



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ –
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διερεύνηση της παράνομης στάθμευσης με τεχνικές crowdsourcing και χωρο-χρονικής ανάλυσης: Η περίπτωση της Αθήνας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παρμενίων Δελιαλής

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Κεπατσόγλου

Αναπληρωτής καθηγητής ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας ολοκληρώνεται και ο κύκλος των προπτυχιακών σπουδών μου. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με στήριξαν στην πορεία μου ως φοιτητή.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντίνο Κεπατσόγλου, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής ΕΜΠ και επιβλέποντα καθηγητή στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου το θέμα, την άψογη συνεργασία και την καθοδήγηση του όλη αυτή την περίοδο.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη δρ. Χριστίνα Ηλιοπούλου, Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια, για τη βοήθεια και τις συμβουλές κατά την εκπόνηση της εργασίας.

Φυσικά, τίποτα από όλα αυτά δε θα ήταν εφικτά χωρίς τη βοήθεια και τη στήριξη από την οικογένειά μου και τους φίλους μου καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

“Διερεύνηση της παράνομης στάθμευσης με τεχνικές Crowdsourcing και Χωρο-χρονικής ανάλυσης: Η περίπτωση της Αθήνας”

Παρμενίων Δελιαλής

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Κεπατσόγλου, Αναπληρωτής καθηγητής ΣΑΤΜ-ΜΓ, ΕΜΠ

Περίληψη

Η διαχείριση στάθμευσης είναι ζωτικής σημασίας για τις αστικές περιοχές, καθώς διασφαλίζει την αποτελεσματική κινητικότητα και την ασφάλεια, ενώ η απουσία ολιστικής προσέγγισης στη διαχείριση στάθμευσης έχει διαπιστωθεί ότι ενθαρρύνει την παράνομη στάθμευση. Αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει τις επιπτώσεις της παράνομης στάθμευσης στη λειτουργία του αστικού οδικού δικτύου και στην ασφάλεια όλων των τύπων χρηστών του. Αυτή η εργασία προτείνει μια μεθοδολογία για τον εντοπισμό και την ανάλυση τοποθεσιών όπου υπάρχει έντονη δραστηριότητα παράνομης στάθμευσης. Παράλληλα, ποσοτικοποιούνται οι προβληματικές περιοχές της πόλης, όπου σημειώνεται έξαρση περιστατικών παράνομης στάθμευσης. Τα δεδομένα συλλέγονται με τη μέθοδο του crowdsourcing μέσω μιας εφαρμογής Web-GIS που αναπτύχθηκε, επιτρέποντας σε πολίτες από όλη την Ελλάδα να αναφέρουν την τοποθεσία και το είδος της παράβασης. Περαιτέρω, εντοπίστηκαν συγκεκριμένες συστάδες παραβιάσεων στη Μητροπολιτική Περιοχή Αθηνών με ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο χωροχρονικής ομαδοποίησης ST-DBSCAN. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι παρόλο που συμβαίνουν γεγονότα παράνομης στάθμευσης σε όλη την πόλη, υπάρχουν ορισμένες περιοχές και περίοδοι της ημέρας με υψηλότερα επίπεδα παράνομης στάθμευσης. Επίσης, οι παραβάσεις κατανέμονται διαφορετικά σε αστικές χρήσεις γης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αυτή η εργασία μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων σχετικά με τη διαχείριση στάθμευσης σε αστικές περιοχές, δίνοντας προτεραιότητα σε τοποθεσίες όπου υπάρχει μεγαλύτερη δραστηριότητα παράνομης στάθμευσης.

Λέξεις κλειδιά: Παράνομη στάθμευση, Χωρο-χρονική ανάλυση, Web-GIS, Crowdsourcing

“Exploring illegal parking using Crowdsourcing and Spatio-temporal analysis: The case of Athens”

Parmenion Delialis

Supervisor: Konstantinos Kepaptsoglou, Associate Professor, NTUA

ABSTRACT

Parking management is vital for urban areas as it ensures effective mobility and safety, while the absence of a holistic approach in parking management has been found to encourage illegal parking. Several studies have demonstrated the negative effects of illegal parking on the operation of the urban road network and the safety of all road user types. This paper proposes a methodology for detecting and analyzing locations where illegal parking activity is present. At the same time, quantifying problematic areas in the city, where outbreaks of illegal parking incidents occur. The data is collected through a custom Web-GIS application with crowdsourcing, allowing citizens from all over Greece to report the location and the type of the violation. Further, specific clusters of violations were identified in the Athens Metropolitan Area by analyzing the data using spatio-temporal clustering algorithm ST-DBSCAN. Results show that even though illegal parking events occur throughout the city, there are certain areas and periods of the day with higher levels of illegal parking. Also, the violations are distributed differently in urban land uses throughout the day. This work can contribute to the development of data driven decision-making regarding parking management in urban areas by prioritizing locations where illegal parking activity is present.

Keywords: Illegal Parking, Spatio-temporal analysis, Web-GIS, Crowdsourcing

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	1
1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.....	1
1.2 Η ανάγκη για στάθμευση.....	1
1.3 Η παράνομη στάθμευση στην Ελλάδα.....	2
1.4 Οι επιπτώσεις της παράνομης στάθμευσης.....	3
1.5 Μέτρα πολιτικής – Διαχείριση Στάθμευσης.....	3
1.5.1 Η διαχείριση της στάθμευσης στην Αθήνα.....	5
1.6 Δομή Εργασίας.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	8
2.1 Μεθοδολογίες για συλλογή δεδομένων παράνομης στάθμευσης.....	8
2.1.1 Αξιολόγηση μεθόδων.....	9
2.2 Crowdsourcing.....	11
2.2.1 Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (VGI).....	12
2.3 Ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης.....	12
2.4 Μέθοδοι χωρικής ανάλυσης.....	14
2.4.1 Χωρική ανάλυση παράνομης στάθμευσης.....	15
2.4.2 Ανάλυση σημειακών δεδομένων (Point Patterns).....	16
2.4.3 Ανάλυση επιφανειακών δεδομένων.....	20
2.5 Συμπεράσματα από τη βιβλιογραφία.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογία.....	24
3.1 Ανάπτυξη εφαρμογής Web-GIS.....	25
3.1.1 Server side.....	26
3.1.2 Client side.....	30
3.1.3 Η λειτουργία της εφαρμογής.....	31
3.2 Συλλογή δεδομένων με crowd-sourcing.....	33
3.3 Διαφύλαξη ποιότητας δεδομένων – Data Cleaning.....	34
3.4 Ανάλυση δεδομένων.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αποτελέσματα.....	37
4.1 Δεδομένα.....	37
4.2 Περιγραφικά στοιχεία.....	37
4.2.1 Παραβάσεις ανά δήμο και κατηγορία.....	37
4.2.2 Παραβάσεις ανά χρονική περίοδο.....	40
4.2.3 Παραβάσεις ανά κατηγορία οδού.....	41

4.2.4 Συσχέτιση παραβάσεων με χαρακτηριστικά των δήμων.....	42
4.3 Χωρική ανάλυση.....	45
4.4 Χωροχρονική ανάλυση.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα.....	53
5.1 Περιορισμοί και προτάσεις βελτίωσης.....	53
5.1.1 Συλλογή δεδομένων.....	53
5.1.2 Χωρική ανάλυση.....	54
5.1.3 Χωρο-χρονική ανάλυση.....	54
5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Βιβλιογραφία.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η δημιουργία ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την καταγραφή περιστατικών παράνομης στάθμευσης και τον εντοπισμό των προβληματικών περιοχών μέσα σε μία πόλη. Ο εντοπισμός και η ιεράρχηση τέτοιων περιοχών μπορεί να αποτελέσει το υπόβαθρο για μελλοντικές παρεμβάσεις που καθοδηγούνται από τα δεδομένα και έχουν ως στόχο την ομαλή λειτουργία των συστημάτων μεταφορών και γενικά τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις πόλεις.

1.2 Η ανάγκη για στάθμευση

Το αυτοκίνητο αποτέλεσε το πρώτο μεταφορικό μέσο που έδωσε τη δυνατότητα για εύκολη και γρήγορη προσωπική μετακίνηση. Αν και αρχικά ήταν ένα μέσο για ευκατάστατους, σταδιακά η μείωση του κόστους κατασκευής του και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου επέτρεψε στη μεσαία τάξη να αποκτήσει ένα. Έκτοτε, η ιδιοκτησία των ΙΧ σε παγκόσμια κλίμακα συνεχώς είχε ανοδική πορεία, ενώ παράλληλα έγιναν πολλά έργα υποδομής με στόχο την αποτελεσματικότερη μετακίνηση των οχημάτων μέσα στις πόλεις (O'connell, 1998).

Τα περισσότερα έργα επικεντρώθηκαν στη βελτίωση της κίνησης των οχημάτων μέσα στις πόλεις δημιουργώντας νέους δρόμους ή βελτιώνοντας τους υφιστάμενους. Η στάθμευση των οχημάτων δεν αποτέλεσε ιδιαίτερη σκέψη. Βέβαια, η στάθμευση του οχήματος είναι αναπόσπαστο μέρος του συνολικού ταξιδιού ενός οχήματος, διότι ανεξάρτητα από τον προορισμό της μετακίνησης είναι σίγουρο ότι η διαδρομή του θα ξεκινήσει και θα τελειώσει σε μία θέση στάθμευσης (Spilioroulou, 2012). Η σημασία για τον σχεδιασμό της στάθμευσης των οχημάτων γίνεται ακόμα πιο έντονη καθώς το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, περίπου το 98% της ημέρας, το αυτοκίνητο είναι στάσιμο (Rodrigue, 2006). Έτσι, η έλλειψη υποδομών και η αύξηση του πληθυσμού και των ΙΧ στις πόλεις καθιστά τη στάθμευση μία καθημερινή πρόκληση για τους πολίτες, ενώ η διαδικασία εύρεσης θέσης στάθμευσης από έρευνες σε διάφορες πόλεις υπολογίζεται ότι διαρκεί από 3.5 μέχρι 14 λεπτά (Shourp, 2006).

Επομένως πολλοί οι οδηγοί επιλέγουν να σταθμεύσουν παράνομα για να αποφύγουν την αναζήτηση και να είναι πιο κοντά στον προορισμό τους αντί να προτιμήσουν τη νόμιμη στάθμευση η οποία είναι συχνά επί πληρωμή (Zoika et al., 2019). Ακόμα, το πρόβλημα της παράνομης στάθμευσης παρατηρείται σε πολλές πόλεις στον κόσμο και είναι άμεσο συνδεδεμένο με την αύξηση της ιδιοκτησίας μηχανοκίνητων οχημάτων (Thanh και Friedrich, 2017).

1.3 Η παράνομη στάθμευση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα για πολλά χρόνια η στάθμευση των οχημάτων δεν ήταν ζήτημα μεγάλης σημασίας για τον αστικό και συγκοινωνιακό σχεδιασμό. Το 1979 εισάγεται πρώτη φορά η έννοια της υποχρεωτικής κατασκευής θέσεων στάθμευσης σε κτίρια, βέβαια δόθηκε η δυνατότητα εισφοράς σε χρήμα αντί για την υλοποίηση τους. Το 1991 καταργείται, σε κάποιο βαθμό, η δυνατότητα εισφοράς και το 2004 καθορίζονται οι απαραίτητες θέσεις για την Αττική (Μαυρίδου, 2008). Ωστόσο από τις χρονολογίες κατασκευής των κτιρίων, φαίνεται πως στην πλειοψηφία δεν εφαρμόστηκε ποτέ κάποια νομοθεσία για θέσεις στάθμευσης καθώς στο σύνολο της χώρας το 75% των κτιρίων έχει κτιστεί πριν το 1991, ενώ σε περιπτώσεις όπως του Κεντρικού Τομέα Αθηνών το ποσοστό φτάνει το 84% (ΕΛΣΤΑΤ, 2011). Ακόμα, το πρόβλημα της στάθμευσης οξύνεται αρκετά σε αστικά κέντρα διότι η προσφορά θέσεων στάθμευσης είναι περιορισμένη, ενώ η πυκνότητα του πληθυσμού και η αύξηση της ιδιοκτησίας ΙΧ (Eurostat, 2019) καθιστούν μία υψηλή ζήτηση.

Καθώς οι χώροι στάθμευσης δεν επαρκούν για τις ανάγκες των Ελληνικών πόλεων, καθώς και για να σταθμεύουν κοντά στον προορισμό τους, αρκετοί οδηγοί καταφεύγουν λύση της παράνομης στάθμευσης σε χώρους οι οποίοι προορίζονται για διαφορετική χρήση (Spilioroulou, 2012). Η διαρκής κατάληψη ορισμένων δημόσιων χώρων από τα παράνομα οχήματα συχνά οδηγεί τους πολίτες να λανθασμένα να θεωρούν πως οι θέσεις έχουν νομιμοποιηθεί και πως δεν υπάρχουν επιπτώσεις (Βλαστός και Μπακογιάννης, 2019).

Σύμφωνα με τα στατιστικά της τροχαίας, το 2019 βεβαιώθηκαν περίπου 680000 κλήσεις για παράνομη στάθμευση και περίπου 110000 επιπλέον κλήσεις οι οποίες κατάσχεσαν

και άδειες κυκλοφορίας ή πινακίδες. Από τα στατιστικά φαίνεται πως η παράνομη στάθμευση είναι μία από τις πιο συχνές παραβάσεις του ΚΟΚ και κατά συντριπτική πλειοψηφία οι περισσότερες παραβάσεις γίνονται από επιβατικά οχήματα. Αν και σημειώνεται μείωση στις κλήσεις τα τελευταία χρόνια, δεν υπάρχει κάποια αναφορά στην αιτία, δηλαδή εάν έχει περιοριστεί το φαινόμενο, έχουν μειωθεί οι περιπολίες ή υπάρχει κάποιος άλλος λόγος.

1.4 Οι επιπτώσεις της παράνομης στάθμευσης

Οι επιπτώσεις είναι πολλές και δεν περιορίζονται μόνο στην αλλαγή χρήσης του δημόσιου χώρου. Οι Cullinane και Polak (1992) αναφέρουν μερικές από αυτές, όπως η καθυστέρηση της κυκλοφορίας και η συμφόρηση του δικτύου, η μείωση της ασφάλειας στο δρόμο, η υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος και διαφυγόντα έσοδα από την ελεγχόμενη στάθμευση. Γενικά η παράνομη στάθμευση έχει σημαντικές επιπτώσεις στην καθημερινότητα των πολιτών και την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων στις πόλεις. Για παράδειγμα, προκαλούνται μεγάλες καθυστερήσεις οι οποίες στην περίπτωση της Αθήνας έχουν υπολογιστεί ότι φτάνουν έως και 20% (Kladefiras και Antoniou, 2013). Επιπλέον, οι καθυστερήσεις αυξάνουν την κατανάλωση των οχημάτων και οδηγούν σε περαιτέρω εκπομπές καυσαερίων υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα του αέρα στις πόλεις. Ακόμα, θα πρέπει να σημειωθεί πως η παράνομη στάθμευση αποτελεί μία αντικοινωνική συμπεριφορά η οποία μπορεί να περιθωριοποιήσει πολίτες. Συγκεκριμένα, η στάθμευση σε πεζοδρόμια, θέσεις ή ράμπες ΑμεΑ, οδεύσεις τυφλών αποκλείουν ευαίσθητες κοινωνικές ομάδες από τη συμμετοχή τους σε βασικές δραστηριότητες στην πόλη. Τέλος, οι Morillo και Campos (2014), σε μία προσπάθεια να ποσοτικοποιήσουν τις επιπτώσεις της παράνομης στάθμευσης (καθυστερήσεις, ατυχήματα, εκπομπές ρύπων κ.α.) σε χρήματα, υπολόγισαν ότι στη Βαρκελώνη το παράνομο παρκάρισμα κοστίζει πάνω από \$80 εκατ. ετησίως.

1.5 Μέτρα πολιτικής – Διαχείριση Στάθμευσης

Καθώς πολλοί μελετητές (Ibeas et al. (2004); Tsakalidis και Tsoleridis (2015); Thanh και Friedrich, 2017; Βλαστός και Μπακογιάννης, 2019) έχουν καταλήξει στο

συμπέρασμα πως η αλόγιστη χρήση των ΙΧ είναι ο σημαντικότερος παράγοντας του προβλήματος της στάθμευσης, ενώ περισσότερα μέτρα που προτείνονται αφορούν τον περιορισμό της προσφοράς θέσεων στάθμευσης και την επένδυση σε εναλλακτικά μέσα μετακίνησης. Επιπλέον, η εύρεση τρόπων για την ουσιαστική εφαρμογή και τήρηση των μέτρων που έχουν τεθεί θεωρείται απαραίτητη για την αποδοτική λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης της στάθμευσης.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Στάθμευσης (European Parking Association – EPA) θεωρεί πως ο σχεδιασμός ενός συστήματος διαχείρισης της στάθμευσης είναι πολύ βασικό κομμάτι ενός σχεδίου βιώσιμης κινητικότητας μιας πόλης. Ο EPA έχει αναπτύξει μεθοδολογίες (Push&Pull, Park4SUMP) οι οποίες έχουν εφαρμοστεί σε μερικές πόλεις της Ευρώπης με αρκετά καλά αποτελέσματα. Ο Οργανισμός υποστηρίζει πως η αξία του δημόσιου χώρου είναι μεγάλη και επομένως η χρήση του για στάθμευση θα πρέπει σίγουρα να έχει κάποιο εύλογο χρηματικό αντίτιμο, ειδικά στο κέντρο της πόλης. Έτσι, προτείνεται ο περιορισμός των θέσεων στάθμευσης και η επιβολή ακριβής χρέωσης για τις υπόλοιπες θέσεις προκειμένου να απωθούνται οι πολίτες από τη χρήση του αυτοκινήτου σε ορισμένες περιοχές (push). Παράλληλα, με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται έσοδα για την πόλη, τα οποία θα πρέπει να επενδύονται για την αναβάθμιση των υποδομών των εναλλακτικών μέσων μετακίνησης (MMM, ποδήλατα, μέσα μικροκινητικότητας), έτσι ώστε να προσελκύσουν περισσότερους χρήστες (pull). Ακόμα, προτείνεται η δημιουργία οργανωμένων χώρων στάθμευσης περιφερειακά του κέντρου, όπου ένας πολίτης μπορεί να σταθμεύσει το όχημα του και στη συνέχεια να εξυπηρετηθεί από τα MMM (σύστημα Park & Ride).

Στη συνέχεια, αφού σχεδιαστεί το σύστημα διαχείρισης της στάθμευσης, ο EPA υποστηρίζει πως θα πρέπει να σχεδιαστεί ένα σύστημα για την επιβολή των μέτρων. Χωρίς αυτό επικρατεί αναρχία στους δρόμους και δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα σε όλους τους χρήστες του δικτύου. Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει λειτουργεί σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση αφορά τον εντοπισμό του οχήματος και των δικαιωμάτων στάθμευσης του στην περιοχή σε σχέση με τους τοπικούς κανόνες. Η δεύτερη φάση αφορά την επιβολή κυρώσεων στα οχήματα που δε συμμορφώνονται με τους κανόνες. Για να πετύχει ένα τέτοιο σύστημα επιβολής, θα πρέπει πρώτα από όλα το σύστημα διαχείρισης να είναι απλό και κατανοητό, ώστε να είναι εύκολο για τους πολίτες να το

ακολουθήσουν. Θα πρέπει, ακόμα, να ακολουθούνται διαφανείς διαδικασίες και οι κυρώσεις να είναι δίκαιες και ανάλογες με την παράβαση που έγινε. Τα έσοδα από τα πρόστιμα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την αναβάθμιση των εναλλακτικών μέσων μετακίνησης προκειμένου να περιοριστεί η χρήση του αυτοκινήτου που είναι μια από τις ρίζες του προβλήματος. Ως προς τον τρόπο καταγραφής των παραβάσεων, προτείνεται ένα κατάλληλα εκπαιδευμένο σώμα το οποίο με συσκευές θα εξετάζει τα δικαιώματα στάθμευσης του οχήματος στην περιοχή μέσα από αντίστοιχες βάσεις δεδομένων. Ακόμα, υπάρχει τεχνολογία η οποία επιτρέπει την προσθήκη αισθητήρων σε οχήματα της αστυνομίας (ScanCars) οι οποίοι διαβάζοντας την πινακίδα των σταθμευμένων οχημάτων μπορούν μετά από τη διασταύρωση της πληροφορίας από αντίστοιχες βάσεις δεδομένων να συμπεράνουν εάν το όχημα έχει σταθμεύσει νόμιμα.

1.5.1 Η διαχείριση της στάθμευσης στην Αθήνα

Στην Ελλάδα οι περισσότερες πολιτικές διαχείρισης στάθμευσης περιορίζονται στην ελεγχόμενη στάθμευση στα κέντρα των πόλεων. Η συνηθισμένη πολιτική επιτρέπει τη στάθμευση του οχήματος για λίγες ώρες με την αγορά έντυπου ή ηλεκτρονικού εισιτηρίου και την επικύρωση του. Στις περισσότερες περιπτώσεις, για την τήρηση του συστήματος της ελεγχόμενης στάθμευσης αρμόδιοι είναι η τροχαία και η δημοτική αστυνομία.

Στο δήμο Αθηνών η ελεγχόμενη στάθμευση εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το Νοέμβριο του 2006, έχοντας ως στόχο τη βελτίωση της πρόσβασης των οχημάτων στο κέντρο και τη διευκόλυνση της στάθμευσης για τους κατοίκους και τους επισκέπτες. Πλέον, υπάρχουν περισσότερες από 5000 θέσεις για κατοίκους, 3500 θέσεις για διερχόμενους πολίτες και 1000 ειδικές θέσεις. Για τη στάθμευση σε θέσεις μόνιμων κατοίκων ή ειδικές θέσεις υπάρχουν κάρτες οι οποίες ανανεώνονται ετησίως. Για τις θέσεις των διερχόμενων οχημάτων, μπορεί ο οδηγός να προμηθευτεί εισιτήρια από σημεία πώλησης ή σημεία με POS, διαφορετικά μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή για smartphones. Η αστυνόμευση γίνεται με περιπολίες και ελέγχους των εισιτηρίων και της κάρτας των μόνιμων κατοίκων. Στο κέντρο της Αθηνών υπάρχουν διαφορετικές ζώνες στάθμευσης. Οι ζώνες στάθμευσης που υπάρχουν στο κέντρο της Αθήνας αναφέρονται στη συνέχεια.

