



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

---

# Μοντέλο Εκτίμησης Ποδηλατικών Διαδρομών στην Αθήνα με Δεδομένα Υψηλής Ευκρίνειας

Διπλωματική Εργασία



Αριστείδης Βασίλειος Ι. Κανάκης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

---

Αθήνα, Μάρτιος 2024

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κο Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ανάθεση του πραγματευόμενου θέματος, την επιστημονική του καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την αγαστή συνεργασία μας.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στη Βιργινία Πετράκη, Υποψήφια Διδάκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την αμέριστη βοήθειά της καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας και της συγγραφής του συγκεκριμένου τεύχους. Στη συνέχεια, επιθυμώ να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στη Κατερίνα Δελιαλή, Δρ Συνεργάτη & Ερευνήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τη συμβολή της καθ' όλη τη διάρκεια της συλλογής, της επεξεργασίας και της περιγραφικής στατιστικής ανάλυσής των δεδομένων. Οι κατευθύνσεις, οι παρατηρήσεις και οι συμβουλές τους ήταν ιδιαίτερα καταλυτικές για την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου σε ολόκληρη την οικογένεια μου και κυρίως στους γονείς μου, τον Ιωάννη Κανάκη και την Ευδοξία Λυριστή, τους οποίους θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω για την υποστήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2024

Αριστείδης Βασίλειος Ι. Κανάκης

# Μοντέλο Εκτίμησης Ποδηλατικών Διαδρομών στην Αθήνα με Δεδομένα Υψηλής Ευκρίνειας

Αριστείδης Βασίλειος Ι. Κανάκης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

## Σύνοψη

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης των ποδηλατικών διαδρομών στην πόλη της Αθήνας, αξιοποιώντας δεδομένα υψηλής ευκρίνειας. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων που επηρεάζουν τις διενεργούμενες ποδηλατικές μετακινήσεις στις περιοχές τόσο του Χαλανδρίου όσο και των Βριλησίων, χρησιμοποιώντας πληθοποριστικά δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro». Εφόσον τα συγκεκριμένα δεδομένα αποτυπώθηκαν στον χώρο μέσω ενός συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών, εμπλουτίστηκαν με πρόσθετα χωρικά δεδομένα που άπτονταν των οδικών και κυκλοφοριακών συνθηκών στο εξεταζόμενο οδικό δίκτυο και των πολλαπλών χρήσεων γης στον περιβάλλοντα χώρο αυτού. Έπειτα, αναπτύχθηκαν τρία μαθηματικά μοντέλα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης με απώτερο σκοπό την εκτίμηση των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα των εξεταζόμενων περιοχών του Χαλανδρίου και των Βριλησίων, άλλα και αμφότερων των εξεταζόμενων περιοχών. Απόρροια της συγκεκριμένης διαδικασίας συνιστά η κατάδειξη της θετικής επίδρασης που ασκεί η μέση ταχύτητα των ποδηλατικών μετακινήσεων στο πλήθος αυτών, ενώ παράλληλα η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται στο πρωτεύον, το δευτερεύον και το τριτεύον οδικό δίκτυο των εξεταζόμενων περιοχών. Συμπερασματικά, οι κρίσιμότεροι παράγοντες επιρροής των ποδηλατικών μετακινήσεων αφορούν την οδική υποδομή και τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στο εκάστοτε οδικό τμήμα, όπως η μέση ταχύτητα των ποδηλατικών μετακινήσεων, η κατηγορία του οδικού τμήματος και το μήκος αυτού. Επιπροσθέτως, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων επηρεάζεται - σε μεγάλο βαθμό - από την εγγύτητα της εκάστοτε ποδηλατικής διαδρομής σε υποδομές διευκόλυνσης των ποδηλατιστών, όπως οι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων και οι στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς.

Λέξεις «κλειδιά»: ποδηλατικές μετακινήσεις, ποδηλατικές υποδομές, δεδομένα υψηλής ευκρίνειας, πλατφόρμα «Strava Metro», πληθοποριστικά δεδομένα, χωρική ανάλυση, χρονική ανάλυση.

# **Model for the Assessment of Cycling Routes in Athens with High Resolution Data**

Aristeidis Vasileios I. Kanakis

Supervisor: George Yannis, Professor of the National Technical University of Athens

## Abstract

The aim of this Diploma Thesis is the development of a mathematical model for the estimation of cycling routes in the city of Athens, utilizing high-resolution data. More specifically, it aims to identify the critical factors that influence the cycling trips carried out in the areas of Chalandri and Vrilissia, utilizing crowdsourced data from the “Strava Metro” platform. Provided that these data were captured spatially through a Geographic Information System, they were enriched with additional spatial data that related to both road and traffic conditions in the examined road network and multiple land uses in its surrounding area. Afterwards, three log-normal regression mathematical models were developed with the ulterior purpose of estimating the annual cycling trips conducted on each road section in the areas of Chalandri and Vrilissia, but also in both areas combined. The result of this process is the demonstration of the positive effect of the average speed of cycling on the number of cycling trips, while the vast majority of cycling trips carried out on primary, secondary and tertiary road network of the areas that are under investigation. In conclusion, the most critical influencing factors on cycling trips concern road infrastructure and traffic conditions on each road section, such as the average speed of cycling trips, the category of road section and its length. Additionally, it is noteworthy that cycling trips are significantly influenced by the proximity of the cycling route to infrastructure for facilitating cyclists, such as bicycle parking and public transport stops.

Keywords: cycling routes, cycling infrastructure, high-resolution data, “Strava Metro” platform, crowdsourced data, spatial analysis, temporal analysis.

## Περίληψη

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της σύγχρονης εποχής συνιστά η συνεχής και εντατική προσπάθεια που καταβάλλεται - σε παγκόσμιο επίπεδο - για την **προώθηση των «ενεργών» τρόπων μετακίνησης, οι οποίοι εκμεταλλεύονται την ανθρώπινη ενέργεια και μόνο, όπως το ποδήλατο**. Απώτερο σκοπό της προαναφερθείσας προσπάθειας αποτελεί ο περιορισμός της χρησιμοποίησης των μηχανοκίνητων οχημάτων, εγχείρημα που εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο αντιμετώπισης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης, περιστολής της ενεργειακής εξάρτησης των χωρών και ενίσχυσης της ισότητας των πολιτών μέσω της καθολικής προσβασιμότητας στα βιώσιμα συστήματα μεταφορών.

Στόχο της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας συνιστά ο **προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων επιρροής των διενεργούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων** στην πόλη της Αθήνας, αξιοποιώντας δεδομένα υψηλής ευκρίνειας. Επιπλέον, ως εξεταζόμενες περιοχές επιλέγονται οι περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων που εντοπίζονται στη Μητροπολιτική Περιοχή των Αθηνών, διότι διαθέτουν διευρυμένο - συγκριτικά με άλλους Δήμους της Αττικής - δίκτυο ποδηλατοδρόμων.

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συλλέχθηκαν πληθοποριστικά δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro», τα οποία **άπτονταν των ποδηλατικών μετακινήσεων** που πραγματοποιήθηκαν στο εκάστοτε οδικό τμήμα των εξεταζόμενων περιοχών κατά τη διάρκεια των ετών 2021 και 2022. Εν συνεχεία, τα εν λόγω δεδομένα εμπλουτίστηκαν με επιπρόσθετα στοιχεία, τα οποία σχετίζονται με τις οδικές και τις κυκλοφοριακές συνθήκες στο εξεταζόμενο οδικό δίκτυο, ενώ παράλληλα συγκεντρώθηκαν δεδομένα σχετικά με διάφορες χρήσεις γης που παρατηρούνται στον περιβάλλοντα χώρο αυτού. Αναλυτικότερα, χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι κατηγορίες των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων και το μήκος αυτών, ενώ παράλληλα προσδιορίστηκαν οι ελάχιστες αποστάσεις των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων από τους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων, τους χώρους εκπαίδευσης, τα πάρκα αναψυχής, τις στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς και τους χώρους άθλησης. Τα εν λόγω στοιχεία συγκεντρώθηκαν μέσω του λογισμικού «OpenStreetMap» και αποτυπώθηκαν στον χώρο μέσω του λογισμικού «QGIS».

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων μέσω ορισμένων διαγραμμάτων και χαρτών «θερμότητας», η οποία συνεισέφερε στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων επί της πραγματευόμενης θεματολογίας. Έπειτα από μία εκτεταμένη σειρά δοκιμών και απορρίψεων, κατά την οποία διερευνήθηκαν διάφοροι επεξηγηματικοί παράγοντες και εξετάστηκαν πολλαπλές μέθοδοι σύνθεσης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, προέκυψε ότι η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση συνιστά την καταλληλότερη μέθοδο. Ειδικότερα, **αναπτύχθηκαν τρία διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης του πλήθους των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων**, οι οποίες διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής του Χαλανδρίου, της εξεταζόμενης περιοχής των Βριλησίων και της συνολικής εξεταζόμενης περιοχής.

Τέλος, επισημαίνεται ότι η **ανάλυση ελαστικότητας** συνεισέφερε στην ποσοτικοποίηση της σχετικής επιρροής του συνόλου των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή των εκάστοτε μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης. Αναλυτικότερα, η συγκεκριμένη ανάλυση επιδιώκει τον προσδιορισμό του βαθμού και - συνάμα - του τρόπου επιρροής των επιμέρους ανεξάρτητων μεταβλητών, παρέχοντας τη δυνατότητα σύγκρισης των εν λόγω επιρροών στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή.

Τα αποτελέσματα των ανεπτυγμένων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία προσδιορίζουν το μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

|                                       | Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου |         |            |         | Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων |         |            |         | Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή |         |            |         |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------|------------|---------|-------------------------------|---------|------------|---------|------------------------------|---------|------------|---------|
|                                       | Estimate                       | t.value | elasticity |         | Estimate                      | t.value | elasticity |         | Estimate                     | t.value | elasticity |         |
|                                       |                                |         | e          | e*      |                               |         | e          | e*      |                              |         | e          | e*      |
| intercept                             | ↑ 5.6816                       | 37.435  | -          | -       | ↑ 6.0603                      | 41.100  | -          | -       | ↑ 5.8204                     | 55.513  | -          | -       |
| speed                                 | ↑ 0.0865                       | 8.284   | 0.004      | 4.215   | ↑ 0.0276                      | 3.139   | 0.001      | 3.466   | ↑ 0.0510                     | 7.509   | 0.002      | 2.656   |
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3983                      | 14.853  | -0.151     | -30.150 | ↓ -2.3309                     | 12.665  | -0.160     | -42.334 | ↓ -2.3461                    | 19.675  | -0.151     | -25.555 |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2853                      | 20.218  | -0.042     | -8.381  | ↓ -2.2788                     | 21.662  | -0.054     | -14.357 | ↓ -2.2292                    | 29.326  | -0.045     | -7.550  |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -1.9147                      | 2.891   | -0.106     | -21.223 | ↓ -2.1494                     | 3.300   | -0.148     | -39.182 | ↓ -1.9854                    | 4.254   | -0.119     | -20.169 |
| primary (ref. category cycleway)      | ↑ 2.4722                       | 7.702   | 0.022      | 4.357   | -                             | -       | -          | -       | ↑ 2.7203                     | 8.730   | 0.024      | 4.067   |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.2960                       | 17.625  | 0.022      | 4.399   | ↑ 2.4839                      | 17.125  | 0.028      | 7.296   | ↑ 2.4350                     | 26.258  | 0.024      | 4.087   |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.2421                       | 1.970   | 0.005      | 1.000   | ↑ 0.1443                      | 1.201   | 0.004      | 1.000   | ↑ 0.2683                     | 3.180   | 0.006      | 1.000   |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.9398                      | 10.526  | -0.233     | -46.657 | ↓ -2.8632                     | 3.034   | -0.247     | -65.526 | ↓ -2.8992                    | 11.166  | -0.237     | -40.083 |
| length                                | ↓ -0.0022                      | 3.445   | -0.001     | -1.349  | ↓ -0.0017                     | 2.252   | -0.001     | -2.529  | ↓ -0.0019                    | 3.822   | -0.001     | -1.198  |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0004                      | 6.402   | -0.004     | -3.868  | ↓ -0.0003                     | 4.526   | -0.003     | -9.330  | ↓ -0.0004                    | 8.898   | -0.004     | -4.490  |
| min_distance_educational_activities   | ↑ 0.0005                       | 2.672   | 0.001      | 1.354   | ↓ -0.0005                     | 1.402   | -0.001     | -2.743  | ↑ 0.0004                     | 2.289   | 0.001      | 1.000   |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0010                       | 4.684   | 0.002      | 1.710   | ↑ 0.0003                      | 0.838   | 0.000      | 1.000   | ↑ 0.0008                     | 4.747   | 0.001      | 1.442   |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0008                      | 2.607   | -0.001     | -1.000  | ↓ -0.0005                     | 1.041   | -0.001     | -1.588  | ↓ -0.0008                    | 3.213   | -0.001     | -1.087  |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.6498                      | 39.116  | -0.015     | -3.011  | ↓ -0.9558                     | 41.566  | -0.027     | -7.252  | ↓ -0.7537                    | 55.070  | -0.019     | -3.195  |

|                |      |
|----------------|------|
| R <sup>2</sup> | 0.68 |
|----------------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| R <sup>2</sup> | 0.63 |
|----------------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| R <sup>2</sup> | 0.66 |
|----------------|------|

