του OSM χρησιμοποιεί το μοντέλο Ekxa_buffer το οποίο δημιουργεί ζώνες γύρω από τους δρόμους του Κτηματολογίου και υπολογίζει το ποσοστό ένταξης των δρόμων του OSM μέσα σε αυτές τις ζώνες. Αναλυτικότερα δημιουργούνται οι ζώνες (buffer) από 1 έως 5 μέτρα με τη βοήθεια του iterator “for” και στη συνέχεια με το Spatial Join εντοπίζονται οι γραμμές του OSM που βρίσκονται εντός των ζωνών του Κτηματολογίου. Επειδή χρειάζονται μόνο τα κομμάτια των γραμμών που είναι εξ ολοκλήρου μέσα στα Buffer γίνεται Clip των παραπάνω γραμμών στα Buffer. Έπειτα υπολογίζονται με το Summary Statistics σε νέους πίνακες το μήκος των παραπάνω γραμμών και του συνόλου των γραμμών του OSM, στη συνέχεια αποθηκεύονται τα μήκη των γραμμών που έγιναν clip για τα buffer (1,2,3 και 5μ) σε νέα πεδία στον πίνακα των συνολικών γραμμών του OSM και υπολογίζεται το ποσοστό του OSM που είναι μέσα στις ζώνες επιρροής (buffer). Τέλος τα ποσοστά που προέκυψαν περάστηκαν στο feature class του OSM ως νέα πεδία με όνομα percentage_1m, percentage_2m κ.ο.κ.

Οι παραπάνω έλεγχοι έγιναν για το σύνολο της περιοχής μελέτης αλλά σε επίπεδο οδού (γραμμικής οντότητας), το επόμενο βήμα είναι οι ίδιοι έλεγχοι να πραγματοποιηθούν σε μικρότερη κλίμακα έτσι ώστε να προκύψει ένα πιο γενικό αποτέλεσμα. Στόχος είναι να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των δεδομένων του OSM για κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο της περιοχής μελέτης. Για την επίτευξη των παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα μοντέλα.

Καταρχάς δημιουργήθηκε ένας κάναβος με την εντολή Fishnet ο οποίος καλύπτει την περιοχή μελέτης και αποτελείται από 35 πολύγωνα με διαστάσεις 1000x1000m το καθένα. Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε το μοντέλο Fishnet_cliposm το οποίο απομονώνει τις γραμμές του OSM με την εντολή clip για κάθε πολύγωνο του Fishnet, αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του iterator “Feature selection” όπως απεικονίζεται παρακάτω.

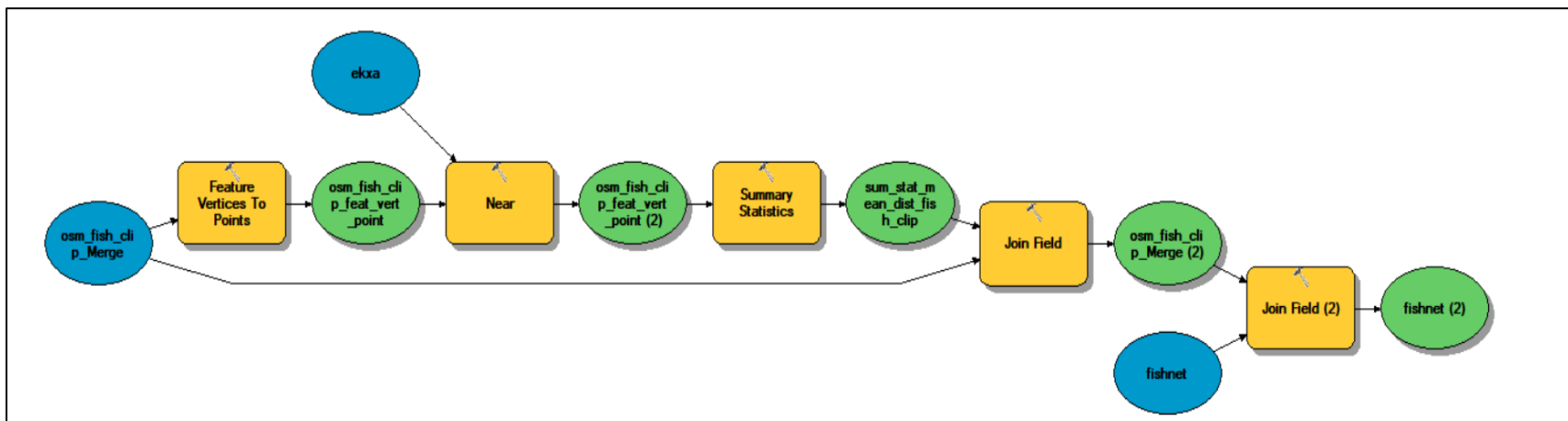


Εικόνα 31. Το μοντέλο Ekka_buffer (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

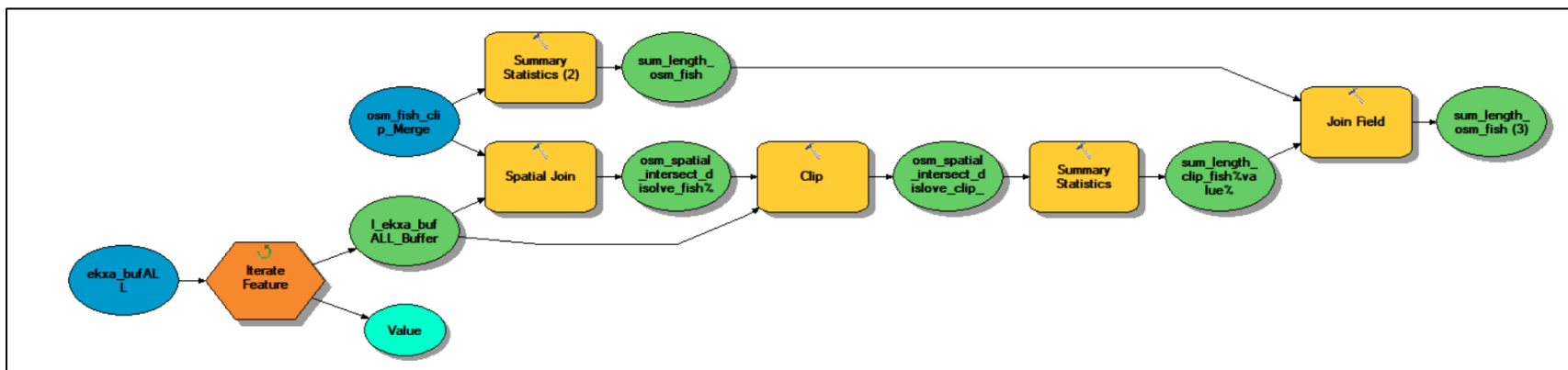


Εικόνα 32. Το μοντέλο Fishnet_cliposm (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία).

Για τον υπολογισμό του πρώτου ελέγχου για κάθε φατνίο του κανάβου, οι γραμμές του OSM μετασχηματίζονται σε κορυφές και υπολογίζεται η απόσταση αυτών από τις γραμμές του κτηματολογίου όπως αναλύεται στο μοντέλο `Fishnet_mean_dist` παρακάτω. Αρχικά στο πεδίο του `fishid` των `feature class osm_fish_clip%value%` προστίθεται ο κωδικός 1 έως 35, στη συνέχεια όλα τα παραπάνω γίνονται `merge` σε ένα νέο `feature class osm_fish_clip_Merge` το οποίο έχει όλες τις γραμμές του `osm` που αντιστοιχούν σε κάθε πολύγωνο. Όποτε πλέον το `osm_fish_clip_Merge` είναι αυτό που μετατρέπεται σε κορυφές και η διαφορά είναι ότι τώρα στα όρια των πολυγώνων οι γραμμές κόβονται. Έπειτα όπως και παραπάνω με την εντολή “near” εισάγεται η απόσταση των κορυφών από τις γραμμές του κτηματολογίου και υπολογίζεται η μέση τιμή των κοντινότερων αποστάσεων για κάθε κωδικό πολυγώνου αυτή τη φορά (`fishid`) στον πίνακα “`sum_stat_mean_dist_fish_clip`”. Τέλος αποθηκεύονται οι μέσες τιμές του παραπάνω πίνακα στο `feature class` των πολυγώνων `fishnet`. Προαιρετικά οι μέσες τιμές των πολυγώνων μπορούν να εισαχθούν και στο `osm_fish_clip_Merge` όπως παρατηρείται παρακάτω. Το τελευταίο μοντέλο εξετάζει το ποσοστό των γραμμών του OSM που βρίσκονται μέσα στα `buffer` των γραμμών του Κτηματολογίου για κάθε πολύγωνο του `fishnet`. Αρχικά δημιουργείται ένα νέο `feature class ekxa_bufALL` με την εντολή `merge` το οποίο αποτελείται από τα `ekxa_buf1, 2, 3` και `5μ`. Στη συνέχεια κατασκευάζεται το μοντέλο `Fishnet_ekxa_buffer` το οποίο με τη βοήθεια του `iterator feature selection` θα επαναλάβει τη διαδικασία που αναλύεται παρακάτω για κάθε `buffer` του `ekxa_buffALL`. Πιο συγκεκριμένα με την εντολή `spatial join` δημιουργούνται οι γραμμές του `osm_fish_clip_Merge` που κάνουν `intersect` με τα `buffer` του `ekxa`, αλλά επειδή χρειάζονται μόνο τα κομμάτια των γραμμών που είναι εξ ολοκλήρου μέσα στα `buffer` γίνεται `clip` των παραπάνω γραμμών στα `buffer`. Έπειτα υπολογίζονται με το `summary statistics` σε νέους πίνακες το μήκος των παραπάνω γραμμών και των συνολικών γραμμών του `osm_fish_clip_Merge` για κάθε πολύγωνο του `fishnet` συνολικά, στη συνέχεια προστίθενται τα μήκη των γραμμών που έγιναν `clip` για τα `buffer (1,2,3,5μ)` ως νέα πεδία στο πίνακα το συνολικών γραμμών του `osm_fish_clip_Merge` και υπολογίζεται το ποσοστό του `osm` που είναι μέσα στις ζώνες επιρροής (`buffer`) για κάθε πολύγωνο ξεχωριστά. Τέλος τα ποσοστά που προέκυψαν περάστηκαν στο `feature class` του `fishnet` ως νέα πεδία με όνομα `percentage_1m, percentage_2m` κ.ο.κ..



Εικόνα 33. Το μοντέλο Fishnet_mean_dist, Πηγή: Ιδία επεξεργασία



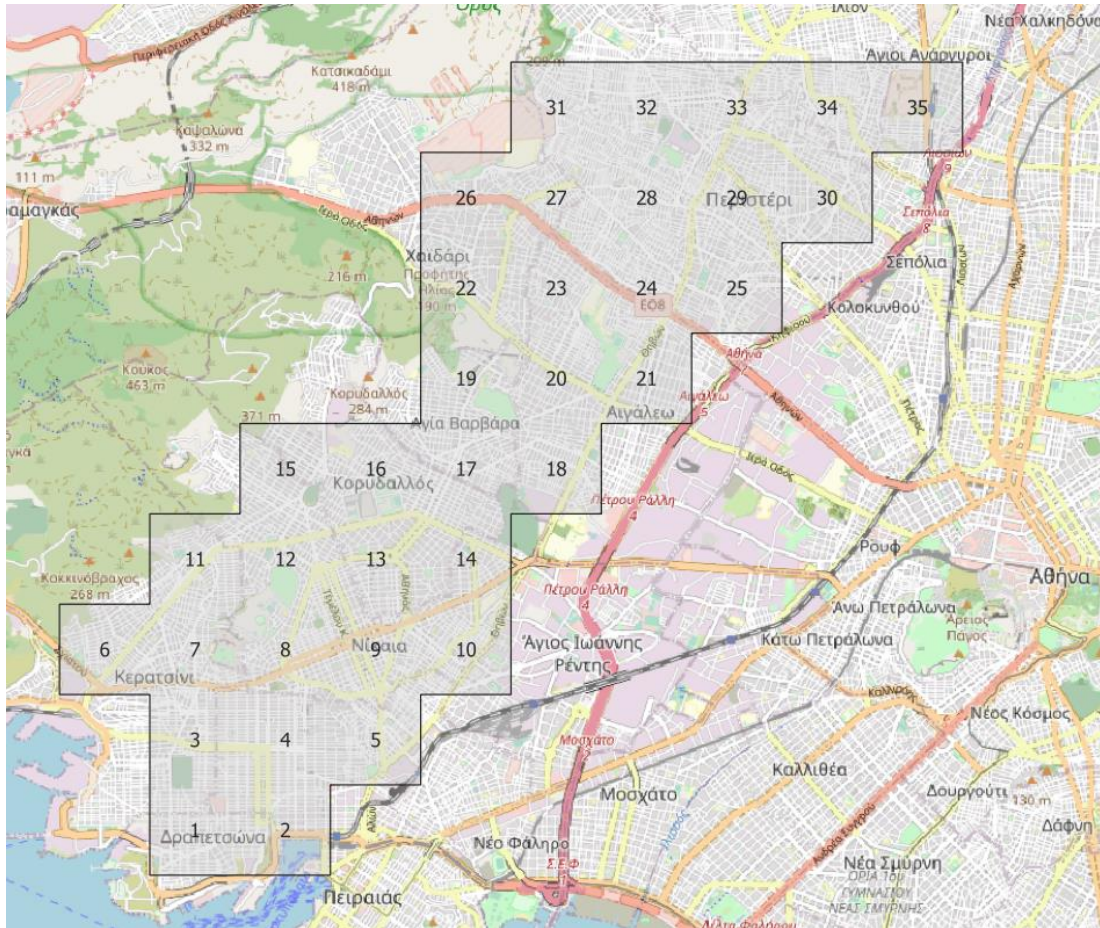
Εικόνα 34. Το μοντέλο Fishnet_ekxa_buffer, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

4.4 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει 35 τετραγωνικά χιλιόμετρα στην Περιφέρεια Αττικής και πιο συγκεκριμένα σε δυο από τις οχτώ περιφερειακές ενότητες αυτής. Η πρώτη είναι η Περιφερειακή Ενότητα Δυτικού Τομέα Αθηνών που καλύπτει το δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου των Αθηνών, περικλείοντας την Εθνική Οδό Αθηνών-Λαμίας και τα όρη Αιγάλεω και Ποικίλο. Επίσης συνορεύει με τον Κεντρικό Τομέα, την Περιφερειακή Ενότητα Πειραιώς και την Περιφερειακή Ενότητα Δυτικής Αττικής. Τα τελευταία είκοσι χρόνια, παρατηρήθηκε ανάπτυξη εξαιτίας της ίδρυσης των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων σε Αθήνα και Πειραιά και στη συνέχεια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και λόγω της επέκτασης των χώρων εργασίας στον τριτογενή τομέα, της δημιουργίας θεματικών πάρκων, εμπορικών κέντρων και της γενικότερης ανανέωσης του περιβάλλοντος. Επιπλέον, σημαντικός ρόλος στη δημογραφική εξέλιξη διαδραμάτισε η εγκατάσταση του μετρό και τα έργα ανάπτυξης στις συγκοινωνίες που έχουν προγραμματιστεί. Το παραπάνω συγκρότημα είναι προσβάσιμο από τα βορειοανατολικά μέσω της Λεωφόρου Κηφισού (επέκταση της Εθνικής Οδού Αθηνών-Λαμίας), από τα δυτικά μέσω της Εθνικής Οδού Αθηνών-Κορίνθου, και από τα βορειοδυτικά μέσω της παλαιάς Εθνικής Οδού Αθηνών-Θηβών. Σε τοπικό επίπεδο εξυπηρετείται κυρίως από τη Λεωφόρο Θηβών που διασχίζει το Περιστέρι. Ο πληθυσμός της ενότητας Δυτικού τομέα, σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής του 2021, ανέρχεται σε 475.809 κατοίκους, με πυκνότητα πληθυσμού 7.126 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και η έκτασή της ανέρχεται σε 66,8 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Οι δήμοι της παραπάνω περιφερειακής ενότητας που συμμετέχουν στην έρευνα είναι οι εξής: Αγία Βαρβάρα, Χαϊδάρι, Αιγάλεω και Περιστέρι.