- Κατηγορία P-70: Πρόκειται για τη ζώνη στάθμευσης των μόνιμων κατοίκων. Οι ζώνες αυτές είναι αποκλειστικά για τους μόνιμους κατοίκων για όλο το 24ωρο και τις ημέρες της εβδομάδας. Η ζώνη συμβολίζεται με μπλε διαγράμμιση στο οδόστρωμα.
- Κατηγορία P69: Πρόκειται για τη ζώνη στάθμευσης επισκεπτών με πληρωμή. Η πληρωμή σε αυτή τη ζώνη ισχύει μόνο 9 π.μ. - 9 μ.μ. τις εργάσιμες ημέρες και 9 π.μ. - 4 μ.μ. τα Σάββατα. Τις υπόλοιπες περιόδους η στάθμευση γίνεται ελεύθερη. Το τέλος της στάθμευσης ξεκινά από 0.50€ για 30 λεπτά και αυξάνεται μέχρι τα 6€ για 3 ώρες στάθμευσης. Η ζώνη συμβολίζεται με άσπρη διαγράμμιση στο οδόστρωμα.
- Κατηγορία P40: Αφορά τη ζώνη στάθμευσης που γενικά απαγορεύεται η στάθμευση, αλλά υπάρχουν εξαιρέσεις για ειδικές και επαγγελματικές χρήσεις. Η ζώνη συμβολίζεται με κατακόρυφη σήμανση και κίτρινη διαγράμμιση στο οδόστρωμα.

Από το 2022 στο δήμο Αθηνών θα εφαρμοστεί ένα πρόγραμμα για την καταπολέμηση της αντικοινωνικής στάθμευσης. Η συγκεκριμένη στάθμευση αναφέρεται ως αντικοινωνική καθώς έχει ως συνέπεια τον αποκλεισμό ευαίσθητων ομάδων από την κοινωνία καθώς η μετακίνηση τους στην πόλη γίνεται αδύνατη. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει την εγκατάσταση περισσότερων από 800 ειδικών αισθητήρων σε διαβάσεις και ράμπες ΑμΕΑ. Κάθε αισθητήρας εμφανίζεται σε ένα ηλεκτρονικό χάρτη τον οποίο διαχειρίζεται η Δημοτική Αστυνομία. Σε περίπτωση κατάληψης της ράμπας ή της διάβασης, ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο οι δημοτικοί αστυνομικοί οι οποίοι βρίσκονται σε ακτίνα 500 μέτρων για να σπεύσουν στη θέση της παράβαση. Αυτό το πρόγραμμα μπορεί αφενός να συνδράμει στην άμεση δράση της δημοτικής αστυνομίας και αφετέρου μέσω της συλλογής των δεδομένων να βοηθήσει στη βελτιστοποίηση της μελλοντικής δράσης.

1.6 Δομή Εργασίας

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια τα οποία είναι διαχωρισμένα με βάση το περιεχόμενό τους, όπως φαίνεται στη συνέχεια:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται της εισαγωγή της εργασίας και παρουσιάζεται ο σκοπός της. Αναλύονται εισαγωγικές έννοιες που σχετίζονται με την ανάγκη για στάθμευση, τη δημιουργία παράνομης στάθμευσης, τις επιπτώσεις του φαινομένου και τα μέτρα πολιτικής που προτείνονται από οργανισμούς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα θέματα που συνδέονται με την εργασία. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται προηγούμενες μελέτες για θέματα που αφορούν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης, τη χρήση και τα οφέλη του πληθοπορισμού και της εθελοντικής γεωγραφικής πληροφορίας. Τέλος, περιγράφονται κάποιες βασικές μέθοδοι χωρικής ανάλυσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της εργασίας. Περιγράφονται όλα τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη μελέτη του φαινομένου της παράνομης στάθμευσης

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της χωρικής και χωρο-χρονικής ανάλυσης των παραβάσεων στάθμευσης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας. Ακόμα, αξιολογείται το μεθοδολογικό πλαίσιο που προτείνεται και περιγράφονται ορισμένα προβλήματα που προέκυψαν. Τέλος, προτείνονται θέματα για μελλοντική μελέτη.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βιβλιογραφικές αναφορές που στις οποίες βασίστηκε η σύνταξη της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Καθώς η παράνομη στάθμευση και στάση αποτελούν προβληματικά σημεία ενός αστικού οδικού δικτύου ως προς την κυκλοφορία και την ασφάλεια όλων των χρηστών, πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη εύχρηστων μεθόδων για την συλλογή δεδομένων σχετικά με την παράνομη στάθμευση. Ταυτόχρονα, μια πληθώρα μελετών έχει αναλύσει τέτοιου είδους δεδομένα με σκοπό να εντοπίσουν την κατανομή της παράνομης στάθμευσης στην πόλη και παράγοντες που οδηγούν στην εμφάνιση της.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αρχικά μέθοδοι συλλογής δεδομένων παράνομης στάσης και στάθμευσης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια συμπεράσματα από τις μελέτες πάνω στην παράνομη στάθμευση ενώ γίνεται και αναφορά στις κύριες μεθόδους ανάλυσης. Τέλος, δίνεται έμφαση στην τεχνική του crowdsourcing και σε μεθόδους χωρικής ανάλυσης, καθώς αναφέρονται ικανοποιητικά αποτελέσματα στις μελέτες που αναλύονται.

2.1 Μεθοδολογίες για συλλογή δεδομένων παράνομης στάθμευσης

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετές τεχνικές με τις οποίες έχουν συλλεχθεί δεδομένα παράνομης στάθμευσης. Πολλοί ερευνητές (Lee Jong et al., 2009; Keon Won Kim et al, 2015; Xie Xuemei et al, 2017; Akhawaji Rami et al., 2017) έχουν συλλέξει δεδομένα παράνομης στάθμευσης αναλύοντας βίντεο από κάμερες παρακολούθησης σε οδικό δίκτυο, με τεχνικές όρασης των υπολογιστών για την αυτοματοποίηση των εντοπισμών. Σε γενικές γραμμές αναφέρεται σημαντικό ποσοστό επιτυχίας στον εντοπισμό και ορισμένες μεθοδολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, έχει αναπτυχθεί μέθοδος (Tianfu He et al., 2018) η οποία προβλέπει παθητικά τα οχημάτων που έχουν σταθμεύσει παράνομα, μέσω των ελιγμών που καταγράφονται σε σύστημα GPS σε κοινόχρηστα ποδήλατα στην πόλη του Πεκίνο. Παράλληλα, υπάρχει αναφορά (Zoika Stefania et al., 2021) κατά την οποία έχει χρησιμοποιηθεί το Google Street View (GSV) ως ένας εικονικό κόσμος για τη συλλογή δεδομένων που αφορούν την παράνομη στάθμευση σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας. Τέλος, υπάρχει μια πληθοποριστική προσέγγιση (Braitsch Stephen, 2019) κατά την

οποία οι πολίτες στην πόλη του Σαν Φρανσίσκο καλούνται να καταγράψουν περιστατικά παράνομης στάθμευσης σε ποδηλατοδρόμους σε διαδικτυακή εφαρμογή. Στην περίπτωση αυτή, οι χρήστες κατέγραφαν την κατηγορία και τη θέση της παράβασης, τον τύπο του οχήματος και την πινακίδα του οχήματος και μια φωτογραφία της παράβασης.

Πίνακας 2.1: *Μεθοδολογίες για συλλογή δεδομένων παράνομης στάθμευσης*

Μελέτη	Μέθοδος
Jong T. Lee et al. (2009)	
Kim Keon Won et al. (2015)	Κάμερες & Τεχνικές όρασης υπολογιστών
Xie Xuemei et al. (2017)	
Akhawaji Rami et al. (2017)	
Tianfu He et al. (2018)	Παρακολούθηση τροχιάς ποδηλάτων
Braitsch Stephen (2019)	Εφαρμογή Crowdsourcing
Zoika et al. (2021)	Google Street View

2.1.1 Αξιολόγηση μεθόδων

Αν και οι παραπάνω έρευνες έχουν συγκεντρώσει αρκετά δεδομένα που αφορούν την παράνομη στάθμευση, αναφέρονται ορισμένα προβλήματα. Στην περίπτωση της ανάλυσης βίντεο αναφέρονται αρκετά μεγάλες ακρίβειες στο εντοπισμό, ο οποίος γίνεται αυτόματα από τον υπολογιστή χωρίς την ανάγκη για επίβλεψη από άνθρωπο. Από την άλλη μεριά, όμως, ενδέχεται να υπάρξει δυσκολία στην εφαρμογή σε μεγάλες εκτάσεις λόγω του κόστους των καμερών, αλλά και των αντιδράσεων των πολιτών (Keon Won Kim et al, 2015). Ακόμα, οι μεθοδολογίες κατά κύριο λόγο εξετάζουν την παραμονή ενός οχήματος περιοχή του βίντεο που έχει οριστεί ως απαγορευμένη. Επειδή στην πραγματικότητα υπάρχουν πολλοί λόγοι που καθορίζουν αν μία θέση είναι παράνομη, τις περισσότερες φορές η απαγορευμένη ζώνη πάνω στο βίντεο να πρέπει να δηλωθεί

χειροκίνητα (Xie Xuemei et al, 2017). Παράλληλα, οι καιρικές συνθήκες και ο φωτισμός επηρεάζουν την ποιότητα του εντοπισμού (Jong T. Lee et al., 2009; Akhawaji Rami et al., 2017). Τέλος, παρατηρήθηκε πως στις συγκεκριμένες έρευνες δεν έγινε καταγραφή της κατηγορίας της παράβασης που έγινε.

Στην περίπτωση του GSV, μπορεί εύκολα να γίνει εικονική περιήγηση μειώνοντας τον χρόνο και το κόστος της συλλογής δεδομένων σε σχέση με την έρευνα πεδίου (Rundle et al., 2011). Ακόμα, καθώς υπάρχουν λήψεις στις περισσότερες Ελληνικές πόλεις, μπορεί εύκολα να αυξηθεί η γεωγραφική περιοχή της έρευνας. Ωστόσο, το βασικό πρόβλημα του GSV είναι ότι όσον αφορά την περίοδο της λήψης, καταγράφεται μόνο ο μήνας και η χρονολογία. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην ανάλυση, διότι σύμφωνα με τους Σηλιοπούλου και Αντωνίου (2012) η ζήτηση για στάθμευση εξαρτάται από την ώρα, την ημέρα και την εποχή, επομένως η διαφορά στην πυκνότητα των παραβάσεων σε δύο τμήματα του οδικού δικτύου μπορεί να είναι αποτέλεσμα διαφορετικής περιόδου λήψης. Ακόμα, παρόλο που η διαδικασία αυτή είναι πιο γρήγορη από την έρευνα πεδίου, παραμένει χρονοβόρα και απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του μελετητή.

Στην περίπτωση της εφαρμογής του Braitsch, η καταγραφή της παράνομης στάθμευσης γίνεται από εθελοντές πολίτες σε πραγματικό χρόνο. Εύκολα, λοιπόν, συγκεντρώνονται δεδομένα που αφορούν τη θέση, την κατηγορία και τον τύπο του οχήματος της κάθε παράβασης. Αναλύοντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, ο Moran (2020) αναφέρει πως η εφαρμογή συγκέντρωσε περίπου 9500 παραβάσεις τους πρώτους 9 μήνες λειτουργίας μόνο από τις παραβάσεις σε ποδηλατοδρόμους. Την αντίστοιχη περίοδο, οι παραβάσεις που καταγράφηκαν από τον οργανισμό μεταφορών του Σαν Φρανσίσκο (SFMTA) ήταν περίπου 340 περισσότερες. Επομένως μπορεί να θεωρηθεί πως η συλλογή δεδομένων από την εφαρμογή ήταν αρκετά ικανοποιητική, ειδικά αν αναλογιστεί κανείς πως πρόκειται για ένα κίνημα από εθελοντές, χωρίς την ανάμιξη της πολιτείας. Ο Moran δεν αναφέρει κάποιο πρόβλημα της συγκεκριμένης μεθόδου, ωστόσο ενδέχεται να υπήρξαν προβλήματα που σχετίζονται με τη μέθοδο του crowdsourcing, όπως αυτά που αναφέρονται στη συνέχεια.

2.2 Crowdsourcing

Ο Howe (2006) αναφέρει πρώτη φορά το crowdsourcing ως μία ενέργεια ενός οργανισμού να μεταθέσει κάποιες εργασίες σε ένα μεγαλύτερο κοινό εκτός του οργανισμού, συνήθως μέσω ενός ανοιχτού διαδικτυακού καλέσματος. Ακόμα, από τη βιβλιογραφία φαίνεται ότι τέτοιες εργασίες περιλαμβάνουν τη συλλογή πληροφοριών, την αξιολόγηση καταστάσεων, τη θέσπιση πολιτικών, την εύρεση καινοτομιών (Liu, 2020). Επιπλέον, σε κυβερνητικά ζητήματα υπάρχουν αρκετές εφαρμογές του crowdsourcing που αφορούν τη συνεργασία των πολιτών με δημόσιους φορείς για την επίλυση κάποιου προβλήματος μίας κοινότητας. Για το δημόσιο τομέα ο Brabham (2015) αναφέρει το crowdsourcing ως "ένα διαδικτυακά διανεμημένο παραγωγικό μοντέλο για επίλυση προβλημάτων", συνδυάζοντας την εργασία, τις γνώσεις και την εμπειρία των πολιτών και των κρατικών μηχανισμών.

Η χρήση του crowdsourcing έχει αρκετά οφέλη. Τα περισσότερα σχετίζονται με την ταχύτητα και το χαμηλό κόστος για την επίλυση προβλημάτων λόγω του μεγάλου πλήθους εθελοντών που συμμετέχουν. Μπορεί, ακόμα, να αυξήσει αρκετά το δείγμα σε μία έρευνα με ένα κοινό που χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία και διαφορετική γεωγραφική του κατανομή (Wazny, 2017). Τέλος, ο Brabham (2015) υποστηρίζει πως η συνεργασία μεταξύ πολιτών και δημόσιων φορέων μέσω του crowd-sourcing συμβάλλει στη βελτίωση των σχέσεων τους και κάνει τον πολίτη να αισθάνεται ενεργό μέλος στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Από την άλλη μεριά, υπάρχει σκεπτικισμός γύρω από τη χρήση του crowdsourcing σε ορισμένους τομείς. Πρώτα από όλα, τίθεται το ζήτημα της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, διότι οι εθελοντές που συμμετέχουν συχνά δεν είναι ειδικοί στον κλάδο του προβλήματος. Επιπλέον, είναι δύσκολο να εφαρμοστεί το crowdsourcing σε περιπτώσεις που απαιτείται εχεμύθεια διότι υπάρχουν προβλήματα με την ασφάλεια των δεδομένων. Τέλος συχνά είναι δύσκολο να βρεθεί ο επιθυμητός αριθμός εθελοντών, όπως επίσης και η εύρεση προσωπικού που θα εκπαιδεύσει και θα επιβλέψει το κοινό (Brudney και Kellough, 2000).

2.2.1 Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (VGI)

Η Εθελοντική Γεωγραφική Πληροφορία (Volunteered Geographic Information) αποτελεί μέρος του crowdsourcing και χαρακτηρίζει τα γεωχωρικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από εθελοντές. Ο Goodchild (2007) θεωρεί πως το Web 2.0 (που επιτρέπει την επικοινωνία client – server), η γεωαναφορά, τα GPS, τα geotags, τα γραφικά και η διάδοση του διαδικτύου αποτελούν τους βασικότερους λόγους για τους οποίους έχει αναπτυχθεί η έννοια του VGI.

Υπάρχουν αρκετές διαδεδομένες εφαρμογές του VGI με μία από τις γνωστές να είναι το OpenStreetMap (OSM), ένας παγκόσμιος διαδικτυακός χάρτης, ο οποίος είναι αποτέλεσμα από δράσεις εθελοντών. Η άμεση χρήση του OSM είναι αυτή του ψηφιακού υποβάθρου γεωχωρικών δεδομένων, ενώ σε αρκετές περιοχές είναι το μοναδικό που ανοιχτό υπόβαθρο που υπάρχει. Επιπλέον, λόγω του εύρους των πληροφοριών που αποθηκεύονται σε κάθε γεωγραφική οντότητα έχουν δημιουργηθεί υπόβαθρα που χαρτογραφούν ποδηλατικές διαδρομές, διαδρομές της δημόσιας συγκοινωνίας και χάρτες χρήσεων γης. Σε κυβερνητικό επίπεδο, πολλοί έχουν υποστηρίξει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την γρήγορη και αποδοτική παραγωγή πληροφορίας σε θέματα όπως κτηματογράφησης ή χωρικού σχεδιασμού (Basiouka et al., 2015; Bakogiannis et al., 2019).

Παράλληλα, στην συγκοινωνιακή επιστήμη υπάρχουν επίσης αρκετά παραδείγματα. Το Google Maps που τροφοδοτείται από τους χρήστες για να παράξει κυκλοφοριακά δεδομένα και προτείνει βελτιστοποιημένες διαδρομές. Το FixMyStreet στο οποίο πολίτες καταγράφουν άμεσα και γρήγορα προβλήματα στο οδικό δίκτυο (Liu, 2020). Τέλος, οι εφαρμογές CrowdITS (Ali et al., 2012) και RoadCop (Jameela, 2018) καταγράφουν τις θέσεις όπου υπάρχουν παραβάσεις ή προβλήματα της κυκλοφορίας.

2.3 Ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης

Πολλές από τις μελέτες που αναφέρθηκαν προηγουμένως είχαν ως στόχο τη συλλογή δεδομένων παράνομης στάθμευσης χωρίς να αναλύουν τα δεδομένα για να προκύψουν συμπεράσματα. Άλλες μελέτες αναλύουν χαρακτηριστικά της παράνομης στάθμευσης,

όπως την εκτίμηση των παραγόντων που τη δημιουργούν, την κατανομή της χωρικά και χρονικά και τη σχέση της με άλλες δραστηριότητες σε μία πόλη.

Ο Moran (2019) ανέλυσε την κατανομή της παράνομης στάθμευσης στις ώρες της ημέρας και τις μέρες της εβδομάδας και οπτικοποίησε τα δεδομένα πάνω σε χάρτη προκειμένου να εντοπίσει περιοχές της πόλης όπου συγκεντρώνονται οι περισσότερες παραβάσεις. Επιπλέον, οι Koohrayma et al. (2019) ανέλυσαν τη συγκέντρωση της νόμιμης και παράνομης στάθμευσης σε δύο περιοχές της Τεχεράνης με χρήση της μεθόδου Kernel Density Estimation (KDE) και διερεύνησαν τη σχέση τους με σημεία ενδιαφέροντος της πόλης, όπως νοσοκομεία, πανεπιστήμια και άλλα. Ακόμα, οι Ayele Atumo et al. (2021) ανέλυσαν τα χωρικά πρότυπα της παράνομης στάθμευσης χρησιμοποιώντας αρκετές τεχνικές χωρικής ανάλυσης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν τη μέθοδο KDE για να εντοπίσουν περιοχές με μεγάλη ένταση παραβάσεων, την ανάλυση φατνίων (Quadrat Analysis) για τον εντοπισμό ομάδων με υψηλές παραβάσεις και τις δευτεροβάθμιες συναρτήσεις έντασης (second order intensity functions) για τον προσδιορισμό του χωρικού προτύπου των παραβάσεων σε πολλαπλές κλίμακες. Τέλος, οι Zoika et al. (2021) ανέλυσαν τα δεδομένα της παράνομης στάθμευσης με χρήση μοντέλων παλινδρόμησης προκειμένου να βαθμονομηθούν οι παράμετροι που οδηγούν στη δημιουργία της παράνομης στάθμευσης.

Πίνακας 2.2: *Μεθοδολογίες για ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης*

Μελέτη	Μέθοδος
Moran (2019)	Οπτικοποίηση παραβάσεων πάνω σε χάρτη
Koohrayma et al. (2019)	Χωρική ανάλυση
Ayele Atumo et al. (2021)	
Zoika et al. (2021)	Μοντέλα παλινδρόμησης

2.4 Μέθοδοι χωρικής ανάλυσης

Η χωρική ανάλυση είναι η επιστήμη η οποία μελετά τις σχέσεις και την αλληλεπίδραση φαινομένων στο χώρο με χρήση διάφορων μεθόδων που βασίζονται στην περιγραφή της θέσης (Haining, 2003). Σταθμό για τη χωρική ανάλυση αποτελεί ο Πρώτος Νόμος της Γεωγραφίας, ή αλλιώς ο νόμος του Tobler, ο οποίος υποστηρίζει πως όλα τα πράγματα στο χώρο σχετίζονται μεταξύ τους, αλλά τα κοντινά σχετίζονται περισσότερο από αυτά που είναι μακρινά (Tobler, 1970). Τα τελευταία χρόνια έχει εισαχθεί και ο όρος της διερευνητικής ανάλυσης χωρικών δεδομένων (Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA) ως το σύνολο των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για να αναλυθούν κάποιες παρατηρήσεις για να προσδιοριστεί η διαδικασία που τις δημιούργησε (Unwin, 1996). Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται έχουν γεωγραφική και περιγραφική πληροφορία και η ανάλυση τους μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: την οπτικοποίηση (Data Visualization) και την χρήση χωρικής στατιστικής (Spatial Statistics).