#### Πίνακας: Επισκόπηση Αποτελεσμάτων

Κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία εκτεταμένη σειρά συμπερασμάτων, τα οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τους αρχικούς στόχους αυτής. Τα σημαντικότερα ευρήματα της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας παρατίθενται παρακάτω:

- Οι κρίσιμότεροι παράγοντες επιρροής των διενεργούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων άπτονται των οδικών και των κυκλοφοριακών συνθηκών στο οδικό δίκτυο, όπως η μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων, η κατηγορία των οδών και το μήκος των οδικών τμημάτων. Επιπλέον, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων επηρεάζεται - σε μεγάλο βαθμό - από την εγγύτητα της ποδηλατικής διαδρομής σε υποδομές διευκόλυνσης των ποδηλατιστών, όπως οι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων και οι στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς.
- Η περιοχή του Χαλανδρίου σημειώνει - έναντι της περιοχής των Βριλησίων - εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Μία ενδεχόμενη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου αποτελεί το γεγονός ότι η περιοχή του Χαλανδρίου διαθέτει μεγαλύτερο πληθυσμό από εκείνη των Βριλησίων, γεγονός που συνεπάγεται την ύπαρξη περισσότερων δυνητικών ποδηλατιστών στην περιοχή και κατ' επέκταση τη διεξαγωγή περισσότερων ποδηλατικών μετακινήσεων. Επιπλέον, η περιοχή του Χαλανδρίου διαθέτει - έναντι της περιοχής των Βριλησίων - περισσότερες εκπαιδευτικές και αθλητικές εγκαταστάσεις, οι οποίες συνιστούν δυνητικές τοποθεσίες προορισμού των ποδηλατιστών. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η περιοχή του Χαλανδρίου εντοπίζεται εγγύτερα - σε σύγκριση με την περιοχή των Βριλησίων - στο κέντρο της Αθήνας, προσελκύοντας περισσότερους ποδηλατιστές.
- Η μέση ταχύτητα διενέργειας των ποδηλατικών μετακινήσεων φαίνεται να είναι ιδιαιτέρως υψηλή σε οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, στα οποία ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζεται εξίσου υψηλός. Με άλλα λόγια, τα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, στα οποία οι



ποδηλατικές μετακινήσεις πραγματοποιούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα, σημειώνουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Μία πιθανή εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι οι ποδηλατιστές επιλέγουν τα οδικά τμήματα, όπου προσφέρεται η δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων, περιορίζοντας τη χρονική διάρκεια των μετακινήσεων τους. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων επηρεάζεται - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - από πολλαπλούς παράγοντες, όπως η ποιότητα της οδικής υποδομής, η προσφερόμενη - προς τους ποδηλατιστές - ασφάλεια (π.χ. παρουσία ποδηλατικής υποδομής) και οι γενικότερες συνθήκες ποδηλασίας στο εκάστοτε οδικό τμήμα. Κατά συνέπεια, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο δύναται να αποτελεί απόρροια ενός ενδεδειγμένου σχεδιασμού των οδικών και ποδηλατικών υποδομών, διευκολύνοντας την ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων από τους ποδηλατιστές.

- **Οι πεζόδρομοι των εξεταζόμενων περιοχών εμφανίζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτών.** Τούτο δύναται να οφείλεται στις γενικότερες συνθήκες, οι οποίες επικρατούν στους πεζόδρομους και καθιστούν εξόχως δύσκολη τόσο την ποδηλατική κυκλοφορία όσο και την ομαλή συνύπαρξη των ποδηλατιστών με την πεζή κυκλοφορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνθηκών αποτελούν η πυκνή κυκλοφορία των πεζών, η παρουσία μίας πληθώρας σταθερών εμποδίων (π.χ. παρουσία δένδρων και διαφημιστικών πινακίδων) και κατ' επέκταση το περιορισμένο διαθέσιμο πλάτος. Επιπλέον, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των πεζόδρομων δεν ικανοποιούν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - τις αξιώσεις των ποδηλατιστών.
- **Οι οικιστικές οδοί των εξεταζόμενων περιοχών σημειώνουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτών.** Εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το γεγονός ότι οι οικιστικές οδοί εμφανίζουν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - μία μονοδρομημένη λωρίδα κυκλοφορίας, καθιστώντας εξόχως επισφαλείς τους διενεργούμενους ελιγμούς προσπέρασης των ποδηλάτων από τα υπόλοιπα οχήματα. Παράλληλα, οι εν λόγω οδοί παρουσιάζουν μία πληθώρα ισόπεδων κόμβων, των οποίων οι προσβάσεις διασταυρώνονται κάθετα μεταξύ τους, αυξάνοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Επομένως, είναι εύλογο να υποτεθεί ότι οι ποδηλατιστές αποφεύγουν τη χρήση των οικιστικών οδών εξαιτίας των πολλαπλών κινδύνων.
- **Οι αυτοκινητόδρομοι των εξεταζόμενων περιοχών σημειώνουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτών.** Το εν λόγω φαινόμενο αποτελεί μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, καθώς δεν προβλέπεται - σύμφωνα με τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας - η χρήση των συγκεκριμένων οδών από τους ποδηλατιστές. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα οδικά τμήματα, τα οποία υπάγονται στην εξεταζόμενη κατηγορία του οδικού δικτύου, δεν συνιστούν αμιγώς τμήματα αυτοκινητοδρόμων. Τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα συνιστούν συνδυαστικές οδούς, οι οποίες συνδέουν έναν αυτοκινητόδρομο με μία οδό κατώτερης κατηγορίας, γεγονός που συνεπάγεται τη δυνατότητα να σημειώνεται - έστω και σε περιορισμένο βαθμό - ποδηλατική δραστηριότητα στα εν λόγω οδικά τμήματα.
- **Το ποδηλατικό δίκτυο των εξεταζόμενων περιοχών παρουσιάζει ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε σύγκριση με τα οδικά τμήματα που υπάγονται στο πρωτεύον, το δευτερεύον και το τριτεύον οδικό δίκτυο των αντίστοιχων περιοχών.** Μία ενδεχόμενη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα παρέχουν - μέσω μίας ενιαίας διαδρομής - τη δυνατότητα πρόσβασης σε πολλαπλές δυνητικές τοποθεσίες προορισμού, διότι διέρχονται από περιοχές που συνδυάζουν την ικανοποίηση οικιστικών, εμπορικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι επικρατούσες - στο ποδηλατικό δίκτυο - συνθήκες συνιστούν καταλυτικούς παράγοντες για την επιλογή της εκάστοτε διαδρομής από τους ποδηλατιστές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνθηκών αποτελούν η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των ποδηλατοδρόμων, η απρόσκοπτη ροή των ποδηλατιστών, η «αρραγής» συνδεσιμότητα μεταξύ των ποδηλατοδρόμων, η παρεχόμενη - προς τους ποδηλατιστές - ασφάλεια και η εύκολη πρόσβαση σε στάσεις των μέσων μαζικής

μεταφοράς. Σε περίπτωση που το εκάστοτε δίκτυο ποδηλατοδρόμων δεν καλύπτει τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών, οι τελευταίοι επιλέγουν οδικά τμήματα των εξεταζόμενων κατηγοριών που καλύπτουν τις παραπάνω αξιώσεις.

- Το ποδηλατικό δίκτυο των εξεταζόμενων περιοχών σημειώνει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με τα οδικά τμήματα που εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο των εν λόγω περιοχών. Το συγκεκριμένο φαινόμενο συνιστά μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, καθώς η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων δεν ικανοποιούν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών.
- Στα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερο μήκος, παρατηρείται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Το συγκεκριμένο φαινόμενο δύναται να άπτεται της μεθόδου ορισμού των επιμέρους οδικών τμημάτων από την πλατφόρμα «Strava Metro», ήτοι οδικά τμήματα που εντοπίζονται μεταξύ διασταυρώσεων. Αυτό υποδηλώνει ότι το αυξημένο μήκος ενός οδικού τμήματος ισοδυναμεί με την αυξημένη απόσταση που σημειώνεται ανάμεσα στις δύο διαδοχικές διασταυρώσεις οριοθέτησης του συγκεκριμένου οδικού τμήματος. Ενστερνίζοντας τα συμπεράσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, η «μεγάλη» απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διασταυρώσεων διευκολύνει την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι οι ποδηλατιστές αποφεύγουν τη χρήση των εν λόγω οδικών τμημάτων, διότι οι οδηγοί των μηχανοκίνητων οχημάτων μπορούν να αναπτύξουν μεγαλύτερες ταχύτητες σε αυτά και κατ' επέκταση αυξάνεται η πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος.
- Τα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, τα οποία βρίσκονται εγγύτερα σε χώρους στάθμευσης ποδηλάτων και στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς, σημειώνουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, διότι η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατιστών επιθυμεί - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - να χρησιμοποιεί τους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων και το δίκτυο των αστικών συγκοινωνιών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι οργανωμένοι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων προσφέρουν υψηλότερο - συγκριτικά με αυθαίρετα σημεία στάθμευσης ποδηλάτων - επίπεδο ασφάλειας, ελαχιστοποιώντας τις πιθανότητες βανδαλισμού ή κλοπής ενός ποδηλάτου. Επιπλέον, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος του δικτύου των ποδηλατοδρόμων βρίσκεται πλησίον των χώρων στάθμευσης ποδηλάτων που εντοπίζονται στις εξεταζόμενες περιοχές, προσελκύοντας περισσότερους ποδηλατιστές. Από την άλλη μεριά, το δίκτυο των αστικών συγκοινωνιών αξιοποιείται από τους ποδηλατιστές, καθώς αυτό διευκολύνει τις μετακινήσεις τους σε μεγάλες αποστάσεις. Μάλιστα, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι διενεργούνται συνεχείς προσπάθειες για την προώθηση του συνδυασμού των εν λόγω τρόπων μετακίνησης, γεγονός που συνεπάγεται την κατασκευή οργανωμένων χώρων στάθμευσης ποδηλάτων σε δημοφιλείς στάσεις των δημόσιων συγκοινωνιών.
- Τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής του Χαλανδρίου, τα οποία εντοπίζονται εγγύτερα στους χώρους εκπαίδευσης, παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Αυτό ενδέχεται να σημαίνει ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις δεν εκτελούνται για την ικανοποίηση της εν λόγω δραστηριότητας χρηστικού χαρακτήρα. Εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου δύναται να αποτελεί το γεγονός ότι τα νοικοκυριά της περιοχής εμφανίζουν αυξημένο - συγκριτικά με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου της Αττικής - μέσο εισόδημα, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων για την κάλυψη της εν λόγω ανάγκης. Επιπλέον, η περιοχή διαθέτει διευρυμένο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, παρέχοντας μία επιπρόσθετη εναλλακτική επιλογή για την ικανοποίηση της παραπάνω ανάγκης. Αντιθέτως, τα αντίστοιχα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής των Βριλησίων παρουσιάζουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Τούτο δύναται να σημαίνει ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις πραγματοποιούνται για την ικανοποίηση της εν λόγω δραστηριότητας χρηστικού χαρακτήρα, επιδεικνύοντας μία αντιδιαμετρική «συμπεριφορά» σε σύγκριση με την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου. Μία εύλογη εξήγηση αυτού ενδέχεται να αποτελεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του



δικτύου των ποδηλατοδρόμων εντοπίζεται πλησίον των χώρων εκπαίδευσης που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή, προσφέροντας εύκολη και ασφαλή πρόσβαση στους συγκεκριμένους χώρους. Εντούτοις, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι το εν λόγω φαινόμενο ενδέχεται να παρουσιάζει στοιχεία τυχαιότητας, καθώς η εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή δεν διαθέτει στατιστική επάρκεια.