Όσον αφορά τη δεύτερη Περιφερειακή Ενότητα αυτή είναι η Περιφερειακή Ενότητα Πειραιώς η οποία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους προαστιακούς οικιστικούς χώρους στο νότιο τμήμα της Αττικής. Αυτή συνορεύει με τις περιφερειακές ενότητες του Δυτικού, Νοτίου και Κεντρικού Τομέα Αθηνών. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι η παρουσία του μεγάλου λιμανιού του Πειραιά, που αποτελεί σημαντικό κέντρο εμπορικών και ναυτιλιακών δραστηριοτήτων, καθώς σε αυτό οφείλει κατά μεγάλο βαθμό τη ραγδαία ανάπτυξη της. Επίσης ο πληθυσμός της ενότητας Πειραιώς είναι 443.196 κάτοικοι με πυκνότητα πληθυσμού 8.905 κάτοικοι

ανά τ.χλμ. και η έκτασή της είναι 51 τ.χλμ. Τέλος οι Δήμοι της παραπάνω Περιφερειακής Ενότητας που εμπεριέχονται στην έρευνα είναι οι ακόλουθοι: Δήμος Κερατσινίου - Δραπετσώνας, Νίκαια και Κορυδαλλού (ΕΛΣΤΑΤ, 2021).



Εικόνα 35. Η περιοχή μελέτης χωρισμένη σε τετραγωνικά χιλιόμετρα (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

4.5 Αποτελέσματα εφαρμογής

Στο παρόν υπό κεφάλαιο πραγματοποιείται η αποτίμηση των αποτελεσμάτων και των στατιστικών αναλύσεων που προέκυψαν από την κατασκευή των παραπάνω μοντέλων σχετικά με την αξιολόγηση της πληρότητας και της οριζοντιογραφικής θέσης του οδικού δικτύου του OSM. Η χαρτογραφική απόδοση των αποτελεσμάτων θα παρουσιαστεί στην επόμενη υπό ενότητα.

4.5.1 Πληρότητα

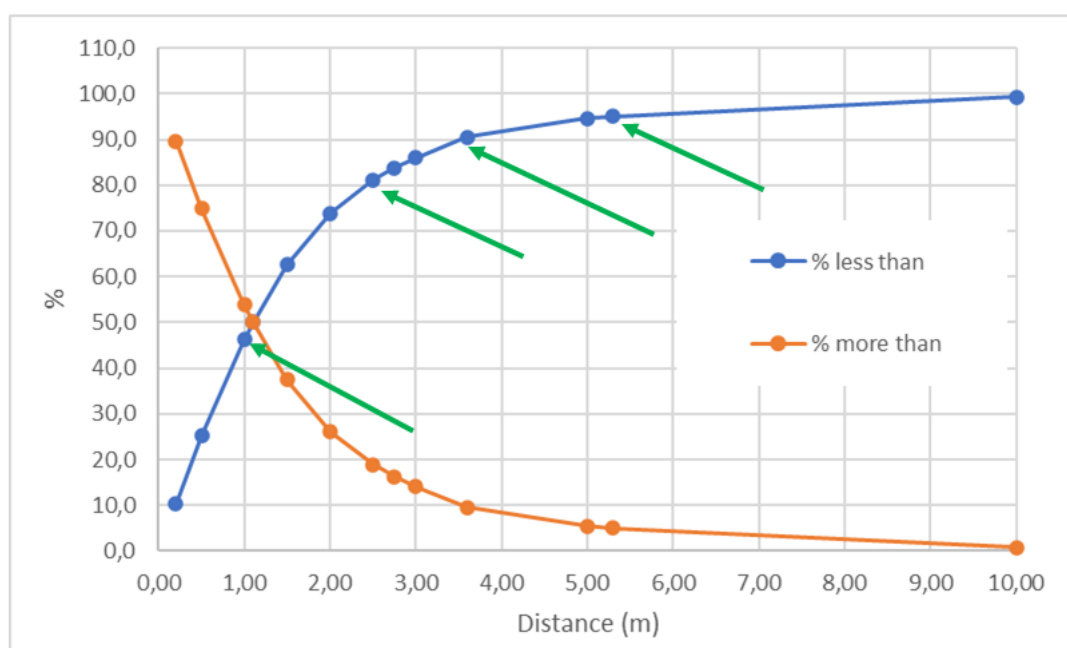
Προκειμένου να υπάρξει μια συνολική εικόνα για την πληρότητα των δεδομένων υπολογίστηκε το ποσοστό ομοιότητας των μηκών των δυο συνόλων δεδομένων, το οποίο προέκυψε από τη σύγκριση του συνολικού μήκους (length) του οδικού δικτύου του OSM που είναι στα 956 χιλιόμετρα με του Κτηματολογίου που ανέρχεται στα 1089 χιλιόμετρα με αποτέλεσμα η πληρότητα να φτάνει στο 88% όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

SUM Shape Length	SUM Shape Length	Data Completeness
956579,755546	1089121,957991	87,830362

Εικόνα 36. Αποτέλεσμα του δείκτη πληρότητας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

Το υπολειπόμενο 12% μπορεί να οφείλεται στο σφάλμα αναπαράστασης που παρατηρείται στα δεδομένα του OSM όπου πολλοί δρόμοι με δύο λωρίδες καταγράφονται ως μία.

4.5.2 Ορθότητα θέσης – Συνολικοί Δείκτες

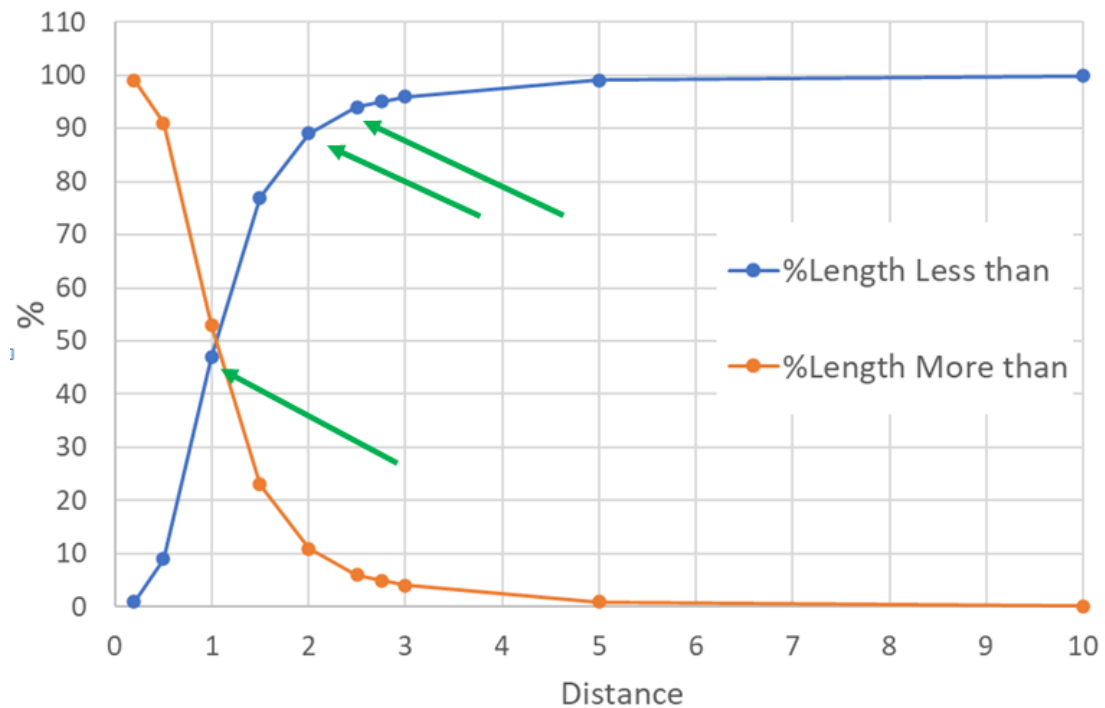


Εικόνα 37. Ποσοστό κορυφών και μέγιστη απόσταση μεταξύ των κορυφών του OSM και κτηματολογίου (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία).

Όσον αφορά την ακρίβεια θέσης του οδικού δικτύου του OSM σε σχέση με τα δεδομένα αναφοράς παρατηρήθηκε ότι τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά. Αναφορικά με τις κορυφές των γραμμών του OSM εντοπίζεται ότι το 50% αυτών

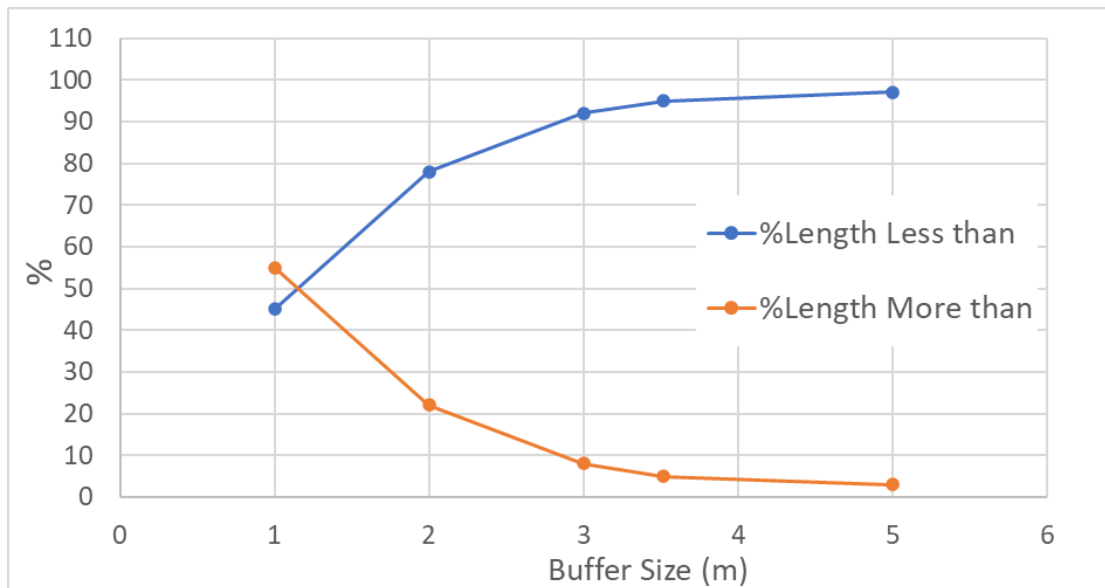
βρίσκετε έως 1.1μ μακριά από τις γραμμές του κτηματολογίου, το 90% έως 3.6μ και το 95% έως 5.3μ (Εικόνα 37).

Σε επίπεδο γραμμής το 95% των γραμμών του OSM να έχει μέση απόσταση μικρότερη από 2.75μ και το 50% μικρότερη του ενός μέτρου σε σχέση με τα δεδομένα του κτηματολογίου (Εικόνα 38).



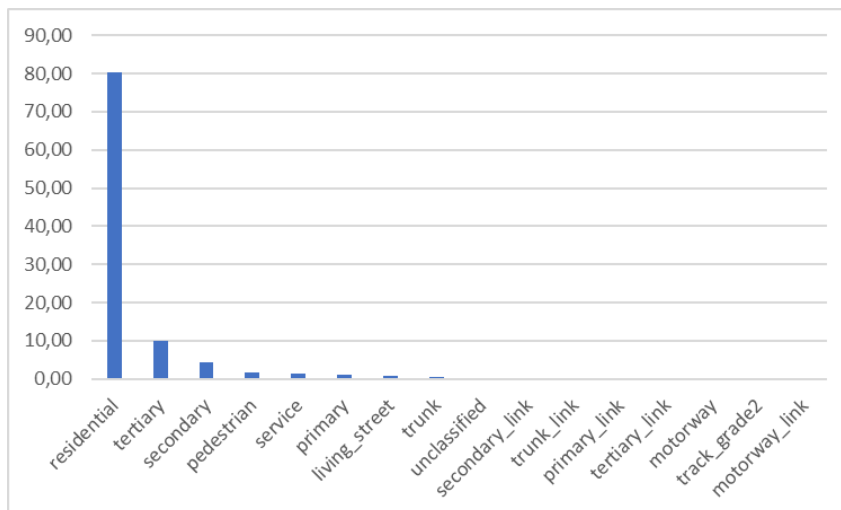
Εικόνα 38. Ποσοστό μήκους γραμμών και μέση απόσταση μεταξύ γραμμών OSM και Κτηματολογίου (Πηγή: Ιδία Επεξεργασία).

Επίσης ο καθολικός δείκτης ο οποίος υπολογίζει το ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που βρίσκεται εντός ζώνης πλάτους 1μ, 2μ, 3μ και 5μ από τα δεδομένα του Κτηματολογίου δείχνει ότι το 95% των δεδομένων του OSM βρίσκεται μέσα στη ζώνη πλάτους είναι 3.52m.

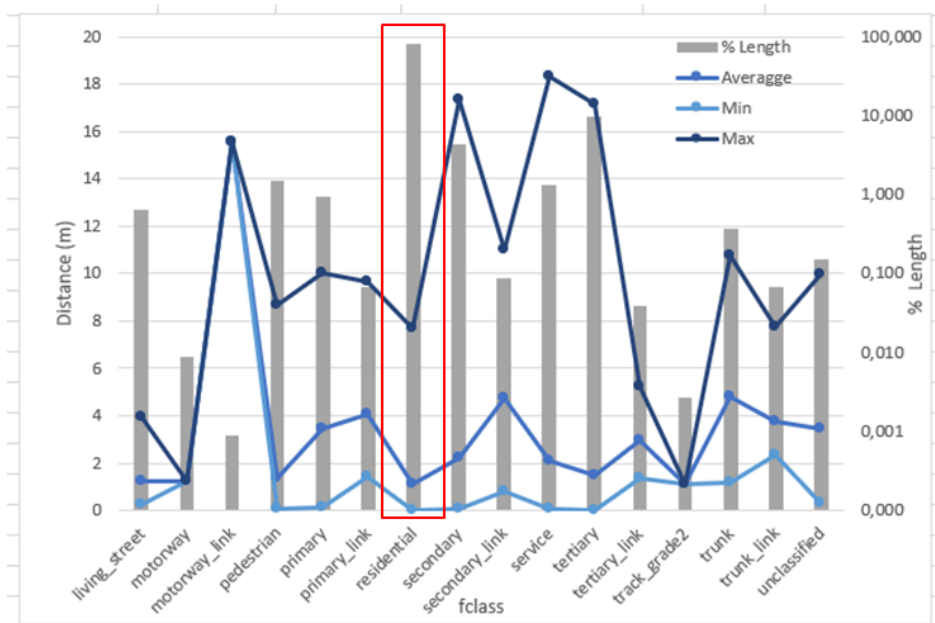


Εικόνα 39. Ποσοστό μήκους γραμμών εντός ζώνης πλάτους 1μ, 2μ, 3μ και 5μ από τα δεδομένα του Κτηματολογίου, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Τέλος, μελετάται η ακρίβεια της θέσης ως προς τις κατηγορίες των οδών του OSM (fclass). Το 80% του συνολικού μήκους των γραμμών του OSM αποτελείται από τοπικές οδούς (residential) με μήκος 769 χιλιόμετρα (Εικόνα 40). Για αυτή την κατηγορία η μέση απόσταση κυμαίνεται από 0.03 μ έως 7.6 μ με μέση τιμή 1μ. Η παρατήρηση αυτή αποδεικνύει ότι τα ακρότατα των μεγάλων αποκλίσεων παρουσιάζονται σε κατηγορίες με μικρές συχνότητες εμφάνισης.