Η οπτικοποίηση των δεδομένων είναι ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να γίνει η χωρική ανάλυση, λαμβάνοντας οπτικές πληροφορίες από χάρτες ή διαγράμματα. Η ανάπτυξη των γραφικών εργαλείων των υπολογιστών έχει συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη αυτής της μεθόδου. Ακόμα, είναι αρκετά δημοφιλής διότι συχνά είναι πιο εύκολα κατανοητή από μη ειδικούς. Πολλά προγράμματα παρέχουν διαγράμματα και χάρτες που συνδέονται μεταξύ τους με στόχο την ανάλυση χωρικών και μη χωρικών δεδομένων ταυτόχρονα (Haining, 2003). Έτσι, εάν εντοπιστεί μία ακραία τιμή σε ένα ιστόγραμμα, μπορεί άμεσα να εντοπισθεί η θέση της παρατήρησης αυτής πάνω στον συνδεδεμένο χάρτη. Αν και η οπτικοποίηση των δεδομένων αποτελεί έναν διαδεδομένο τρόπο ανάλυσης χωρικών δεδομένων υστερεί αρκετά σε τρία βασικά ζητήματα. Πρώτον, η κλίμακα και οι διαφορετικές χαρτογραφικές προβολές μπορούν εύκολα να αλλοιώσουν την αντίληψη. Δεύτερον, η πολυπλοκότητα και ο αριθμός των δεδομένων καθιστούν δύσκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τρίτον, αν και ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι καλός στην αναγνώριση προτύπων, έχει αποδειχτεί πως μπορεί λανθασμένα να εντοπίσει μοτίβα σε τελείως τυχαίες κατανομές (Unwin, 1996; Haining, 2003).

Η χωρική στατιστική εξάγει συμπεράσματα από τα δεδομένα με χρήση κάποιων δεικτών οι οποίοι ονομάζονται γεωστατιστικοί δείκτες. Τέτοιοι δείκτες συχνά επεκτείνουν δείκτες

της κλασικής στατιστικής προσθέτοντας σε αυτούς τη γεωγραφική διάσταση του φαινομένου (Φώτης, 2009). Η χρήση αριθμητικών μεθόδων βοηθά στο να προκύψουν αντικειμενικά συμπεράσματα από την ανάλυση. Επιπλέον, βασικό προσόν των δεικτών είναι ότι μπορούν να αποδώσουν καλά ακόμα και σε μεγάλα δείγματα με πολλές μεταβλητές. Σε γενικές γραμμές οι δείκτες αυτοί χωρίζονται στους Ολικούς (Global) και στους Τοπικούς (Local). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους δείκτες οι οποίοι περιγράφουν τις χωρικές σχέσεις σε ολόκληρο το δείγμα, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει τους δείκτες οι οποίοι εντοπίζουν χωρικά πρότυπα σε γειτονιές του δείγματος. Ο Anselin (1995) υποστήριξε πως επειδή η σταθερή δομή στο χώρο είναι σπάνια, η χρήση των τοπικών δεικτών είναι απαραίτητη για να εντοπιστούν ολοκληρωμένα χωρικά πρότυπα, ειδικά σε μεγάλα δείγματα.

2.4.1 Χωρική ανάλυση παράνομης στάθμευσης

Στις μελέτες της προηγούμενης ενότητας αναγνωρίζεται η παράνομη στάθμευση ως ένα φαινόμενο άμεσα συνδεδεμένο με το χώρο. Οι Ziakopoulos και Yannis (2020) σε μελέτη τους για την οδική ασφάλεια υποστηρίζουν πως η χωρική ανάλυση είναι μια καλή μέθοδος προκειμένου να προσδιοριστεί πως τα ατυχήματα επηρεάζονται από γειτονικές περιοχές, πως η θέση επιδρά στις παραμέτρους που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια και τελικά οι τοποθεσίες που απαιτούν παρεμβάσεις. Αντίστοιχα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η χωρική ανάλυση για να μελετηθεί η κατανομή των παραβάσεων σε μία πόλη, να εντοπιστούν γειτονιές με υψηλή συγκέντρωση και να προσδιοριστούν παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση του φαινομένου προκειμένου να διαπιστωθεί η θέση που θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις.

Μία παράβαση στάθμευσης αποτελεί ένα γεγονός (event), επομένως σε μία χωρική βάση δεδομένων μπορεί να αναπαρασταθεί σαν σημείο (Φώτης, 2009). Αποθηκεύοντας τα δεδομένα με αυτό τον τρόπο θα σχηματιστεί ένα σύνολο δεδομένων από αρκετά σημεία τα οποία υποδηλώνουν την ύπαρξη παράνομης στάθμευσης σε μία συγκεκριμένη θέση. Ακόμα, οι παραβάσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε περιοχές, όπως για παράδειγμα τα όρια των δήμων, προκειμένου να αναλυθούν οι περιοχές στις οποίες Έτσι, προκύπτουν δύο βασικές κατηγορίες ανάλυσης: η ανάλυση σημειακών δεδομένων και η ανάλυση επιφανειακών δεδομένων.

2.4.2 Ανάλυση σημειακών δεδομένων (Point Patterns)

Ένας βασικός στόχος της ανάλυσης της ανάλυσης σημειακών δεδομένων είναι η εύρεση χωρικών προτύπων στην κατανομή τους. Τα βασικά πρότυπα που παρουσιάζονται είναι η τυχαία, η ομοιόμορφη και η ομαδοποιημένη χωρική κατανομή.

Η τυχαία χωρική διαδικασία (Complete Spatial Randomness - CSR) περιγράφει μία κατανομή κατά την οποία ένα γεγονός έχει ίδια πιθανότητα να συμβεί σε οποιαδήποτε θέση της περιοχής μελέτης. Στη συγκεκριμένη κατάσταση τα σημεία είναι σκορπισμένα στο χώρο χωρίς συστηματικά να έλκονται ή να απωθούνται. Βέβαια, σε ένα δείγμα τυχαίας χωρικής διαδικασίας είναι πιθανό να μπορούν να εντοπιστούν μεμονωμένες ομαδοποιήσεις ή απωθήσεις, γεγονός που αποδεικνύει ότι αυτά τα πρότυπα μπορούν να προκύψουν απλά από θέμα τύχης (Waller, 2004). Η τυχαία χωρική διαδικασία δεν έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη μελέτη της αλλά είναι πολύ σημαντική διότι αποτελεί ένα σημείο αναφοράς για τη σύγκριση με άλλα μη τυχαία δείγματα (Φώτης, 2009).

Η ομοιόμορφη χωρική διαδικασία (Regular) περιγράφει μία διάσπαρτη κατανομή των σημείων στο χώρο. Η ομοιόμορφη χωρική κατανομή είναι αποτέλεσμα μίας ανταγωνιστικής διαδικασίας κατά την οποία τα σημεία απωθούνται μεταξύ τους. Γενικά τα φαινόμενα τείνουν να απέχουν μεταξύ τους όσο το δυνατόν περισσότερο (Φώτης, 2009).

Η ομαδοποιημένη χωρική διαδικασία (Clustered) περιγράφει μία κατανομή στην οποία εμφανίζονται υψηλές συγκεντρώσεις γεγονότων σε ορισμένες περιοχές. Η κατανομή αυτή είναι αποτέλεσμα της ελκυστικής διαδικασίας σύμφωνα με την οποία τα φαινόμενα τείνουν να βρίσκονται κοντά μεταξύ τους (Φώτης, 2009).

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως οι παρατηρήσεις δεν ταιριάζουν πάντα απόλυτα με τα παραπάνω πρότυπα. Σε ένα δείγμα μπορεί να παρατηρούνται ομάδες σημείων οι οποίες είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στο χώρο. Έτσι γίνεται κατανοητό πως το πρότυπο που παρατηρείται εξαρτάται από την κλίμακα της μελέτης, δηλαδή σε μία κλίμακα η κατανομή μπορεί να είναι ομοιόμορφη ενώ σε άλλη να είναι ομαδοποιημένη (Waller, 2004). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να διερευνηθεί το πρότυπο ενός δείγματος σημειακών δεδομένων. Μερικοί από τους βασικότερους περιγράφονται παρακάτω.

Ανάλυση κανάβου

Στην ανάλυση κανάβου η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε φατνία κανάβου ίδιου μεγέθους και σχήματος και μετράται ο αριθμός των σημείων που βρίσκονται σε κάθε φατνίο. Γνωρίζοντας τον αριθμό των παρατηρούμενων σημείων (n) και της έκτασης της περιοχής (A) μπορεί να υπολογιστεί ο αναμενόμενος αριθμός σημείων ανά φατνίο με βάση την έκταση του. Στη συνέχεια μπορούν να γίνουν διάφοροι στατιστικοί έλεγχοι, όπως χ^2 , για να διαπιστωθεί το κατά πόσο η παρατηρούμενη κατανομή ταιριάζει με την αναμενόμενη και τελικά να προσδιοριστεί το χωρικό πρότυπο σε όλη την κατανομή, αλλά και να εντοπιστούν και μεμονωμένα φατνία με υψηλές συγκεντρώσεις. Μία σημαντική απόφαση που επηρεάζει το αποτέλεσμα της διαδικασίας είναι η επιλογή του μεγέθους των φατνίων. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται πως εμπειρικά πως εμπειρικά μπορεί να δοθεί ένα μέγεθος κανάβου μεταξύ A/n και $2A/n$ (Φώτης, 2009). Αν και η μέθοδος είναι αρκετά καλή και εύκολη παρουσιάζει κάποια προβλήματα. Ο Nicholson (1998) επισημαίνει πως τα τελικά αποτελέσματα εξαρτώνται από τις αρχικές αποφάσεις, δηλαδή το μέγεθος και το σχήμα των φατνίων. Ακόμα, χάνεται πληροφορία καθώς η κατανομή των σημείων γενικεύεται μόνο σαν αριθμός μέσα στο φατνίο, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η θέση τους μέσα σε αυτό. Τέλος, τα χωρικά πρότυπα διερευνώνται μόνο στην κλίμακα των φατνίων.

Ανάλυση εγγύτερου γείτονα (Nearest Neighbor Analysis)

Η ανάλυση του εγγύτερου γείτονα (Clark και Evans, 1954) αποτελεί μία μέθοδο η οποία διερευνά το χωρικό πρότυπο ενός δείγματος με βάση τις αποστάσεις των σημείων τους κοντινότερους γείτονες τους. Στη συνέχεια η μέση απόσταση των εγγύτερων γειτόνων από το δείγμα συγκρίνεται αναμενόμενη μέση απόσταση των εγγύτερων γειτόνων η οποία προέρχεται από προσομοιώσεις τυχαίων δειγμάτων και προκύπτουν τρεις περιπτώσεις. Πρώτον, αυτή να είναι σημαντικά μικρότερη, άρα το δείγμα είναι ομαδοποιημένο. Δεύτερον να είναι σημαντικά μεγαλύτερη, επομένως το το δείγμα είναι ομοιόμορφο. Τρίτον, να είναι κοντά στην τιμή των προσομοιώσεων και τελικά το δείγμα να είναι τυχαίο. Οι περιορισμοί της μεθόδου είναι ότι χρησιμοποιείται η απόσταση προς

ένα μόνο γείτονα, αγνοώντας τους υπόλοιπους. Ακόμα, όπως και στην προηγούμενη μέθοδο δεν λαμβάνεται υπόψη η κλίμακα.

Εκτίμηση Πυκνότητας Πυρήνα (Kernel Density Estimation – KDE)

Η KDE είναι μία μέθοδος με την οποία μπορεί να υπολογιστεί τοπικά η πυκνότητα ενός δείγματος σημείων. Σε κάθε σημείο τοποθετείται η συνάρτηση ενός πυρήνα, όπως Gaussian, η οποία έχει ένα εύρος (bandwidth). Όταν δύο ή παραπάνω πυρήνες συναντιούνται, τότε η τιμή του σημείου είναι το άθροισμα των πυρήνων. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν να εντοπιστούν hot spots και cold spots του δείγματος. Γίνεται κατανοητό πως το αποτέλεσμα εξαρτάται από το bandwidth που θα επιλεγεί. Ο Waller (2004) αναφέρει πως το βέλτιστο εύρος εξαρτάται από την άγνωστη συνάρτηση έντασης, επομένως είναι αδύνατο να βρεθεί. Βέβαια, ο Silverman (1986) υποστηρίζει ότι το εύρος που θα επιλεγεί εξαρτάται από την ανάλυση που επιθυμείται. Ένα μεγάλο εύρος θα δώσει ένα εξομαλυμένο αποτέλεσμα, ενώ ένα μικρό εύρος θα δώσει περισσότερα τοπικά πρότυπα. Γενικά, σε διερευνητικό επίπεδο δοκιμάζονται διαφορετικά bandwidths για να προκύψουν κάποια γενικά πρότυπα.

K Function

Οι δευτεροβάθμιες μέθοδοι περιγράφουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των σημείων και επιτρέπουν την ανάλυση ενός φαινομένου σε διάφορες κλίμακες (Waller, 2004). Η πιο γνωστή συνάρτηση είναι η K-Function (Ripley, 1977). Η εκτίμηση της K-Function προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\hat{K}(r) = \lambda^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N I(d_{ij} < h) \quad (\text{Σχέση 1})$$

Σε μεγάλες ακτίνες r υπάρχει γίνεται υποεκτίμηση της K σε σημεία κοντά στα όρια της περιοχής, καθώς ένα μέρος του κύκλου με ακτίνα r βρίσκεται εκτός της περιοχής, όπου

δεν υπάρχει δείγμα. Για αυτό με διάφορους τρόπους γίνεται διόρθωση των άκρων (edge correction) ώστε να λαμβάνεται υπόψη μικρότερο τμήμα του κύκλου. Έτσι, χρησιμοποιείται ένα βάρος w_{ij} το οποίο υποδηλώνει το μέρος του κύκλου που βρίσκεται μέσα στην περιοχή μελέτη. Να σημειωθεί πως αν η απόσταση d_{ij} είναι μικρότερη από την απόσταση του σημείου και του ορίου τότε $w_{ij}=1$. Η προηγούμενη εξίσωση γίνεται:

$$\hat{K}(r) = \lambda^{-1} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij} I(d_{ij} < h) \quad (\text{Σχέση 2})$$

Για να διερευνηθεί η σημασία της K Function γίνονται αρκετές προσομοιώσεις CSR και υπολογίζονται για τις ίδιες ακτίνες r η μεγαλύτερη και η μικρότερη τιμή της συνάρτησης (envelop). Στη συνέχεια σχεδιάζονται σε ένα διάγραμμα οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές (συνήα σε κάποιο επίπεδο εμπιστοσύνης) της συνάρτησης για κάθε ακτίνα των τυχαίων δειγμάτων και η τιμή της συνάρτησης για τις παρατηρήσεις. Τελικά, αν η γραμμή των παρατηρήσεων βρίσκεται εντός του envelop τότε οι παρατηρήσεις προέρχονται από τυχαία χωρική διαδικασία. Αν η γραμμή βρίσκεται πάνω από το όριο, τότε οι παρατηρήσεις προέρχονται από ομαδοποιημένη χωρική διαδικασία, αλλιώς από ομοιόμορφη.

Η K-Function είναι πολύ εύχρηστη μέθοδος διότι είναι από τις μεθόδους που έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα η οποία εξετάζει το χωρικό πρότυπο σε πολλές κλίμακες. Πρέπει να σημειωθεί όμως πως αφορά έναν ολικό δείκτη επομένως χαρακτηρίζει τη μέση συμπεριφορά του δείγματος και όχι τη συμπεριφορά μεμονωμένων σημείων. Ακόμα, βρίσκει τα χωρικά πρότυπα χωρίς όμως να εντοπίζει τη θέση τους στο χώρο.

ST-DBSCAN

Η μέθοδος Spatio-Temporal Density-based Spatial Clustering of Applications with Noise (ST-DBSCAN) πρόκειται για μια χωροχρονική μέθοδο ομαδοποίησης (Birant and Kut, 2007), η οποία αποτελεί επέκταση του αρχικού αλγόριθμου ομαδοποίησης DBSCAN, και λαμβάνει υπόψη τη χρονική σχέση των παρατηρήσεων. Ο ST-DBSCAN είναι ένας

αλγόριθμος γρήγορης ομαδοποίησης που λαμβάνει τρεις παραμέτρους εισόδου. Οι δύο πρώτες παράμετροι είναι τα κατώφλια ομαδοποίησης χωρικών και χρονικών αποστάσεων. Δύο σημεία θεωρούνται γειτονικά εάν τόσο η χωρική όσο και η χρονική τους απόσταση είναι μικρότερη από αυτά τα αντίστοιχα κατώφλια. Η τρίτη είσοδος είναι ο ελάχιστος αριθμός γειτόνων που ορίζει ένα cluster.

Τα σημεία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Πυρήνας (core): Είναι το σημεία που έχει τουλάχιστον τον ελάχιστο αριθμό γειτόνων σύμφωνα με το χωρικό και χρονικό κατώφλι.
- Όριο (border) Είναι το σημείο που δεν έχει τον ελάχιστον αριθμό γειτόνων, αλλά είναι γειτονικό με σημεία-πυρήνες.
- Θόρυβος (Noise): Είναι το σημείο που δεν έχει τον ελάχιστο αριθμό γειτόνων αλλά δεν είναι ούτε γειτονικό με κάποιο σημείο-πυρήνα ώστε να θεωρηθεί οριακό σημείο.

Η ταξινόμηση των σημείων σε ομάδες γίνεται ως εξής: Όλα τα core points που είναι γείτονες ομαδοποιούνται σε μία κλάση. Μαζί με αυτά ομαδοποιούνται και τα γειτονικά τους οριακά σημεία και σταματάει η ταξινόμηση στη συγκεκριμένη κλάση. Όπως φαίνεται τα σημεία-θόρυβοι δεν ταξινομούνται σε κάποια ομάδα.

2.4.3 Ανάλυση επιφανειακών δεδομένων

Τα επιφανειακά δεδομένα είναι εκείνα τα οποία καλύπτουν κάποια έκταση στο χώρο. Σε συστήματα GIS μοντελοποιούνται ως πολύγωνα τα οποία μπορούν να έχουν αρκετές κορυφές και πλευρές. Η χωρική ανάλυση των επιφανειών ασχολείται σε μεγάλο βαθμό με τη χωρική αυτοσυσχέτιση, δηλαδή τη συσχέτιση των τιμών μίας μεταβλητής με τη θέση της στο γεωγραφικό χώρο (Griffith, 2003). Πρακτικά, εξετάζεται το κατά πόσο οι όμοιες τιμές της μεταβλητής βρίσκονται κοντά στο χώρο. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούνται ορισμένοι δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης, με τους πιο διαδεδομένους να είναι οι Moran's I, Getis G, Geary's C (Kalogirou, 2015).