- Τα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, τα οποία εντοπίζονται εγγύτερα σε πάρκα αναψυχής, παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Αυτό δύναται να συμβαίνει λόγω του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο μέρος του ποδηλατικού δικτύου δεν εντοπίζεται πλησίον ή εντός των πάρκων αναψυχής, τα οποία βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Επομένως, το υφιστάμενο δίκτυο ποδηλατοδρόμων της εξεταζόμενης περιοχής δεν είναι σε θέση να παρέχει εύκολη και ασφαλή πρόσβαση σε πάρκα αναψυχής, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την πραγματοποίηση λιγότερων ποδηλατικών μετακινήσεων στον περιβάλλοντα χώρο αυτών.
- Η ποδηλατική δραστηριότητα παρουσιάζεται εντονότερη κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του έτους 2021, ενώ παράλληλα παρατηρείται αισθητή πτώση αυτής κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του ίδιου έτους. Τούτο ενδέχεται να συνιστά απόρροια της αποκλιμάκωσης των περιοριστικών μέτρων που θεσπίστηκαν για την καταπολέμηση της πανδημίας «COVID-19», γεγονός που ώθησε στην έντονη επιθυμία των κατοίκων για εκτέλεση αθλητικών δραστηριοτήτων τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι η πλειοψηφία των χρηστών των μέσων μαζικής μεταφοράς στράφηκε προς εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης, διότι εξακολουθούσε - τη δεδομένη χρονική περίοδο - να υφίσταται η γενικότερη πρόθεση για την αποφυγή του συνωστισμού σε κλειστούς χώρους. Απόρροια του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος αυτών στράφηκε προς τη χρησιμοποίηση του ποδηλάτου, ιδίως εκείνοι που δεν διέθεταν τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων λόγω οικονομικών περιορισμών. Αντιθέτως, ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος σημειώνει χαμηλότερη μηνιαία χρονική διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους 2022 και ακολουθεί την τάση που παρατηρήθηκε στο δεύτερο εξάμηνο του προηγούμενου έτους. Τέλος, η ποδηλατική δραστηριότητα παρουσιάζεται εντονότερη κατά τη διάρκεια του δεύτερου τριμήνου, διότι οι καιρικές συνθήκες σημειώνουν αισθητή βελτίωση τη δεδομένη χρονική περίοδο του έτους, διευκολύνοντας τη διενέργεια των ποδηλατικών μετακινήσεων.
- Η πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται με σκοπό την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής έναντι δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Μάλιστα, το εν λόγω φαινόμενο δεν παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Αυτό ενδέχεται να ανακύπτει λόγω του αυξημένου - συγκριτικά με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου της Αττικής - μέσου εισοδήματος των νοικοκυριών στις εξεταζόμενες περιοχές, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων για την κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών. Επιπλέον, οι εν λόγω περιοχές διαθέτουν διευρυμένο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, προσφέροντας μία επιπρόσθετη εναλλακτική επιλογή για την ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών.
- Οι περισσότερες ποδηλατικές μετακινήσεις πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και των απογευματινών ωρών, γεγονός που δεν φαίνεται να παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Μία ενδεχόμενη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το «αίσθημα» ασφάλειας των ποδηλατιστών τη δεδομένη χρονική περίοδο λόγω του υψηλού επιπέδου φωτεινότητας και κατ' επέκταση ορατότητας, το οποίο τους καθιστά εύκολως αντιληπτούς από τους οδηγούς των μηχανοκίνητων οχημάτων, περιορίζοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Επιπροσθέτως, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται με σκοπό την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής έναντι δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Συνεπώς, η έντονη ποδηλατική δραστηριότητα αναμένεται κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και των απογευματινών ωρών, καθώς το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα συνιστά - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - τη χρονική περίοδο της ημέρας, κατά την οποία πραγματοποιείται η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων αναψυχής.

- Η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται από άνδρες, ενώ αξίζει να επισημανθεί ότι δεν παρουσιάζεται χωρική και χρονική διακύμανση του συγκεκριμένου φαινομένου. Μία εύλογη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι τα δύο φύλα - πέραν από τις βιολογικές τους διαφορές - παρουσιάζουν επιπρόσθετες διαφορές στην αθλητική τους απόδοση. Δύο καταλυτικοί παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τη διαφορά της αερόβιας ικανότητας μεταξύ των δύο φύλων, αποτελούν το μέγεθος του σώματος και η σύστασή του. Πιο συγκεκριμένα, οι άνδρες διαθέτουν μεγαλύτερο μέγεθος σώματος και παρουσιάζουν υψηλότερο ποσοστό μυϊκής μάζας από τις γυναίκες, γεγονός που τους επιτρέπει να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις μέσω της χρήσης του ποδηλάτου. Παράλληλα, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προκύπτουν μέσω μίας εφαρμογής «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου που καταγράφει - μεταξύ άλλων - την αθλητική δραστηριότητα των χρηστών της, στους οποίους προσφέρει τη δυνατότητα σύγκρισης των προσωπικών τους επιδόσεων. Λαμβάνοντας υπόψη την ανταγωνιστική «φύση» των ανδρών, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι συγκροτούν τη συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών της εν λόγω εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς το φύλο των μετακινούμενων.
- Το μεγαλύτερο μέρος των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται από ποδηλατιστές, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 35 και των 54 χρόνων. Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Τούτο δύναται να συμβαίνει λόγω της σημαντικής διαφοράς που παρατηρείται στην αθλητική απόδοση μεταξύ των νεαρότερων και γηραιότερων ανθρώπων, επιτρέποντας την κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων μέσω της χρήσης του ποδηλάτου. Επιπροσθέτως, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προκύπτουν μέσω μίας εφαρμογής «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγαλύτερη οικειότητα που διαθέτουν οι νεαρότεροι άνθρωποι με την τεχνολογία, είναι εύλογο να υποθεθεί ότι συνιστούν την πλειοψηφία των χρηστών της συγκεκριμένης εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς την ηλικία των μετακινούμενων. Από την άλλη μεριά, παρατηρείται περιορισμένη ποδηλατική δραστηριότητα από κατοίκους, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 18 και των 34 χρόνων. Αυτό ενδέχεται να συμβαίνει λόγω του γεγονότος ότι η πλειοψηφία των κατοίκων της Αθήνας, οι οποίοι υπάγονται στην εν λόγω ηλικιακή κατηγορία, μετακινείται μέσω της χρησιμοποίησης των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης και των μέσων μαζικής μεταφοράς.

# Περιεχόμενα

|  |    |
|--|----|
| 1 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Εισαγωγή.....   | 1  |
| 1.1 Γενική Ανασκόπηση.....   | 1  |
| 1.1.1 Ποδηλατικές Υποδομές στην Ευρώπη.....  | 1  |
| 1.1.2 Ποδηλατικές Υποδομές στην Ελλάδα.....  | 1  |
| 1.1.3 Ποδηλατικές Υποδομές στην Αθήνα.....   | 2  |
| 1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....  | 3  |
| 1.3 Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας.....   | 4  |
| 1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....  | 5  |
| 2 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....                                       | 7  |
| 2.1 Μέθοδοι Καταμέτρησης Ποδηλάτων.....  | 7  |
| 2.1.1 Χειροκίνητη Καταμέτρηση Ποδηλάτων (Manual Bicycle Counting).....                       | 7  |
| 2.1.2 Φωρατές (Pneumatic Tubes).....   | 8  |
| 2.1.3 Καταμέτρηση Ποδηλάτων μέσω Εφαρμογών (App-Based Bicycle Counting).....                 | 8  |
| 2.1.4 Καταμέτρηση Ποδηλάτων μέσω Ανάλυσης Βίντεο (Bicycle Counting via Computer Vision)..... | 9  |
| 2.1.5 Αισθητήρες Υπερύθρων (Infrared Sensors).....   | 10 |
| 2.1.6 Ανιχνευτές Επαγωγικού Βρόχου (Inductive Loop Detectors).....                           | 11 |
| 2.1.7 Μαγνητόμετρα (Magnetometers).....  | 12 |
| 2.2 Ανάλυση Δεδομένων από την Πλατφόρμα «Strava Metro».....                                  | 12 |
| 2.3 Σύνοψη Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.....   | 14 |
| 3 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Θεωρητικό Υπόβαθρο.....   | 15 |
| 3.1 Βασικές Έννοιες Στατιστικής.....   | 15 |
| 3.1.1 Πληθυσμός (Population).....  | 15 |
| 3.1.2 Δείγμα (Sample).....   | 15 |
| 3.1.3 Μεταβλητή (Variable).....  | 15 |
| 3.1.4 Μέτρα Κεντρικής Τάσης (Measures of Central Tendency).....                              | 16 |
| 3.1.5 Μέτρα Διασποράς (Measures of Variability).....   | 16 |
| 3.1.6 Μέτρα Αξιοπιστίας (Measures of Reliability).....                                       | 17 |
| 3.1.7 Συντελεστής Μεταβλητότητας (Coefficient of Variation).....                             | 17 |
| 3.1.8 Συντελεστής Συσχέτισης (Coefficient of Correlation).....                               | 17 |
| 3.2 Βασικές Στατιστικές Κατανομές.....   | 18 |
| 3.2.1 Κανονική Κατανομή (Normal Distribution).....   | 18 |
| 3.2.2 Κατανομή «Poisson» («Poisson» Distribution).....                                       | 18 |
| 3.2.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή (Negative Binomial Distribution).....                      | 18 |
| 3.3 Βασικές Μέθοδοι Ανάπτυξης Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης.....                            | 19 |
| 3.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression).....   | 19 |
| 3.3.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση (Log-Normal Regression).....                            | 21 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.3 Παλινδρόμηση «Poisson» («Poisson» Regression) .....                    | 21 |
| 3.3.4 Αρνητική Διωνυμική Παλινδρόμηση (Negative Binomial Regression) .....   | 22 |
| 3.4 Στατιστική Αξιολόγηση Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης .....               | 23 |
| 3.4.1 Συντελεστές Ανεξαρτήτων Μεταβλητών .....                               | 23 |
| 3.4.2 Ελαστικότητα Εξαρτημένης Μεταβλητής .....                              | 23 |
| 3.4.3 Στατιστική Σημαντικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών .....                  | 24 |
| 3.4.4 Ποιότητα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης .....                          | 25 |
| 3.4.5 Σφάλμα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης .....                            | 26 |
| 4 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Συλλογή και Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων ..... | 28 |
| 4.1 Συλλογή Στατιστικών Στοιχείων .....                                      | 28 |
| 4.1.1 Πλατφόρμα «Strava Metro» .....   | 28 |
| 4.1.2 Εξεταζόμενες Περιοχές .....  | 28 |
| 4.1.3 Στατιστικά Στοιχεία .....  | 30 |
| 4.2 Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων .....                                  | 33 |
| 4.2.1 Πρωτογενής Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων .....                     | 33 |
| 4.2.2 Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων .....                         | 37 |
| 5 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης .....       | 44 |
| 5.1 Ανεξάρτητες Μεταβλητές .....   | 44 |
| 5.1.1 Επιλογή Ανεξάρτητων Μεταβλητών .....                                   | 44 |
| 5.1.2 Συσχέτιση Ανεξάρτητων Μεταβλητών .....                                 | 45 |
| 5.2 Μαθηματικά Μοντέλα Πρόβλεψης .....                                       | 46 |
| 5.2.1 Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου .....                                   | 46 |
| 5.2.2 Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων .....                                    | 54 |
| 5.2.3 Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή .....                                     | 60 |
| 5.2.4 Αντιπαράβολή Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης .....                      | 66 |
| 6 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Συμπεράσματα .....                                  | 68 |
| 6.1 Επισκόπηση Αποτελεσμάτων .....   | 68 |
| 6.2 Επισκόπηση Συμπερασμάτων .....   | 69 |
| 6.3 Προτεινόμενα Μέτρα Προώθησης της Ποδηλασίας .....                        | 73 |
| 6.4 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα .....                                     | 74 |
| 7 <sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Βιβλιογραφία .....                                  | 76 |

## Διαγράμματα

|  |    |
|--|----|
| Διάγραμμα 1.1: Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας .....   | 5  |
| Διάγραμμα 3.1: Παρατηρήσεις Δείγματος - Ευθεία Παλινδρόμησης .....   | 20 |
| Διάγραμμα 4.1: Μηνιαία Χρονική Διακύμανση Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Περιοχή Χαλανδρίου .....                        | 38 |
| Διάγραμμα 4.2: Μηνιαία Χρονική Διακύμανση Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Περιοχή Βριλησίων.....                          | 38 |
| Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021 .....   | 38 |
| Διάγραμμα 4.4: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022 .....   | 38 |
| Διάγραμμα 4.5: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Βριλησίων - 2021.....     | 39 |
| Διάγραμμα 4.6: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Βριλησίων - 2022.....     | 39 |
| Διάγραμμα 4.7: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021.....        | 39 |
| Διάγραμμα 4.8: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022.....        | 39 |
| Διάγραμμα 4.9: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Βριλησίων - 2021 .....        | 39 |
| Διάγραμμα 4.10: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Βριλησίων - 2022 .....       | 39 |
| Διάγραμμα 4.11: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021.....    | 40 |
| Διάγραμμα 4.12: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022.....    | 40 |
| Διάγραμμα 4.13: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2021 .....    | 40 |
| Διάγραμμα 4.14: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2022 .....    | 40 |
| Διάγραμμα 4.15: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021 ..... | 41 |
| Διάγραμμα 4.16: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022 ..... | 41 |
| Διάγραμμα 4.17: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2021.....   | 41 |
| Διάγραμμα 4.18: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2022.....   | 41 |
| Διάγραμμα 5.1: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων .....                                      | 53 |
| Διάγραμμα 5.2: Μήκος Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος .....  | 53 |
| Διάγραμμα 5.3: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Στάθμευσης Ποδηλάτων .....             | 53 |
| Διάγραμμα 5.4: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Εκπαίδευσης .....                      | 53 |
| Διάγραμμα 5.5: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από το Πλησιέστερο Πάρκο Αναψυχής.....                          | 53 |
| Διάγραμμα 5.6: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από την Πλησιέστερη Στάση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.....          | 53 |
| <i>Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου</i>  |    |
| Διάγραμμα 5.7: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων .....                                      | 59 |
| Διάγραμμα 5.8: Μήκος Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος .....  | 59 |
| Διάγραμμα 5.9: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Στάθμευσης Ποδηλάτων .....             | 59 |
| Διάγραμμα 5.10: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Εκπαίδευσης .....                     | 59 |
| Διάγραμμα 5.11: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από το Πλησιέστερο Πάρκο Αναψυχής.....                         | 59 |
| Διάγραμμα 5.12: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από την Πλησιέστερη Στάση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.....         | 59 |
| <i>Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων</i>   |    |
| Διάγραμμα 5.13: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων .....                                     | 65 |
| Διάγραμμα 5.14: Μήκος Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος .....   | 65 |
| Διάγραμμα 5.15: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Στάθμευσης Ποδηλάτων .....            | 65 |
| Διάγραμμα 5.16: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Εκπαίδευσης .....                     | 65 |
| Διάγραμμα 5.17: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από το Πλησιέστερο Πάρκο Αναψυχής.....                         | 65 |
| Διάγραμμα 5.18: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από την Πλησιέστερη Στάση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.....         | 65 |
| <i>Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή</i>  |    |