Εικόνα 40. Ποσοστό μήκους των οδών του OSM ανά κατηγορία, Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 41. Κατηγορίες οδικού δικτύου στο OSM, απόσταση από τα δεδομένα του Κτηματολογίου και ποσοστό επί του συνολικού μήκους, Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Επιπλέον (Πίνακας 10) αναφορικά με την προσέγγιση βασισμένη σε πλέγμα. Προέκυψε ότι μόνο 11 από τα 35 φατνία του κανάβου είχαν μέση απόσταση πάνω από 1.5μ από τις γραμμές του κτηματολογίου και μέγιστη μέση απόσταση τα 2 μέτρα. Επίσης το ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που περιλαμβάνεται στη ζώνη του ενός μέτρου που δημιουργήθηκε στα δεδομένα αναφοράς φανερώνει ότι πέντε κελία του πλέγματος είχαν πάνω από 50%. Ενώ σε όλες τις υπόλοιπες ζώνες όλα τα κελία του κανάβου έχουν πάνω από 50% και πιο συγκεκριμένα στις ζώνες 3 και 5μ πολλά κελία έχουν ποσοστό που ξεπερνάει το 95%.

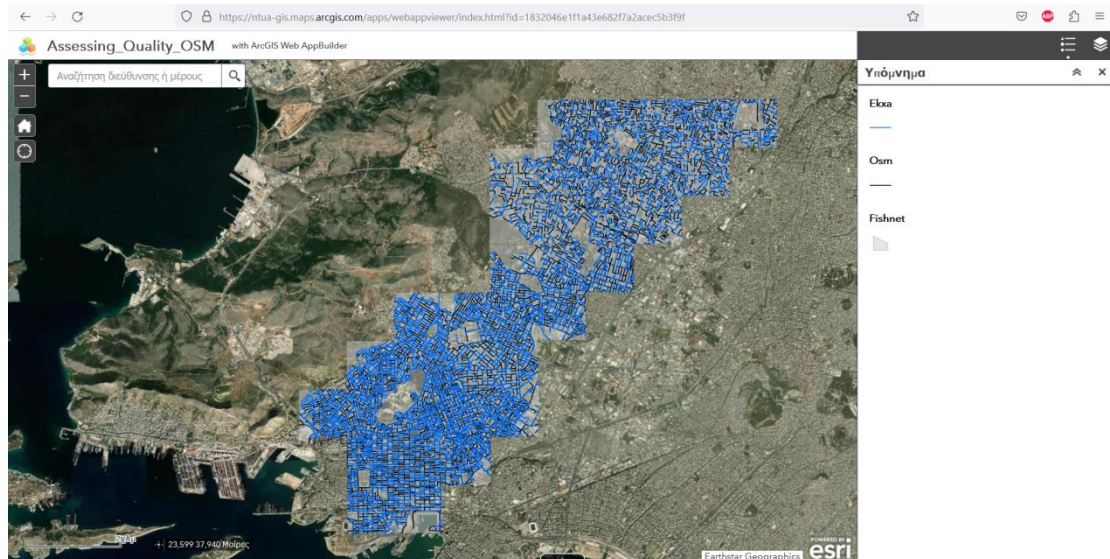
Πίνακας 10. Ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM με βάση τις ζώνες για κάθε κελί (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Fish_id	Mean_Near_Dist	Percent_1m	Percent_2m	Percent_3m	Percent_5m
1	1,24	54,65	88,30	94,67	97,95
2	2,08	36,91	70,95	87,70	95,91
3	1,47	48,32	84,43	92,57	97,57
4	0,96	40,27	80,62	95,55	99,90
5	1,32	39,84	77,50	92,29	99,37
6	2,10	42,98	71,32	84,54	93,03
7	1,99	46,14	74,78	86,11	94,47
8	1,46	43,25	75,47	91,97	97,70
9	1,23	48,05	75,03	92,15	99,58
10	1,59	49,67	76,69	89,96	98,08
11	1,69	49,90	78,04	90,34	95,61
12	1,77	40,35	70,96	89,95	96,63
13	1,44	46,52	77,57	90,52	98,11

Fish_id	Mean_Near_Dist	Percent_1m	Percent_2m	Percent_3m	Percent_5m
14	1,82	48,83	78,48	90,52	94,52
15	1,40	43,28	79,04	93,55	99,69
16	1,10	47,79	83,37	96,61	99,82
17	1,11	47,76	81,51	94,10	99,43
18	1,37	37,08	73,40	91,66	99,33
19	1,03	51,20	83,60	96,27	99,48
20	1,46	43,42	71,00	87,51	97,40
21	1,56	39,90	72,98	88,69	95,59
22	1,30	45,37	81,12	93,87	99,37
23	1,62	49,30	78,13	90,88	95,11
24	1,95	33,88	68,00	85,84	93,07
25	1,44	38,69	70,40	91,43	98,75
26	1,68	43,99	75,89	91,44	97,14
27	1,35	46,61	80,56	92,84	98,78
28	1,10	47,79	82,06	94,83	99,40
29	1,32	39,77	75,85	91,23	98,91
30	1,29	40,17	73,11	91,24	99,42
31	0,84	51,94	87,56	98,64	100,00
32	1,05	53,44	86,00	97,47	99,36
33	1,20	45,23	78,28	93,82	99,15
34	1,20	44,03	78,46	93,45	99,10
35	1,16	58,26	85,37	93,80	97,31

4.6 Γεωπτικοποίηση των αποτελεσμάτων

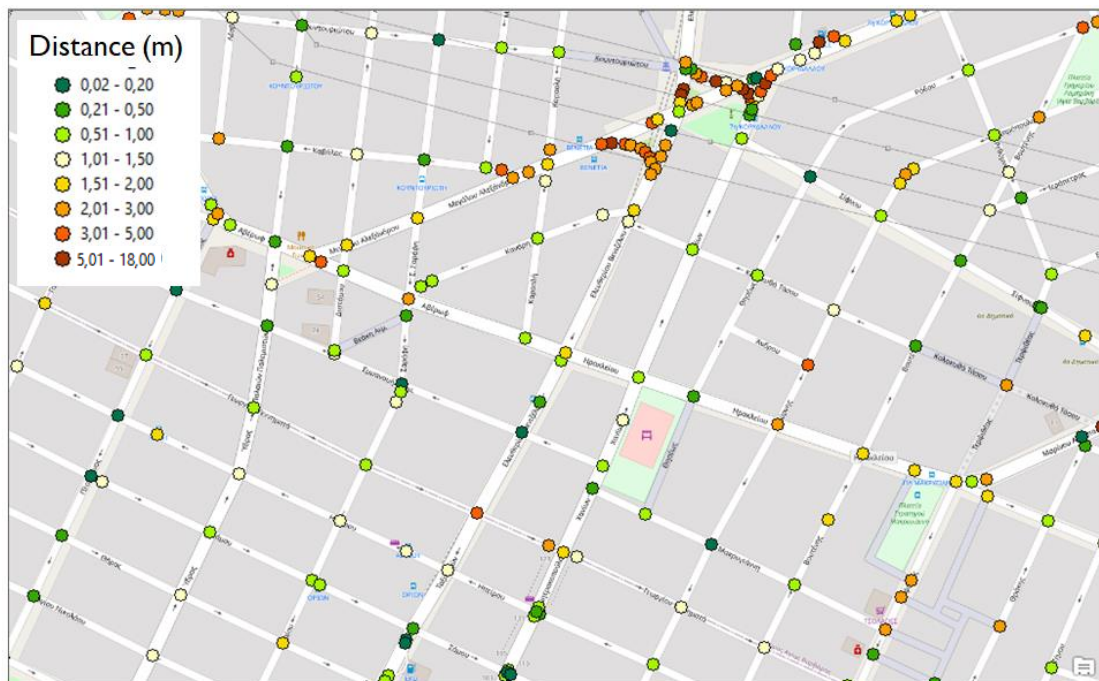
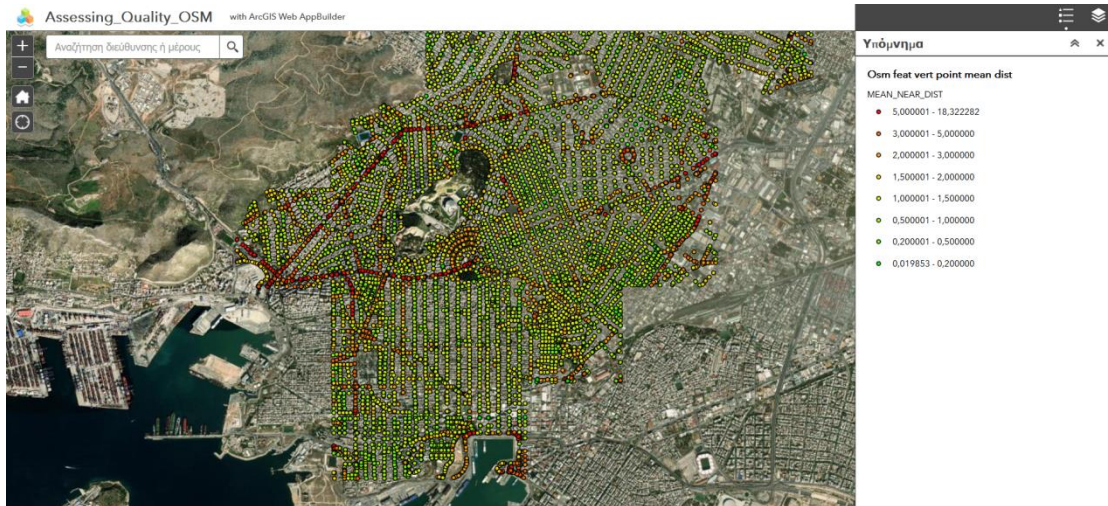
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζεται η χαρτογραφική απόδοση των αποτελεσμάτων. Για την επίτευξη αυτού και για να κοινοποιηθούν τα αποτελέσματα στο κοινό αναπτύχθηκε η διαδικτυακή εφαρμογή σε περιβάλλον ArcGIS Online που είναι προσβάσιμη μέσω της ιστοσελίδας: <https://ntua-gis.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1832046e1f1a43e682f7a2acec5b3f9f>. Στην εφαρμογή αυτή είναι δυνατή η επιλογή του χάρτη υποβάθρου από τον χρήστη που ενδέχεται να είναι ο χάρτης του OSM ή η δορυφορική εικόνα που επιτρέπει.



Εικόνα 42. Η διεπαφή της χαρτογραφικής εφαρμογής – Δεδομένα (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

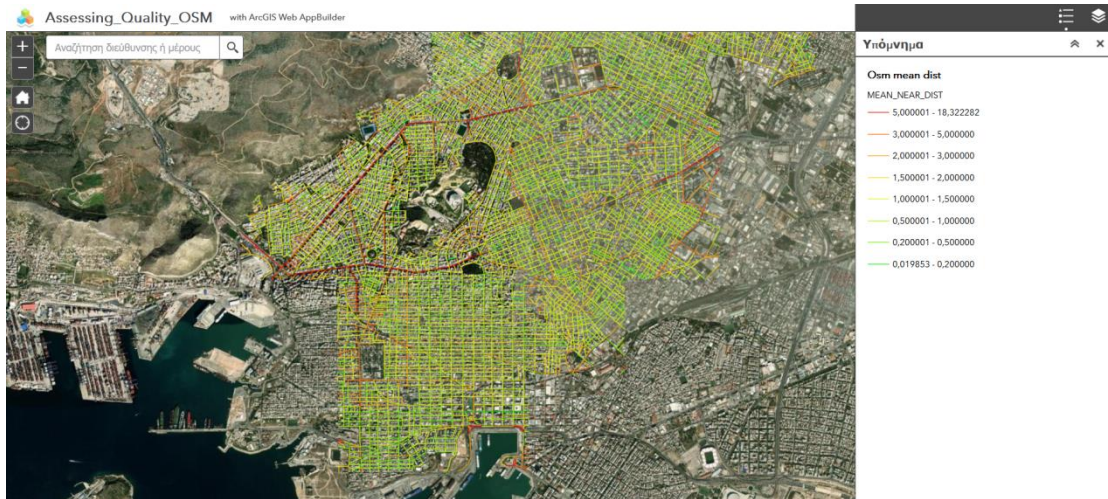
Η οπτικοποίηση της ορθότητας της οριζοντιογραφικής θέσης γίνεται σε επίπεδο κορυφών, γραμμών και κανάβου όπως και ο υπολογισμός των δεικτών. Ο υπολογισμός και η οπτικοποίηση σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας και κλίμακας επιτρέπει στον χρήστη να ενημερωθεί ανάλογα με τις ανάγκες του (Zacharopoulou et al., 2021). Η οπτικοποίηση προϋποθέτει την ομαδοποίηση των τιμών σε κατηγορίες ώστε η διακύμανση των τιμών να είναι αντιληπτή στον χρήστη. Χρησιμοποιείται ένα διπολικό σχήμα μετάβασης από το κόκκινο στο πράσινο μέσα από την κίτρινη απόχρωση έτσι ώστε οι τόνοι του πράσινου να αντιστοιχούν σε αποδεκτά μεγέθη και του κόκκινου σε ανησυχητικά ενώ του κίτρινου σε ουδέτερα.

Αρχικά η οπτικοποίηση της ποιότητας σε επίπεδο κόρυφης των γραμμών γίνεται με σημειακά σύμβολα σχήματος κύκλου με την προαναφερθείσα παλέτα (Εικόνα 43). Αυτή η οπτικοποίηση είναι κατάλληλη για μια μεγάλη κλίμακα και αφορά τη πληροφόρηση του χρήστη σε μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας που μπορεί να είναι απαιτητή στη περίπτωση τεχνικών κατασκευών π.χ. επισκευή ή εγκατάσταση νέου δικτύου.