Global Moran's I

Ο δείκτης Moran's I (Moran, 1950) είναι ένας από τους παλαιότερους και πιο διαδεδομένους δείκτες χωρικής αυτοσυσχέτισης, ο οποίος βασίστηκε στον συντελεστή συσχέτισης Pearson. Αποτελεί έναν ολικό δείκτη, δηλαδή έχει ως αποτέλεσμα έναν αριθμό ο οποίος χαρακτηρίζει τη μέση συμπεριφορά του δείγματος. Η αρχική μορφή του δείκτη παρουσιάζεται στη σχέση 3 και η μορφή των Cliff και Ord (1973) που χρησιμοποιείται σήμερα παρουσιάζεται στη σχέση 4. Ο δείκτης λαμβάνει τιμή από -1 μέχρι +1 και υπάρχουν τρεις καταστάσεις:

- Οι τιμές κοντά στο +1 υποδηλώνουν θετική χωρική αυτοσυσχέτιση, δηλαδή ότι οι μεταβλητές με παρόμοιες τιμές βρίσκονται κοντά στο χώρο.
- Οι τιμές κοντά στο -1 υποδηλώνουν αρνητική χωρική αυτοσυσχέτιση, δηλαδή ότι οι μεταβλητές με διαφορετικές τιμές βρίσκονται κοντά στο χώρο.
- Οι τιμές κοντά στο 0 υποδηλώνουν την απουσία χωρικής αυτοσυσχέτισης, δηλαδή οι μεταβλητές είναι τυχαία κατανεμημένες στο χώρο.

$$I = \frac{n}{2A} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Σχέση 3})$$

$$I = \frac{n \left(\sum_i \sum_j w_{ij} \right) (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_i \sum_j w_{ij} \right) \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Σχέση 4})$$

όπου:

x_i, x_j είναι η τιμή της μεταβλητής i, j αντίστοιχα

n ο αριθμός των παρατηρήσεων

\bar{x} είναι μέση τιμή των x_i

w_{ij} είναι το χωρικό βάρος μεταξύ των μεταβλητών i, j

A είναι ο συνολικός αριθμός συνδέσεων με βάση τα w_{ij}

Local Moran's I

Ο τοπικός δείκτης Local Moran's I (Anselin, 1995) αποσυνθέτει τον ολικό δείκτη Moran's I και υπολογίζει την τιμή για κάθε παρατήρηση. Έτσι δημιουργείται ένας δείκτης τοπικής αυτοσυσχέτισης, ο οποίος ερμηνεύεται όπως ακριβώς και ο ολικός δείκτης. Συνήθως ο Local Moran's I παρουσιάζεται σε ένα θεματικό χάρτη και κάθε χωρική οντότητα ταξινομείται σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

- High – High: παρατηρήσεις με υψηλές τιμές που βρίσκονται κοντά με άλλες παρατηρήσεις με υψηλές τιμές
- Low – Low: παρατηρήσεις με χαμηλές τιμές που βρίσκονται κοντά με άλλες παρατηρήσεις με χαμηλές τιμές
- Low – High: παρατηρήσεις με χαμηλές τιμές που βρίσκονται κοντά με άλλες παρατηρήσεις με υψηλές τιμές
- High – Low: παρατηρήσεις με υψηλές τιμές που βρίσκονται κοντά με άλλες παρατηρήσεις με χαμηλές τιμές
- Μη στατιστικά σημαντικό τοπικό δείκτη Moran's I

Από την ερμηνεία των κατηγοριών, φαίνεται πως οι δύο πρώτες κατηγορίες υποδηλώνουν πως εμφανίζονται χωρικές συστάδες (Clusters) ενώ οι δύο επόμενες υποδηλώνουν την ύπαρξη ακραίων τιμών (Outliers).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{m_2} \sum_j^n w_{ij} (x_j - \bar{x}), i \neq j \quad (\text{Σχέση 5})$$

όπου:

$$m_2 = \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 / n$$

2.5 Συμπεράσματα από τη βιβλιογραφία

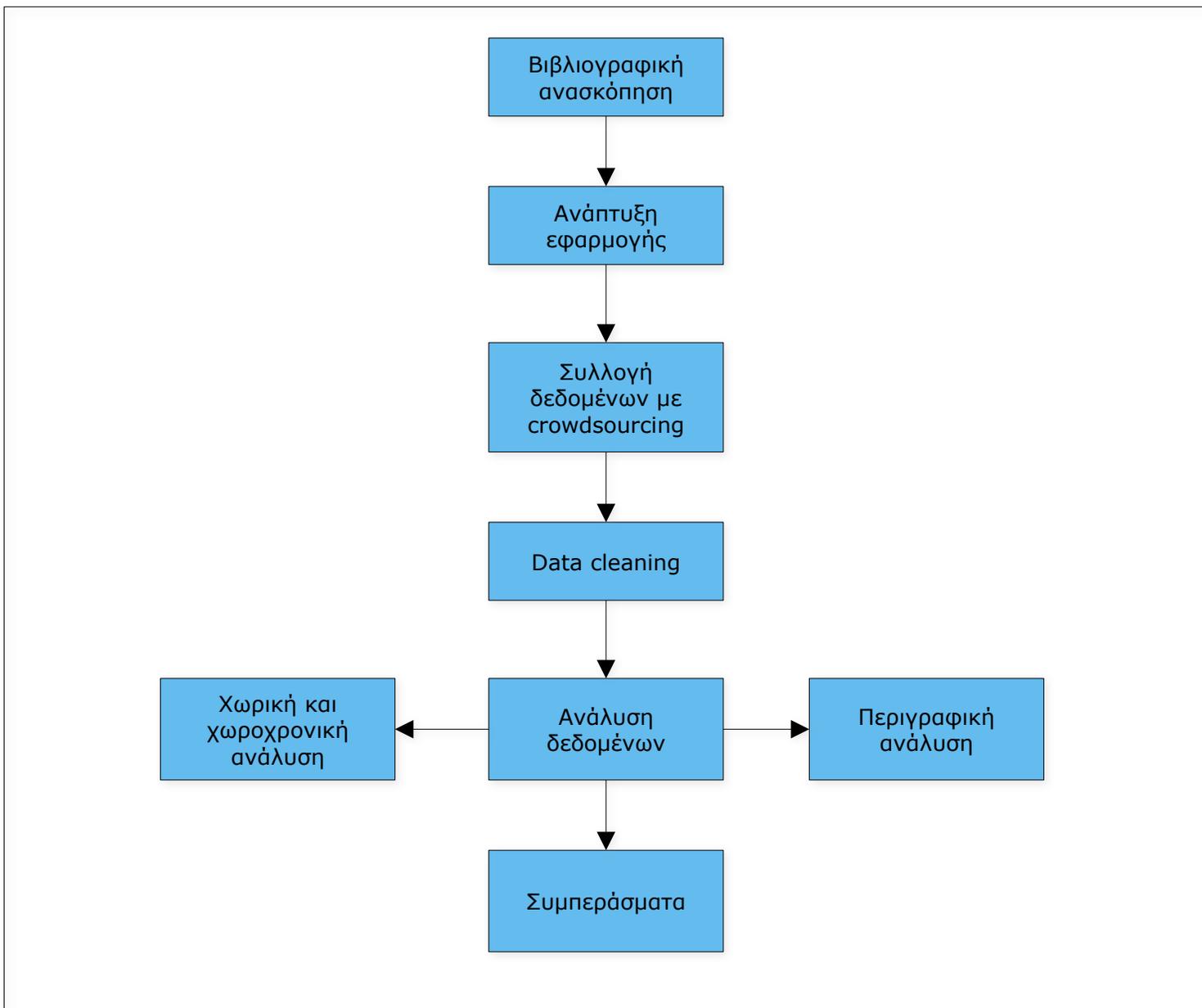
Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε φαίνεται πως η παράνομη στάθμευση έχει απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα. Έχουν αναπτυχθεί πολλές μεθοδολογίες για τη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης με σκοπό την κατανόηση και την αντιμετώπιση του φαινομένου. Εκτιμώντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των παραπάνω μεθόδων, στην παρουσία εργασία χρησιμοποιείται η μέθοδος του crowd-sourcing για τη συλλογή δεδομένων και χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι χωρικής και χωρο-χρονικής ανάλυσης προκειμένου να διερευνηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό το φαινόμενο της παράνομης στάθμευσης. Μετά από εκτενή αναζήτηση στη βιβλιογραφία δε βρέθηκε άλλη αντίστοιχη δουλειά στον Ελληνικό χώρο, επομένως κρίνεται πως τα αποτελέσματα θα είναι ιδιαίτερα σημαντικά για το αστικό σχεδιασμό, την ιεράρχηση των προβληματικών περιοχών που χρήζουν παρέμβασης και τη θέσπιση νέων πολιτικών διαχείρισης της στάθμευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογία

Από τις προηγούμενες μελέτες που αφορούσαν την καταγραφή και την ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης έχουν προκύψει κάποια συμπεράσματα για μεθοδολογίες που ήταν ικανοποιητικές. Έχοντας ως βάση τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών μπορεί να σχηματιστεί μία νέα μεθοδολογία με την οποία μπορούν να αναλυθούν παραβάσεις στάθμευσης.

Όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων, η χρήση crowdsourcing (Braitsch και Moran) ήταν μία αρκετά καλή μέθοδος, χωρίς απαιτητικά μέσα, η οποία επέφερε κάλυψη δεδομένων σε όλη την πόλη. Ακόμα, δεν υπάρχουν αντίστοιχες αναφορές στην ελληνική βιβλιογραφία. Επομένως, κρίθηκε πως η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για Η/Υ και κινητά τηλέφωνα θα δώσει τη δυνατότητα πολίτες να συμμετάσχουν στη διαδικασία και να συγκεντρωθούν γρήγορα δεδομένα για διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.

Ως προς την ανάλυση, κρίθηκε πως η χρήση τεχνικών χωρικής και χρονικής ανάλυσης είναι ο βέλτιστος τρόπος για να διερευνηθεί το ζήτημα της παράνομης στάθμευσης διότι είναι ένα πρόβλημα που δεν είναι σταθερό στο χώρο και στο χρόνο επομένως θα πρέπει να διερευνηθούν και οι δύο μεταβλητές. Με τέτοιες τεχνικές μπορούν να εντοπιστούν περιοχές με υψηλές συγκεντρώσεις παραβάσεων οι οποίες έχουν ανάγκη για παρεμβάσεις. Παράλληλα, η χρήση περιγραφικής στατιστικής μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για τη γενική κατανόηση του φαινομένου. Τέλος, έγιναν προσπάθειες για τη διερεύνηση της παράνομης στάθμευσης σε επίπεδο δήμου.



Σχήμα 3.1: Η μεθοδολογία που επιλέχθηκε

3.1 Ανάπτυξη εφαρμογής Web-GIS

Η Web-GIS εφαρμογή αναπτύχθηκε με χρήση ανοιχτού λογισμικού και λειτουργεί σε ένα cloud. Ένας χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στην εφαρμογή από έναν browser είτε από το κινητό είτε από τον υπολογιστή του. Οι λειτουργίες που πραγματοποιούνται χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, αυτές που γίνονται από τη μεριά του διακομιστή

(server side) και αυτές από τη μεριά του χρήστη (client side). Στο κομμάτι του server side σχηματίζεται η διαδικτυακή εφαρμογή και μεταφέρονται τα δεδομένα που θα προβληθούν στο χρήστη. Από την πλευρά του χρήστη, γίνονται κατάλληλα ερωτήματα προκειμένου να επιστραφούν οι πληροφορίες που επιθυμεί. Στη συνέχεια αναφέρονται τα πακέτα λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής.

3.1.1 Server side

Express.js

Το Express.js είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί το πλαίσιο (framework) στο οποίο θα λειτουργεί μία διαδικτυακή εφαρμογή. Ουσιαστικά, προγραμματίζει την ανταπόκριση του server όταν ο χρήστης ζητήσει κάποια διαδρομή (route) στην εφαρμογή. Με αυτό τον τρόπο δημιουργεί μία διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (API) στην οποία ορίζονται τα HTTP requests τα οποία μπορεί να καλέσει ο χρήστης ώστε να του επιστραφούν τα απαραίτητα δεδομένα για τη σύνθεση της ιστοσελίδας. Οι διαδρομές που σχεδιάστηκαν στην εφαρμογή περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.1: Οι διαδρομές (routes) που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή

HTTP Method & Route	Λειτουργία
GET /	Επιστρέφει την ιστοσελίδα για την προσθήκη δεδομένων (html) .
GET /view	Επιστρέφει την ιστοσελίδα για τη θέαση δεδομένων (html).
POST /ftrs	Επιστρέφει τα δεδομένα των παραβάσεων (geojson).
POST /add	Προσθέτει δεδομένα στη βάση.
POST /extent	Επιστρέφει το bounding box του δήμου
POST /statsinextent	Επιστρέφει τον αριθμό παραβάσεων ανά κατηγορία στην περιοχή θέασης του χάρτη (λίστα).

PostgreSQL και PostGIS

Για βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η PostgreSQL, η οποία είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα συστήματα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Με την επέκταση PostGIS γίνεται εφικτή η αποθήκευση και διαχείριση χωρικών δεδομένων. Έτσι, μπορεί να αποθηκευτεί η θέση των παραβάσεων και άλλοι πίνακες που συμβάλλουν στην ανάλυση, όπως οι δήμοι της Ελλάδας και το οδικό δίκτυο. Μέσα στη βάση σχηματίστηκε ένας πίνακας στον οποίο αποθηκεύονται οι παραβάσεις. Αυτός ο πίνακας έχει μία στήλη που αναπαριστά τη γεωμετρία κάθε παράβασης ως σημείο με συντεταγμένες στο σύστημα WGS 84. Ακόμα, έχει κάποια περιγραφικά χαρακτηριστικά για κάθε παράβαση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται όλες οι στήλες του πίνακα με τις παραβάσεις, καθώς και ο τύπος των μεταβλητών που αποθηκεύονται σε κάθε μία.

Πίνακας 3.2: Ορισμός στηλών για την αποθήκευση των παραβάσεων στη βάση δεδομένων

Στήλη	Τύπος μεταβλητής	Σημασία
ID	Integer	Μοναδικός αύξων αριθμός για κάθε σημείο
Type	Integer	Η κατηγορία της παράβασης (τιμές 1-7)
Created	Datetime	Η χρονική στιγμή της παράβασης
Valid	Boolean	Ο χαρακτηρισμός της παράβασης ως προς την εγκυρότητα
Geom	Geometry (Point)	Η γεωμετρία (θέση) της παράβασης

Επιπλέον, αποθηκεύτηκε και ο πίνακας που έχει τα όρια των δήμων της Ελλάδας (Geodata.gov.gr) και ο πίνακας με τους δρόμους της Ελλάδας από το OpenStreetMap (Geofabrik)

Τέλος, η PostGIS έχει αρκετές πρόσθετες συναρτήσεις με τις οποίες μπορούν να γίνουν χωρικές επεξεργασίες, όπως η μετάθεση του συστήματος αναφοράς, η δημιουργία ζωνών επιρροής (buffers), ο έλεγχος της σχετικής θέσης μεταξύ θεματικών επιπέδων και άλλα.

Πίνακας 3.3: Ερωτήματα στη βάση δεδομένων (database queries)

Database query	Ερμηνεία
<pre>INSERT INTO parking.violations (id, geom, type, created, valid) VALUES ((select max(id)+1 from parking.violations), ST_GeomFromText('POINT({lon} {lat})',4326), \${violation}, NOW() +interval '3hour', false)</pre>	Προσθέτει στον πίνακα με τις παραβάσεις με τη νέα παράβαση που καταχώρησε ο χρήστης
<pre>UPDATE parking.violations SET valid=true WHERE id = (select max(id) from parking.violations) AND id IN (SELECT parking.violations.id FROM parking.violations INNER JOIN parking.dimoi ON ST_Within(parking.violations.geom, parking.dimoi.geom))</pre>	Ενημερώνει την εγκυρότητα της τελευταίας παράβασης σε True, εάν το σημείο βρίσκεται μέσα στο όριο κάποιου δήμου
<pre>UPDATE parking.dimoi SET countviol = countviol + 1 FROM parking.violations WHERE (ST_Within(parking.violations.geom, parking.dimoi.geom) AND parking.violations.id = (SELECT MAX(id) FROM parking.violations) AND parking.violations.valid)</pre>	Αυξάνει κατά 1 τον συνολικό αριθμό παραβάσεων στον δήμο που ανήκει η τελευταία παράβαση
<pre>SELECT name, countviol FROM parking.dimoi ORDER BY countviol DESC, name</pre>	Επιστρέφει τα ονόματα και τις παραβάσεις των δήμων
<pre>SELECT count(id) FROM parking.violations WHERE valid;</pre>	Επιστρέφει τον αριθμό των έγκυρων παραβάσεων
<pre>SELECT max(created) as created</pre>	Επιστρέφει την ημερομηνία και ώρα της τελευταίας έγκυρης καταγραφής

FROM parking.valid;	
SELECT count(id) FROM parking.violations WHERE violations.created >= (now() - '24:00:00'::interval) AND violations.valid;	Επιστρέφει τον αριθμό των παραβάσεων τις τελευταίες 24 ώρες
SELECT type, count(type) FROM parking.violations WHERE (ST_Contains(ST_MakeEnvelope({lonmin},{latmin},{lonmax},{latmax}, 4326), parking.violations.geom) AND parking.violations.valid) GROUP BY type ORDER BY type;	Επιστρέφει τον αριθμο των παραβάσεων ανά κατηγορία στην έκταση που καλύπτει ο χάρτης
SELECT ST_Extent(geom) as extent FROM parking.dimoi WHERE name='\${name}' GROUP BY name;	Επιστρέφει την έκταση ενός δήμου που ζητείται
SELECT json_build_object('type', 'FeatureCollection', 'crs', json_build_object('type', 'name', 'properties', json_build_object('name', 'EPSG:4326')), 'features', json_agg(json_build_object('type', 'Feature', 'id', id, 'geometry', ST_AsGeoJSON(geom)::json, 'properties', json_build_object('type', type, 'created', created)))) FROM parking.\${t};	Επιστρέφει τις παραβάσεις ως GeoJSON (είτε από τον πίνακα με τις συνολικές είτε με τον πίνακα των τελευταίων 24 ωρών)

GeoServer

Ο GeoServer αποτελεί ένα server ανοιχτού λογισμικού, ο οποίος έχει πολλές δυνατότητες που αφορούν την επεξεργασία και διαμοιρασμό γεωχωρικών δεδομένων στο διαδίκτυο. Ο GeoServer μπορεί να μετατρέψει γεωχωρικά δεδομένα διαφόρων δομών δεδομένων, στις οποίες περιλαμβάνονται οι βάσεις δεδομένων με PostGIS, σε πρότυπες μορφές του Open Geospatial Consortium (OGC).

Στο πλαίσιο της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο του Web Map Server (WMS), το οποίο διαβάζοντας τα δεδομένα από την PostgreSQL τα μετατρέπει σε μία μορφή

εικόνας με γεωγραφική αναφορά η οποία μπορεί να διαμοιραστεί στο διαδίκτυο με ευκολία και αρκετά μεγάλη απόδοση στην ταχύτητα. Η παρουσίαση του θεματικού επιπέδου των δήμων της Ελλάδας ήταν δύσκολο να παρουσιαστεί στο χάρτη διότι η περίπλοκη γεωμετρία του καθιστά τη φόρτωση αρκετά αργή και επομένως μετατράπηκε σε WMS. Ακόμα, για να παρουσιαστεί το θεματικό επίπεδο σαν δυναμικό χωροπληθές χάρτη με βάση τον αριθμό παραβάσεων σε κάθε δήμο, δημιουργήθηκε SLD για τον συμβολισμό του το οποίο κάθε φορά λαμβάνει ως παραμέτρους τα ανανεωμένα όρια των 5 κατηγοριών, σύμφωνα με τη μέθοδο Natural Jenks (βιβλιοθήκη geostats.js).

3.1.2 Client side

HTML – Javascript – CSS

Στην πλευρά του χρήστη χρησιμοποιήθηκαν κάποια κλασικά εργαλεία για τη δημιουργία της ιστοσελίδας. Πρώτα από όλα, η HyperText Markup Language (HTML) χρησιμοποιήθηκε για τη βασική μορφοποίηση όλων των στοιχείων που συμμετέχουν σε μία σελίδα (επικεφαλίδες, κείμενα, πίνακες κ.α.). Στη συνέχεια, η γλώσσα προγραμματισμού Javascript χρησιμοποιήθηκε για να οριστούν ενέργειες που πραγματοποιούνται όσο ο χρήστης αλληλεπιδρά με στοιχεία που εμφανίζονται στην ιστοσελίδα. Επιπλέον, με τη Javascript έγιναν όλα τα HTTP Requests από την πλευρά του χρήστη στο server για να επιστραφούν απαραίτητα δεδομένα, όπως επίσης και να προσθέσει ο χρήστης τις καταγραφές παράνομης στάθμευσης που εντοπίζει. Τέλος, η Cascading Style Sheets (CSS), σε συνδυασμό με το Bootstrap (CSS Framework) καθορίζει τον τρόπο που όλα τα στοιχεία μιας ιστοσελίδας εμφανίζονται στην τελικά στην οθόνη.

LeafletJS

Το LeafletJS είναι μία βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα γραμμένη σε JavaScript που δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας διαδραστικών χαρτών οι οποίοι μπορούν να προβληθούν σε ιστοσελίδες. Λειτουργεί στην πλευρά του χρήστη και μπορεί να προβάλλει γεωχωρικά δεδομένα που προέρχονται από τον server, όπως geojson και WMS, και να καλέσει δεδομένα από άλλες πηγές, όπως το υπόβαθρο του OpenStreetMap. Υπάρχουν, ακόμα,

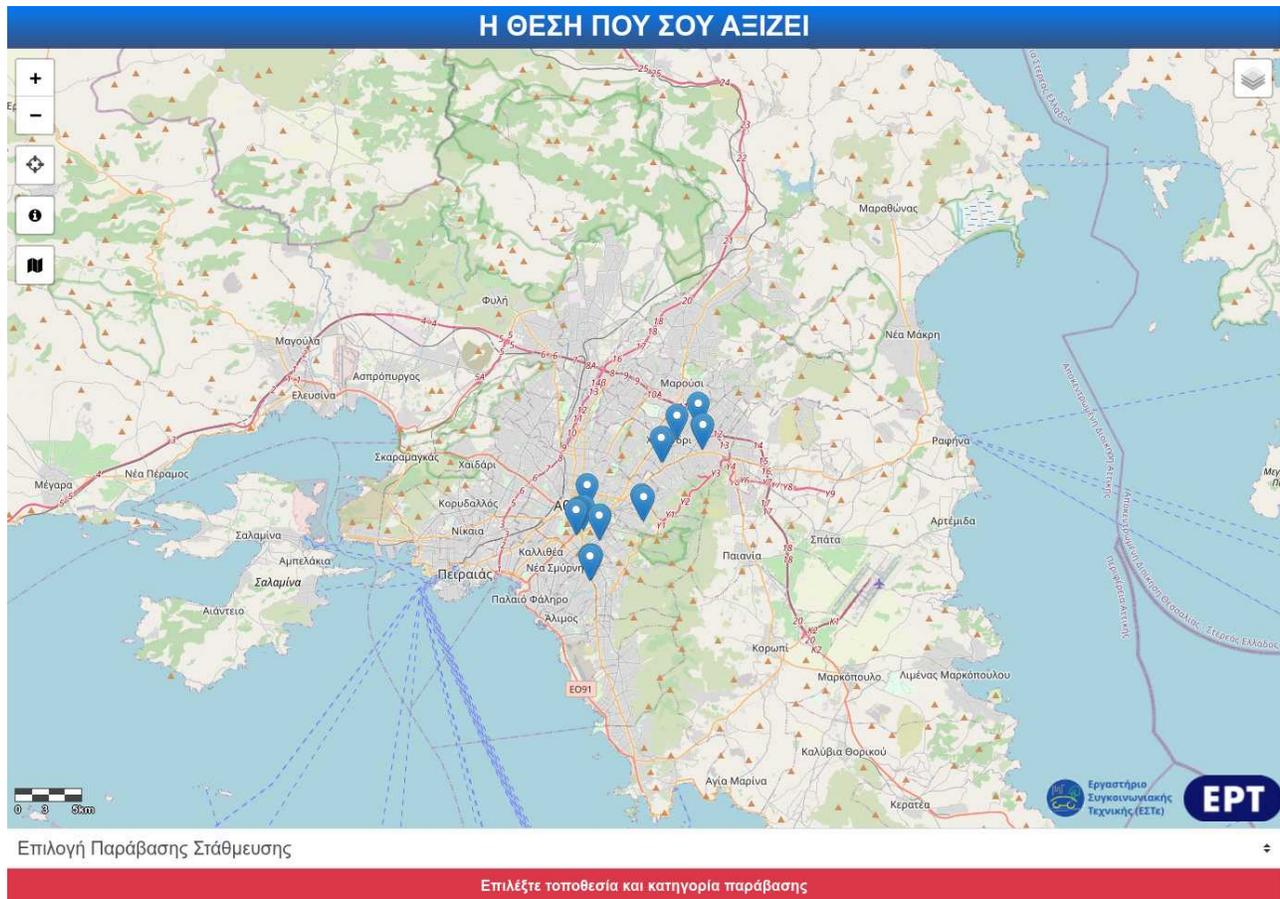
αρκετές επεκτάσεις της βιβλιοθήκης που δίνουν περαιτέρω δυνατότητες, όπως η χρήση του GPS της συσκευής για τον εντοπισμό της θέσης πάνω στο χάρτη (leaflet-locatecontrol) και η παρουσίαση των σημείων σε clusters (Leaflet.markercluster).