## Εικόνες

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 4.1: Εξεταζόμενες Περιοχές .....                                      | 29 |
| Εικόνα 4.2: Χώροι Στάθμευσης Ποδηλάτων .....                                 | 31 |
| Εικόνα 4.3: Χώροι Εκπαίδευσης .....  | 31 |
| Εικόνα 4.4: Πάρκα Αναψυχής .....   | 32 |
| Εικόνα 4.5: Στάσεις Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.....                             | 32 |
| Εικόνα 4.6: Χώροι Άθλησης .....  | 33 |
| Εικόνα 4.7: Δίκτυο Ποδηλατοδρόμων .....                                      | 37 |
| Εικόνα 4.8: Κυκλοφοριακός Φόρτος Ποδηλάτων .....                             | 42 |
| Εικόνα 4.9: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων ..... | 42 |

## Πίνακες

|   |    |
|---|----|
| Πίνακας 4.1: Μεταβλητές «Strava Metro» .....  | 34 |
| Πίνακας 4.2: Στατιστικές Τιμές Μεταβλητών «Strava Metro» .....                                    | 35 |
| Πίνακας 4.3: Μεταβλητές «OpenStreetMap» και «QGIS» .....  | 35 |
| Πίνακας 4.4: Στατιστικές Τιμές Μεταβλητών «OpenStreetMap» και «QGIS».....                         | 36 |
| Πίνακας 4.5: Διαδικασία Συγχώνευσης Κατηγοριών του Οδικού Δικτύου .....                           | 36 |
| Πίνακας 4.6: Εξεταζόμενο Οδικό Δίκτυο .....   | 37 |
| <br>  |    |
| Πίνακας 5.1: Ανεξάρτητες Μεταβλητές .....   | 44 |
| Πίνακας 5.2: Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών - Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου ..... | 45 |
| Πίνακας 5.3: Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών - Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων .....  | 45 |
| Πίνακας 5.4: Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών - Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή .....   | 45 |
| Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης - Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου .....   | 47 |
| Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ελαστικότητας - Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου .....           | 52 |
| Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης - Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων.....     | 54 |
| Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ελαστικότητας - Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων .....            | 58 |
| Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης - Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή .....     | 60 |
| Πίνακας 5.10: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ελαστικότητας - Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή.....             | 64 |
| <br>  |    |
| Πίνακας 6.1: Επισκόπηση Αποτελεσμάτων .....   | 69 |

# 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Εισαγωγή

## 1.1 Γενική Ανασκόπηση

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της σύγχρονης εποχής συνιστά η συνεχής πρόοδος στους τομείς της οικονομίας και της τεχνολογίας. Απόρροια του εν λόγω φαινομένου συνιστά η έντονη αστικοποίηση και κατ' επέκταση η ραγδαία αύξηση της κινητικότητας εντός των πόλεων, η οποία εξυπηρετείται - ως επί το πλείστον - μέσω των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης. Εντούτοις, [η αλόγιστη χρήση των ιδιωτικών αυτοκινήτων συνεπάγεται σημαντικές επιπτώσεις](#), οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ηχορύπανση και η κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Με γνώμονα τον περιορισμό των παραπάνω επιπτώσεων και κατ' επέκταση την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των σύγχρονων πόλεων, η οποία έχει ως στόχο τη «συμφιλίωση» της κοινωνικής και της οικονομικής ευημερίας αυτών, προωθούνται διαρκώς εναλλακτικοί τρόποι μετακίνησης που υπάγονται στην κατηγορία της βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Η [προώθηση του βιώσιμου χαρακτήρα της αστικής κινητικότητας](#) προϋποθέτει τη διενέργεια μετακινήσεων μέσω των δημόσιων συγκοινωνιών και της σωματικής δραστηριότητας των κατοίκων, όπως η ποδηλασία και το περπάτημα. Εντούτοις, αξίζει να επισημανθεί ότι δίδεται ιδιαίτερη σημασία στην ενίσχυση της χρήσης του ποδηλάτου εντός των πόλεων, διότι θεωρείται ότι συνιστά τη βασικότερη συνιστώσα της βιώσιμης αστικής κινητικότητας.

### 1.1.1 Ποδηλατικές Υποδομές στην Ευρώπη

Πολλές ευρωπαϊκές πόλεις είχαν αποδείξει και συνεχίζουν να αποδεικνύουν ότι ο περιορισμός της κυκλοφορίας των ιδιωτικών αυτοκινήτων συνιστά έναν επιθυμητό και - συνάμα - εφικτό στόχο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ευρωπαϊκών πόλεων, οι οποίες ενθαρρύνουν τη [χρήση του ποδηλάτου για τις καθημερινές μετακινήσεις των κατοίκων](#), επιβάλλοντας συγχρόνως περιοριστικά μέτρα που άπτονται της χρησιμοποίησης των ιδιωτικών αυτοκινήτων, αποτελούν η Κοπεγχάγη στη Δανία, το Άμστερνταμ και η Ουτρέχτη στην Ολλανδία, η Αμβέρσα στο Βέλγιο και το Στρασβούργο στη Γαλλία.

Εστιασμένες σε ένα μέλλον που θα αναγνωρίζεται από την ουδετερότητα ως προς τον άνθρακα, οι συγκεκριμένες πόλεις εξακολουθούν να εκμεταλλεύονται τη διαχρονική απόδοση του ποδηλάτου, διατηρώντας το προβάδισμα ως οι πιο φιλικές - προς το ποδήλατο - πόλεις σε ολόκληρο τον κόσμο. Αναλυτικότερα, οι εν λόγω πόλεις διαθέτουν ένα [εξαιρετικά διευρυμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων](#) που συνοδεύεται από μία πληθώρα επιπρόσθετων υποδομών, όπως οργανωμένους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων και εξοπλισμένους σταθμούς επισκευής ποδηλάτων. Επιπλέον, έχουν εφαρμοστεί διάφορες συνθήκες ελέγχου της κυκλοφορίας των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης, ώστε να δοθεί προτεραιότητα στην ποδηλατική κυκλοφορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων παρεμβάσεων συνιστούν η επενεργούμενη φωτεινή σηματοδότηση σε ισόπεδους κόμβους μεταξύ οδών και ποδηλατοδρόμων και η μείωση των ορίων ταχύτητας σε οδούς που βρίσκονται πλησίον των ποδηλατοδρόμων.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η οικονομική ανάπτυξη των συγκεκριμένων πόλεων δεν βλάπτεται από την εφαρμογή των προαναφερόμενων καινοτομιών στον κλάδο των μεταφορών, διότι οι δημόσιοι φορείς και οι πολίτες έχουν συνειδητοποιήσει ότι [η αλόγιστη χρήση των ιδιωτικών αυτοκινήτων έχει πάψει να είναι συμβατή με την ομαλή και βιώσιμη αστική κινητικότητα](#). Κατά συνέπεια, οι κάτοικοι και οι επισκέπτες των συγκεκριμένων πόλεων στηρίζουν εμπράκτως την κατεύθυνση προς ένα βιώσιμο μέλλον και αξιοποιούν - σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό - το ποδήλατο για την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής και δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση.

### 1.1.2 Ποδηλατικές Υποδομές στην Ελλάδα

Οι ελληνικές πόλεις [καθυστέρησαν - συγκριτικά με άλλες ευρωπαϊκές πόλεις - να αντιμετωπίσουν το ποδήλατο ως έναν εναλλακτικό τρόπο μετακίνησης](#), διαδικασία που εντοπίζεται σε πρώιμο στάδιο μέχρι και

σήμερα. Εντούτοις, εντοπίζονται ορισμένες πόλεις στην ελληνική επικράτεια που διαθέτουν - έστω και σε περιορισμένο βαθμό - υποδομές που διευκολύνουν τη χρήση του ποδηλάτου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων πόλεων αποτελούν η Αθήνα, η Θεσσαλονίκη, η Καρδίτσα, η Λάρισα και το Μεσολόγγι.

Ειδικότερα, οι προαναφερθείσες πόλεις διαθέτουν μεμονωμένους ποδηλατοδρόμους που καλύπτουν ένα πολύ μικρό μέρος της έκτασης αυτών και κατ' επέκταση δεν συγκροτούν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η πλειοψηφία των εν λόγω ποδηλατοδρόμων δεν χαρακτηρίζεται από την παροχή υψηλού επιπέδου ασφαλείας προς τους ποδηλατιστές, διότι ο διαχωρισμός αυτών - από την κυκλοφορία των μηχανοκίνητων οχημάτων - γίνεται μέσω βραχύσωμων τσιμεντένιων διαχωριστικών σε συνδυασμό με αντανακλαστικά διαχωριστικά λωρίδων κυκλοφορίας. Παράλληλα, οι ελληνικοί ποδηλατόδρομοι δεν συνοδεύονται - όπως συμβαίνει σε άλλες ευρωπαϊκές πόλεις - από επιπρόσθετες υποδομές διευκόλυνσης των ποδηλατιστών, όπως οι οργανωμένοι χώροι στάθμευσης των ποδηλάτων και οι εξοπλισμένοι σταθμοί επισκευής των ποδηλάτων. Επιπλέον, δεν εφαρμόζονται συνθήκες ελέγχου της κυκλοφορίας των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης, ώστε να δοθεί προτεραιότητα στην κυκλοφορία των ποδηλάτων. Απόρροια των εν λόγω δυσλειτουργιών αποτελεί η **χαμηλή επισκεψιμότητα των ποδηλατοδρόμων στις ελληνικές πόλεις**, παρόλο που αρκετοί πολίτες δείχνουν να είναι θετικοί στη χρήση του ποδηλάτου για την πραγματοποίηση των καθημερινών τους μετακινήσεων.

Ωστόσο, αξίζει να επισημανθεί ότι η γενικότερη ανησυχία, η οποία αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια και αφορά τη βιωσιμότητα της αστικής κινητικότητας και - συνάμα - τη βιωσιμότητα των πόλεων, έχει προκαλέσει την **έντονη κινητοποίηση των ελληνικών δημόσιων φορέων** που σχετίζονται με τη διαμόρφωση οργανωμένων ποδηλατικών δικτύων. Παράλληλα, οι πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ασκούν σημαντική επίδραση στην Ελλάδα, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που άπτονται ενός βιώσιμου μέλλοντος στον τομέα των αστικών μεταφορών. Επιπλέον, ο εντοπισμός και η διερεύνηση των καλών πρακτικών, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο και σχετίζονται με τα δίκτυα των ποδηλατοδρόμων, διευκολύνουν την έρευνα των Ελλήνων μελετητών που οφείλουν να προσαρμόσουν τα δεδομένα στις ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής.

### 1.1.3 Ποδηλατικές Υποδομές στην Αθήνα

Η πόλη της Αθήνας δεν διαθέτει - όπως έχει προαναφερθεί - ένα ολοκληρωμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων. Ωστόσο, η ελληνική πρωτεύουσα **παρέχει - έστω και σε περιορισμένο βαθμό - τη δυνατότητα πραγματοποίησης ποδηλατικών μετακινήσεων μέσω μεμονωμένων ποδηλατοδρόμων**, των οποίων το συνολικό μήκος υπολογίζεται περί τα 75 χιλιόμετρα. Επιπλέον, παρουσιάζονται σταθμοί ενοικίασης κοινόχρηστων ποδηλάτων σε διάφορα σημεία εντός της πόλης, των οποίων η πλειοψηφία εντοπίζεται στα νότια προάστια αυτής και τον Πειραιά. Παράλληλα, υπάρχουν σταθμοί ενοικίασης ηλεκτρικών ποδηλάτων στην Καλλιθέα, την Κηφισιά και τη Νέα Σμύρνη.

Ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή ορισμένων δημοφιλών ποδηλατικών διαδρομών, οι οποίες είναι κυκλικές και συνδέουν το κέντρο της πόλης με περιοχές που βρίσκονται πλησίον αυτού.

#### 1<sup>η</sup> Ποδηλατική Διαδρομή: Μοναστηράκι - Παγκράτι - Μοναστηράκι

Η συγκεκριμένη ποδηλατική διαδρομή **διέρχεται από τον Εθνικό Κήπο και το Άλσος Παγκρατίου** που αποτελούν δύο «πράσινες» οάσεις του κέντρου της πόλης, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα διέλευσης μπροστά από το Παναθηναϊκό Στάδιο. Επιπλέον, το μεγαλύτερο μέρος της εν λόγω διαδρομής πραγματοποιείται σε οδούς με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο μηχανοκίνητων οχημάτων. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι το συνολικό της μήκος ανέρχεται στα 4 χιλιόμετρα.

#### 2<sup>η</sup> Ποδηλατική Διαδρομή: Πανεπιστήμιο - Κυψέλη - Πανεπιστήμιο

Η εν λόγω ποδηλατική διαδρομή **διέρχεται από το Πεδίον του Άρεως** που αποτελεί το μεγαλύτερο δημόσιο άλσος της Αθήνας, ενώ παράλληλα διατρέχει τον κατάφυτο πεζόδρομο που τοποθετείται επί της οδού «Φωκίωνος Νέγρη». Η συγκεκριμένη διαδρομή ολοκληρώνεται μπροστά από τη Νεοκλασική Τριλογία των

Αθηνών που εντοπίζεται επί της οδού «Πανεπιστημίου» και συγκροτείται από το Βαλλιάνειο Μέγαρο της Εθνικής Βιβλιοθήκης της Ελλάδος, το κεντρικό κτίριο του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου των Αθηνών και το Μέγαρο της Ακαδημίας των Αθηνών. Τέλος, επισημαίνεται ότι το συνολικό της μήκος ανέρχεται στα 3 χιλιόμετρα.