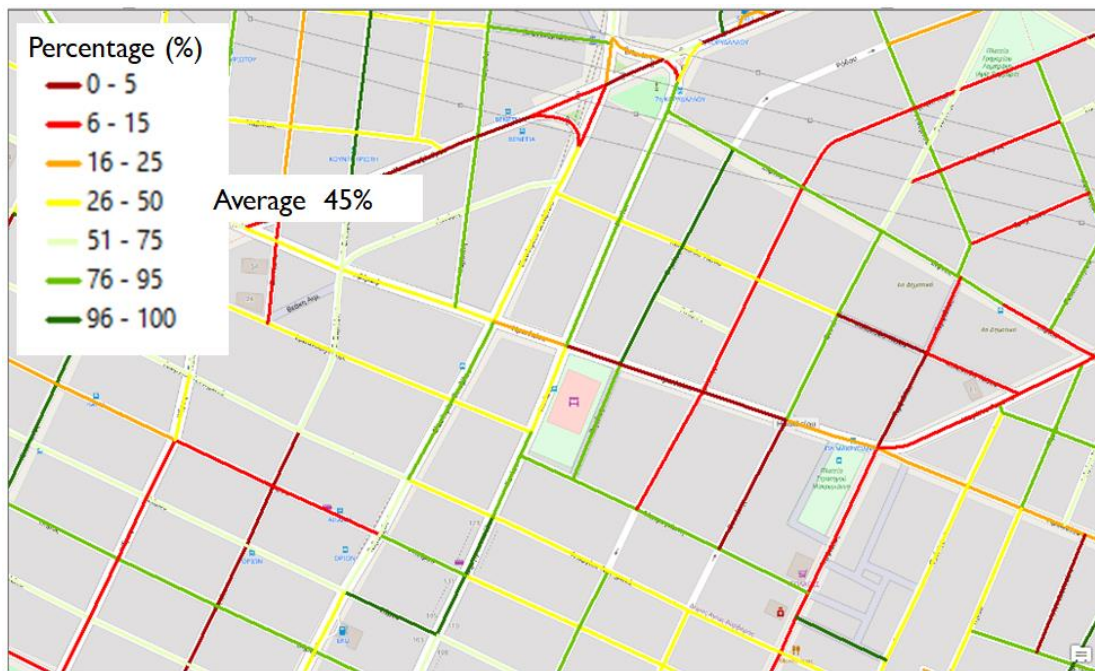
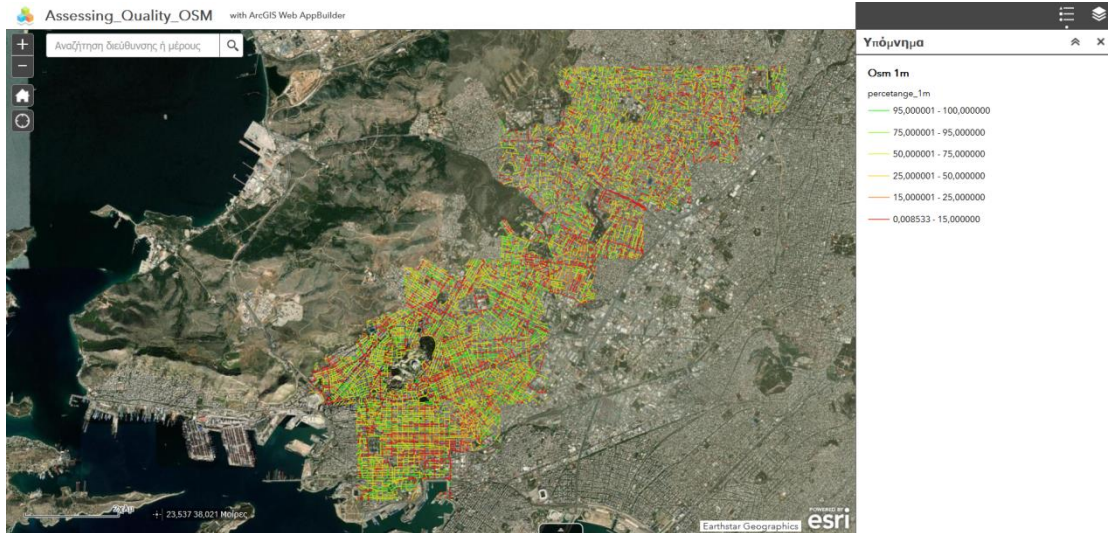
Εικόνα 43. Απόσταση των κορυφών από τις γραμμές του Κτηματολογίου (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

Στη συνέχεια η οπτικοποίηση της ποιότητας σε επίπεδο γραμμής γίνεται με γραμμικά σύμβολα με την προαναφερθείσα παλέτα (Εικόνα 44). Αυτή η οπτικοποίηση είναι κατάλληλη για μια μεσαία κλίμακα και αφορά τη πληροφόρηση του χρήστη σε μέτριο βαθμό λεπτομέρειας που μπορεί να είναι απαιτητή στη περίπτωση χρήσης του χάρτη για την επίλυση προβλημάτων πλοήγησης όπως η επιλογή της βέλτιστης διαδρομής.

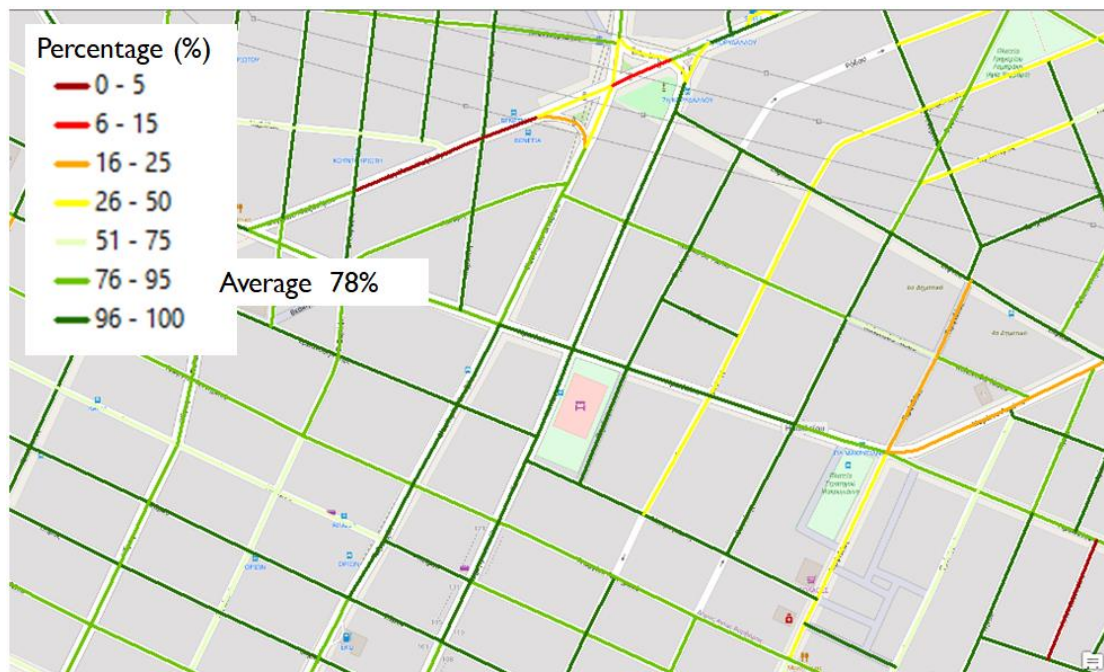
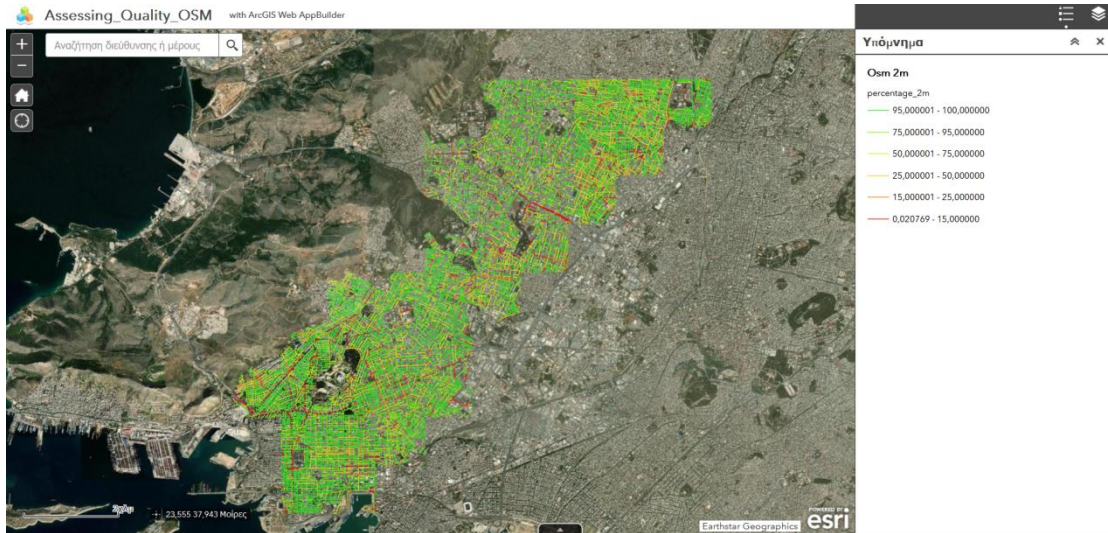


Εικόνα 44. Μέση απόσταση γραμμών από τις γραμμές του κτηματολογίου (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

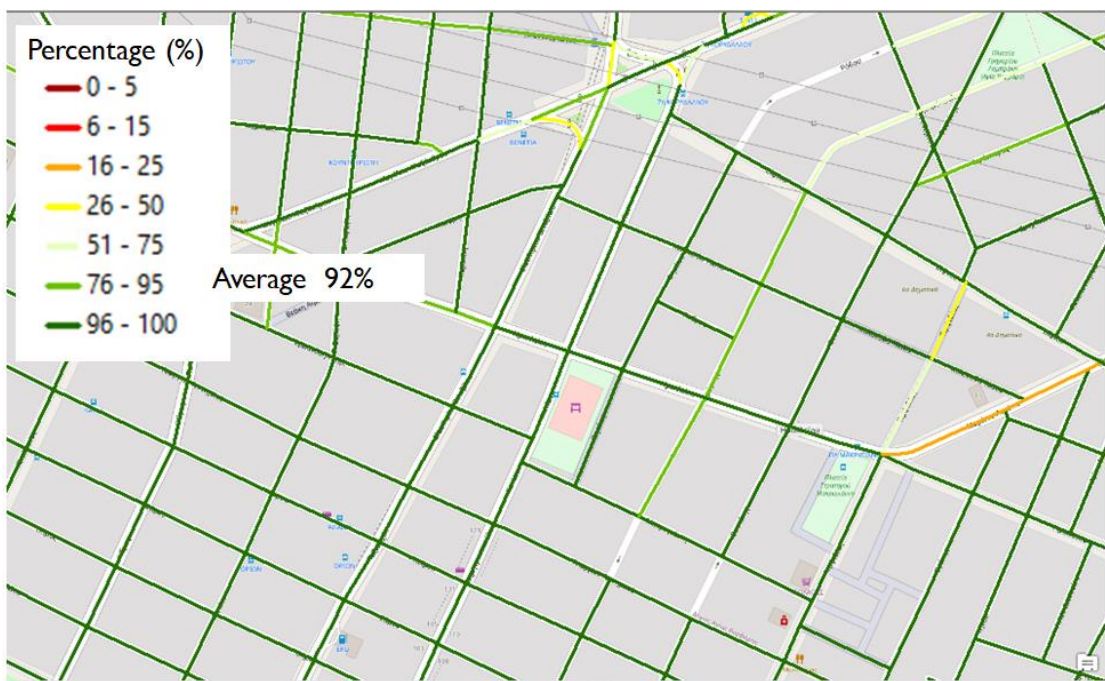
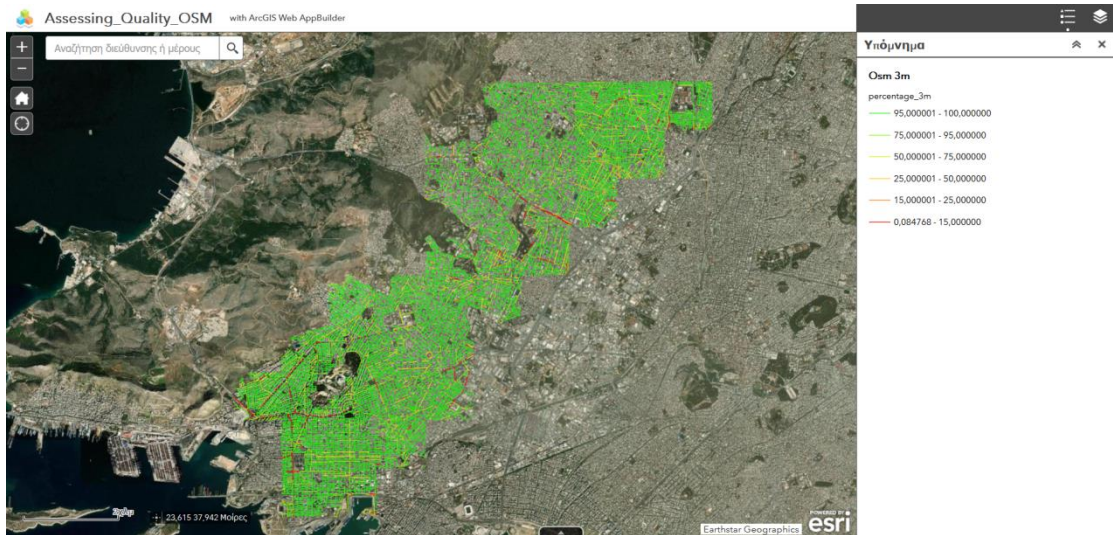
Παρακάτω αποδίδονται τα αποτελέσματα του μοντέλου που δημιουργεί ζώνες γύρω από τους δρόμους του Κτηματολογίου και υπολογίζει το ποσοστό ένταξης των δρόμων του OSM μέσα σε αυτές τις ζώνες οι οποίες είναι από 1 έως 5 μέτρα.