3.1.3 Η λειτουργία της εφαρμογής

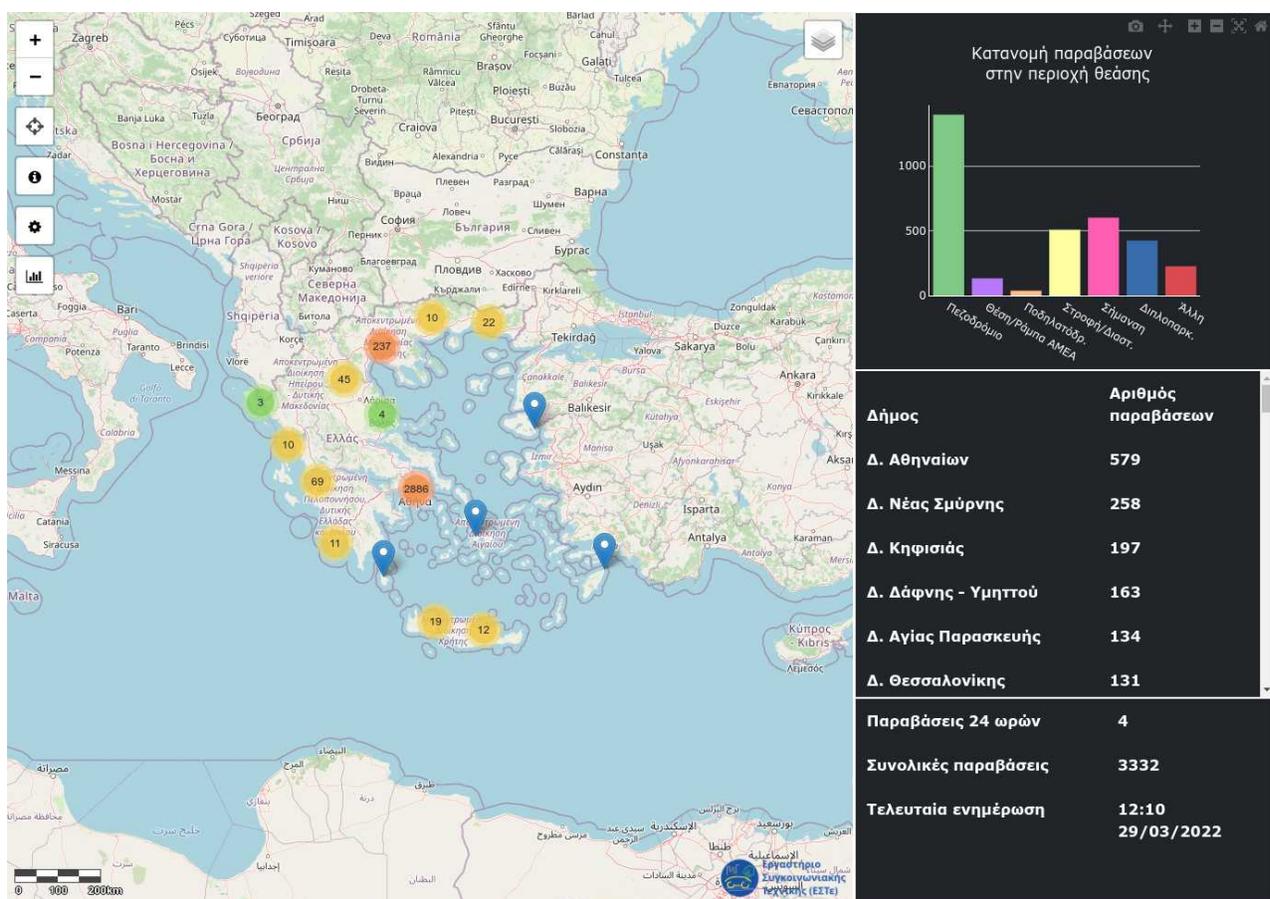
Οι δύο βασικές διαδρομές της εφαρμογής είναι η σελίδα προσθήκης δεδομένων (αρχική σελίδα, landing page) και σελίδα θέασης των δεδομένων.

Στη σελίδα προσθήκης δεδομένων ο χρήστης μπορεί να προσθέσει τις παραβάσεις που εντοπίζει. Υπάρχει δυνατότητα να εντοπίσει τη θέση που βρίσκεται πάνω στο χάρτη με τη χρήση του GPS της συσκευής του. Στη συνέχεια επιλέγει την ακριβή θέση της παράβασης πάνω στο χάρτη, επιλέγει την κατηγορία της παράβασης και μόλις πατήσει το κουμπί της καταχώρησης, στέλνονται τα αντίστοιχα στοιχεία στον server όπου και καταγράφονται στη βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα, καταγράφεται η θέση (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), η κατηγορία και η χρονική στιγμή της παράβασης. Για ευκολία στη χρήση χειρισμό της σελίδας, εμφανίζονται μόνο οι καταγραφές των τελευταίων 24 ωρών.

Η σελίδα θέασης χρησιμοποιείται για την προβολή όλων των δεδομένων. Επειδή συλλέχθηκαν αρκετά δεδομένα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Marker Clusters για την προβολή των σημείων. Έτσι, όταν ο χάρτης είναι σε μικρή μεγέθυνση, τα κοντινά σημεία ομαδοποιούνται και στο κέντρο αναφέρεται ο αριθμός των σημείων της περιοχής. Όσο μεγαλώνει η μεγέθυνση, τα clusters χωρίζονται και τα σημεία παίρνουν την πραγματική τους θέση. Δίνεται ακόμα η δυνατότητα δημιουργίας δυναμικού χωροληθή χάρτη που παρουσιάζει την κατανομή των παραβάσεων στους δήμους και ανανεώνεται κάθε φορά που προστίθενται δεδομένα. Επιπλέον, οι παραβάσεις ανά δήμο παρουσιάζεται και περιγραφικά σε πίνακα στον οποίο η παρουσιάζονται οι παραβάσεις σε φθίνουσα σειρά και η επιλογή ενός δήμου μετακινεί το χάρτη στα όρια του. Τέλος, υπάρχει διαδραστικό ιστόγραμμα (βιβλιοθήκη Plotly.js) που παρουσιάζει τον αριθμό παραβάσεων ανά κατηγορία παράβασης των καταγραφών που φαίνονται κάθε φορά στην έκταση του χάρτη.



Σχήμα 3.2: Η σελίδα προσθήκης των δεδομένων



Σχήμα 3.3: Η σελίδα θέασης των δεδομένων

3.2 Συλλογή δεδομένων με crowd-sourcing

Η πλατφόρμα δημοσιεύτηκε και επέτρεπε στους χρήστες να καταγράψουν τη θέση και τον τύπο μίας παράβασης στάθμευσης χρησιμοποιώντας smartphones ή υπολογιστές. Οι θέσεις των παραβάσεων στάθμευσης αποθηκεύτηκαν στη βάση δεδομένων, ως σημεία με χρήση συντεταγμένων με βάση το σύστημα συντεταγμένων WGS 84. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ιδιωτικότητα, δεν ζητήθηκαν άλλες πληροφορίες από τους συμμετέχοντες στο crowdsourcing, εκτός από μια αυτοματοποιημένη χρονική σήμανση. Η προώθηση της εφαρμογής ήταν πολύ σημαντική για να γίνει γνωστή στους πολίτες και να συγκεντρωθεί ικανοποιητικός αριθμός συμμετεχόντων. Η εφαρμογή υποστηρίχθηκε από τα δημόσια τηλεοπτικά και ραδιοφωνικά κανάλια της Ελλάδας (www.ert.gr), ειδησεογραφικούς ιστότοπους και ομάδες μέσω κοινωνικής δικτύωσης.

Τέλος, η προσπάθεια συλλογής δεδομένων περιορίστηκε στις επτά (7) πιο συνηθισμένες κατηγορίες, που παρουσιάζονται παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.4: Οι τύποι παραβάσεων στάθμευσης στην εφαρμογή

ID	Τύπος παράβασης
1	Στάθμευση σε πεζοδρόμιο
2	Στάθμευση σε θέση ή ράμπα ΑμεΑ
3	Στάθμευση σε ποδηλατόδρομο
4	Στάθμευση σε στροφή ή διασταύρωση
5	Στάθμευση σε περιοχή που απαγορεύεται με σήμανση
6	Διπλοπαρκάρισμα
7	Άλλη κατηγορία παράβασης

3.3 Διαφύλαξη ποιότητας δεδομένων – Data Cleaning

Επειδή η εφαρμογή τροφοδοτείται από δεδομένα που εισάγουν χρήστες ήταν απαραίτητο να υπάρχουν τρόποι με τους οποίους μπορεί να διαφυλαχτεί η ποιότητα των δεδομένων και να απορρίπτονται καταγραφές που φαίνονται ύποπτες.

Για την αποφυγή εισαγωγής δεδομένων από κάποιο αυτοματοποιημένο σύστημα κακόβουλου χρήστη χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία reCAPTCHA™ της Google. Η τεχνολογία αυτή προσθέτει έναν κωδικό στη φόρμα από την οποία προστίθεται μία καταγραφή με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί κάποιο script για την αυτόματη εισαγωγή δεδομένων μέσω του API της εφαρμογής. Επιπλέον, εάν κάποια καταγραφή θεωρηθεί ύποπτη, ο χρήστης πρέπει να περάσει το reCAPTCHA™ Challenge για να επιβεβαιωθεί ότι είναι άνθρωπος και όχι κάποιο πρόγραμμα.

Πέρα όμως από την χρήση κάποιου προγράμματος, υπήρχε και το ενδεχόμενο ένας χρήστης χειροκίνητα να προσθέσει καταγραφές σε σημεία που είναι αδύνατο να υπάρξουν. Για παράδειγμα, είναι αδύνατο να υπάρχει παράβαση στάθμευσης στη θάλασσα ή σε κάποιο βουνό. Για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν δύο τοπολογικοί κανόνες ώστε να απορρίπτονται αυτόματα τέτοια δεδομένα.

Ο πρώτος τοπολογικός κανόνας είναι πως μία καταγραφή πρέπει να βρίσκεται μέσα στο πολύγωνο από κάποιο δήμο. Έτσι, άμα η καταγραφή είναι στη θάλασσα ή σε περιοχή έξω από την Ελλάδα κρίνεται άκυρη. Ο έλεγχος αυτός ήταν εύκολος και γρήγορος επομένως έτρεχε σε κάθε προσθήκη. Ο δεύτερος κανόνας ήταν πως μία παράβαση στάθμευσης πρέπει να απέχει το πολύ 25 μέτρα από ένα δρόμο. Ο κανόνας αυτός βασίζεται στη λογική πως η θέση της παράβασης θα πρέπει πρώτα από όλα να είναι προσβάσιμη με το όχημα. Επομένως μία περιοχή μακριά από το οδικό δίκτυο δεν είναι προσπελάσιμη και δε μπορεί να υπάρχει παράνομη στάθμευση εκεί. Η εφαρμογή του κανόνα χαρακτήρισε άκυρες καταγραφές σε λίμνες, βουνά και άλλες περιοχές οι οποίες ανήκουν σε δήμο και επομένως δεν ακυρώθηκαν από τον πρώτο κανόνα. Επειδή αυτός ο έλεγχος ήταν αρκετά χρονοβόρος ήταν αδύνατο να τρέξει με την προσθήκη μίας καταγραφής, επομένως έτρεχε ανά τακτά χρονικά διαστήματα για τα νέα δεδομένα.

3.4 Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση των δεδομένων περιλαμβάνει το σύνολο των τεχνικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του φαινομένου της παράνομης στάθμευσης και την κατανόηση των χαρακτηριστικών του. Συγκεκριμένα, οι παραβάσεις μελετήθηκαν τόσο σαν σημεία, ως μεμονωμένα περιστατικά, όσο και ομαδοποιημένα σε κάθε δήμο που παρουσιάστηκαν. Καθώς τα δεδομένα στους δήμους της Μητροπολιτικής περιοχής των Αθηνών ήταν αρκετά παραπάνω σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα και υπάρχει μία χωρική συνέχεια, για τις παρακάτω αναλύσεις (εκτός των περιγραφικών στοιχείων) χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της συγκεκριμένης περιοχής. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με γλώσσα προγραμματισμού Python σε Jupyter Notebooks Pandas (McKinney et al., 2010), Geopandas (Jordahl et al., 2020), PySAL (Rey and Anselin, 2007), STDBSCAN (Birant and Kut, 2007), NumPy (Harris, Millman, van der Walt, et al., 2020), Matplotlib (Hunter, 2007), Seaborn (Waskom, 2021).

Περιγραφική ανάλυση

Η περιγραφική ανάλυση αν και δεν είναι η βασική ανάλυση της εργασίας μπορεί να δώσει αρκετά χρήσιμα στοιχεία για το φαινόμενο της παράνομης στάθμευσης.

Συγκεκριμένα, έχουν γίνει αναλύσεις για την κατανομή των παραβάσεων στους δήμους της Ελλάδας, τη χρονική κατανομή στη διάρκεια της ημέρας και την κατανομή σε κατηγορίες οδών του δικτύου.

Χωρική ανάλυση σε επίπεδο δήμου

Για την ανάλυση σε επίπεδο δήμου υπολογίστηκε ο αριθμός των παραβάσεων μέσα στα όρια κάθε δήμου. Καθώς είναι αναμενόμενο να υπάρχουν περισσότερες παραβάσεις σε δήμους με μεγαλύτερο πληθυσμό ή έκταση, έγινε μία προσπάθεια για την κανονικοποίηση του αριθμού παραβάσεων ανά δήμο με άλλες μεταβλητές προκειμένου να μπορούν να γίνουν ορθές συγκρίσεις. Έπειτα, εξετάστηκε η χωρική αυτοσυσχέτιση του αριθμού παραβάσεων στους δήμους της μητρόπολης των Αθηνών.

Χωρο-χρονική Ανάλυση

Επειδή η παράνομη στάθμευση δεν έχει την ίδια εμφάνιση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Έτσι, για να αποτυπωθεί το πραγματικό πρόβλημα, θα πρέπει να συμπεριληφθούν τόσο οι χωρικές όσο και οι χρονικές πτυχές των παραβιάσεων. Η χρήση του ST-DBSCAN επιτρέπει τον εντοπισμό των clusters που βρίσκονται κοντά χωρικά και χρονικά, αναδεικνύοντας έτσι τις προβληματικές περιοχές ανά περίοδο της ημέρας. Ακόμα, υπολογίζεται το μέγεθος της κάθε ομάδας που μπορεί να συνδεθεί με το μέγεθος του προβλήματος στην περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αποτελέσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις διαδικασίες που έγιναν για τη διερεύνηση του φαινομένου της παράνομης στάθμευσης. Αρχικά γίνεται αναφορά στα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τη διαδικτυακή εφαρμογή και ο τρόπος με τον οποίο έγινε ο έλεγχος για την εγκυρότητα τους. Στη συνέχεια περιγράφονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν.

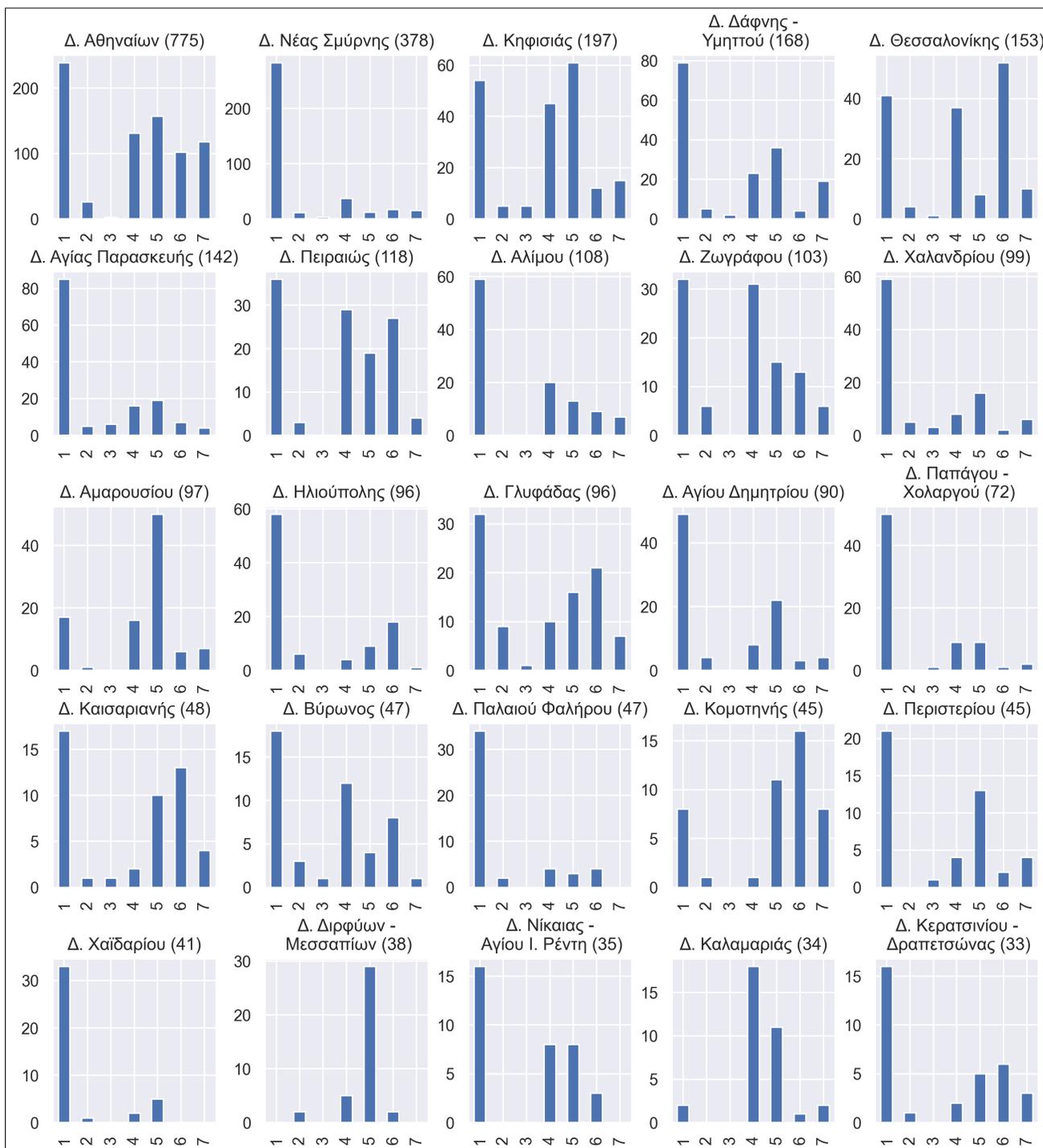
4.1 Δεδομένα

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν σχεδόν 4 μήνες μετά τη δημοσίευση της εφαρμογής, την περίοδο Φεβρουαρίου – Ιουνίου 2022. Συνολικά οι πολίτες κατέγραψαν 3922 περιστατικά εκ των οποίων έγκυρες κρίθηκαν οι 3830, δηλαδή σχεδόν το 98%. Όσον αφορά τις άκυρες καταγραφές, 34 ήταν εκτός των πολυγώνων των δήμων και 86 απείχαν πάνω από 25 μέτρα από το οδικό δίκτυο και τελικά, λόγω επικαλύψεων, οι άκυρες παραβάσεις ήταν 92.