### **3<sup>η</sup> Ποδηλατική Διαδρομή: Ομόνοια - Κέντρο Πολιτισμού του Ιδρύματος «Σταύρος Νιάρχος» - Ομόνοια**

Το μεγαλύτερο μέρος της συγκεκριμένης ποδηλατικής διαδρομής εκμεταλλεύεται τον ποδηλατόδρομο, ο οποίος συνδέει την περιοχή του Θησείου με το Κέντρο Πολιτισμού του Ιδρύματος «Σταύρος Νιάρχος». Η εν λόγω διαδρομή **διέρχεται από τους Δήμους της Καλλιθέας και του Μοσχάτου**, διατρέχοντας παράλληλα τις γραμμές του ηλεκτρικού σιδηροδρόμου και την κοίτη του ποταμού «Ιλισού». Τέλος, επισημαίνεται ότι το συνολικό της μήκος ανέρχεται στα 16 χιλιόμετρα.

### **4<sup>η</sup> Ποδηλατική Διαδρομή: Μουσείο Ακρόπολης - Νέα Σμύρνη - Μουσείο Ακρόπολης**

Η συγκεκριμένη ποδηλατική διαδρομή **διέρχεται από τη συνοικία του Νέου Κόσμου**, συνδέοντας την περιοχή της Ακρόπολης με αυτήν της Νέας Σμύρνης. Η εν λόγω διαδρομή διατρέχει οδούς με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο μηχανοκίνητων οχημάτων, ώστε να καταλήξει στο Άλσος της Νέας Σμύρνης. Τέλος, επισημαίνεται ότι το συνολικό της μήκος ανέρχεται στα 8 χιλιόμετρα.

### **5<sup>η</sup> Ποδηλατική Διαδρομή: Ομόνοια - Αμπελόκηποι - Ομόνοια**

Η εν λόγω ποδηλατική διαδρομή **διέρχεται από τις συνοικίες του Κολωνακίου και της Νεάπολης**, έχοντας ως αφετηρία τον σταθμό «Αμπελόκηποι» του Μετρό και διατρέχοντας περιφερειακά τον λόφο του Λυκαβηττού. Επιπροσθέτως, η συγκεκριμένη ποδηλατική διαδρομή διέρχεται μπροστά από τη Νεοκλασική Τριλογία των Αθηνών, αξιοποιώντας ένα τμήμα του Μεγάλου Περιπάτου, προτού ολοκληρωθεί στην Πλατεία Ομοιοσίας. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι το συνολικό της μήκος ανέρχεται στα 7 χιλιόμετρα.

## **1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας**

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου εκτίμησης των ποδηλατικών διαδρομών στην πόλη της Αθήνας**, αξιοποιώντας δεδομένα υψηλής ευκρίνειας. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων που επηρεάζουν τις διενεργούμενες ποδηλατικές μετακινήσεις στις περιοχές τόσο του Χαλανδρίου όσο και των Βριλησίων, χρησιμοποιώντας πληθοποριστικά δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro». Εφόσον τα συγκεκριμένα δεδομένα αποτυπώθηκαν στον χώρο μέσω ενός συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών, εμπλουτίστηκαν με πρόσθετα χωρικά δεδομένα που άπτονταν των οδικών και κυκλοφοριακών συνθηκών στο εξεταζόμενο οδικό δίκτυο και των πολλαπλών χρήσεων γης στον περιβάλλοντα χώρο αυτού, όπως οι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων, οι χώροι εκπαίδευσης, τα πάρκα αναψυχής, οι στάσεις μέσων μαζικής μεταφοράς και οι χώροι άθλησης.

Αναλυτικότερα, επιδιώκεται να καθοριστεί ο βαθμός και - συνάμα - ο τρόπος αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων εξεταζόμενων - στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής - παραγόντων και να ποσοτικοποιηθεί η επιρροή αυτών στη διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων. Η επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων προϋποθέτει την **εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης των δεδομένων**. Αρχικά, διερευνήθηκε η γενικότερη διακύμανση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων, πραγματοποιώντας - μεταξύ άλλων - χρονική και χωρική ανάλυση των δεδομένων που άπτονταν του συγκεκριμένου μεγέθους. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε η περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων, κατά την οποία εξετάστηκαν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - τη διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα συνιστούν τα δημογραφικά στοιχεία των μετακινούμενων, ο σκοπός των ποδηλατικών μετακινήσεων και τα κυκλοφοριακά μεγέθη του οδικού δικτύου. Τέλος, αναπτύχθηκαν τρία μαθηματικά μοντέλα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης με απώτερο σκοπό την πρόβλεψη του πλήθους των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα των εξεταζόμενων περιοχών του Χαλανδρίου και των Βριλησίων, άλλα και αμφότερων των εξεταζόμενων περιοχών.

Τα ευρήματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας **αναμένεται να προσφέρουν μία πληθώρα χρήσιμων πληροφοριών προς τους αρμόδιους φορείς** που είναι υπεύθυνοι για τη λήψη των αποφάσεων σχετικά με τα συστήματα των αστικών μεταφορών, προωθώντας την επέκταση και την αναβάθμιση του υφιστάμενου ποδηλατικού δικτύου της ελληνικής πρωτεύουσας και άλλων περιοχών της ελληνικής επικράτειας.

### 1.3 Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρατίθεται μία **συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας**, ήτοι των διαδοχικών σταδίων που συνέδραμαν στην ολοκληρωμένη προσέγγιση της πραγματευόμενης θεματολογίας και την επίτευξη των προαναφερόμενων στόχων.

Ειδικότερα, ο καθορισμός της πραγματευόμενης θεματολογίας και η οριστικοποίηση των επιδιωκόμενων στόχων αποτέλεσαν την αφετηρία της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μία ενδελεχής ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, ώστε να αναζητηθούν και να παρουσιαστούν τα σημαντικότερα ευρήματα μίας εκτεταμένης σειράς πρόσφατων ερευνών, των οποίων η θεματολογία ήταν συναφής με εκείνη της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας. Επιπλέον, απόρροια της προαναφερθείσας διαδικασίας αποτέλεσε η απόκτηση εμπειρίας που ήταν απαραίτητη για την ανταπόκριση έναντι των απαιτήσεων της Διπλωματικής Εργασίας.

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η συλλογή των απαραίτητων στατιστικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Πιο συγκεκριμένα, η συλλογή της πλειοψηφίας των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω της πλατφόρμας «Strava Metro» που συνιστά μία αναδυόμενη πηγή δεδομένων σχετικά με την κυκλοφορία των ποδηλάτων, συλλέγοντας τις απαραίτητες πληροφορίες μέσω της ομώνυμης ποδηλατικής και δρομικής εφαρμογής για «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα. Έπειτα, η πρωτογενής επεξεργασία των δεδομένων διενεργήθηκε μέσω κατάλληλων τροποποιήσεων των αρχικών βάσεων δεδομένων, ώστε να διευκολυνθεί η διαχείριση και η κατανόηση αυτών. Εν συνεχεία, ακολούθησε η περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων που επικουρείται από ορισμένα διαγράμματα και χάρτες «θερμότητας», ολοκληρώνοντας τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων επί της πραγματευόμενης θεματολογίας.

Επόμενο στάδιο της συγκεκριμένης μεθοδολογίας συνέστησε η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου για τη σύνθεση των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης που αναπτύχθηκαν στην εν λόγω Διπλωματική Εργασία. Αξίζει να επισημανθεί ότι τα παρουσιαζόμενα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης είναι απόρροια μίας εκτεταμένης σειράς δοκιμών και απορρίψεων, κατά την οποία εξετάστηκαν διάφοροι επεξηγηματικοί παράγοντες. Παράλληλα, διερευνήθηκαν οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, όπως η γραμμική παλινδρόμηση, η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, η παλινδρόμηση «Poisson» και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση. Στη συνέχεια, το σύνολο των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία εξήχθησαν από την εκτέλεση της παραπάνω διαδικασίας, αξιολογήθηκαν βάσει διαφόρων στατιστικών ελέγχων. Τέλος, πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων του εκάστοτε μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, αποδίδοντας μία ολοκληρωμένη και εναργή εικόνα της ανάλυσης που προηγήθηκε.

Απόρροια της παραπάνω διαδικασίας αποτελούν η συναγωγή των τελικών συμπερασμάτων επί της πραγματευόμενης θεματολογίας και η διατύπωση στοχευμένων προτάσεων που προωθούν την ποδηλασία και διευκολύνουν την περαιτέρω έρευνα. Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την ακολουθούμενη μεθοδολογία κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.





Διάγραμμα 1.1: Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας

## 1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

### 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο συνιστά την **εισαγωγή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας** και χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες, όπου η πρώτη αναφέρεται στην ανάγκη ενίσχυσης του βιώσιμου χαρακτήρα της αστικής κινητικότητας. Παράλληλα, παρατίθενται ορισμένες ποδηλατικές υποδομές που υφίστανται στην Ευρώπη, την Ελλάδα και - πιο συγκεκριμένα - την Αθήνα. Επιπροσθέτως, στη δεύτερη ενότητα σκιαγραφείται ο στόχος της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, ενώ στην τρίτη παρέχεται μία συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση αυτής. Τέλος, το κεφάλαιο περατώνεται με την παρουσία σύνοψη της δομής της εν λόγω Εργασίας.

### 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο σχετίζεται με την ενδελεχή **ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας**, ώστε να αναζητηθούν και να παρουσιαστούν τα σημαντικότερα ευρήματα μίας εκτεταμένης σειράς πρόσφατων ερευνών, των οποίων η θεματολογία ήταν συναφής με εκείνη της παρουσιαζόμενης Εργασίας. Αναλυτικότερα, το συγκεκριμένο κεφάλαιο χωρίζεται σε τρεις ενότητες, όπου στην πρώτη περιγράφονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι καταμέτρησης των ποδηλάτων, ενώ στη δεύτερη προβάλλονται τα συμπεράσματα της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με τα δεδομένα που προέρχονται από την πλατφόρμα «Strava Metro» και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου. Τέλος, το εν λόγω κεφάλαιο ολοκληρώνεται με έναν περιεκτικό σχολιασμό του συνόλου των παρατιθέμενων ευρημάτων, αποδίδοντας μία ολοκληρωμένη και εναργή εικόνα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε.

### 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο επιδιώκει την **παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας**. Αρχικά, παρέχεται μία συνοπτική περιγραφή των θεμελιωδών εννοιών της στατιστικής, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται οι βασικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - για την ανάλυση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων. Στη συνέχεια, αποδίδεται μία λεπτομερής περιγραφή των βασικών μεθόδων ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, οι οποίες εφαρμόζονται - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - για τον προσδιορισμό του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων συναρτήσει ποικίλων

χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου των εξεταζόμενων περιοχών. Τέλος, παρουσιάζονται οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής των επιμέρους μεθόδων ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

#### **4° Κεφάλαιο: Συλλογή και Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται η [διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην εν λόγω Διπλωματική Εργασία](#), ώστε να αποτυπωθεί μία εναργής εικόνα σχετικά με την ποιότητα και την αξιοπιστία αυτών. Το 4° Κεφάλαιο συνίσταται από δύο ενότητες, όπου στην πρώτη περιγράφεται η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων, παραθέτοντας - μεταξύ άλλων - ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις χρησιμοποιούμενες πηγές άντλησης αυτών και τις εξεταζόμενες περιοχές. Η δεύτερη ενότητα παρουσιάζει τη διαδικασία της πρωτογενούς επεξεργασίας των δεδομένων, περιγράφοντας τις απαραίτητες τροποποιήσεις των αρχικών βάσεων δεδομένων, ώστε να διευκολυνθεί η διαχείριση και η κατανόηση αυτών. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα και χάρτες «θερμότητας» που αποτελούν την περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

#### **5° Κεφάλαιο: Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης**

Στο 5° Κεφάλαιο περιγράφεται η [διαδικασία εφαρμογής της μεθοδολογίας, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη σύνθεση των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης](#) που αναπτύχθηκαν στην εν λόγω Διπλωματική Εργασία. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο ενότητες, όπου στην πρώτη παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής των καταλληλότερων ανεξάρτητων μεταβλητών για την περιγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, διερευνώντας τις συσχετίσεις μεταξύ των εκάστοτε μεταβλητών. Έπειτα, ακολουθεί η παρουσίαση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, ενώ παράλληλα γνωστοποιούνται τα αποτελέσματα των αναλύσεων ελαστικότητας και ευαισθησίας που παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και διευκολύνουν την περαιτέρω κατανόηση των αποτελεσμάτων των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης.

#### **6° Κεφάλαιο: Συμπεράσματα**

Η παρουσίαση του συγκεκριμένου κεφαλαίου σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αποδίδοντας μία [ολοκληρωμένη και εναργή εικόνα της ανάλυσης](#) που πραγματοποιήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εν λόγω Εργασίας. Ειδικότερα, το 6° Κεφάλαιο χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες, όπου η πρώτη προβαίνει σε μία περιεκτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του συνόλου των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης. Εν συνεχεία, ακολουθεί η παράθεση των συμπερασμάτων που εξήχθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, ενώ στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται προτάσεις που συμβάλλουν στην προώθηση της χρήσης του ποδηλάτου εντός των πόλεων. Τέλος, το εν λόγω κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παράθεση ορισμένων προτάσεων, οι οποίες ενδέχεται να διευκολύνουν την περαιτέρω διερεύνηση της πραγματευόμενης θεματολογίας.