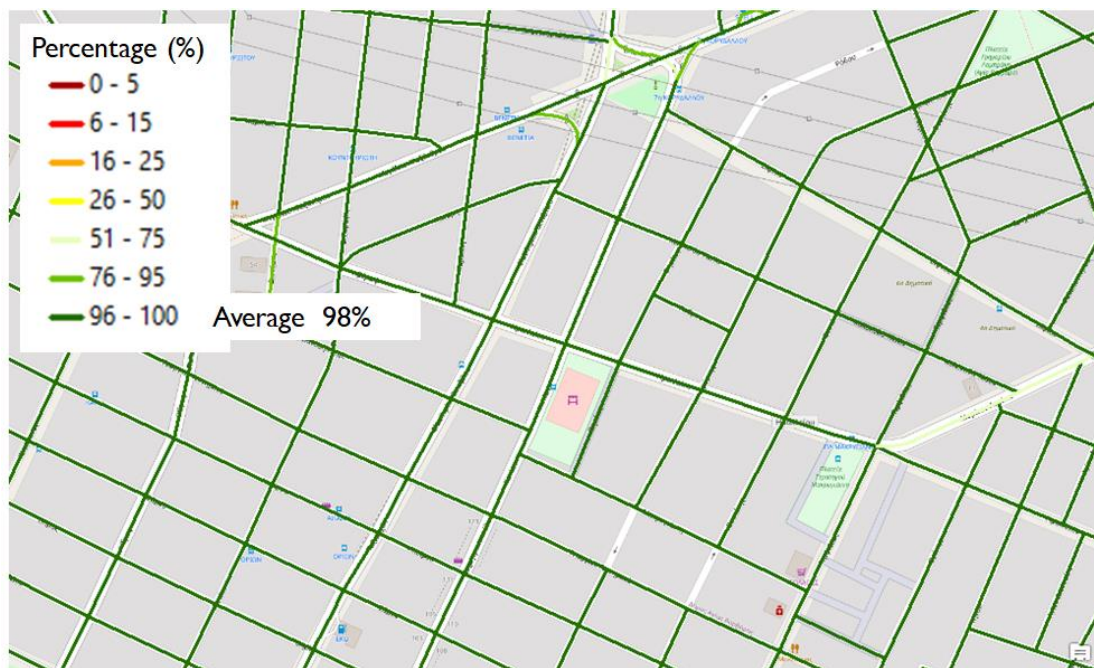
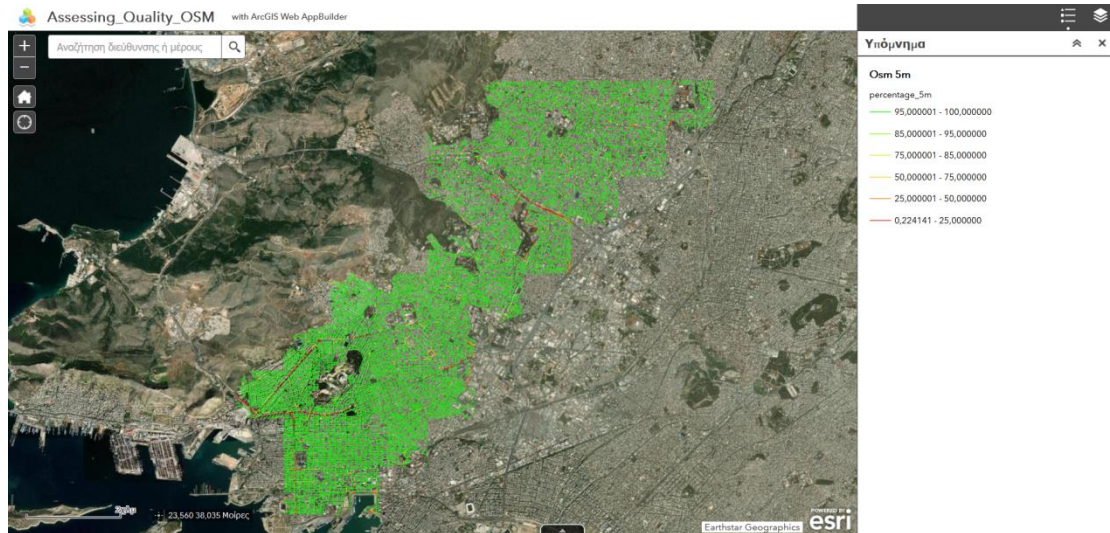
Εικόνα 45. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 1m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).



Εικόνα 46. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 2m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).



Εικόνα 47. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 3m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

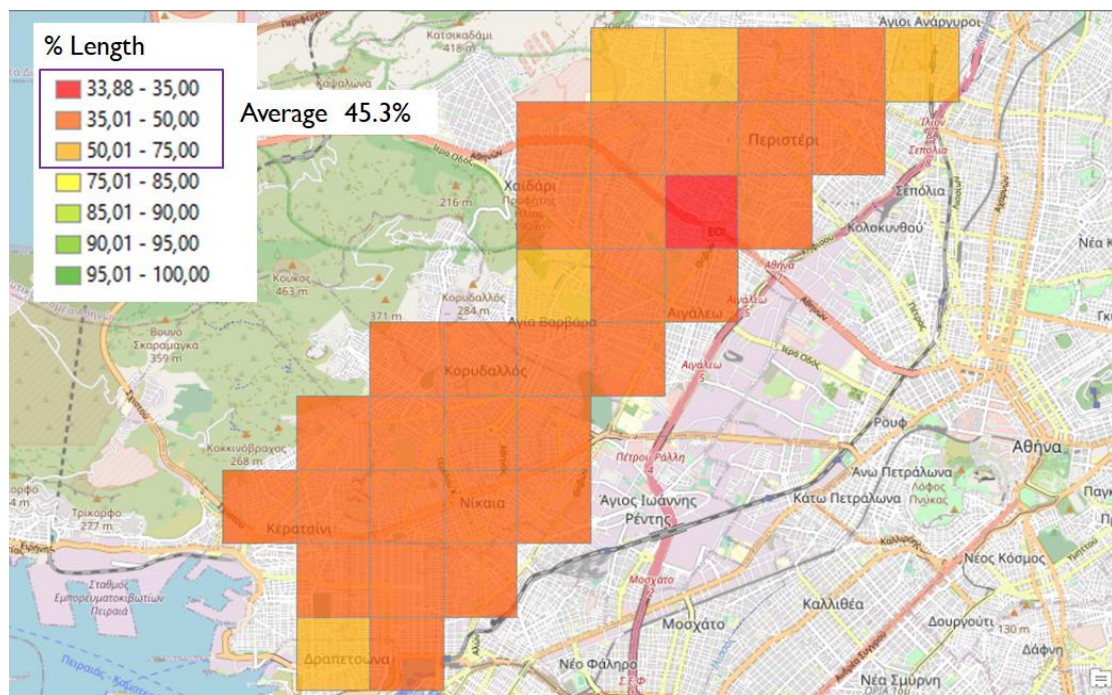
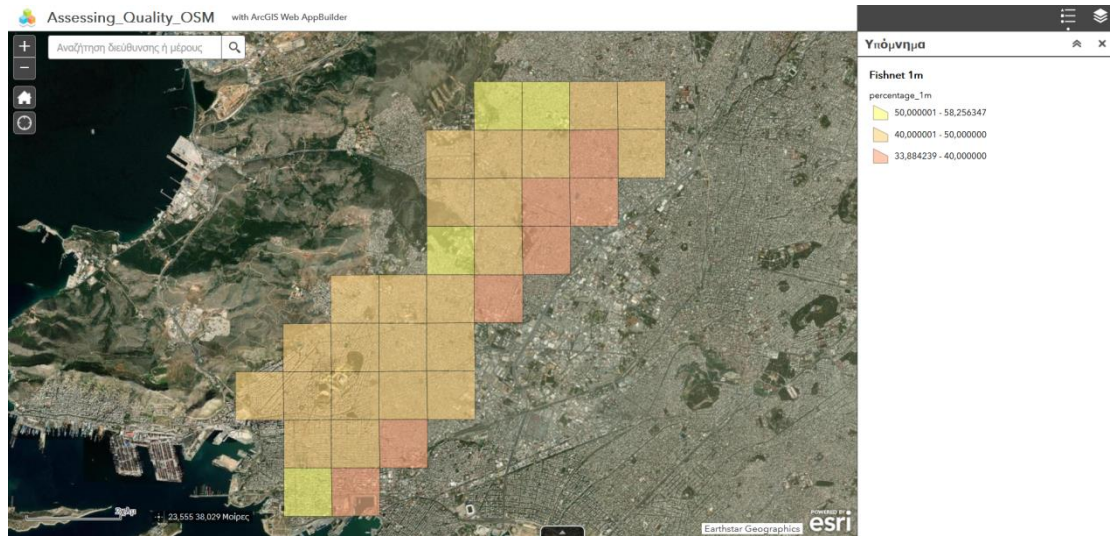


Εικόνα 48. Ποσοστό ένταξης του OSM σε buffer 5m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

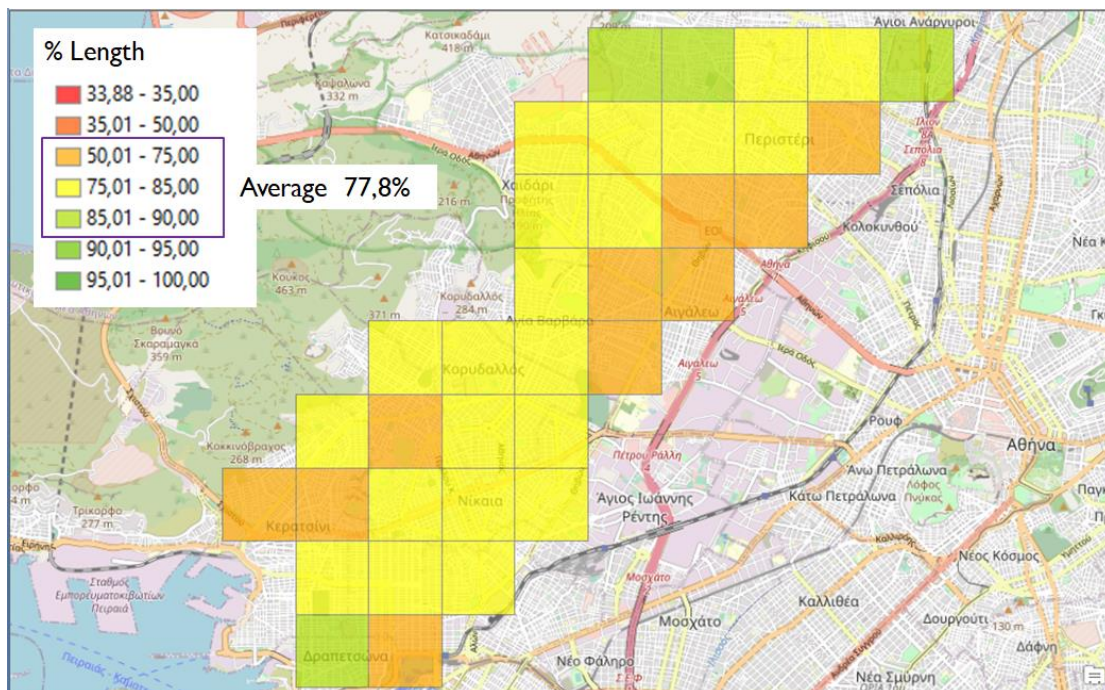
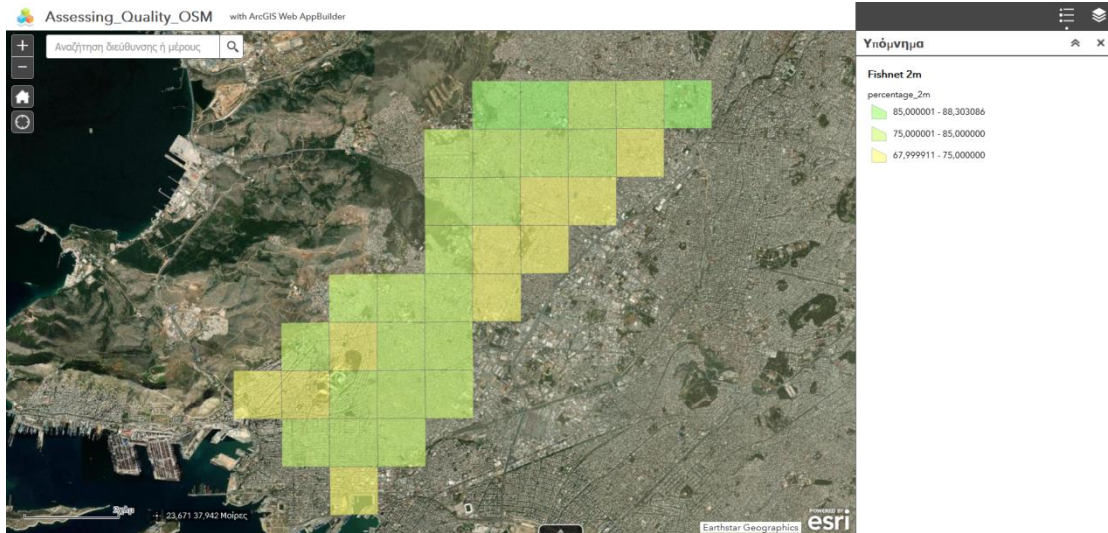
Τέλος, η οπτικοποίηση της ποιότητας σε επίπεδο κανάβου γίνεται με επιφανειακά σύμβολα με την προαναφερθείσα παλέτα (Εικόνα 49). Αυτή η οπτικοποίηση είναι κατάλληλη για μια μικρή κλίμακα και αφορά τη πληροφόρηση του χρήστη συνοπτικά όπως απαιτείται στη περίπτωση χρήσης του χάρτη ως υπόβαθρο.

Στη συνέχεια απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μοντέλων που αφορούν τον κανάβο και υπολογίζουν το ποσοστό του μήκους του οδικού δικτύου του OSM που περιλαμβάνεται σε ζώνες 1μ, 2μ, 3μ και 5μ που δημιουργούνται γύρω από τα δεδομένα αναφοράς, για κάθε κελί του κανάβου. Τα παραπάνω αξιολογούν τη ποιότητα των δεδομένων του OSM σε επίπεδο περιοχής του ενός τετραγωνικού

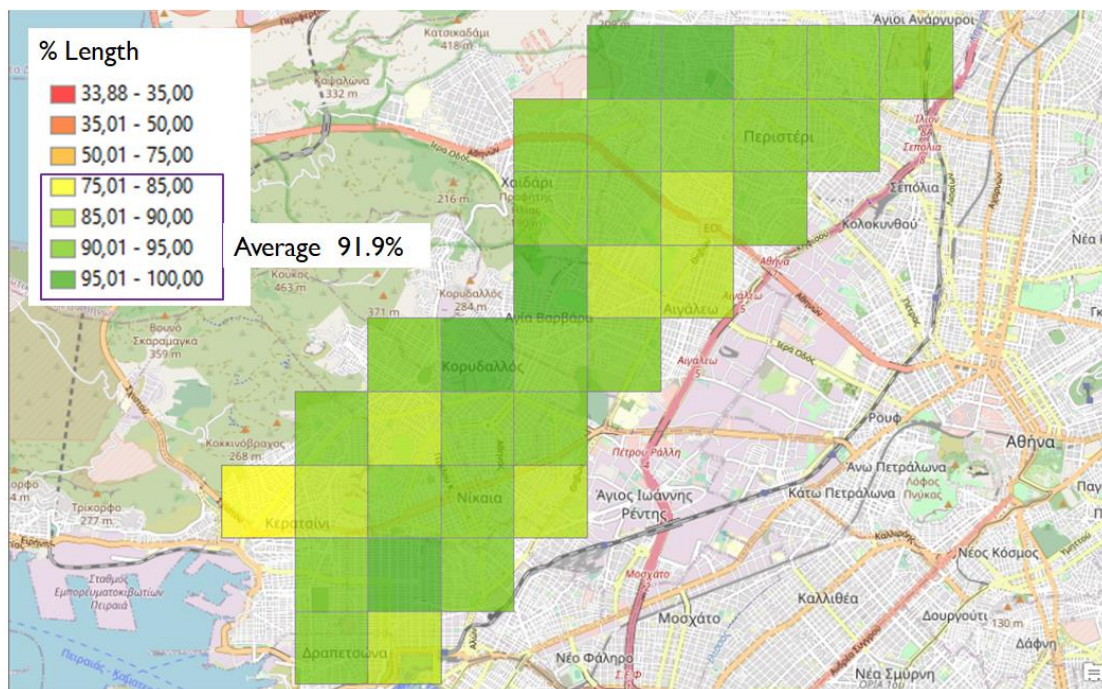
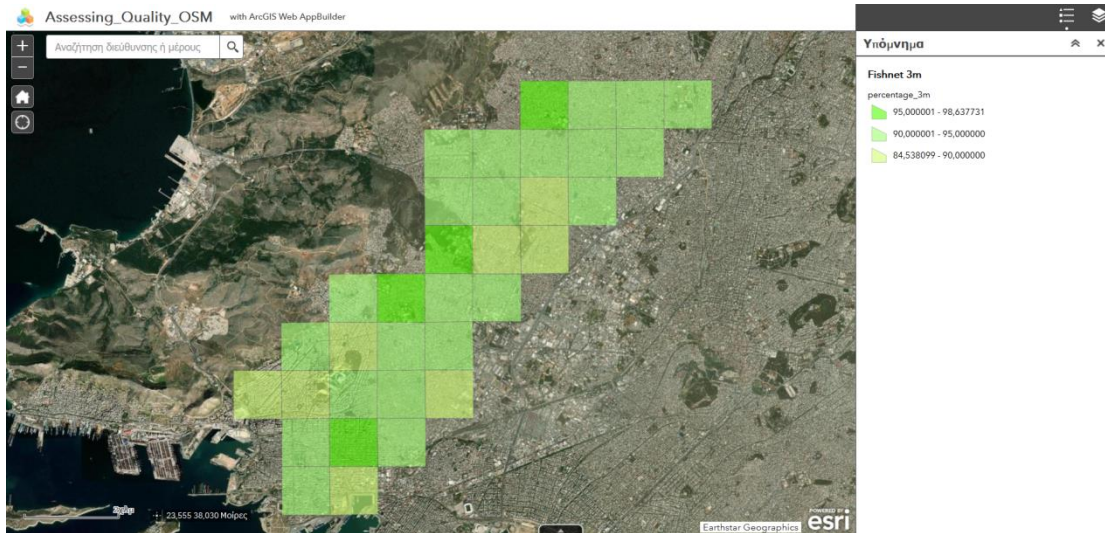
χιλιόμετρον για ένα πιο γενικό αποτέλεσμα και όχι εστιασμένο σε επίπεδο γραμμικής οντότητας.