4.2 Περιγραφικά στοιχεία

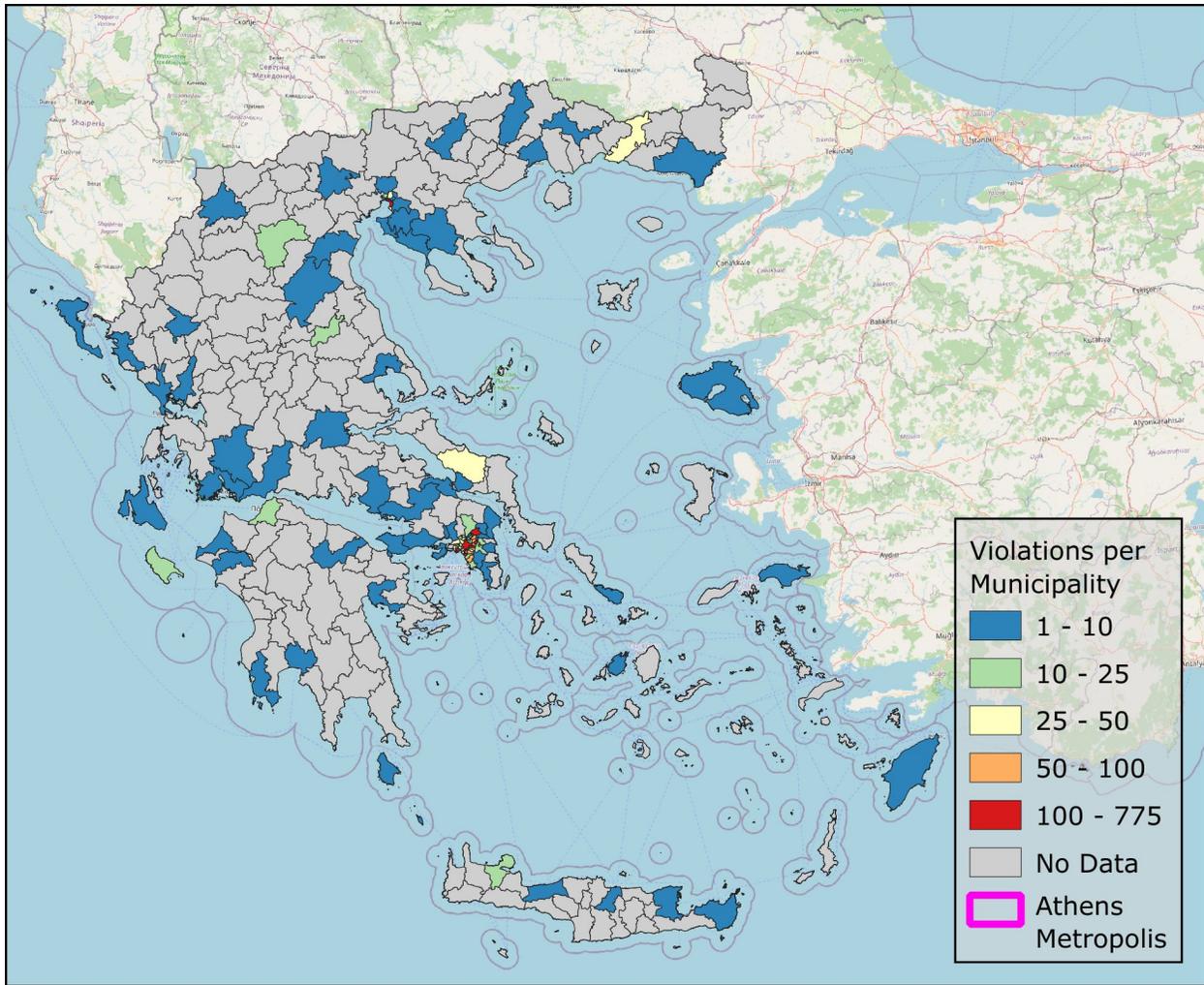
4.2.1 Παραβάσεις ανά δήμο και κατηγορία

Σε γενικές γραμμές οι περισσότερες καταγραφές συγκεντρώθηκαν σε δήμους της Αττικής, αλλά και μερικούς εκτός Αττικής, όπως δήμος Θεσσαλονίκης, Καλαμαριάς και Κομοτηνής. Να σημειωθεί πως αυτή η κατανομή δεν περιγράφει πλήρως το πρόβλημα της παράνομης στάθμευσης ανά δήμο, αλλά σχετίζεται κυρίως με την προβολή της εφαρμογής και τη συμμετοχή των πολιτών στον εκάστοτε δήμο. Ως προς την κατηγορία παράβασης, στους περισσότερους δήμους επικρατεί η στάθμευση σε πεζοδρόμιο και σε μικρότερο βαθμό η στάθμευση σε περιοχή που απαγορεύεται με σήμανση, σε στροφή ή διασταύρωση και το διπλοπαρκάρισμα. Αντίστοιχα, εδώ θα πρέπει να επισημανθεί πως επειδή πεζοδρόμια υπάρχουν στις περισσότερες οδούς είναι αναμενόμενο να υπάρχουν περισσότερες παραβάσεις. Αντίθετα, οι υποδομές για ΑΜΕΑ και οι ποδηλατόδρομοι είναι λιγοστοί και επομένως η παράνομη στάθμευση σε αυτά είναι πιο σπάνια.

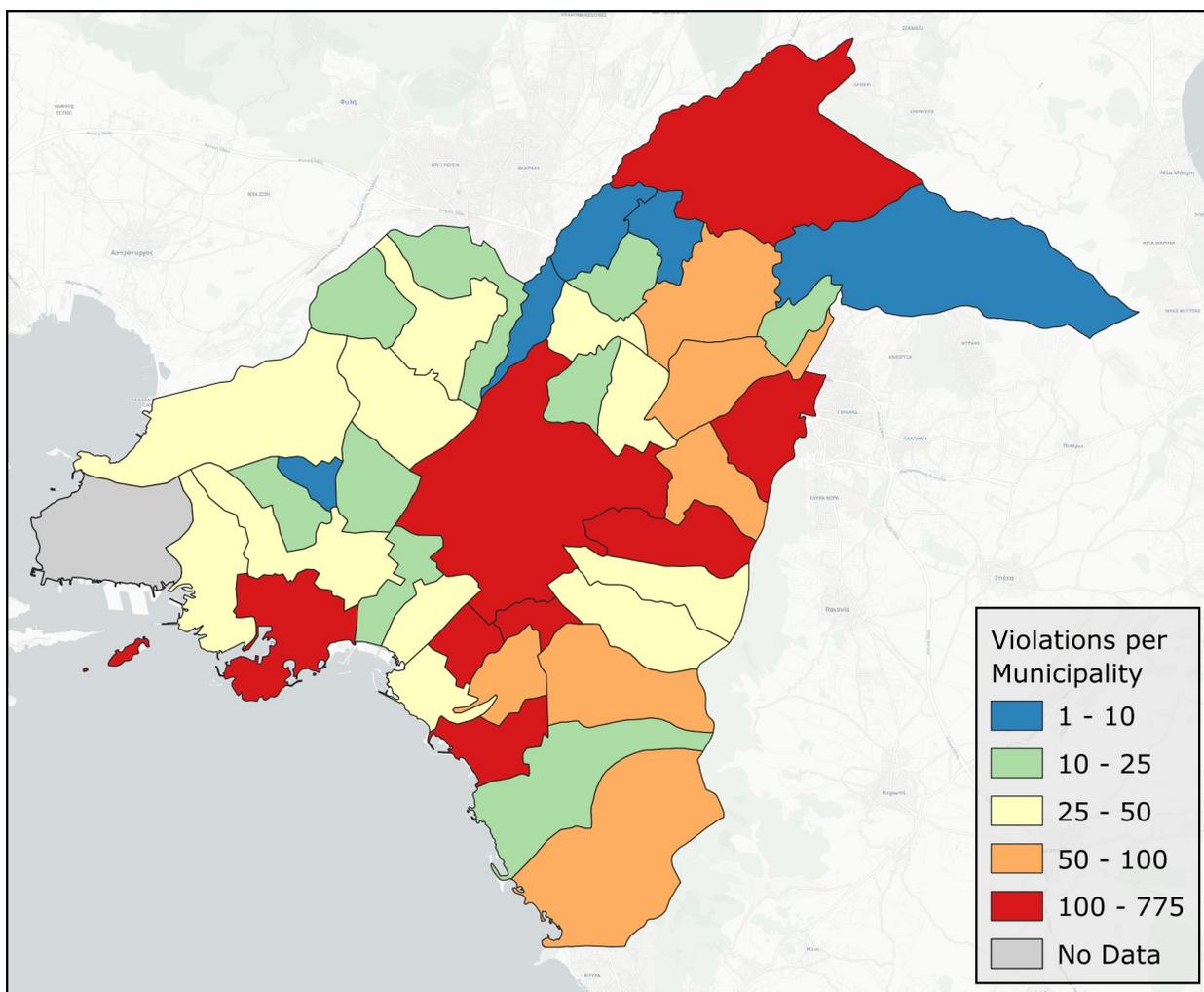


Σχήμα 4.1: Κατανομή παραβάσεων ανά δήμο και κατηγορία παράβασης

(1: Πεζοδρόμιο, 2: ΑΜΕΑ, 3: Ποδηλατόδρομος, 4: Στροφή/Διασταύρωση, 5: Σήμανση, 6: Διπλοπαρκάρισμα, 7: Άλλη παράβαση)



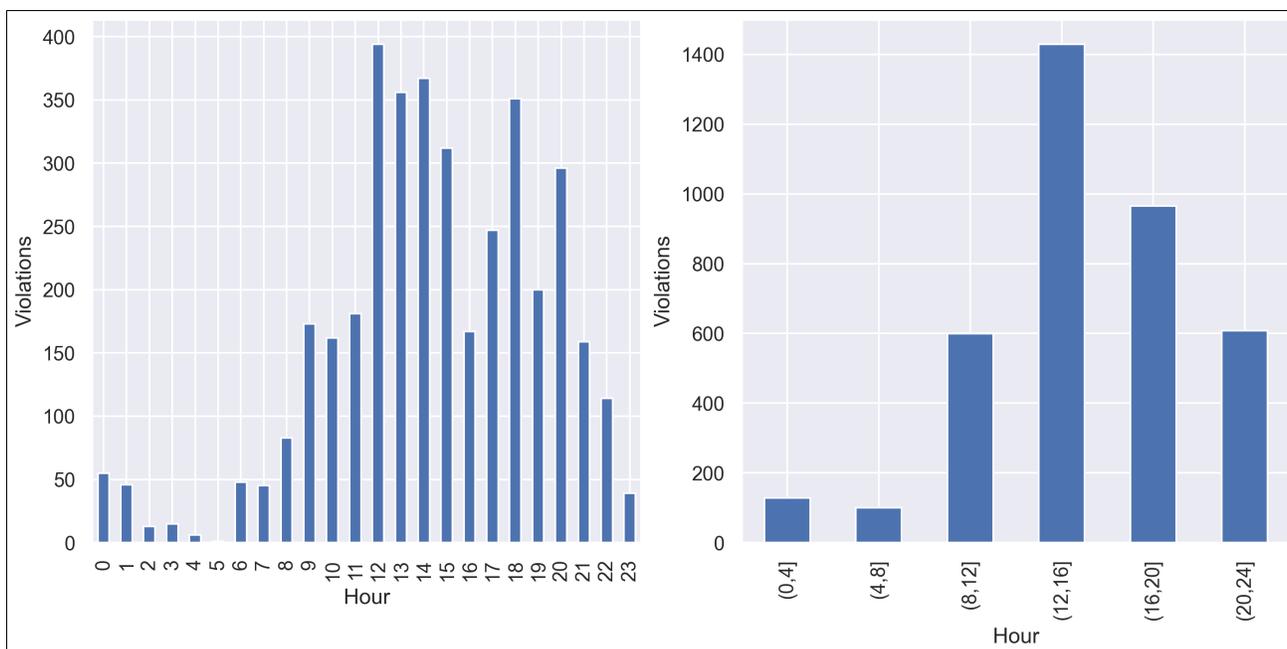
Σχήμα 4.2: Κατανομή παραβάσεων ανά δήμο της Ελλάδας



Σχήμα 4.3: Κατανομή παραβάσεων ανά δήμο της Μητροπολιτικής περιοχής Αθηνών

4.2.2 Παραβάσεις ανά χρονική περίοδο

Όσον αφορά την ωριαία κατανομή των παραβάσεων, φαίνεται πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρουσιάζεται μεταξύ 12:00 και 16:00. Τις νυχτερινές και πρώτες πρωινές ώρες (0:00 – 08.00) οι καταγραφές των παραβάσεων είναι λίγες, γεγονός λογικό καθώς η κίνηση των πολιτών είναι μικρότερη εκείνες τις ώρες.

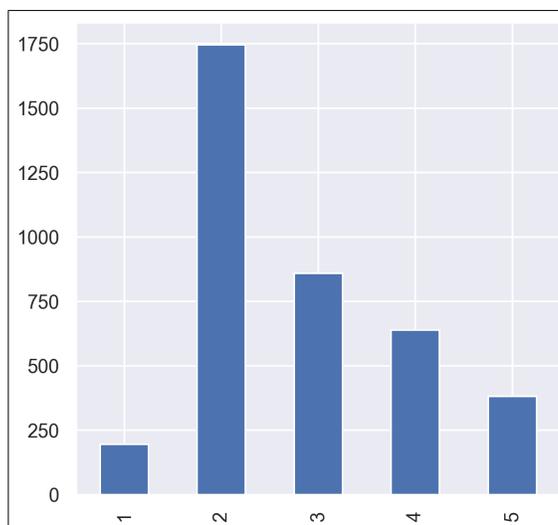


Σχήμα 4.4: Κατανομή παραβάσεων ανά ώρα (αριστερά) και χρονική περίοδο (δεξιά)

4.2.3 Παραβάσεις ανά κατηγορία οδού

Για αυτή την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι κατηγορίες των οδών του OpenStreetMap (OpenStreetMap Wiki). Επειδή υπάρχουν αρκετές διαφορετικές κατηγορίες ομαδοποιήθηκαν σε 5 κατηγορίες με βάση τη λειτουργική τους κατηγορία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Τελικά φαίνεται πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρουσιάζεται σε τοπικούς δρόμους στις γειτονιές.

Open Street Map	Κατηγοριοποίηση
cycleway	1
footway	
steps	
pedestrian	
residential	2
service	
living_street	
tertiary	3
tertiary_link	4
secondary	
motorway	5
primary	



Σχήμα 4.5: Κατανομή παραβάσεων ανά κατηγορία οδού και επεξήγηση κατηγοριών.

4.2.4 Συσχέτιση παραβάσεων με χαρακτηριστικά των δήμων

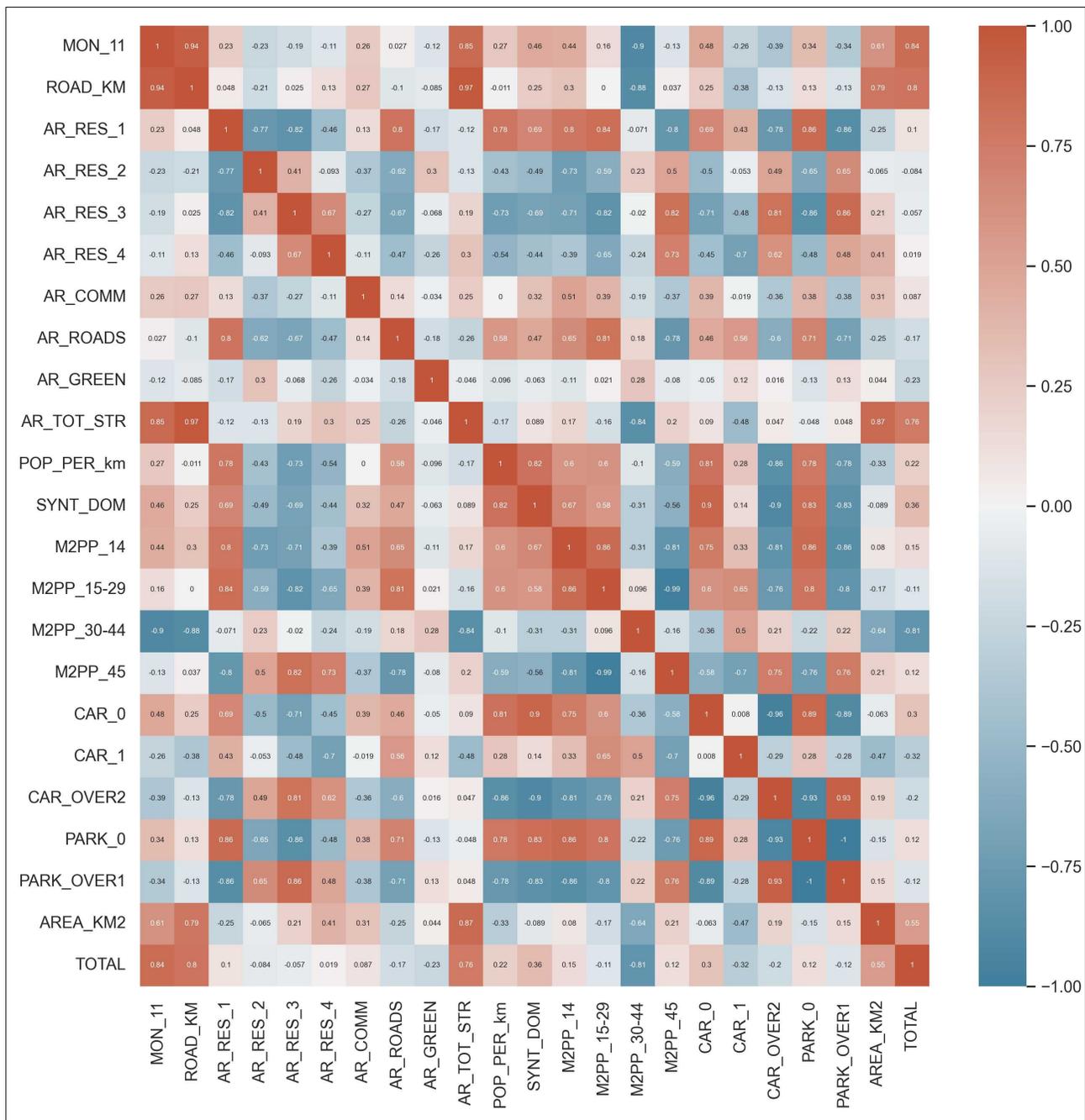
Για τη συγκεκριμένη ανάλυση διατηρήθηκαν οι δήμοι της μητρόπολης των Αθηνών (Π.Ε. Κεντρικού, Βόρειου, Νότιου, Δυτικού Τομέα Αθηνών και Π.Ε. Πειραιά) με πάνω από 30 παραβάσεις, προκειμένου να υπάρχει ένα αξιόλογο δείγμα. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν αρκετά χαρακτηριστικά του δήμου για να διερευνηθεί η συσχέτιση (Pearson Correlation) με τον αριθμό των παραβάσεων. Οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.1: Επεξήγηση μεταβλητών

Όνομα	Περιγραφή	Πηγή
MON_11	Μόνιμος πληθυσμός 2011.	ΕΛΣΤΑΤ
ROAD_KM	Μήκος οδικού δικτύου (χλμ).	OpenSteetMap
AR_RES_1, 2, 3, 4	Ποσοστό της έκτασης που αφορά κατοικίες (RES, 1 πυκνή κατοικία – 4 αραιή κατοικία), δρόμους (ROADS), εμπόριο/υπηρεσίες (COMM), αστικό πράσινο (GREEN).	Urban Atlas – Copernicus

AR_ROADS AR_COMM AR_GREEN		
AR_TOT_STR	Συνολική έκταση που καταλαμβάνουν οι παραπάνω χρήσεις.	Urban Atlas – Copernicus
POP_PER_KM	Πυκνότητα πληθυσμού, με βάση την παραπάνω έκταση.	Από παραπάνω
SYNT_DOM	Μέσος συντελεστής δόμησης.	E-Poleodomia
M2PP_14, 15-29, 30-44, 45	Ποσοστό κατοικιών με κάτω από 14, 15-29, 30-44, πάνω από 45 τμ ² /κάτοικο.	ΕΛΣΤΑΤ
CAR_0,1, OVER_2	Ποσοστό νοικοκυριών με κανένα, ένα ή πάνω από 2 ΙΧ.	ΕΛΣΤΑΤ
PARK_0, 1	Ποσοστό νοικοκυριών χωρίς θέση στάθμευσης ή μία και πάνω.	ΕΛΣΤΑΤ
AREA_km2	Πραγματική έκταση δήμου (τ.χλμ).	Geodata.gov
TOTAL	Οι συνολικές παραβάσεις στάθμευσης στο δήμο	Εφαρμογή

Με βάση τα παραπάνω παρουσιάζονται ορισμένες συσχετίσεις. Οι πιο σημαντικές είναι η θετική συσχέτιση με την έκταση του δήμου, τον πληθυσμό, το μήκος του οδικού δικτύου και το συντελεστή δόμησης. Ως προς έκταση του δήμου χρησιμοποιήθηκε το άθροισμα των αστικών χρήσεων από το Urban Atlas διότι η έκταση ορισμένοι δήμοι (π.χ. Ζωγράφου, Καισαριανής κ.α.) καταλαμβάνει πολύ μεγάλα τμήματα δασικών εκτάσεων στα η πρόσβαση με αυτοκίνητο, άρα και η παράνομη στάθμευση, είναι αδύνατη. Η μόνη σημαντική αρνητική συσχέτιση που σημειώνεται με τη μεταβλητή M2PP_30-44 η οποία υποδηλώνει μια σχετικά αραιή δόμηση. Η μόνη διαφορά σε σχέση με τη βιβλιογραφία είναι το γεγονός ότι υπάρχει μία μικρή συσχέτιση του ποσοστού των νοικοκυριών χωρίς ΙΧ με την αύξηση των παραβάσεων, βέβαια μπορεί αυτοί οι δήμοι να έχουν χρήσεις που έλκουν οχήματα από άλλες περιοχές.