#### **7° Κεφάλαιο: Βιβλιογραφία**

Η παρουσιαζόμενη Διπλωματική Εργασία περατώνεται με την [παράθεση των βιβλιογραφικών αναφορών](#), των οποίων η παρουσίαση πραγματοποιείται σύμφωνα με το σύνολο των διεθνών προτύπων.

## 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο σχετίζεται με την ενδελεχή ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να αναζητηθούν και να παρουσιαστούν τα σημαντικότερα ευρήματα μίας εκτεταμένης σειράς πρόσφατων ερευνών, των οποίων η θεματολογία ήταν συναφής με εκείνη της παρουσιαζόμενης Εργασίας. Αναλυτικότερα, το συγκεκριμένο κεφάλαιο χωρίζεται σε τρεις ενότητες, όπου στην πρώτη περιγράφονται οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι καταμέτρησης των ποδηλάτων, ενώ στη δεύτερη προβάλλονται τα συμπεράσματα της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με τα δεδομένα που προέρχονται από την πλατφόρμα «Strava Metro» και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου. Τέλος, το εν λόγω κεφάλαιο ολοκληρώνεται με έναν περιεκτικό σχολιασμό του συνόλου των παρατιθέμενων ευρημάτων, αποδίδοντας μία ολοκληρωμένη και εναρργή εικόνα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε.

### 2.1 Μέθοδοι Καταμέτρησης Ποδηλάτων

Μέχρι σήμερα, έχει εφευρεθεί και αναπτυχθεί μία εκτεταμένη σειρά μεθόδων που αξιοποιούνται για την καταμέτρηση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων, εκκινώντας από τη χειροκίνητη καταμέτρηση αυτών και καταλήγοντας σε αυτοματοποιημένα συστήματα υψηλής τεχνολογίας. Η εν λόγω ενότητα σκιαγραφεί τις πιο διαδεδομένες μεθόδους καταμέτρησης των ποδηλάτων, παραθέτοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου που καθορίζουν την καταλληλότητα αυτής βάσει των στόχων της εκάστοτε έρευνας.

#### 2.1.1 Χειροκίνητη Καταμέτρηση Ποδηλάτων (Manual Bicycle Counting)

Η χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων περιλαμβάνει την οπτική παρατήρηση και τη χειροκίνητη καταγραφή του πλήθους των ποδηλάτων που διέρχονται από μία δεδομένη τοποθεσία. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εν λόγω μέθοδος εφαρμόζεται μέσω ενός παρατηρητή που στέκεται σε ένα προκαθορισμένο σημείο και καταγράφει το πλήθος των διερχόμενων ποδηλάτων για μία δεδομένη χρονική περίοδο, χρησιμοποιώντας ένα έντυπο καταμέτρησης ή μία συσκευή καταμέτρησης χειρός. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο συγκεκριμένος παρατηρητής δύναται να κινείται κατά μήκος της εξεταζόμενης διαδρομής και να καταγράφει το πλήθος των ποδηλάτων που συναντάει. Η προαναφερθείσα παραλλαγή της εν λόγω μεθόδου παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής ποιοτικότερων συμπερασμάτων σχετικά με τα κυκλοφοριακά μοτίβα των ποδηλατιστών, αλλά η εφαρμογή της κρίνεται ιδιαίτερος δύσκολη.

#### Πλεονεκτήματα

**Ακρίβεια δεδομένων:** Η χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων προσφέρει δεδομένα που χαρακτηρίζονται από ένα εξαιρετικά υψηλό επίπεδο ακρίβειας, ιδιαίτερα όταν διεξάγεται από εκπαιδευμένους παρατηρητές που μπορούν να διασφαλίσουν ότι κάθε ποδήλατο καταγράφεται, και μάλιστα μόνο μία φορά.

**Ευέλικτη εφαρμογή:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να διεξαχθεί σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών, ενώ παράλληλα προσαρμόζεται στις ανάγκες της εκάστοτε έρευνας. Επιπλέον, η χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων μπορεί να εφαρμοστεί σε διαφορετικές περιόδους εντός της ημέρας, ώστε να προσδιοριστεί το σύνολο των κυκλοφοριακών μοτίβων που ακολουθούν οι ποδηλατιστές.

**Χαμηλό κόστος:** Η χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων συνιστά μία από τις πιο προσιτές μεθόδους, καθώς η εφαρμογή της δεν απαιτεί ακριβό εξοπλισμό ή εξειδικευμένη τεχνογνωσία.

**Πρόσθετα δεδομένα:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να παρέχει πρόσθετες πληροφορίες που δεν σχετίζονται με το πλήθος των διερχόμενων ποδηλάτων από μία δεδομένη τοποθεσία. Πιο συγκεκριμένα, ένας εκπαιδευμένος παρατηρητής διαθέτει τη δυνατότητα να καταγράφει δεδομένα που αφορούν την κατεύθυνση των ποδηλατικών μετακινήσεων ή το φύλο και τη συμπεριφορά των ποδηλατιστών, όπως η χρήση προστατευτικού κράνους ή η συμμόρφωση με τα σήματα οδικής κυκλοφορίας.

## Μειονεκτήματα

**Επίπονη εργασία:** Η εν λόγω μέθοδος δύναται να αποτελεί μία **χρονοβόρα και εντατική διαδικασία**, ιδιαίτερα όταν διεξάγεται για εκτεταμένα χρονικά διαστήματα ή σε τοποθεσίες που παρουσιάζουν υψηλό ποδηλατικό κυκλοφοριακό φόρτο. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι το κόστος διεξαγωγής της χειροκίνητης καταμέτρησης των ποδηλάτων αυξάνεται στις παραπάνω περιπτώσεις, γεγονός που συνεπάγεται ότι η εν λόγω μέθοδος κρίνεται προσφορότερη για βραχυχρόνιες περιόδους καταγραφής των ποδηλάτων (π.χ. 1 ώρα ανά χρονική περίοδο | 3 χρονικές περιόδους ανά ημέρα).

**Συμπτωματικά σφάλματα:** Η συγκεκριμένη μέθοδος **πλήττεται από μη ηθελημένα σφάλματα**, στα οποία υποπίπτει ο παρατηρητής εξαιτίας της κούρασης ή της απόσπασης της προσοχής του.

### 2.1.2 Φωρατές (Pneumatic Tubes)

Οι φωρατές **συνιστούν μία μέθοδο αυτοματοποιημένης καταμέτρησης των ποδηλάτων**, η οποία προϋποθέτει την εγκατάσταση ελαστικών σωλήνων πεπιεσμένου αέρα στην επιφάνεια ενός ποδηλατοδρόμου και τη σύζευξη αυτών με μία εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης. Όταν ένα ποδήλατο διέρχεται πάνω από τους συγκεκριμένους σωλήνες, ο περιεχόμενος - σε αυτούς - αέρας συμπιέζεται και η αντίστοιχη συσκευή καταμέτρησης καταγράφει το εκάστοτε πλήθος των συμπιέσεων. Εν συνεχεία, το πλήθος των συμπιέσεων μετατρέπεται - μέσω της προαναφερθείσας συσκευής - σε πλήθος διερχόμενων ποδηλάτων.

## Πλεονεκτήματα

**Ακρίβεια δεδομένων:** Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει τη δυνατότητα παροχής δεδομένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ένα εξαιρετικά **υψηλό επίπεδο ακρίβειας**, ιδιαίτερα όταν οι φωρατές εγκαθίστανται με ενδεδειγμένο τρόπο και συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

**Χαμηλό κόστος:** Οι φωρατές φαίνεται να είναι αποδοτικότεροι συγκριτικά με τη χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων, ιδιαίτερα σε μακροχρόνιες περιόδους, καθώς **δεν απαιτείται η πρόσληψη προσωπικού**.

**Ανθεκτικός εξοπλισμός:** Οι φωρατές αποτελούν έναν εξαιρετικά ανθεκτικό εξοπλισμό που **δεν επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες**, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία.

**Πρόσθετα δεδομένα:** Οι φωρατές μπορούν να παρέχουν πρόσθετες **πληροφορίες που δεν σχετίζονται με το πλήθος των διερχόμενων ποδηλάτων** από μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Ειδικότερα, η εν λόγω μέθοδος προσφέρει τη δυνατότητα προσδιορισμού της ταχύτητας των ποδηλάτων, υπολογίζοντας τη χρονική διάρκεια μεταξύ των συμπιέσεων του περιεχόμενου αέρα σε δύο διαδοχικούς ελαστικούς σωλήνες που τοποθετούνται σε «μικρή» απόσταση μεταξύ τους.

## Μειονεκτήματα

**Λειτουργία εξοπλισμού:** Οι φωρατές απαιτούν **επιμελή εγκατάσταση και συνεχή επίβλεψη**, ώστε να εξασφαλίζεται η ενδεδειγμένη λειτουργία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και κατ' επέκταση η ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων.

**Αοριστία δεδομένων:** Οι φωρατές δεν προσφέρουν τη δυνατότητα παροχής πληροφοριών σχετικά με τον τύπο των δίκυκλων, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει **σύγχυση μεταξύ του αριθμού των ποδηλάτων και αυτού των ηλεκτρικών πατινιών**. Παράλληλα, η εν λόγω μέθοδος δεν έχει τη δυνατότητα να προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά των ποδηλατιστών, όπως το φύλο και την ηλικία αυτών. Επιπλέον, οι φωρατές ενδέχεται να πλήττονται από συστηματικά σφάλματα, όταν οι ποδηλατιστές κινούνται σε ομάδες.

### 2.1.3 Καταμέτρηση Ποδηλάτων μέσω Εφαρμογών (App-Based Bicycle Counting)

Η εν λόγω μέθοδος **συνιστά έναν αυτοματοποιημένο τρόπο καταμέτρησης των ποδηλάτων** που στηρίζεται στη χρήση μίας εφαρμογής «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου, η οποία έχει ως απώτερο στόχο τον εντοπισμό μεμονωμένων ποδηλάτων μέσω GPS (Global Positioning System) και την καταμέτρηση του πλήθους αυτών

σε διάφορα οδικά τμήματα της εκάστοτε περιοχής. Ειδικότερα, οι ποδηλατιστές εγκαθιστούν την εν λόγω εφαρμογή στο «έξυπνο» κινητό τους τηλέφωνο, ώστε να τη χρησιμοποιούν κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων τους. Η συγκεκριμένη εφαρμογή καταγράφει την ποδηλατική δραστηριότητα των χρηστών της και προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός αρχείου σχετικά με τις προσωπικές τους επιδόσεις, προσδιορίζοντας μία πληθώρα πληροφοριών. Στη συνέχεια, το σύνολο δεδομένων δύναται να αξιοποιηθεί για την ανάλυση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου, εφόσον έχουν αφαιρεθεί τα αναγνωριστικά στοιχεία των χρηστών της προαναφερθείσας εφαρμογής.

### Πλεονεκτήματα

**Εκτεταμένη κάλυψη:** Η προαναφερθείσα μέθοδος δύναται να χρησιμοποιηθεί για τη **συλλογή «μεγάλων» δεδομένων**, καθώς παρέχει τη δυνατότητα διερεύνησης ενός εξαιρετικά μεγάλου αριθμού ποδηλατιστών που δραστηριοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών.

**Χαμηλό κόστος:** Η προαναφερθείσα μέθοδος είναι αρκετά προσιτή, καθώς **δεν απαιτεί ακριβό εξοπλισμό ή την πρόσληψη προσωπικού**. Αντιθέτως, οι βάσεις δεδομένων προσφέρονται προς απόκτηση έναντι ενός χρηματικού ποσού.

**Πρόσθετα δεδομένα:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να παρέχει πρόσθετες **πληροφορίες που δεν σχετίζονται με το πλήθος των διερχόμενων ποδηλάτων** από μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Πιο συγκεκριμένα, η προαναφερθείσα εφαρμογή διαθέτει τη δυνατότητα να καταγράφει δεδομένα που άπτονται του φύλου και της ηλικίας των ποδηλατιστών, της χωρικής και χρονικής διακύμανσης της ποδηλατικής δραστηριότητας και της μέσης ταχύτητας πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων.

### Μειονεκτήματα

**Περιορισμένη αντιπροσωπευτικότητα:** Η συγκεκριμένη μέθοδος **ενδέχεται να μην ενδείκνυται για τη δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος** που άπτεται του συνόλου των ποδηλατιστών μίας περιοχής. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγαλύτερη οικειότητα των νεαρότερων ανθρώπων με την τεχνολογία, είναι εύλογο να υποθεθεί ότι αυτοί συνιστούν τη συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών της αντίστοιχης εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς την ηλικία των μετακινούμενων.

**Κοινωνικός προβληματισμός:** Η προαναφερθείσα μέθοδος ενδέχεται να **εγείρει ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο και την προστασία των προσωπικών δεδομένων**, καθώς προϋποθέτει την παρακολούθηση των μετακινήσεων που εκτελούνται από τους χρήστες της αντίστοιχης εφαρμογής.