Εικόνα 49. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 1m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

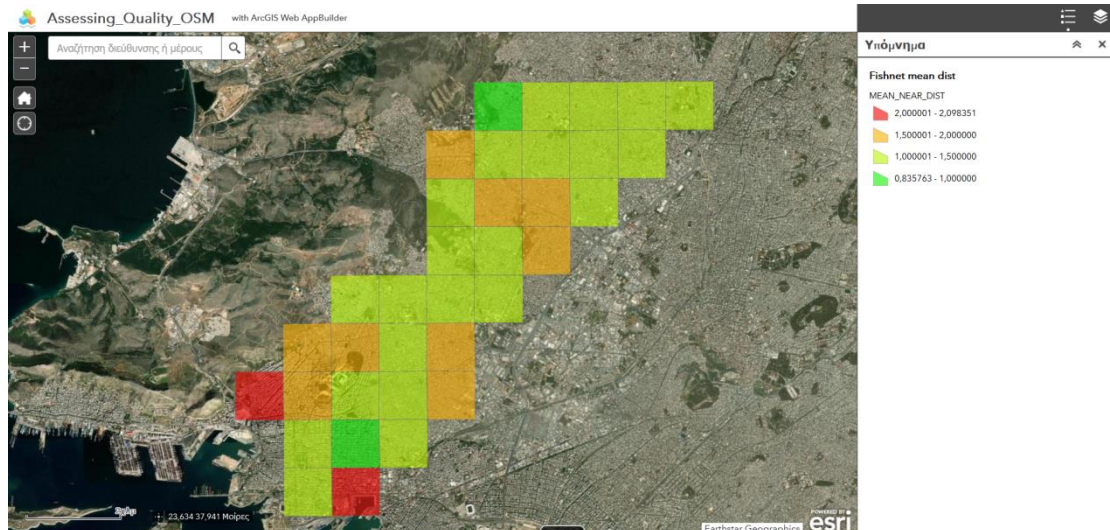


Εικόνα 50. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 2m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

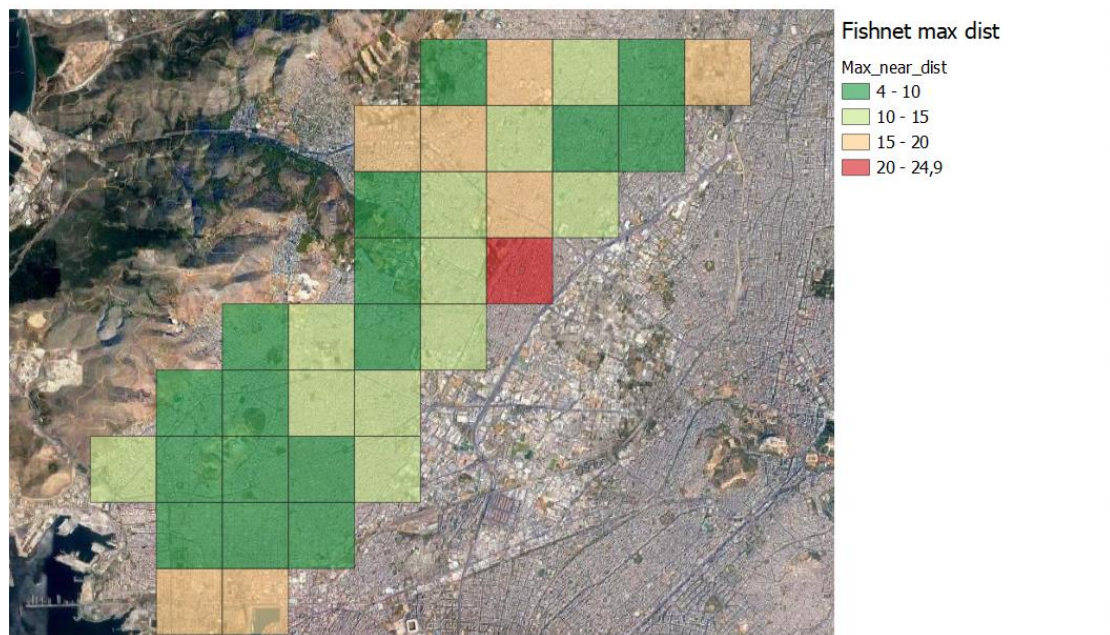


Εικόνα 51. Ποσοστό του μήκους του OSM για κάθε κελί με buffer 3m (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

Τέλος, ακολουθούν δυο ακόμα χάρτες που αφορούν τα αποτελέσματα σε επίπεδο κανάβου. Πιο συγκεκριμένα απεικονίζονται η μέση και η μέγιστη τιμή των κοντινότερων αποστάσεων των κορυφών για κάθε κελί του κανάβου.



Εικόνα 53. Μέση τιμή των κοντινότερων αποστάσεων των κορυφών για κάθε κελί του κανάβου (Πηγή: Ιδία επεξεργασία).

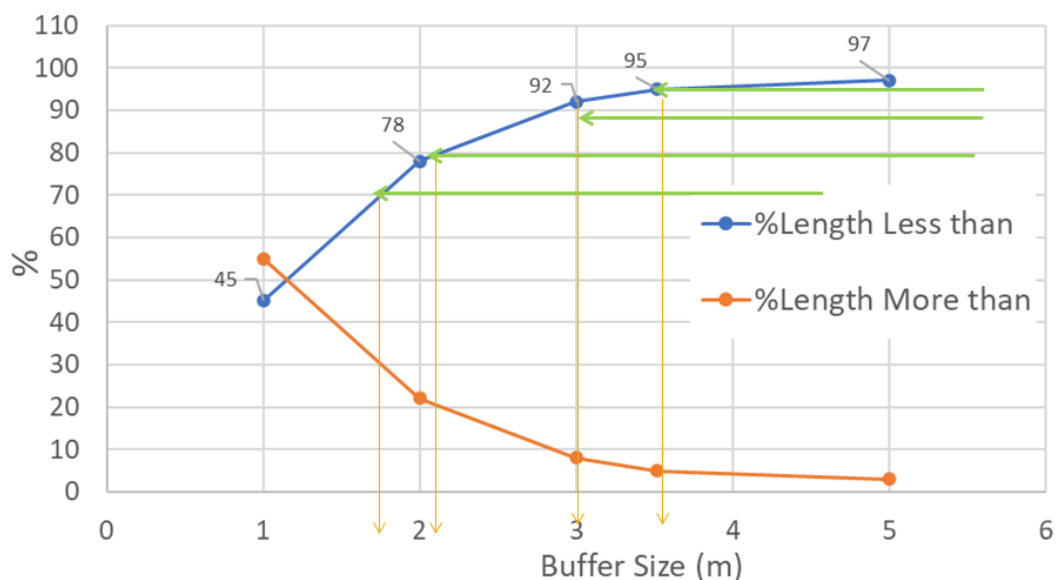


Εικόνα 54. Μέγιστη τιμή των κοντινότερων αποστάσεων των κορυφών για κάθε κελί του κανάβου (Πηγή Ιδία επεξεργασία).

5. Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις

Η ανάπτυξη γεωγραφικών πληροφοριών που παρέχονται ελεύθερα από χρήστες-εθελοντές έχουν αλλάξει τον τρόπο που δημιουργούνται και χρησιμοποιούνται οι χάρτες. Το OpenStreetMap είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα το οποίο ξεκίνησε στο Ηνωμένο Βασίλειο και σύντομα εξαπλώθηκε παγκοσμίως. Η διαθεσιμότητα των γεωγραφικών δεδομένων και η ελευθερία χρήσης τους αποτελούν τους βασικούς λόγους για την επιτυχία αυτής της εφαρμογής. Η συγκεκριμένη έρευνα δείχνει ότι η εθελοντική γεωγραφική πληροφορία είναι ακριβής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αξιοπιστία για πολλούς σκοπούς.

Επίσης τα αποτελέσματα της είναι συμβατά με υπάρχουσες μελέτες που έχουν γίνει στην Ελλάδα (Kounadi, 2009; Κουκολέτσος, 2014). Σε αυτή τη μελέτη η εκτίμηση για την ποιότητα με τη βοήθεια των ποσοστών του μήκους εντός των ζωνών δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με αυτά που αναφέρονται στην βιβλιογραφία. Δηλαδή το πλάτος ζώνης που απαιτείται για να εξασφαλιστεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό εντός είναι μικρότερο (Εικόνα 55, Πίνακας 11). Το παραπάνω οφείλεται στο ότι τα δεδομένα είναι αρκετά μεγάλης κλίμακας λόγω ότι είναι δεδομένα του κτηματολογίου.



Εικόνα 55. Ποσοστό μήκους εντός ζωνών σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και την μελέτη εφαρμογής, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Πίνακας 11. Βιβλιογραφικές αναφορές για ποσοστά και πλάτη ζώνης για την περιγραφή της ορθότητας θέσης, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Βιβλιογραφική αναφορά	Πλάτος ζώνης	Ποσοστό	Δεδομένα αναφοράς - Κλίμακα
Kounadi, 2009	7.5 – 4m	88 %/	ΓΥΣ 1:10 000, Ελλάδα
Koukoletsos et al., 2011	15m	95 %	OS ITN 1:10 000, UK
Κουκολέτσος, 2011	15m	95 %	ΓΥΣ 1: 50 000, Ελλάδα
Brovelli et al., 2016	10-12m	80 %	Δεδομένα Δήμου Erba, Italy
Siebritz, 2014	10m	80 %	CD: NGI Topographic Database, Africa
Moradi et al., 2022	5m	70%	Δεδομένα Quebec
Kim et al., 2023	5m	80 %	Δεδομένα Calgary

Ωστόσο, δεν είναι ακόμα δυνατό να συγκριθούν με την ίδια ακρίβεια τα δεδομένα που συλλέγονται από επίσημους φορείς με αυτά που βασίζονται σε εθελοντική εργασία. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη ενός επίσημου προτύπου για το τρόπο που αξιολογείται η ποιότητα (Antoniou & Skopeliti, 2015).

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται η αξιολόγηση της ποιότητας της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας του OSM ως προς τα ανοιχτά δεδομένα του Ελληνικού Κτηματολογίου σε μια περιοχή 35 τετραγωνικών χιλιομέτρων στη Δυτική Αττική. Η εργασία μελέτησε το οδικό δίκτυο της παραπάνω περιοχής σε σχέση με τα ποιοτικά στοιχεία της πληρότητας και της ορθότητας θέσης μέσα από ένα σύνολο δεικτών και μοντέλων. Η κατασκευή των μοντέλων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια

του Model Builder μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS. Η έρευνα στόχευσε τόσο σε επίπεδο οντότητας (κορυφές και γραμμές) όσο και σε επίπεδο περιοχών του ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου με τη βοήθεια κανάβου. Η οπτικοποίηση της ορθότητας της οριζοντιογραφικής θέσης γίνεται σε επίπεδο κορυφών, γραμμών και κανάβου όπως και ο υπολογισμός των δεικτών. Ο υπολογισμός και η οπτικοποίηση σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας και κλίμακας επιτρέπει στον χρήστη να ενημερωθεί ανάλογα με τις ανάγκες του (Zacharopoulou et al., 2021) για παράδειγμα σε επίπεδο κόμβου – τεχνικές κατασκευές, σε επίπεδο γραμμών – πλοήγηση και σε επίπεδο κανάβου – χάρτης υποβάθρου (Εικόνα 56).