Σχήμα 4.6: Συσχέτιση αριθμού παραβάσεων σε δήμους με άλλες μεταβλητές

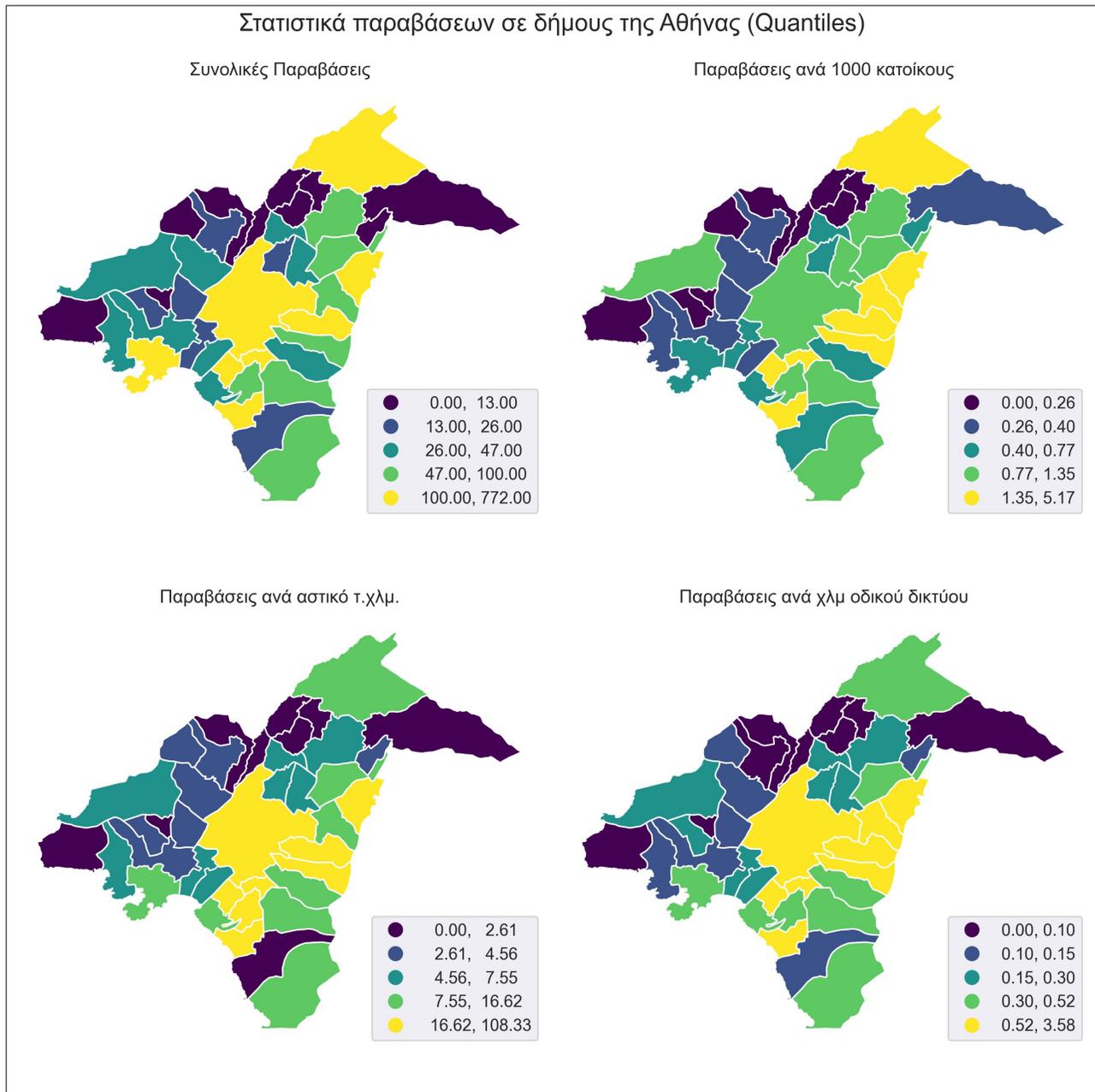
4.3 Χωρική ανάλυση

Το πρώτο σκέλος της χωρικής ανάλυσης επικεντρώθηκε στη διερεύνηση της χωρικής κατανομής των παραβάσεων στους δήμους της μητρόπολης των Αθηνών και η συσχέτιση του αριθμού των παραβάσεων με χαρακτηριστικά των δήμων. Αρχικά έγινε κανονικοποιήθηκε ο αριθμός των παραβάσεων με κάποιες μεταβλητές που εμφάνισαν υψηλή συσχέτιση (σχήμα **4.6**). Με αυτό τον τρόπο γίνεται μία διαφορετική προσέγγιση στους δήμους με το μεγαλύτερο πρόβλημα. Για παράδειγμα, αν και ο δήμος Αθηνών έχει τις περισσότερες παραβάσεις, φαίνεται πως η πυκνότητα των παραβάσεων δεν είναι τόσο μεγάλη καθώς καλύπτει μεγάλη έκταση. Αντίθετα, ο δήμος Νέας Σμύρνης παρουσιάζει πολύ μεγάλη πυκνότητα παραβάσεων γεγονός που δείχνει πως είναι πιο προβληματικός δήμος. Όμοια, οι παραβάσεις σε σχέση με τον πληθυσμό του δήμου αναδεικνύουν το πρόβλημα της παράνομης στάθμευσης με αρκετά διαφορετικό τρόπο.

Στη συνέχεια οπτικοποιήθηκαν οι παραπάνω συσχετίσεις για να εντοπιστούν χωρικά πρότυπα (σχήμα **4.7**). Με τη χρήση του ολικού δείκτη Global Moran's I έγινε έλεγχος της χωρικής αυτοσυσχέτισης των μεταβλητών, δηλαδή το κατά πόσο οι γειτνιάζοντες δήμοι έχουν κοντινές τιμές στις μεταβλητές (πίνακας **4.2**). Φαίνεται πως ο απόλυτος αριθμός των παραβάσεων ανά δήμο ακολουθεί τυχαίο χωρικό πρότυπο, ενώ όταν κανονικοποιηθεί με κάποια άλλη μεταβλητή εμφανίζει μικρή θετική αυτοσυσχέτιση. Ακόμα, στις ίδιες μεταβλητές εφαρμόστηκε ο τοπικός δείκτης Local Moran's I, με τον οποίο εντοπίζονται ομάδες γειτονικών δήμων με κοντινές τιμές μεταβλητών (clusters) και δήμοι με ακραίες τιμές (outliers) (σχήμα **4.8**).

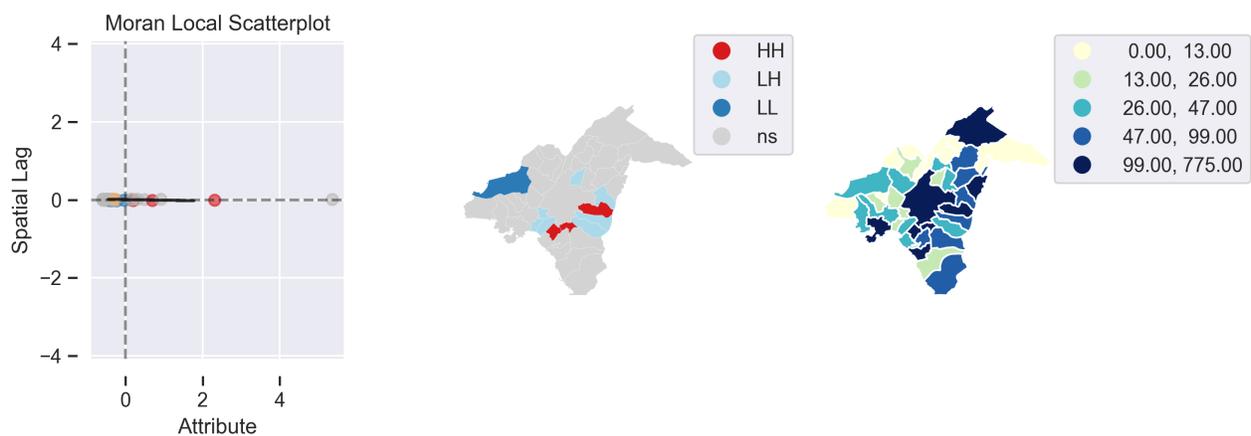
Πίνακας 4.2: Δείκτης χωρικής αυτοσυσχέτισης Moran's I

Μεταβλητή	Moran's I (Queen)	P-values
Αριθμός παραβάσεων	-0.01	0.88
Παραβάσεις ανά 1000 κατοίκους	0.22	0.02
Παραβάσεις ανά αστικό τ. Χλμ.	0.28	0
Παραβάσεις ανά χλμ οδικού δικτύου	0.25	0.01

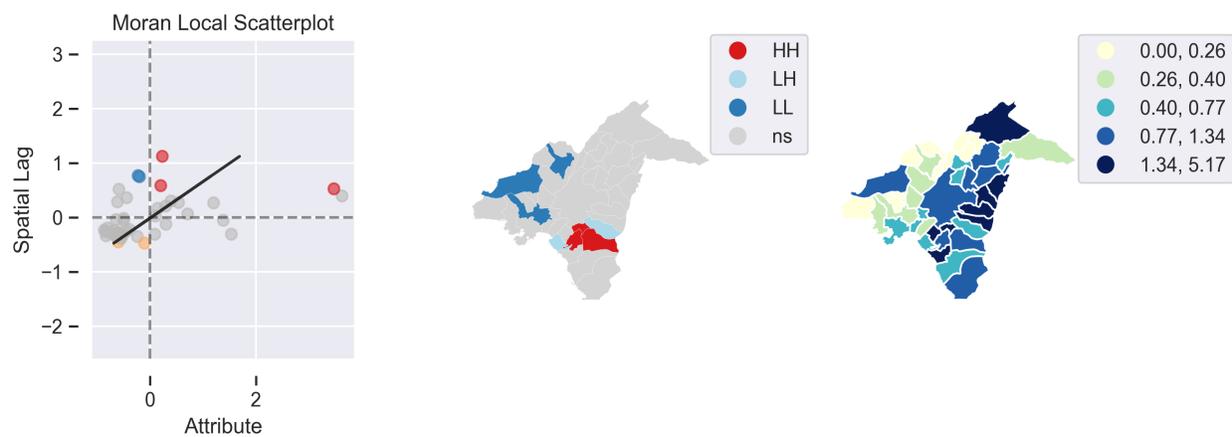


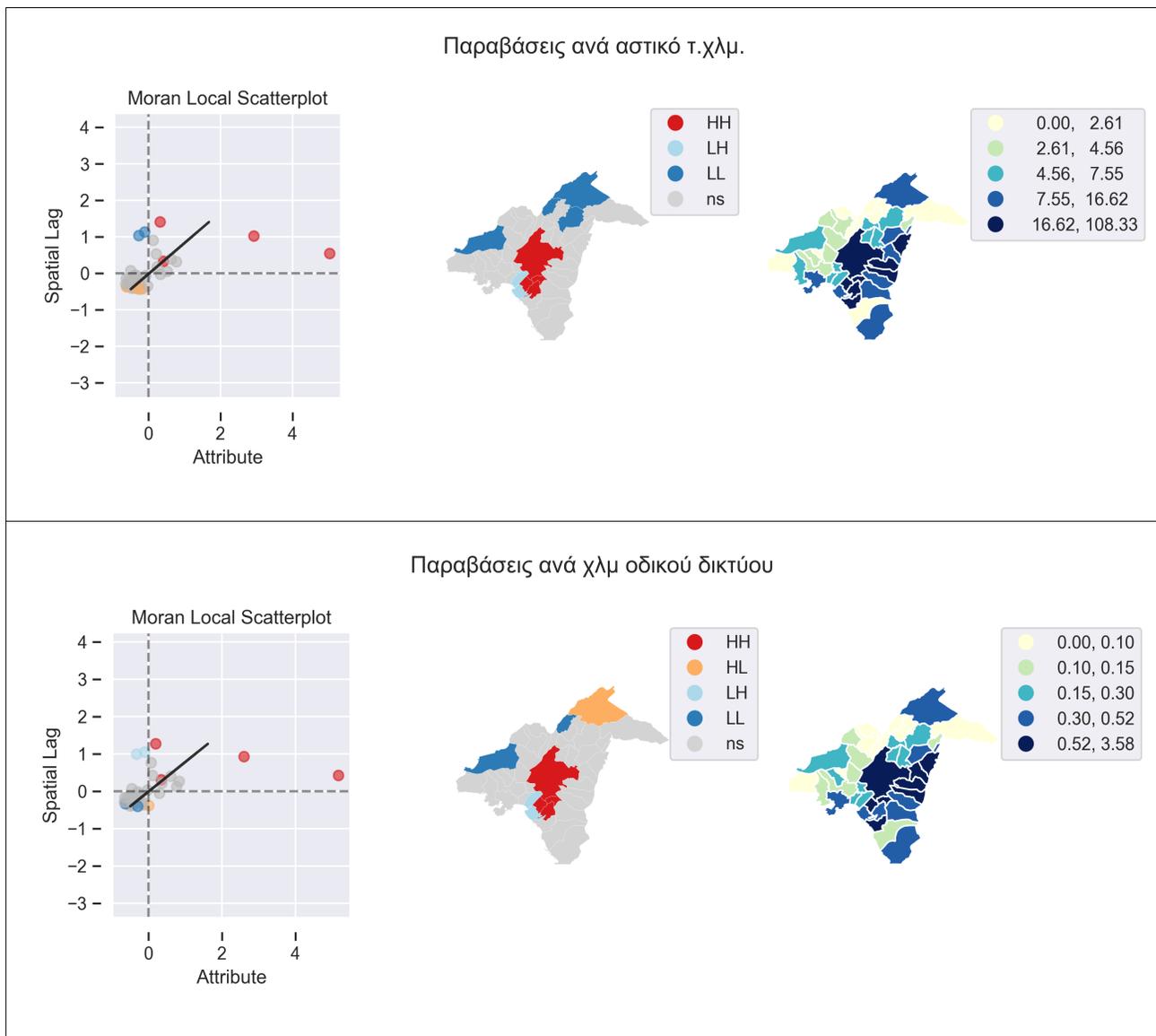
Σχήμα 4.7: Κανονικοποίηση του αριθμού παραβάσεων με άλλες μεταβλητές.

Συνολικές Παραβάσεις



Παραβάσεις ανά 1000 κατοίκους





Σχήμα 4.8: Δείκτης *Local Moran's I*

4.4 Χωροχρονική ανάλυση

Όπως φαίνεται από τις προηγούμενες αναλύσεις, τα περιστατικά της παράνομης στάθμευσης δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένα στο χώρο και στο χρόνο. Αντίθετα, υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές και περίοδοι στις οποίες το φαινόμενο οξύνεται. Για τον εντοπισμό των προβληματικών θέσεων οι οποίες προσελκύουν την παράνομη στάθμευση κάποιες ώρες της ημέρας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ST-DBSCAN (Birant και Kut, 2007), η οποία επεκτείνει τον κλασικό αλγόριθμο του DBSCAN προκειμένου να εντοπίζει τα χωρο-χρονικά clusters σημείων. Η μέθοδος αυτή έχει τρεις παραμέτρους: την χωρική απόσταση, την χρονική απόσταση και τον ελάχιστο αριθμό σημείων που ορίζουν ένα cluster.

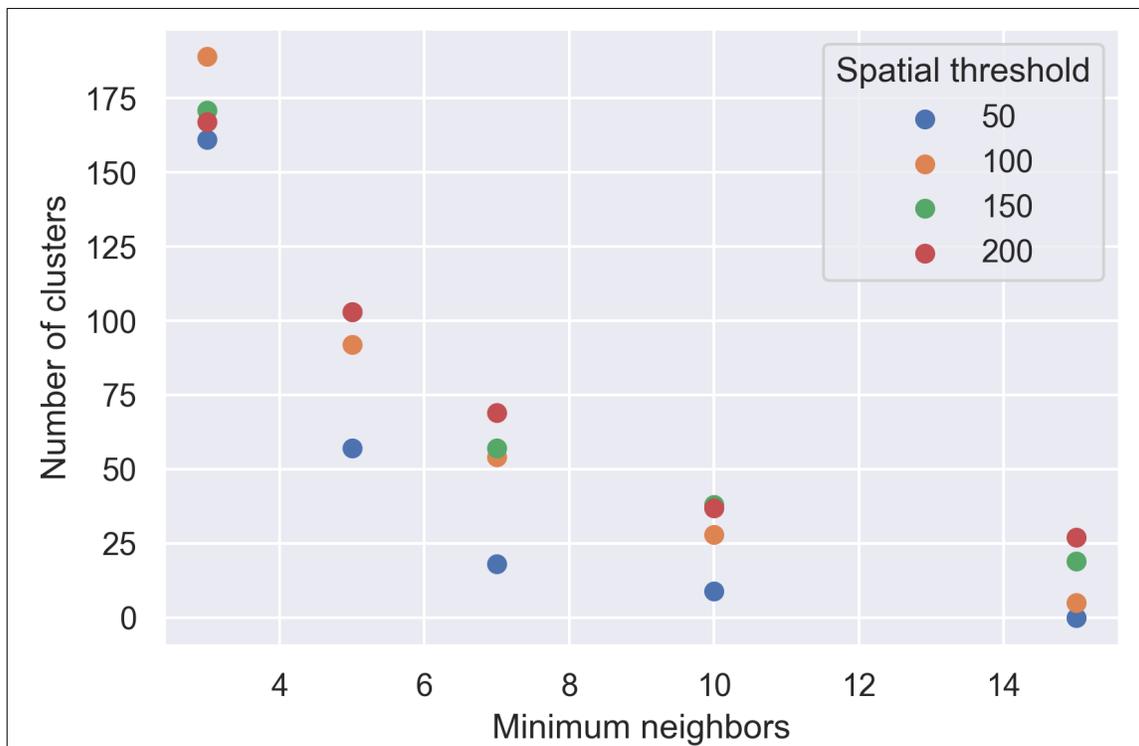
Η επιλογή των παραμέτρων έγινε με τρία κριτήρια. Πρώτον, οι τιμές να είναι λογικές για την περιγραφή του φαινομένου. Δεύτερον, ο αριθμός των ομάδων να είναι διαχειρίσιμος για την μετέπειτα μελέτη των χαρακτηριστικών της περιοχής που βρίσκονται. Τρίτον, να αποκλείουν μη συστηματικές παραβάσεις που μπορεί απλά να είναι τυχαίες. Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η μία ώρα ως χρονική απόσταση, η οποία πρακτικά δημιουργεί ένα εύρος 2 ωρών το οποίο θεωρείται εύλογο για να αποτυπώσει το φαινόμενο. Η χωρική απόσταση, μετά από διάφορες δοκιμές, ορίστηκε στα 100 μέτρα, για να εντοπιστούν περισσότερα τοπικές ομάδες. Καθώς η οι παραβάσεις έχουν έντονη έλξη μεταξύ τους, μία μεγάλη απόσταση δημιουργεί μεγάλα clusters τα οποία καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση, με αποτέλεσμα το ίδιο cluster να βρίσκεται περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για ελάχιστο όριο σημείων ορίστηκαν τα 5, τα οποία είναι αρκετά σε μια περιοχή ακτίνας 100 μέτρων, άρα αποτυπώνουν μια προβληματική περιοχή. Με αυτές τις παραμέτρους προέκυψαν 92 clusters τα οποία κρίθηκαν ικανοποιητικό δείγμα για την περαιτέρω μελέτη. Το σχήμα **4.9** αποτυπώνει την επίδραση των παραμέτρων του χωρικού ορίου και των ελάχιστων γειτόνων στον τελικό αριθμό των ομάδων. Γενικά, αναμένεται ότι η επιλογή ενός μεγαλύτερου χωρικού ορίου θα έχει ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό περισσότερων συστάδων που καλύπτουν μεγαλύτερες περιοχές. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις, όπως στους 3 γείτονες, όπου η μικρότερη ακτίνα δημιουργεί περισσότερα clusters. Αυτή η πληροφορία αποκαλύπτει ένα χωρικό πρότυπο, ότι υπάρχουν μικρά διάσπαρτα clusters παραβάσεων με μικρή μεταξύ τους απόσταση, τέτοια ώστε μία μεγαλύτερη ακτίνα να τα ομαδοποιήσει μαζί τα δύο clusters

και τελικά να υπολογιστούν ως ένα. Τέλος, η αύξηση της παραμέτρου των ελάχιστων γειτόνων οδηγεί σε μία εκθετική μείωση των ομάδων.

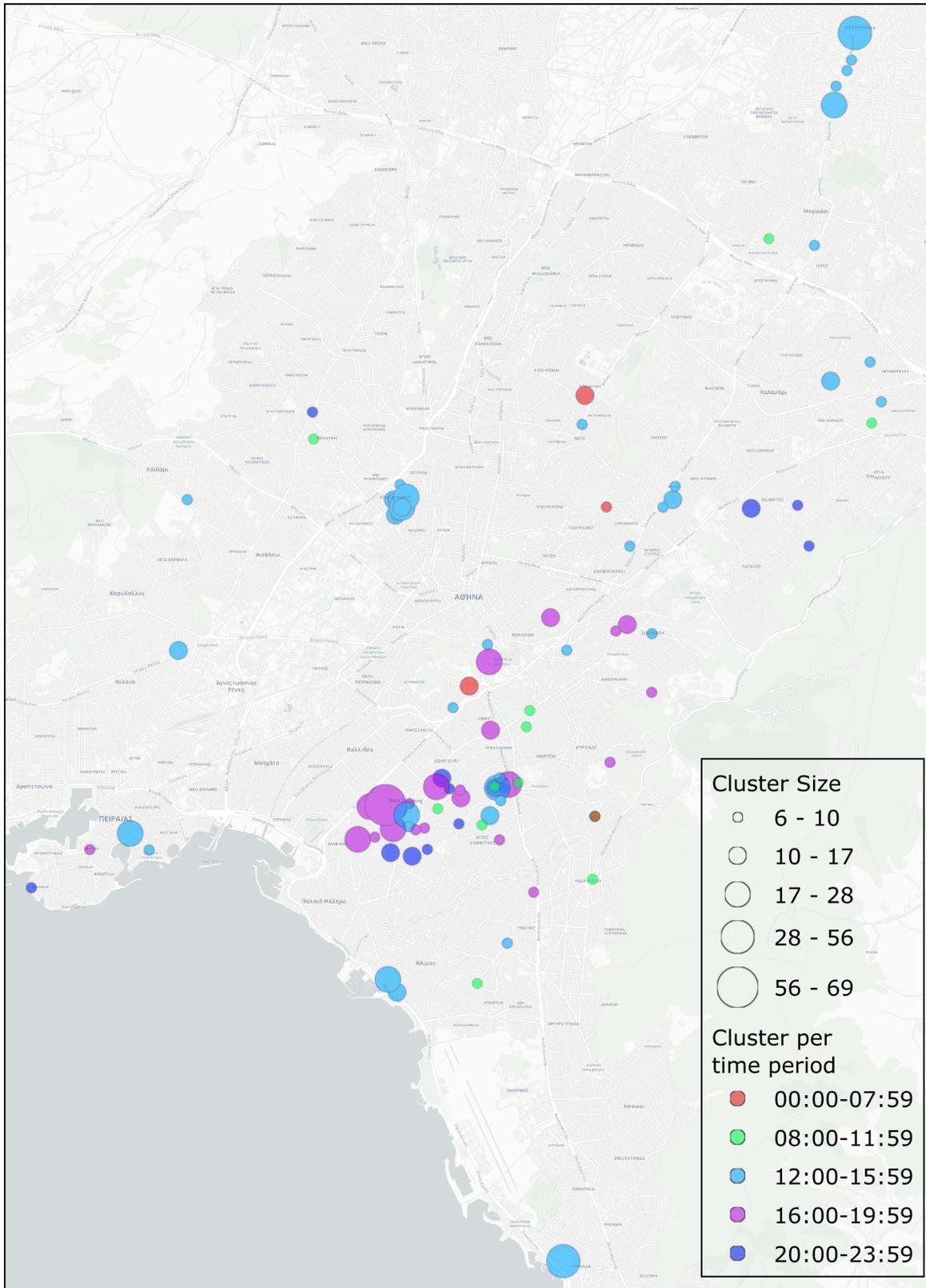
Με την παραπάνω ανάλυση παρουσιάζονται προβληματικές περιοχές όπου υπάρχει έντονη παράνομη στάθμευση κάποιες ώρες της ημέρας. Ακόμα φαίνεται πως υπάρχουν περιοχές στις οποίες συγκεντρώνονται ομάδες παράνομης στάθμευσης σε αρκετές χρονικές περιόδους της ημέρας. Άρα, γίνεται κατανοητό πως σε αυτές τις περιοχές το πρόβλημα είναι μόνιμο. Στις υπόλοιπες, δεν γίνεται να κριθεί με βεβαιότητα εάν το πρόβλημα είναι μόνιμο ή περιοδικό, καθώς η δειγματοληψία του crowdsourcing είναι τυχαία και όχι συστηματική. Έτσι, δεν είναι γνωστό αν λήφθηκε δείγμα από την περιοχή σε άλλη ώρα και δεν υπήρχαν περιστατικά ή δεν υπήρξε καθόλου δειγματοληψία τις άλλες ώρες. Ωστόσο, για την περαιτέρω ανάλυση αρκούν οι ομάδες όπως έχουν προκύψει από την τυχαία δειγματοληψία.