#### 2.1.4 Καταμέτρηση Ποδηλάτων μέσω Ανάλυσης Βίντεο (Bicycle Counting via Computer Vision)

Η συγκεκριμένη μέθοδος συνιστά έναν αυτοματοποιημένο τρόπο καταμέτρησης των ποδηλάτων που στηρίζεται στη χρήση βιντεοκαμερών, των οποίων απώτερος στόχος είναι η καταγραφή της ποδηλατικής δραστηριότητας σε διάφορα οδικά τμήματα της εκάστοτε περιοχής. Οι βιντεοκάμερες ενδέχεται να είναι σταθερές ή περιστρεφόμενες και τοποθετούνται σε διάφορα σημεία των εξεταζόμενων περιοχών, όπως στην είσοδο και την έξοδο ενός ποδηλατοδρόμου. Επιπλέον, η διαδικασία ανάλυσης του υλικού της βιντεοσκόπησης, ώστε να καταμετρηθεί το πλήθος των διερχόμενων ποδηλάτων από την εκάστοτε τοποθεσία, μπορεί να διενεργηθεί **μέσω παρατηρητών ή ενός εξειδικευμένου λογισμικού**. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η πρώτη παραλλαγή της μεθόδου παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με τη χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων που παρουσιάστηκε προηγουμένως, ενώ η αξιοποίηση ενός εξειδικευμένου λογισμικού συνεπάγεται την αυτοματοποίηση της παραπάνω διαδικασίας.

### Πλεονεκτήματα

**Ακρίβεια δεδομένων:** Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει τη δυνατότητα παροχής δεδομένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ένα **υψηλό επίπεδο ακρίβειας**, διότι το υλικό της βιντεοσκόπησης αποτελεί τεκμήριο



των διενεργούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων και δύναται να χρησιμοποιηθεί για την επαλήθευση της καταμέτρησης των ποδηλάτων.

**Εκτεταμένη κάλυψη:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να τεθεί σε **εφαρμογή για εξαιρετικά εκτεταμένες χρονικές περιόδους και σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών**.

**Πρόσθετα δεδομένα:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να παρέχει πρόσθετες πληροφορίες που δεν σχετίζονται με το πλήθος των διερχόμενων ποδηλάτων από μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Αναλυτικότερα, το υλικό της βιντεοσκόπησης προσφέρει τη δυνατότητα να καταγραφούν δεδομένα που αφορούν την κατεύθυνση των ποδηλατικών μετακινήσεων ή το φύλο και τη συμπεριφορά των ποδηλατιστών, όπως η χρήση προστατευτικού κράνους ή η συμμόρφωση με τα σήματα οδικής κυκλοφορίας.

### **Μειονεκτήματα**

**Υψηλό κόστος:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι ιδιαιτέρως προσιτή, καθώς **προϋποθέτει την απόκτηση ακριβού εξοπλισμού και την ενδεχόμενη πρόσληψη προσωπικού**.

**Λειτουργία εξοπλισμού:** Οι βιντεοκάμερες προβάλλουν την απαίτηση για **επιμελή τοποθέτηση και περιοδική συντήρηση**, ώστε να εξασφαλίζεται η ενδεδειγμένη λειτουργία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και κατ' επέκταση η ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων.

**Ευαισθησία εξοπλισμού:** Οι βιντεοκάμερες **επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες**, όπως ο ελλιπής φωτισμός και οι δυσχερείς καιρικές συνθήκες, γεγονός που ενδέχεται να προκαλέσει συμπτωματικά ή συστηματικά σφάλματα κατά τη διάρκεια της καταμέτρησης των ποδηλάτων.

**Κοινωνικός προβληματισμός:** Η συγκεκριμένη μέθοδος ενδέχεται να **εγείρει ανησυχίες που άπτονται του απορρήτου και της προστασίας των προσωπικών δεδομένων**, διότι προϋποθέτει την παρακολούθηση των δημόσιων χώρων.

### **2.1.5 Αισθητήρες Υπερύθρων (Infrared Sensors)**

Οι υπέρυθροι αισθητήρες αποτελούν μία μέθοδο αυτοματοποιημένης καταμέτρησης των ποδηλάτων που στηρίζεται στη χρήση αισθητήρων ανίχνευσης της κίνησης σωμάτων ή αντικειμένων και τη σύζευξη αυτών με μία εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης. Επιπροσθέτως, **οι αισθητήρες υπέρυθρων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες**, ήτοι τους ενεργούς αισθητήρες και τους παθητικούς αισθητήρες. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία των ενεργών αισθητήρων βασίζεται σε μία δέσμη υπέρυθρων που αναπτύσσεται μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη. Όταν ένα ποδήλατο διέρχεται ανάμεσα από τον πομπό και τον δέκτη του αισθητήρα, η αναπτυσσόμενη - μεταξύ τους - δέσμη υπέρυθρων διακόπτεται και η συσκευή καταμέτρησης καταγράφει το εκάστοτε πλήθος των διακοπών. Στη συνέχεια, το πλήθος των διακοπών μετατρέπεται - μέσω της προαναφερθείσας συσκευής - σε πλήθος διερχόμενων ποδηλάτων. Αντιθέτως, η λειτουργία των παθητικών αισθητήρων βασίζεται σε μία συσκευή ανίχνευσης των θερμικών μεταβολών που συμβαίνουν στην εγγύτερη περιοχή αυτής. Εφόσον ένα ποδήλατο διέρχεται μπροστά από την προαναφερθείσα συσκευή, ανιχνεύεται μέσω της προκληθείσας θερμικής μεταβολής και η εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης καταγράφει το εκάστοτε πλήθος των μεταβολών. Εν συνεχεία, το πλήθος των μεταβολών μετατρέπεται - μέσω της συγκεκριμένης συσκευής - σε πλήθος διερχόμενων ποδηλάτων.

### **Πλεονεκτήματα**

**Ακρίβεια δεδομένων:** Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει τη δυνατότητα παροχής δεδομένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ένα εξαιρετικά **υψηλό επίπεδο ακρίβειας**, ιδιαίτερα όταν οι αισθητήρες υπέρυθρων εγκαθίστανται με ενδεδειγμένο τρόπο και συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

**Εκτεταμένη κάλυψη:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να τεθεί σε **εφαρμογή για εξαιρετικά εκτεταμένες χρονικές περιόδους και σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών**.

## Μειονεκτήματα

**Υψηλό κόστος:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι ιδιαίτερος προσιτή, καθώς [προϋποθέτει την απόκτηση ακριβού εξοπλισμού](#).

**Λειτουργία εξοπλισμού:** Οι αισθητήρες υπερύθρων προβάλλουν την απαίτηση για [επιμελή εγκατάσταση και περιοδική συντήρηση](#), ώστε να εξασφαλίζεται η ενδεδειγμένη λειτουργία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και κατ' επέκταση η ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων.

**Αοριστία δεδομένων:** Οι αισθητήρες υπερύθρων δεν είναι σε θέση να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον τύπο των δίκυκλων, γεγονός που ενδέχεται να προκαλέσει [σύγχυση μεταξύ του αριθμού των ποδηλάτων και αυτού των ηλεκτρικών πατινιών](#). Επιπροσθέτως, η εν λόγω μέθοδος δεν προσφέρει τη δυνατότητα προσδιορισμού των χαρακτηριστικών των ποδηλατιστών, όπως το φύλο και την ηλικία αυτών. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι υπέρυθροι αισθητήρες ενδέχεται να πλήττονται από συστηματικά σφάλματα, όταν οι ποδηλατιστές κινούνται σε ομάδες.

### 2.1.6 Ανιχνευτές Επαγωγικού Βρόχου (Inductive Loop Detectors)

Οι ανιχνευτές επαγωγικού βρόχου συγκροτούν μία μέθοδο αυτοματοποιημένης καταμέτρησης των ποδηλάτων, της οποίας η εφαρμογή προϋποθέτει την [τοποθέτηση ηλεκτρομαγνητικών βρόχων στην επιφάνεια ενός ποδηλατοδρόμου](#) και τη σύζευξη αυτών με μία εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία των ανιχνευτών επαγωγικού βρόχου βασίζεται σε ένα πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αναπτύσσοντας ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του. Όταν ένα ποδήλατο διέρχεται πάνω από τους βρόχους, ο μεταλλικός σκελετός αυτού διαταράσσει το αναπτυσσόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και η εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης καταγράφει το εκάστοτε πλήθος των διαταραχών. Ακολούθως, το πλήθος των διαταραχών μετατρέπεται - μέσω της συγκεκριμένης συσκευής - σε πλήθος διερχόμενων ποδηλάτων.

## Πλεονεκτήματα

**Ακρίβεια δεδομένων:** Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει τη δυνατότητα παροχής δεδομένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ένα εξαιρετικά [υψηλό επίπεδο ακρίβειας](#), ιδιαίτερα όταν οι ανιχνευτές επαγωγικού βρόχου εγκαθίστανται με ενδεδειγμένο τρόπο και συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

**Εκτεταμένη κάλυψη:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να τεθεί σε [εφαρμογή για εξαιρετικά εκτεταμένες χρονικές περιόδους και σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών](#).

## Μειονεκτήματα

**Υψηλό κόστος:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι ιδιαίτερος προσιτή, καθώς [προϋποθέτει την απόκτηση ακριβού εξοπλισμού](#).

**Λειτουργία εξοπλισμού:** Οι ανιχνευτές επαγωγικού βρόχου προβάλλουν την απαίτηση για [επιμελή τοποθέτηση και περιοδική συντήρηση](#), ώστε να εξασφαλίζεται η ενδεδειγμένη λειτουργία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και κατ' επέκταση η ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων.

**Αοριστία δεδομένων:** Οι ανιχνευτές επαγωγικού βρόχου δεν διαθέτουν τη δυνατότητα να παρέχουν πληροφορίες που άπτονται του τύπου των δίκυκλων, γεγονός που συνεπάγεται την ενδεχόμενη [σύγχυση μεταξύ του αριθμού των ποδηλάτων και αυτού των ηλεκτρικών πατινιών](#). Επιπροσθέτως, η εν λόγω μέθοδος δεν διαθέτει τη δυνατότητα εξακρίβωσης των χαρακτηριστικών των ποδηλατιστών, όπως το φύλο και την ηλικία αυτών. Τέλος, οι ανιχνευτές επαγωγικού βρόχου ενδέχεται να πλήττονται από συστηματικά σφάλματα, όταν οι ποδηλατιστές κινούνται σε ομάδες.

### 2.1.7 Μαγνητόμετρα (Magnetometers)

Τα μαγνητόμετρα αποτελούν μία μέθοδο αυτοματοποιημένης καταμέτρησης των ποδηλάτων, της οποίας η εφαρμογή προϋποθέτει τη χρήση αισθητήρων ανίχνευσης της κίνησης μεταλλικών αντικειμένων και τη σύζευξη αυτών με μία εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης. Όταν ένα ποδήλατο διέρχεται μπροστά από τους εν λόγω αισθητήρες, ο μεταλλικός σκελετός αυτού διαταράσσει το αναπτυσσόμενο μαγνητικό πεδίο και η εξειδικευμένη συσκευή καταμέτρησης καταγράφει το εκάστοτε πλήθος των διαταραχών. Έπειτα, το πλήθος των διαταραχών μετατρέπεται - μέσω της συγκεκριμένης συσκευής - σε πλήθος διερχόμενων ποδηλάτων.

#### Πλεονεκτήματα

**Ακρίβεια δεδομένων:** Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει τη δυνατότητα παροχής δεδομένων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ένα εξαιρετικά **υψηλό επίπεδο ακρίβειας**, ιδιαίτερα όταν τα μαγνητόμετρα τοποθετούνται με ενδεδειγμένο τρόπο και συντηρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

**Εκτεταμένη κάλυψη:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να τεθεί σε **εφαρμογή για εξαιρετικά εκτεταμένες χρονικές περιόδους και σε ένα ευρύ φάσμα τοποθεσιών**.

#### Μειονεκτήματα

**Υψηλό κόστος:** Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι ιδιαίτερος προσιτή, καθώς **προϋποθέτει την απόκτηση ακριβού εξοπλισμού**.

**Λειτουργία εξοπλισμού:** Τα μαγνητόμετρα προβάλλουν την απαίτηση για **επιμελή τοποθέτηση και περιοδική συντήρηση**, ώστε να εξασφαλίζεται η ενδεδειγμένη λειτουργία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και κατ' επέκταση η ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων.

**Αοριστία δεδομένων:** Τα μαγνητόμετρα δεν διαθέτουν τη δυνατότητα παροχής πληροφοριών σχετικά με τον τύπο των δίκυκλων, γεγονός που ενδέχεται να προκαλέσει **σύγχυση μεταξύ του αριθμού των ποδηλάτων και αυτού των ηλεκτρικών πατινιών**. Παράλληλα, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι σε θέση να προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά των ποδηλατιστών, όπως το φύλο και την ηλικία αυτών. Τέλος, τα μαγνητόμετρα ενδέχεται να πλήττονται από συστηματικά σφάλματα, όταν οι ποδηλατιστές κινούνται σε ομάδες.

## 2.2 Ανάλυση Δεδομένων από την Πλατφόρμα «Strava Metro»

Η πλατφόρμα «Strava Metro» αποτελεί μία **αναδυόμενη πηγή δεδομένων** σχετικά με την κυκλοφορία των ποδηλάτων, συλλέγοντας τα στοιχεία μέσω της αντίστοιχης ποδηλατικής και δρομικής εφαρμογής για «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα. Μάλιστα, η εν λόγω εφαρμογή παρουσιάζει ραγδαία ανάπτυξη και φαίνεται να επικρατεί έναντι των υπολοίπων που υπάγονται στην ίδια κατηγορία. Απόρροια του συγκεκριμένου φαινομένου αποτελεί η διενέργεια μίας πληθώρας ερευνών που στόχευσαν - μεταξύ άλλων - στη διερεύνηση της αντιπροσωπευτικότητας και της αξιοπιστίας των δεδομένων, τα οποία παρέχονται από την προαναφερθείσα πλατφόρμα.