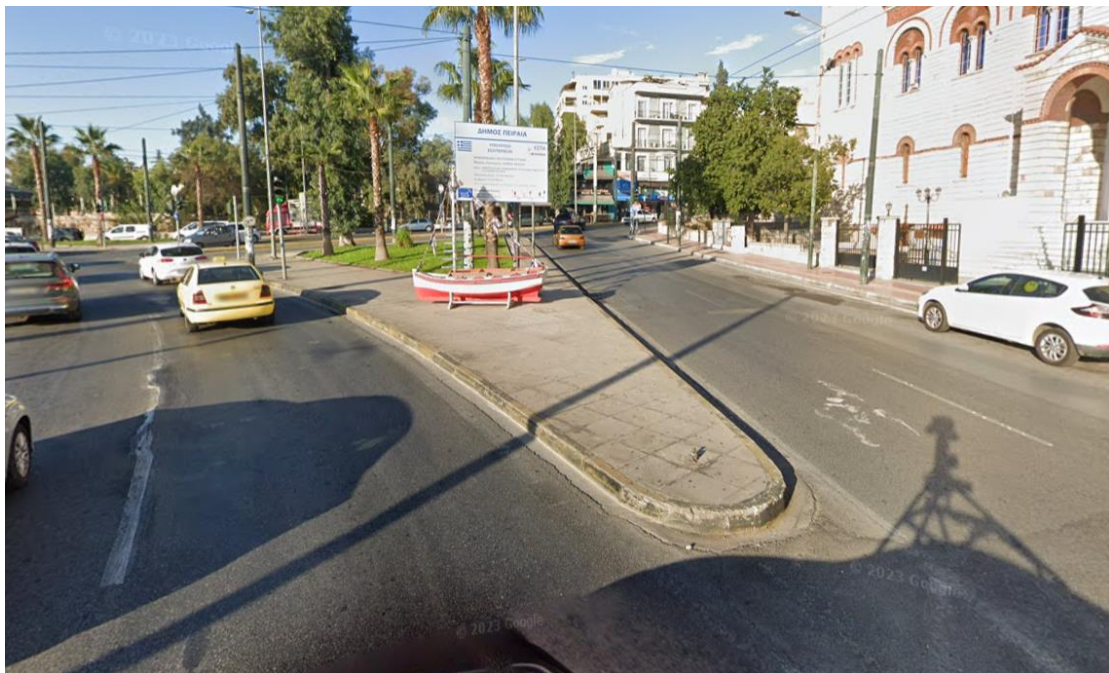
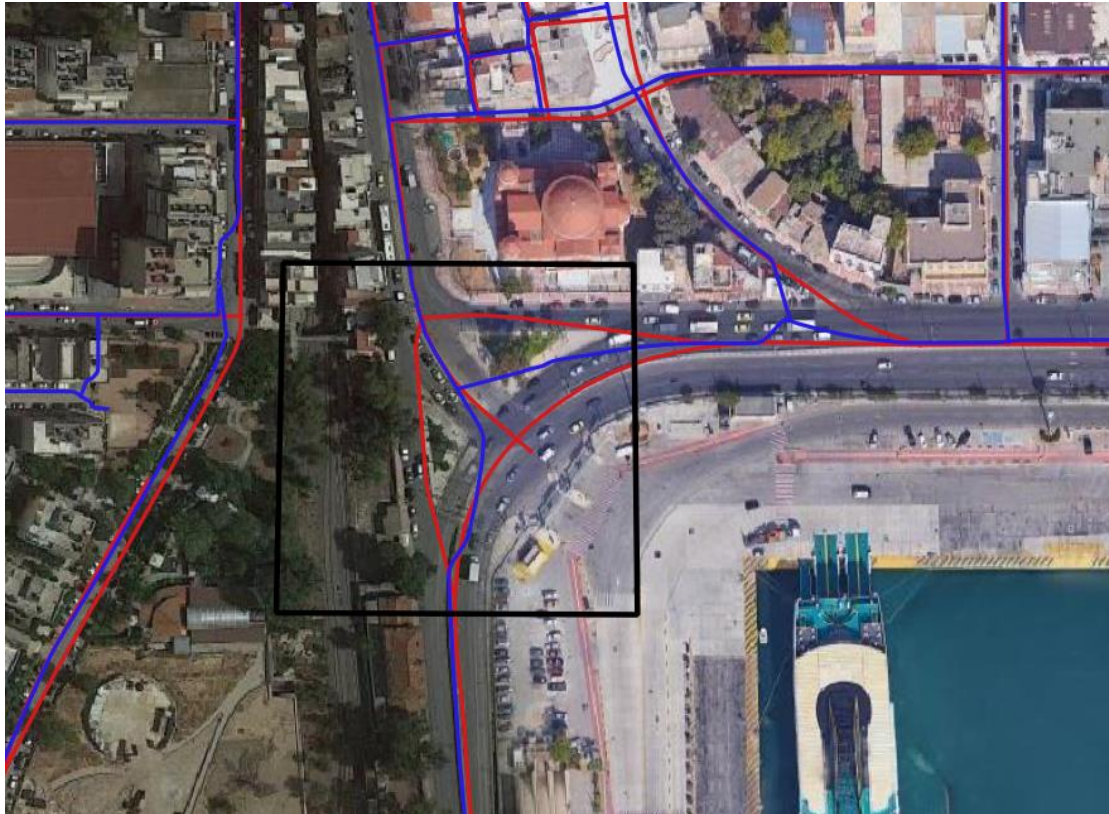
Εικόνα 56. Οπτικοποίηση και ενημέρωση σε πολλαπλά επίπεδα και κλίμακες για διαφορετικούς σκοπούς, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Επίσης για να ενημερωθεί καλύτερα ο χρήστης του OSM σχετικά με την ποιότητα των δεδομένων και τα αποτελέσματα της έρευνας κατασκευάστηκε μια διαδικτυακή εφαρμογή μέσω του ArcGIS Online στην οποία η πρόσβαση είναι ελεύθερη για όλους και δημοσιοποιείται στο υπολογιστικό νέφος.

Τέλος παρουσιάζονται στις ακόλουθες εικόνες περιπτώσεις οι οποίες αξίζει να αναλυθούν και φανερώνουν ότι σε συγκεκριμένα σημεία τα δεδομένα του OSM μπορεί να είναι πιο ορθά από τα δεδομένα αναφοράς και να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση του.

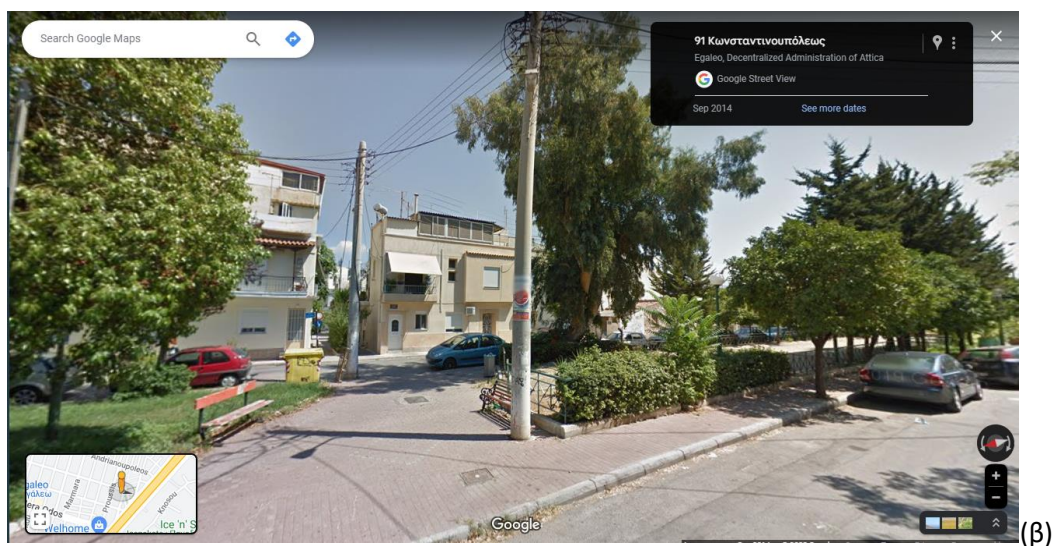
Στη Εικόνα 57 απεικονίζεται η ακτή Κονδύλη και με κόκκινη γραμμή το οδικό δίκτυο του OSM ενώ με μπλε του Ελληνικού κτηματολογίου και όπως φαίνεται οι δρόμοι των δεδομένων αναφοράς δεν έχουν ψηφιοποιηθεί σωστά και αυτό οφείλεται στο

γεγονός ότι το κτηματολόγιο θεωρεί τον κύριο δρόμο και τον δρόμο πάνω από την νησίδα ως ένα πολύγωνο δρόμου με αποτέλεσμα ο αλγόριθμος εξαγωγής του μέσου άξονα να παρουσιάζει αστοχίες.



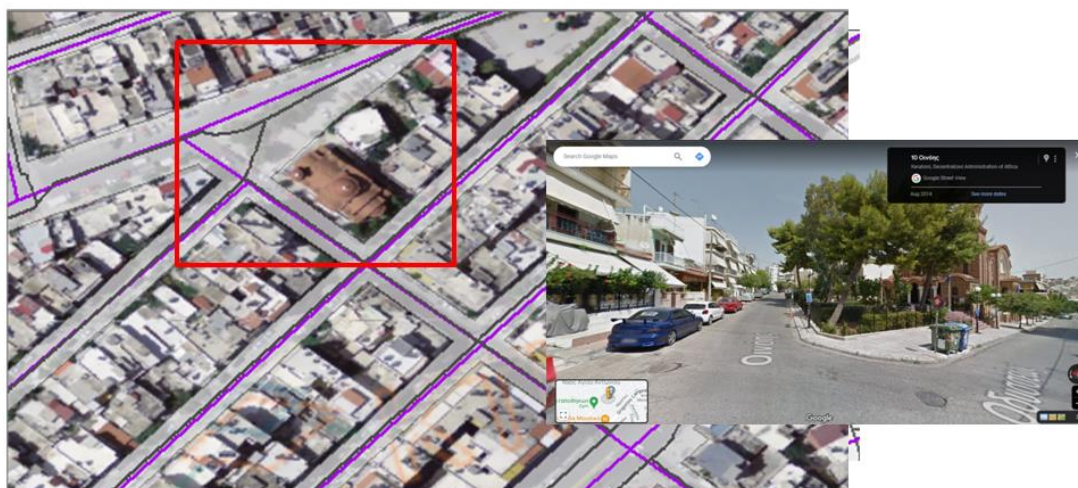
Εικόνα 57. Παράδειγμα του OSM (κόκκινη γραμμή) που υπερτερεί σε ορθότητα έναντι του Κτηματολογίου (μπλε γραμμή) (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Στην Εικόνα 58, στην οδό Κωνσταντινουπόλεως τα δεδομένα του OSM εύστοχα λόγω της νησίδας χωρίζουν την οδό στα δυο ενώ τα δεδομένα αναφοράς λανθασμένα θεωρούν ότι το οδικό δίκτυο περνάει μέσα από την νησίδα. Πιθανά το σχέδιο πόλεως σε αυτή την περιοχή έχει ενημερωθεί και έχει γίνει νέα διαμόρφωση.



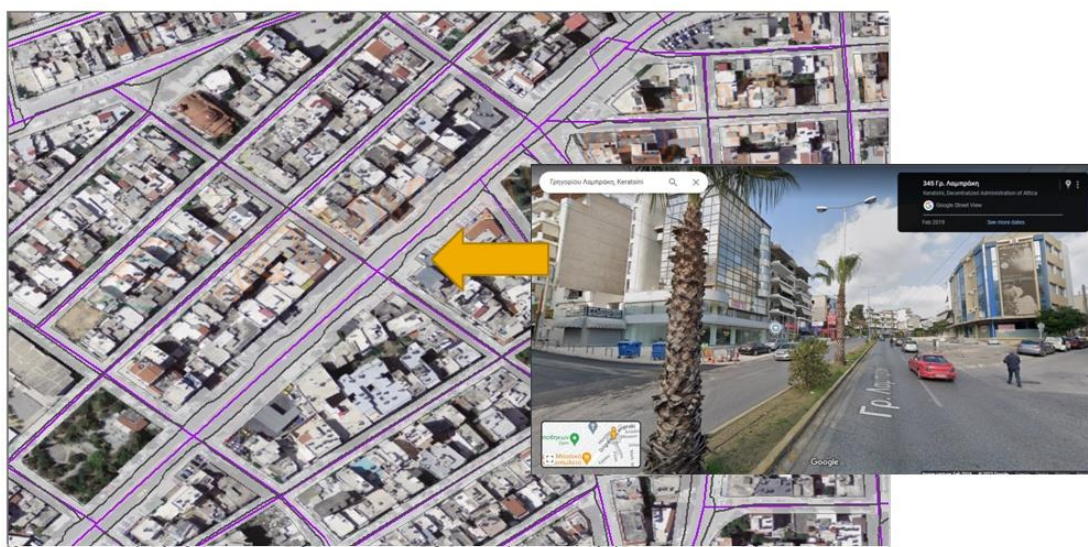
Εικόνα 58. Παράδειγμα του OSM (κόκκινη γραμμή) που υπερτερεί σε ορθότητα έναντι του Κτηματολογίου (μπλε γραμμή) (α) και επιβεβαίωση της πραγματικής εικόνας μέσω του Google Street View (β) (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Σε άλλες περιπτώσεις το Κτηματολόγιο υποχρεούται να καταγράφει την επιβαλλόμενη χρήση ενώ το OSM καταγράφει την πραγματικότητα όπως στην Εικόνα 59 όπου ο δρόμος κατά το Κτηματολόγιο είναι ο κήπος μιας εκκλησίας στην πραγματικότητα.



Εικόνα 59. Παράδειγμα του Κτηματολογίου (μαύρη γραμμή) που καταγράφει τον κήπο εκκλησίας ως δρόμο, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

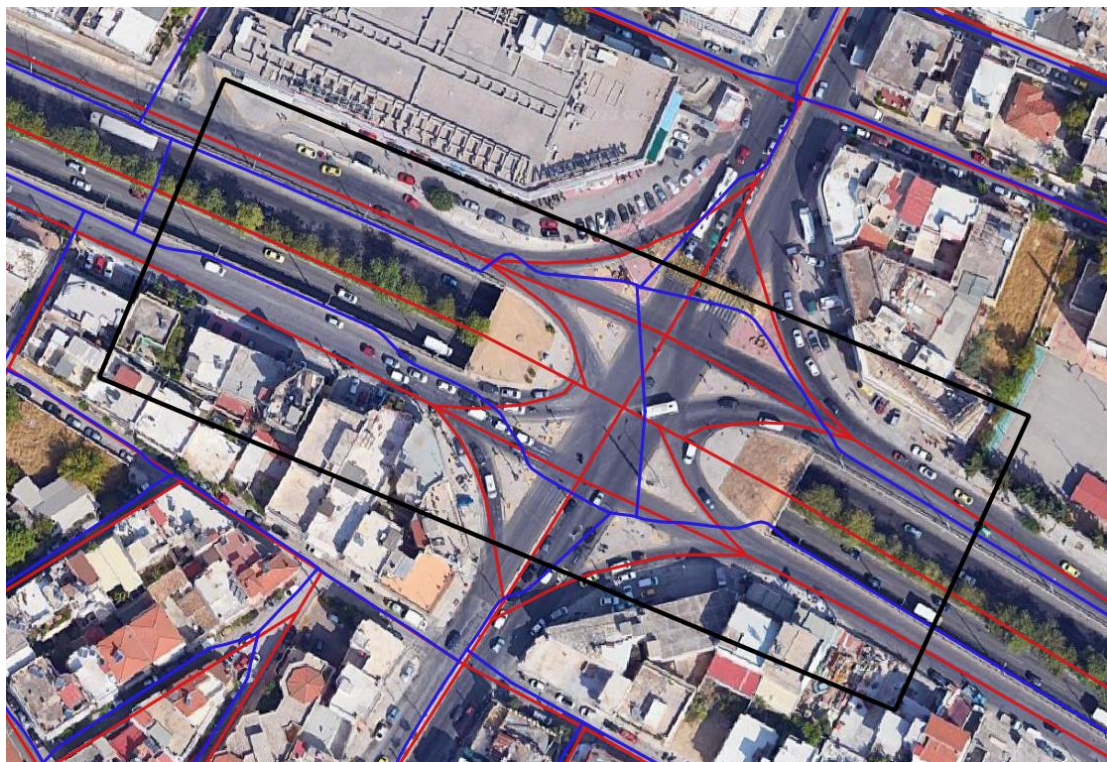
Όσον αφορά τα δεδομένα του OSM, υπήρχαν δύο προβλήματα: η καταγραφή ορισμένων δρόμων με δύο λωρίδες ως μια στο OSM (Εικόνα 60) και οι αδυναμίες του αλγόριθμου εξαγωγής του άξονα από τα πολύγωνα.