Στη συνέχεια για τη διερεύνηση των ομάδων στο επίπεδο της μητρόπολης των Αθηνών, οπτικοποιήθηκαν οι ομάδες με βάση το κεντροειδές όλων των σημείων τους, ενώ ο αριθμός των σημείων που τις αποτελούν αποτυπώνεται στο μέγεθος του συμβόλου στο χάρτη. Επιπρόσθετα, διαχωρίστηκαν οι ομάδες με βάση τη χρονική περίοδο του εμφανίστηκαν (σχήμα **4.10**).

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε το υπόβαθρο των ΓΠΣ των δήμων που μελετούνται για να βρεθεί σε ποιες χρήσεις γης εμφανίζονται οι ομάδες των παραβάσεων. Με βάση τα αποτελέσματα παρατηρείται ένα χωρο-χρονικό πρότυπο στην κατανομή των παραβάσεων. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως τις βραδινές και τις πρώτες πρωινές ώρες οι παραβάσεις βρίσκονται σε περιοχές κατοικίας, σταδιακά μέχρι το μεσημέρι στις 16.00 αυξάνονται σε περιοχές πολεοδομικού κέντρου και τελικά μέχρι το βράδυ οι επανέρχονται στις περιοχές κατοικίας (πίνακας **4.3**).



Σχήμα 4.9: Η επίδραση των παραμέτρων του ST-DBSCAN στον αριθμό συστάδων



Σχήμα 4.10: Κεντροειδή ομάδων ανά μέγεθος ομάδας και χρονικής περιόδου (συγκεντρωτικά)

Πίνακας 4.3: Κατανομή των παραβάσεων σε χρονικές περιόδους και χρήσεις γης

Χρονική Περίοδος	Περιοχή κατοικίας	Πολεοδομικό κέντρο	Αναλογία
			Πολ. Κέντρου / Περιοχές κατοικίας
00.00-07.59	32	0	0,00%
08.00-11.59	60	30	50.0%
12.00-15.59	279	209	74.91%
16.00-19.59	268	101	37.69%
20.00-23.59	93	21	22.58%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα

Η παράνομη στάθμευση είναι ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα του αστικού χώρου που επηρεάζει όχι μόνο την αποδοτικότητα και την ασφάλεια του οδικού δικτύου αλλά και γενικά την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες παρεμβάσεις για τη θέσπιση μίας αποτελεσματικής πολιτικής διαχείρισης της στάθμευσης απαιτείται πρώτα η συλλογή, η επεξεργασία και η ανάλυση των αντίστοιχων δεδομένων που θα βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων.

Σε αυτή την εργασία προτείνεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων παράνομης στάθμευσης με στόχο των εντοπισμό hotspots παράνομης στάθμευσης. Για τη συλλογή δεδομένων προτείνεται η μέθοδος του πληθοπορισμού με κάποιου είδους εφαρμογή, δίνοντας τη δυνατότητα σε πολίτες να συμμετέχουν στη διαδικασία και να αναφέρουν τυχόν παραβάσεις. Για την ανάλυση δεδομένων, προτείνεται ο εντοπισμός συστάδων με χωροχρονική ανάλυση, μία μέθοδος η οποία συμβάλλει στο να διαπιστωθεί που και πότε εμφανίζεται το πρόβλημα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η μέθοδος του πληθοπορισμού είναι αρκετά απλή, αποτελεσματική και φθηνή, ενώ ταυτόχρονα είναι εύκολο να εφαρμοστεί σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Ακόμα, δείχνουν τις προβληματικές περιοχές στην μητρόπολη των Αθηνών και ένα πρότυπο με το οποίο εναλλάσσεται η κατανομή των παραβάσεων σε χρήσεις γης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έχοντας αυτές την πληροφορία μπορούν να ληφθούν μέτρα για τη στοχευμένη αντιμετώπιση του προβλήματος.

5.1 Περιορισμοί και προτάσεις βελτίωσης

5.1.1 Συλλογή δεδομένων

Παρόλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η μέθοδος του crowd-sourcing παρατηρήθηκαν δύο βασικοί περιορισμοί. Πρώτον, στις περιπτώσεις που σε ένα τμήμα δρόμου δεν υπάρχουν αναφορές, είναι δύσκολο να συμπεράνει κανείς αν η συγκεκριμένη οδός δεν έχει παραβάσεις ή δεν υπάρχει δείγμα από εθελοντές. Δεύτερον, καθώς η μέθοδος βασίζεται στη συνεισφορά των πολιτών, είναι δύσκολη η συλλογή

δεδομένων τις ώρες κατά τις οποίες δεν υπάρχει μεγάλη κινητικότητα, όπως για παράδειγμα τις πρωινές και βραδινές ώρες.

Γενικά, η μεγαλύτερη πρόκληση για να λειτουργήσει αποτελεσματικά η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι η παρακίνηση των πολιτών για να συμμετέχουν στη δράση. Εάν η συμμετοχή των πολιτών γίνει πολύ μεγάλη, τότε θα είναι πιο εύκολο να διαπιστωθούν οι περιοχές που δεν έχουν πρόβλημα, ενώ οι περιοχές χωρίς δείγμα θα είναι λίγες. Όμοια, αν και η συμμετοχή τις πρωινές και βραδινές ώρες ήταν σχετικά μικρή, η προβολή της εφαρμογής μπορεί να πάλι βοηθήσει στην εύρεση εθελοντών και για εκείνες τις ώρες. Σε περιοχές που είναι γνωστό εκ των προτέρων το πρόβλημα και αναμένονται αρκετές καταγραφές, η δράση μπορεί να γίνει σε συνεργασία με τοπικές αρχές. Τέλος, είναι αναγκαίο να τονιστεί πως οι καταγραφές των παραβάσεων δεν έχουν στόχο να καταδικάσουν ενέργειες ή να θίξουν προσωπικά δεδομένα, αλλά είναι καθαρά για την καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης του προβλήματος, στην προσπάθεια της επίλυσης του.

5.1.2 Χωρική ανάλυση

Η χωρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην εργασία δεν είχε σημαντικά αποτελέσματα, ωστόσο φαίνεται πως υπάρχει προοπτική για βελτίωση. Όπως αποδείχθηκε στην πορεία της εργασίας, η παράνομη στάθμευση είναι ένα πολύ τοπικό φαινόμενο. Για αυτό το λόγο, η επιλογή των δήμων δεν ήταν πολύ αποτελεσματική. Για την ομαδοποίηση των παραβάσεων σε επιφανειακές χωρικές οντότητες οι οποίες έχουν διαθέσιμα αντίστοιχα κοινωνικά και οικονομικά δεδομένα, η βέλτιστη επιλογή φαίνεται να είναι οι Μονάδες Χωρικής Ανάλυσης Πόλεων (ΜΟΧΑΠ) που παρέχονται από την ΕΛΣΤΑΤ.

5.1.3 Χωρο-χρονική ανάλυση

Η χωροχρονική ανάλυση λειτούργησε αρκετά αποτελεσματικά στην εργασία. Καθώς βέβαια δεν υπήρχε μεγάλο δείγμα, η ανάλυση περιορίστηκε στο επίπεδο της ώρας. Με μεγαλύτερο δείγμα η ανάλυση μπορεί να είναι ικανοποιητική και σε επίπεδο ημέρας, δηλαδή να εντοπίζονται προβληματικές περιοχές κάποιες ώρες μίας συγκεκριμένης

μέρας της εβδομάδας. Ακόμα, ενώ η συλλογή δεδομένων είναι σε πραγματικό χρόνο, οι αναλύσεις ήταν ετεροχρονισμένες. Για τον εντοπισμό των προβληματικών περιοχών σε πραγματικό χρόνο, ο αλγόριθμος ST-DBSCAN θα μπορούσε να λειτουργεί στον server ώστε να εντοπίζει και να ανανεώνει τις συστάδες παραβάσεων κάθε φορά που προστίθεται μία νέα παράβαση.

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα εργασία προτείνεται το μεθοδολογικό πλαίσιο για τη συλλογή δεδομένων παράνομης στάθμευσης και την εύρεση των προβληματικών αστικών περιοχών. Ωστόσο υπάρχουν ακόμα αρκετές πτυχές του ζητήματος της παράνομης στάθμευσης που χρειάζονται μελέτη για την πλήρη κατανόηση και αντιμετώπιση του προβλήματος. Η συνεισφορά της εργασίας ουσιαστικά αναλύει την υφιστάμενη κατάσταση στην μητροπολιτική περιοχή των Αθηνών και μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για μελλοντικές έρευνες.

Πρώτον, η συλλογή δεδομένων ανά δήμο ή άλλες γεωγραφικές οντότητες και η κατάλληλη ανάλυση μπορούν να οδηγήσουν σε χρήσιμη γνώση. Η συσχέτιση των παραβάσεων με άλλα κοινωνικά, οικονομικά, τεχνικά ή γεωγραφικά χαρακτηριστικά μίας περιοχής και η βαθμονόμηση ενός μοντέλου μπορούν προσφέρουν δύο βασικές λύσεις. Αφενός να ποσοτικοποιηθεί η συμμετοχή κάθε μεταβλητής στο πρόβλημα και, αφετέρου, να μπορούν να γίνουν προβλέψεις για την παράνομη στάθμευση σε άλλες περιοχές, βάσει των αντίστοιχων χαρακτηριστικών.

Δεύτερον, ο εντοπισμός των προβληματικών περιοχών σε μία πόλη είναι το βασικό υπόβαθρο για τη θέσπιση νέων πολιτικών για τη διαχείριση της στάθμευσης. Η συστηματική ύπαρξη παράνομης στάθμευσης λογικά σημαίνει πως υπάρχει κάποιο πρόβλημα και πως η παράνομη στάθμευση δεν είναι απλά μία κακή συνήθεια των πολιτών, αλλά ίσως ένα αναγκαίο κακό για αυτούς. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται μελέτη για νέα μέτρα πολιτικής για τη βιώσιμη διαχείριση της στάθμευσης και την προσφορά εναλλακτικών μέσων μεταφοράς προκειμένου να περιοριστούν τα ιδιωτικά οχήματα. Αφού έχουν ληφθεί μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος, ο

εντοπισμός των προβληματικών περιοχών μπορεί να συμβάλει στην αποτελεσματική δράση της αστυνόμευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Βιβλιογραφία

1. Akhawaji, R., Sedky, M., & Soliman, A. H. (2017, October). Illegal parking detection using Gaussian mixture model and kalman filter. In 2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA) (pp. 840-847). IEEE.
2. Ali, K., Al-Yaseen, D., Ejaz, A., Javed, T., & Hassanein, H. S. (2012, April). Crowdits: Crowdsourcing in intelligent transportation systems. In 2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC) (pp. 3307-3311). IEEE.
3. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical analysis*, 27(2), 93-115.
4. Ayele Atumo, E., Jiang, X., & Fu, C. (2021). Spatial point pattern analysis of traffic violations in Luzhou City, China. *Transportation Letters*, 1-10.
5. Bakogiannis, E., Kyriakidis, C., Siti, M., Milioni, T., & Potsiou, C. (2017). Increasing urban resilience of Athens' Historic Center. In FIG Working Week.
6. Basiouka, S., Potsiou, C., & Bakogiannis, E. (2015). OpenStreetMap for cadastral purposes: an application using VGI for official processes in urban areas. *Survey Review*, 47(344), 333-341.
7. Birant, D., & Kut, A. (2007). ST-DBSCAN: An algorithm for clustering spatial-temporal data. *Data & knowledge engineering*, 60(1), 208-221.
8. Brabham, D. C. (2015). *Crowdsourcing in the public sector*. Georgetown University Press.
9. Braitsch, S. 2019. "Safe Lanes - A Platform for Improving San Francisco's Bicycle Lane Network." Medium (blog). May 1, 2019. <https://medium.com/@braitsch/safe-lanes-118e80ec41d3>.
10. Clark, P.J. & Evans, F.C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations, *Ecology* 35, 445-453.
11. Cliff, A.D., & Ord, J.K. (1973). *Spatial autocorrelation*. London: Pion.
12. Cullinane, K., & Polak, J. (1992). Illegal parking and the enforcement of parking regulations: causes, effects and interactions. *Transport Reviews*, 12(1), 49-75.
13. Geodata Greece (2022). Όρια Δήμων (Καλλικράτης) Retrieved from <http://geodata.gov.gr>
14. Geofabrik (2008). OpenStreetMap Roads Greece. Retrieved from <https://download.geofabrik.de/>
15. Georget S. (2011). Geostats. Retrieved August 19, 2022 from <https://github.com/simogeo/geostats>
16. Goodchild, M. F. (2007). Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. *International journal of spatial data infrastructures research*, 2(2), 24-32.

17. Griffith, D.A. (2003). Spatial autocorrelation and spatial filtering: gaining understanding through theory and scientific visualization. Berlin: Springer-Verlag.
18. Haining, R. P., & Haining, R. (2003). Spatial data analysis: theory and practice. Cambridge university press.
19. Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. et al. Array programming with NumPy. *Nature* 585, 357–362 (2020).
20. He, T., Bao, J., Li, R., Ruan, S., Li, Y., Tian, C., & Zheng, Y. (2018, August). Detecting Vehicle Illegal Parking Events using Sharing Bikes' Trajectories. In *KDD* (pp. 340-349).
21. Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. *Wired Magazine*, 14, 1–4.
22. Hunter, J. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95.
23. Ibeas, A., Dell'Olio, L., Bordagaray, M., & Ortúzar, J. D. D. (2014). Modelling parking choices considering user heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 70, 41-49.
24. Jameela, M., Afzal, H., Khurshid, K., & Malik, A. W. (2018). Crowdsourced system to report traffic violations. In *Proc. of the 4th Int. Conf. on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS-2018)*, Funchal, Madeira, Portugal (Vol. 1).
25. Jordahl, K. (2014). *GeoPandas: Python tools for geographic data*. URL: <https://Github.com/geopandas/geopandas>.
26. Kalogirou, S. (2015). *SPATIAL ANALYSIS [Undergraduate textbook]*. Kallipos, Open Academic Editions. <http://hdl.handle.net/11419/5029>
27. Kim, K. W., Park, W. J., & Park, S. T. (2015). A study on plan to improve illegal parking using big data. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(21), 1.
28. Kladeftiras, M., & Antoniou, C. (2013). Simulation-based assessment of double-parking impacts on traffic and environmental conditions. *Transportation research record*, 2390(1), 121-130.
29. Koohpayma, J., Tahooni, A., Jelokhani-Niaraki, M., & Jokar Arsanjani, J. (2019). Spatial Analysis of Curb-Park Violations and Their Relationship with Points of Interest: A Case Study of Tehran, Iran. *Sustainability*, 11(22), 6336.
30. Lee, J. T., Ryoo, M. S., Riley, M., & Aggarwal, J. K. (2009). Real-time illegal parking detection in outdoor environments using 1-D transformation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 19(7), 1014-1024.
31. Liu, H. K. (2021). Crowdsourcing: Citizens as coproducers of public services. *Policy & Internet*, 13(2), 315-331.

32. McKinney, W., et al. (2010). Data structures for statistical computing in python. In Proceedings of the 9th Python in Science Conference (Vol. 445, pp. 51–56).
33. MDN contributors. (2022). Express/Node introduction August 19, 2022 from https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/Express_Nodejs/Introduction
34. MDN contributors. (2022). HTML: HyperText Markup Language Retrieved August 19, 2022 from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>
35. Michael L. Waskom (2021). seaborn: statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3021.
36. Moran, M. (2020). Eyes on the Bike Lane: Crowdsourced Traffic Violations and Bicycle Infrastructure in San Francisco, CA. Findings, 12651.
37. Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23.
38. Morillo, C., & Campos, J. M. (2014). On-street illegal parking costs in urban areas. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 342-351.
39. O'connell, S. (1998). *The Car and British Society: Class, Gender and Motoring, 1896-1939*. Manchester University Press.
40. OGC. (n.d.). GeoServer Documentation. Retrieved August 19, 2022 from <https://docs.geoserver.org/>
41. OpenStreetMap contributors. (n.d.). Key:highway. Retrieved July 24, 2022, from <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:highway>
42. Park4SUMP (2020), Enforcement. Key to a successful parking strategy
43. Park4SUMP (2020). Good reasons and principles for Parking Management. CIVITAS.
44. Rey, S., & Anselin, L. (2007). PySAL: A Python Library of Spatial Analytical Methods. *The Review of Regional Studies*, 37(1), 5-27.
45. Rodrigue, J. P., & Comtois, C. (2006) *The Geography of Transport Systems*. Routledge
46. Rundle, A. G., Bader, M. D., Richards, C. A., Neckerman, K. M., & Teitler, J. O. (2011). Using Google Street View to audit neighborhood environments. *American journal of preventive medicine*, 40(1), 94-100.
47. Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport policy*, 13(6), 479-486.
48. Shoup, D. C. (2021). *The high cost of free parking*. Routledge.
49. Spiliopoulou, C., & Antoniou, C. (2012). Analysis of illegal parking behavior in Greece. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, 1622-1631.
50. Thanh, T. T. M., & Friedrich, H. (2017). Legalizing the illegal parking, a solution for parking scarcity in developing countries. *Transportation research procedia*, 25, 4950-4965.

51. The PostGIS Development Group. (2022). PostGIS 3.1.8dev Manual. Retrieved August 19, 2022 from <http://postgis.net/docs/manual-3.1/>
52. The PostgreSQL Global Development Group. (2022). PostgreSQL 13.8 Documentation. Retrieved August 19, 2022 from <https://www.postgresql.org/docs/13/index.html>
53. Thomas, R. W. (1977). An introduction to quadrat analysis. Geo Abstracts Limited.
54. Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, 46(sup1), 234-240.
55. Tsakalidis, A., & Tsoleridis, P. (2015). The impacts of illegal parking on the urban areas' traffic and environmental conditions: the case of the city of Thessaloniki. *Spatium*, (33), 41-46.
56. Unwin, D. J. (1996). GIS, spatial analysis and spatial statistics. *Progress in Human Geography*, 20(4), 540-551.
57. Vladimir Agafonkin. (n.d.). Leaflet – a Javascript library for interactive mapping. Retrieved August 19, 2022 from <https://leafletjs.com/>
58. Waller, L. A., & Gotway, C. A. (2004). *Applied spatial statistics for public health data*. John Wiley & Sons.
59. Wazny, Kerri. (2017). "Crowdsourcing" ten years in: A review. *Journal of Global Health*.
60. Xie, X., Wang, C., Chen, S., Shi, G., & Zhao, Z. (2017, June). Real-time illegal parking detection system based on deep learning. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Deep Learning Technologies* (pp. 23-27).
61. Ziakopoulos, A., & Yannis, G. (2020). A review of spatial approaches in road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 135, 105323.
62. Zoika, S., Tzouras, P. G., Tsigdinos, S., & Kepaptsoglou, K. (2021). Causal analysis of illegal parking in urban roads: The case of Greece. *Case studies on transport policy*, 9(3), 1084-1096.
63. Βλαστός Θάνος, Μπακογιάννης Ευθύμιος (2019). Προς μια Ελλάδα με λιγότερα αυτοκίνητα. Εκδόσεις Γρηγόρη.
64. Δήμος Αθηνών. (2007). Σύστημα Ελεγχόμενης Στάθμευσης. Retrieved August 15, 2022, from <https://www.cityofathens.gr/archive/systima-elegchomenis-stathmeysis/>
65. Δήμος Αθηνών. (2022). Τέλος στην αντικοινωνική στάθμευση με 830 «έξυπνους» αισθητήρες σε ράμπες και διαβάσεις. Retrieved August 15, 2022, from <https://web.archive.org/web/20220118194533/https://www.cityofathens.gr/node/37325>
66. Δήμος Αθηνών. (n.d.). Park in Athens. Retrieved August 15, 2022, from <https://parkinathens.gr/>
67. Φώτης Γεώργιος (2009). Ποσοτική Χωρική Ανάλυση. Εκδόσεις Γκοβότση.