Εικόνα 60. Παράδειγμα αναντιστοιχίας του OSM με το Κτηματολόγιο εξαιτίας της καταγραφής δρόμων με δυο λωρίδες ως μια στο OSM, Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται η Λεωφόρος Αθηνών η οποία αποτελεί την οδό με τα μεγαλύτερα σφάλματα στην συγκεκριμένη έρευνα καθώς ο αλγόριθμος που

εξάγει τον άξονα από τα πολύγωνα των οδών του κτηματολογίου δεν θεωρεί τον δρόμο που κατευθύνεται κάτω από το τούνελ ως ξεχωριστό, με αποτέλεσμα να δημιουργείτε σύγχυση σε σχέση με την αντιστοιχία των δεδομένων υπό εξέταση.



Εικόνα 61. Παράδειγμα του OSM (κόκκινη γραμμή) που δεν έχει σωστή αντιστοιχία σε σχέση με τα δεδομένα του Κτηματολογίου (μπλε γραμμή), Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης όσον αφορά τον αλγόριθμο που εξάγει το μέσο άξονα των πολυγώνων, ο οποίος θα μπορούσε να εξελιχθεί σε μελλοντικές έρευνες που θα αφορούσαν την αξιολόγηση της ποιότητας της ακρίβειας θέσης της εθελοντικής πληροφορίας. Επίσης στη συγκεκριμένη έρευνα μελετάται το οδικό δίκτυο σε έκταση 35 τετραγωνικών χιλιομέτρων στην περιοχή της δυτικής Αττικής. Μεγάλο ενδιαφέρον θα είχε αν επεκταθεί η περιοχή μελέτης σε όλη την Αττική ή και ακόμη σε όλη την Ελλάδα έτσι ώστε να προκύψουν συγκριτικά αποτελέσματα για κάθε πόλη. Επιπλέον θα μπορούσαν να προστεθούν και άλλα στοιχεία ποιότητας όπως αυτό της θεματικής ακρίβειας. Τέλος η παραπάνω έρευνα μπορεί να επεκταθεί και σε άλλα σύνολα δεδομένων πέρα από το οδικό δίκτυο όπως για παράδειγμα σε επίπεδο κτιρίων ή οικοπέδων.

Βιβλιογραφία

- Antoniou, V., & Schlieder, C. (2014). Participation patterns, VGI and gamification. Castellón, Spain: Proceedings of AGILE 2014, 3–6 June 2014, pp. 3–6.
- Antoniou, V., & Skopeliti, A. (2015). Measures and indicators of VGI quality: An overview. La Grande Motte, France: Proceedings of the ISPRS Geospatial Week 2015.
- Antoniou, V., Fonte, C., See, I., Estima, J., Arsanjani, J., Lupia, F., . . . Fritz, S. (2016a). Investigating the feasibility of geo-tagged photographs as sources of land cover input data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(64).
- Antoniou, V., Touya, G., & Olteanu-Raimond, A. M. (2016b). Quality analysis of the Parisian OSM toponyms evolution. Στο C. Capineri, M. Haklay, H. Huang, V. Antoniou, J. Kettunen, F. Ostermann, & R. Purves (Επιμ.), *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information* (σσ. 97–112). London, UK: Ubiquity Press.
- Arvanitis, A., & Koukopolou, S. (1999). Managing data during the update of Hellenic Cadastre. *Paper presented at the FIG Commission 3 Annual Meeting and Seminar, Budapest, Hungary.*
- Arvanitis, A. (1998). Basic procedures and main problems of the cadastral information collection in Greece. *Proceedings Cadastral Congress, Warsaw, Poland.*
- Ather, A. (2009). *A Quality Analysis of OpenStreetMap Data, MEng Thesis.* London: University College London.
- Barrington-Leigh, M.-B. (2017). The world’s user-generated road map is more than 80% complete. *PLoS ONE.*
- Bégin, D., Devillers, R., & Roche, S. (2013). Assessing volunteered geographical information (VGI) quality based on contributors mapping behaviours, in: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Hong Kong, China: Presented at the 8th International Symposium on Spatial Data Quality , pp. 149–154.
- Berry, J. K. (1987). Fundamental operations in computer-assisted map analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1, 119-136.
- Biljecki, F. (2023). *Quality of crowdsourced geospatial building information: A global assessment of OpenStreetMap attributes.* Singapore: Elsevier.
- Blanco, K. (2018). *Quality assessment of crowd-sourced data: OpenStreetMap roads validation in the developing countries of West Africa .* Columbia: ResearchGate.
- Bonter, T., & Cooper, C. (2012). Data validation in citizen science: a case study from Project FeederWatch. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 305-307.
- Budhathoki, N., Bruce, B., & Nedovic – Budic, Z. (2008). Reconceptualising the role of the user of spatial data infrastructure. *GeoJournal*, 72(3), 149-160.
- Camboim, S. (2015). *An Investigation into the Completeness of, and the Updates to, OpenStreetMap Data in a Heterogeneous Area in Brazil.* ISPRS International Journal of Geo-information.
- Canavosio-Zuzelski. (2013). *A photogrammetric approach for assessing positional accuracy of OpenStreetMap roads.* ISPRS Int. J. Geo-Inf.
- Ciepluch, B., Jacob, R., Winstanley, A., & Mooney, P. (2010). Comparison of the accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps. Leicester, UK: Proceedings of the Accuracy 2010 Symposium.
- Coleman, D. (2010). Volunteered Geographic Information in Spatial Data Infrastructure: An Early Look At Opportunities And Constraints. Singapore: Proceedings of GSDI 12 World Conference.
- Devillers, R., Bedard, Y., Jeansoulin, R., & Moulin, B. (2007). Towards spatial data quality information analysis tools for experts assessing the fitness for use of spatial data. *International Journal of Geographical Information Science*(21), 261-282.
- Dimopoulou, E. (2005). *nD Κτηματολόγιο.* Αθήνα: Kallipos.

- Estima, J., & Painho, M. (2015). Investigating the potential of OpenStreetMap for land use/land cover production: A case study for continental Portugal. Στο J. Jokar Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney, & M. Helbich (Επιμ.), *OpenStreetMap in GIScience, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (σσ. 273–293). Cham: Springer International Publishing.
- Estima, J., Fonte, C. C., & Painho, M. (2014). Comparative study of Land Use/Cover classification using Flickr photos, satellite imagery and Corine Land Cover database. Castellon, Spain: Huerta, J., Schade, S., Granell, G. (Eds.), *Proceedings of the 17th AGILE International Conference on Geographic Information Science: Connecting a Digital Europe through Location and Place*.
- Ethier, J. (2003). *Current Research in Social Network Theory. Northeastern University College of Computer and Information*.
- G. M. Foody, L. S. (2015). Accurate Attribute Mapping from Volunteered Geographic Information: Issues of Volunteer Quantity and Quality,. *The Cartographic Journal*, 336-344.
- Girres, J. F., & Touya, G. (2010). Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. *Transactions on GIS*, 14(4).
- Goldblatt, R. J. (2020). Assessing OpenStreetMap Completeness for Management of Natural Disaster by Means of Remote Sensing: A Case Study of Three Small Island States. *MDPI*.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-217.
- Goodchild, M. F. (2008). Commentary: whither VGI? *GeoJournal*, 72, 239–244.
- Goodchild, M. F. (2009). Geographic information systems and science: today and tomorrow. *Procedia Earth and Planetary Science (special issue title: Proceedings of the International Conference on Mining Science and Technology)*, 1(1), 1037–1043.
- Goodchild, M. F., & Hunter, G. J. (1997). A simple positional accuracy measure for linear features. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(3), 299-306.
- Guptill, S. C., & Morrison, J. L. (1995). *Elements of Spatial Data Quality*. Elsevier Science Limited.
- Haklay, M. (2008). How good is OpenStreetMap information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets for London and the rest of England. *OpenStreetMap Quality Analysis*.
- 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.
- Haklay, M. (2013). Neogeography and the delusion of democratisation. *Environment and Planning A*, 45(1), 55-69.
- Hashemi, P., & Ali Abbaspour, R. (2015). Assessment of logical consistency in OpenStreetMap based on the spatial similarity concept. Στο J. Jokar Arsanjani, A. Zipf, P. Mooney, & M. Helbich (Επιμ.), *OpenStreetMap in GIScience* (σσ. 19-36). Cham: Springer International Publishing.
- Heipke, C. (2010). Crowdsourcing geospatial data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 550-557.
- Hochmair, H. H., & Zielstra, D. (2012). Positional accuracy of Flickr and Panoramio images in Europe. Wichman, Heidelberg, Germany: Car, A., Griesebner, G., Strobl, J. (Eds.), *Proceedings of the Geoinformatics Forum. Presented at the Geospatial Crossroads @ GI Forum '12*, pp. 14–23.
- Holloway, T., Bozicevic, M., & Börner, K. (2007). Analyzing and visualizing the semantic coverage of Wikipedia and its authors. *Complexity*(12), 30–40.
- Howe, J. (2006). *The Rise of Crowdsourcing*. Wired Magazine.

- Hunter, G. J. (1999). New tools for handling spatial data quality: moving from academic concepts to practical reality. *URISA Journal*, 11(2), 25-34.
- J Arsanjani, C. B. (2013). *Assessing the Quality of OpenStreetMap Contributors together with their Contributions*. Vienna.
- Kalogridis, D. (2003). *Οντολογίες & Συντάκτες Οντολογιών, μελέτη υλοποίησης της οντολογίας του Ελληνικού Κτηματολογίου στο Protégé-2000*. Αθήνα: TATM – ΕΜΠ.
- Kim, B. S. (2003). *Quality Assessment of the OpenStreetMap Road Network in Calgary, Alberta*. Abstr. Int. Cartogr. Assoc.
- Koukoletsos T., H. M. (2011). *An automated method to assess Data Completeness and Positional Accuracy of OpenStreetMap*. London: 11th International Conference on GeoComputation.
- Koukoletsos, T. (2012). *A framework for quality evaluation of VGI linear datasets*. University College London.
- Kounadi, O. (2009). *Assessing the quality of the OpenStreetMap data, (MSc Thesis)*. London, UK: University College London.
- Kounadi, O., & Basiouka, S. (2010). The Volunteered Geographic Information Science. The OpenStreetMap example in London and Athens. *Αειχώρος*(14), 64-93.
- Lolonis, P. (2012). *Η Υποδομή Χωρικών Δεδομένων του Εθνικού Κτηματολογίου και ο Ρόλος της στις Προοπτικές Περαιτέρω Ανάπτυξης της Χαρτογραφίας στη Χώρα*. Kozani: 12ο Εθνικό Συνέδριο ΧΕΕΕ.
- Ma, D., Sandberg, M., & Jiang, B. (2015). Characterizing the heterogeneity of the OpenStreetMap data and community. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, 535-550.
- Marakakis, I., Pagourtzi, Panopoulos, Tsigani, & Xatzixristos. (2008). *Έκθεση παρακολούθησης Οδηγίας INSPIRE*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- McHarg, I. L. (1969). *Design with Nature*. New York: Doubleday.
- Meek, S., Jackson, M., & Leibovici, D. (2016). A BPMN solution for chaining OGC services to quality assure location-based crowdsourced data. *Computers & Geosciences*(87), 76-83.
- Ming, W., Qingquan, L., Qingwu, H., & Meng, Z. (2013). QUALITY ANALYSIS OF OPEN STREET MAP DATA, 8th International Symposium on Spatial Data Quality , 30 May - 1 June 2013. Hong Kong: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
- Mooney, P., & Corcoran, P. (2012). The annotation process in OpenStreetMap. *Transactions in GIS*(16), 561-579.
- Moradi, M. (2022). *Exploring five indicators for the quality of OpenStreetMap road networks: a case study of Québec, Canada*. Canada: cdnsiencepub.
- Neis, P., & Zielstra, D. (2014). Recent developments and future trends in volunteered geographic information research: The case of OpenStreetMap. *Future Internet*, 6, 76-106.
- Oort, P. V. (2005). *Spatial data quality: from description to application. PhD Thesis, Nederlandse Commissie voor Geodesie (NCG)*. Delft, The Netherlands: Netherlands Geodetic Commission.
- OS. (2007). *Meridian 2 User Guide and Technical Specification, Version 5.2*. Southampton: Ordnance Survey.
- Perkins, C., & Dodge, M. (2008). The potential of user-generated cartography: a case study of the OpenStreetMap project and Mapchester mapping party. *North West Geography*, 9(1), 19-32.
- Potsiou, C. (2021). *Hellenic Cadastre: state of the art experience, proposal and future strategies*. Athens: Elsevier.

- Raifer, M., Auer, M., Loos, L., Troilo, R., Kowatsch, F., Visintini, J., & Zipf, A. (2020). Ohsome : OpenStreetMap data quality analysis. Valetta (Malta) : 3rd International Workshop on Spatial Data Quality, 28.01 - 29.01.2020.
- Senaratne, M. A. (2017). A review of volunteered geographic information quality. *International Journal of Geographical Information Science*, 139-167.
- Siebritz. (2014). *Assessing the Accuracy of OpenStreetMap Data in South Africa for the Purpose of Integrating it with Authoritative Data*. University of Cape Town.
- Sylaiou, S., & Potsiou, C. (2012). Η Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία ως εργαλείο ανάδειξης της Πολιτισμικής Κληρονομιάς. *Χωρογραφίες*, 3(1), 15-22.
- Tapscott, D., & Williams, A. D. (2006). *Wikinomics – How mass collaboration changes everything*. London, Uk: Atlantic Books.
- Tomlison, R. F. (1984). Keynote address: geographical information systems—a new frontier. Zurich: International Symposium on Spatial Data Handling.
- Tomlison, R. F., Calkins, H. W., & Marble, D. F. (1976). *Computer Handling of Geographical Data*. Paris: UNESCO.
- Turner, A. (2006). *Introduction to neogeography*. O'Reilly Media.
- Waldner, F., Fritz, S., Di Gregorio, A., & Defourny, P. (2015). Mapping Priorities to Focus Cropland Mapping Activities: Fitness Assessment of Existing Global, Regional and National Cropland Maps. *Remote Sensing*(7), 7959–7986.
- Williamson, I. (2000). *The evolution of modern cadastres*. Australia: University of Melbourne.
- Wynngaarden, R., & Waters, N. (2007). *An Unfinished Revolution -- Gaining Perspective on the Future of GIS*.
- Zacharopoulou, D., Skopeliti, A., & Nakos, B. (2021). *Assessment and Visualization of OSM Consistency for European Cities*. Athens: ISPRS International Journal of Geo-Information.
- Zentelis, P. (2011). *Περί Κτημάτων λόγος και Κτηματολόγιο*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Zielstra, D., & Zipf, A. (2010). *A Comparative Study of Proprietary Geodata and Volunteered Geographic Information for Germany*. Germany: University of Heidelberg.
- Zook, M. A., & Graham, M. (2007). The creative reconstruction of the Internet: Google and the privatization of cyberspace and DigiPlace. *Geoforum*(38), 1322–1343.
- Καβαδάς, Ι. (2022). *Ολοκληρωμένο περιβάλλον διασφάλισης ποιότητας στη σύνθεση χάρτη*. Αθήνα: ΕΜΠ.
- Κουκολέτσος, Θ. (2014). *Διαχρονική σύγκριση οδικών δικτύων OpenStreetMap και Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού σε 3 περιοχές της Ελλάδας με αυτοματοποιημένη μεθοδολογία*. Πάτρα: 13ο Εθνικό Συνέδριο Χαρτογραφίας.
- Κτηματολόγιο. (2008). *Τεχνικές προδιαγραφές κτηματογράφησης*. Αθήνα: Κτηματολόγιο ΑΕ.