Αρχικά, οι Griffin & Jiao (2019) έδειξαν ότι τα συγκεκριμένα δεδομένα εκπροσωπούσαν - σε ικανοποιητικό βαθμό - την ποδηλατική κυκλοφορία στο Όστιν του Τέξας, διότι η αντιπροσώπευση κυμαινόταν από 2.80% έως 8.80%. Πέντε χρόνια νωρίτερα, το Υπουργείο Μεταφορών του Όρεγκον πραγματοποίησε μία παρεμφερή έρευνα στη γέφυρα «Hawthorne» του Πόρτλαντ και η προαναφερθείσα αναλογία υπολογίστηκε σε 1.40%. Έπειτα, οι Chen et al. (2020) εξέτασαν περισσότερες τοποθεσίες στο Πόρτλαντ του Όρεγκον, καταδεικνύοντας ότι τα παρεχόμενα - από την πλατφόρμα «Strava Metro» - δεδομένα συγκροτούν ένα παρεμφερές ποσοστό της ποδηλατικής δραστηριότητας, ήτοι 2.00%. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα της ανάλυσης των Jestic et al. (2016) που πραγματοποιήθηκε στην πόλη της Βικτώρια στον Καναδά, όπου η μέση αντιπροσωπευτικότητα των εν λόγω δεδομένων εκτιμήθηκε σε 1.96%.

Επιπροσθέτως, οι Jestico et al. (2016) διερεύνησαν τη δυνατότητα χρήσης των συγκεκριμένων δεδομένων, ώστε να προσδιοριστεί η χωρική και η χρονική διακύμανση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου. Πιο συγκεκριμένα, οι προαναφερόμενοι ερευνητές συνέκριναν δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro» και δεδομένα από χειροκίνητες καταμετρήσεις ποδηλάτων, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στην πόλη της Βικτώρια στον Καναδά. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν γενικευμένα γραμμικά μοντέλα πρόβλεψης για την εκτίμηση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου, χρησιμοποιώντας δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro» και επιπρόσθετους επεξηγηματικούς παράγοντες, όπως την κλίση του οδοστρώματος, την επιτρεπόμενη ταχύτητα κυκλοφορίας και την παρόδια στάθμευση. Το συμπέρασμα της προαναφερθείσας έρευνας ήταν ότι τα παρεχόμενα - από την πλατφόρμα «Strava Metro» - δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αξιοποιηθούν για την εκτίμηση της ποδηλατικής δραστηριότητας και τη χαρτογράφηση της χωρικής και χρονικής διακύμανσης αυτής. Παράλληλα, ο Haworth (2016) πραγματοποίησε μία παρόμοια ανάλυση στο Λονδίνο του Ηνωμένου Βασιλείου, υπολογίζοντας έναν υψηλό συντελεστή συσχέτισης ( $\rho = 0.62$ ) μεταξύ των δύο προαναφερόμενων δειγμάτων. Ο συγκεκριμένος ερευνητής κατέληξε στο ευλογοφανές συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα «Strava Metro» παρέχει αντιπροσωπευτικά και αξιόπιστα δεδομένα.

Τρία χρόνια αργότερα, οι Hochmair et al. (2019) επιχείρησαν να υπολογίσουν το μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας στο Μαϊάμι της Φλόριδα, χρησιμοποιώντας δεδομένα που άπτονταν διαφορετικών χρονικών περιόδων και προέρχονταν από την προαναφερθείσα πλατφόρμα. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, διότι έδειξαν ότι τα εν λόγω δεδομένα είναι πρόσφορα για την εκτίμηση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου σε τοποθεσίες με έντονη ποδηλατική δραστηριότητα. Παρόμοια ήταν τα συμπεράσματα της έρευνας των Proulx & Pozdnukhon (2017), οι οποίοι εξέτασαν την ποδηλατική δραστηριότητα στο Σαν Φρανσίσκο της Καλιφόρνια, συνδυάζοντας δεδομένα που προέρχονταν από την πλατφόρμα «Strava Metro» και το τοπικό Υπουργείο Μεταφορών. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές κατέδειξαν ότι τα προερχόμενα - από την πλατφόρμα «Strava Metro» - δεδομένα ήταν εξόχως αντιπροσωπευτικά, ιδιαίτερα όταν οι ποδηλατικές μετακινήσεις εκτελούνταν για την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής. Παράλληλα, οι Sun et al. (2017) προσπάθησαν να διερευνήσουν διάφορες ιδιότητες του δομημένου περιβάλλοντος που επηρεάζουν τα ακολουθούμενα - από τους ποδηλατιστές - κυκλοφοριακά μοτίβα. Η εν λόγω έρευνα αφορούσε τους ποδηλατοδρόμους που εντοπίζονται στην πόλη της Γλασκώβης στη Σκωτία, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro» και δεδομένα από το τοπικό Υπουργείο Μεταφορών. Απόρροια της εν λόγω έρευνας αποτέλεσε ο υπολογισμός ενός αρκετά υψηλού συντελεστή συσχέτισης ( $\rho = 0.83$ ) μεταξύ των δύο δειγμάτων. Κατά συνέπεια, οι εν λόγω ερευνητές κατέληξαν στο ευλογοφανές συμπέρασμα ότι η πλατφόρμα «Strava Metro» παρέχει αντιπροσωπευτικά και αξιόπιστα δεδομένα, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την ανάλυση της χωρικής διακύμανσης των ποδηλατικών μετακινήσεων.

Έναν χρόνο αργότερα, οι Boss et al. (2018) εφάρμοσαν μία εκτεταμένη σειρά μεθόδων χωρικής ανάλυσης, ώστε να καθορίσουν τα ακολουθούμενα - από τους ποδηλατιστές - κυκλοφοριακά μοτίβα. Η έρευνα αφορούσε τους ποδηλατοδρόμους που εντοπίζονται στις πόλεις της Οτάβα και του Γκατινό στον Καναδά, ενώ είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro» και δεδομένα από αυτοματοποιημένες καταμετρήσεις ποδηλάτων, οι οποίες διενεργήθηκαν σε διάφορες τοποθεσίες των εξεταζόμενων περιοχών. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές εκτίμησαν έναν αρκετά υψηλό συντελεστή συσχέτισης ( $\rho = 0.76 - 0.96$ ) μεταξύ των δύο προαναφερόμενων δειγμάτων, καταδεικνύοντας ότι τα δεδομένα της πλατφόρμας «Strava Metro» μπορούν να αξιοποιηθούν για τη χαρτογράφηση της ποδηλατικής δραστηριότητας. Συμπληρωματικά, οι Congow et al. (2018) επιχείρησαν να προσδιορίσουν έναν συντελεστή χωρικής συσχέτισης, συγκρίνοντας δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro» και δεδομένα από χειροκίνητες καταμετρήσεις ποδηλάτων που πραγματοποιήθηκαν στην πόλη του Σίδνεϊ στην Αυστραλία. Απόρροια της συγκεκριμένης έρευνας αποτέλεσε η διαπίστωση της έντονης χωρικής συσχέτισης των δύο προαναφερόμενων δειγμάτων, ιδιαίτερα όταν οι εξεταζόμενες περιοχές παρουσίαζαν χαμηλό ποδηλατικό κυκλοφοριακό φόρτο και χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα. Κατά συνέπεια, οι συγκεκριμένοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι τα δεδομένα της πλατφόρμας «Strava Metro» προσφέρονται για την εκτίμηση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου σε τοποθεσίες με ήπια ποδηλατική δραστηριότητα.

Επιπλέον, οι McArthur & Hong (2019) προσπάθησαν να καθορίσουν τα ακολουθούμενα - από τους ποδηλατιστές - κυκλοφοριακά μοτίβα για την ικανοποίηση δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Η συγκεκριμένη ανάλυση αφορούσε τους ποδηλατοδρόμους στην πόλη της Γλασκώβης στη Σκωτία, ενώ παράλληλα είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αξιοποιήθηκαν δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro». Αναλυτικότερα, οι ερευνητές εφάρμοσαν μαθηματικούς αλγόριθμους για τον προσδιορισμό των συντομότερων ποδηλατικών διαδρομών, χρησιμοποιώντας δεδομένα που σχετίζονταν με την τοποθεσία προέλευσης και την τοποθεσία προορισμού των ποδηλατιστών. Έπειτα, αντιπαρέβαλαν τις προβλεπόμενες και τις παρατηρούμενες ποδηλατικές διαδρομές, υποδεικνύοντας ότι οι ποδηλατιστές επιλέγουν καλαισθητές διαδρομές, ενώ παράλληλα αποφεύγουν διάφορες διαδρομές που διαθέτουν ποδηλατική υποδομή. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι ο Moore (2015) διενήργησε μία παρεμφερή ανάλυση στο Όμπερν της Αλαμπάμα. Ο συγκεκριμένος ερευνητής θέλησε να προσδιορίσει τα κυκλοφοριακά μοτίβα που ακολουθούσαν οι ποδηλατιστές, αξιοποιώντας δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro». Απόρροια της έρευνας αποτέλεσε η διαπίστωση ότι η πλειοψηφία των ποδηλατιστών προτιμάει ποδηλατοδρόμους που παρέχουν πρόσβαση σε οικιστικές και εμπορικές περιοχές.

### 2.3 Σύνοψη Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

Συμπερασματικά, η χειροκίνητη καταμέτρηση των ποδηλάτων συνιστά μία χρήσιμη μέθοδο συλλογής δεδομένων που σχετίζονται με την κυκλοφορία των ποδηλάτων, ιδιαίτερα όταν η εφαρμογή των υπόλοιπων μεθόδων δεν είναι εφικτή ή προσιτή. Επιπροσθέτως, η συγκεκριμένη μέθοδος δύναται να αξιοποιηθεί για την επικύρωση των δεδομένων που συλλέγονται μέσω των αυτοματοποιημένων συστημάτων υψηλής τεχνολογίας. Από την άλλη μεριά, οι μέθοδοι αυτοματοποιημένης καταμέτρησης των ποδηλάτων διευκολύνουν τη συλλογή δεδομένων για την ποδηλατική κυκλοφορία, ιδιαίτερα όταν η εξεταζόμενη περιοχή παρουσιάζει έντονη ποδηλατική δραστηριότητα. Συνεπώς, [η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία που εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες](#), όπως η έκταση της εξεταζόμενης περιοχής, ο στόχος της εκπονούμενης έρευνας και ο προϋπολογισμός αυτής.

Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το σύνολο των προαναφερόμενων ερευνών αναδεικνύουν [την αντιπροσωπευτικότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων της πλατφόρμας «Strava Metro»](#). Αναλυτικότερα, τα συγκεκριμένα δεδομένα μπορούν να αξιοποιηθούν για τον προσδιορισμό της ποδηλατικής δραστηριότητας, ενώ παράλληλα παρέχουν τη δυνατότητα χαρτογράφησης των ακολουθούμενων - από τους ποδηλατιστές - κυκλοφοριακών μοτίβων. Επιπλέον, μία πληθώρα ερευνών κατέδειξε ότι η συγκεκριμένη βάση δεδομένων δύναται να συνδυαστεί με επιπρόσθετα στοιχεία που σχετίζονται με τις οδικές και τις κυκλοφοριακές συνθήκες του εκάστοτε οδικού δικτύου. Κατά συνέπεια, τα παρεχόμενα - από την πλατφόρμα «Strava Metro» - δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διενέργεια μίας εκτεταμένης σειράς ερευνών και αναλύσεων που σχετίζονται με την ποδηλατική δραστηριότητα, καθώς δεν παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς.



## 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο επιδιώκει την παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, παρέχεται μία συνοπτική περιγραφή των θεμελιωδών εννοιών της στατιστικής, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται οι βασικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - για την ανάλυση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων. Στη συνέχεια, αποδίδεται μία λεπτομερής περιγραφή των βασικών μεθόδων ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, οι οποίες εφαρμόζονται - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - για τον προσδιορισμό του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων συναρτήσει ποικίλων χαρακτηριστικών του οδικού δικτύου των εξεταζόμενων περιοχών. Τέλος, παρουσιάζονται οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής των επιμέρους μεθόδων ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

### 3.1 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

#### 3.1.1 Πληθυσμός (Population)

Ο όρος «πληθυσμός» αναφέρεται σε ένα σύνολο ομοειδών μονάδων (π.χ. φυσικά πρόσωπα, αντικείμενα και γεγονότα), στο οποίο πρόκειται να γενικευτούν τα ευρήματα μίας στατιστικής έρευνας. Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο προσδιορισμός ενός πληθυσμού είναι ποιοτικός και όχι ποσοτικός, διότι πραγματοποιείται βάσει προκαθορισμένων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων που επιλέγονται ανάλογα με τους στόχους της εκάστοτε έρευνας. Τέλος, ένας πληθυσμός ενδέχεται να είναι θεωρητικός ή πραγματικός.

#### 3.1.2 Δείγμα (Sample)

Ο όρος «δείγμα» αναφέρεται σε ένα υποσύνολο του πληθυσμού που περιλαμβάνει επιλεγμένες δειγματοληπτικές μονάδες από το πλαίσιο δειγματοληψίας. Η πλειοψηφία των στατιστικών ερευνών πραγματοποιείται μέσω δειγμάτων, καθώς η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων ολόκληρου του πληθυσμού συνιστούν αρκετά δαπανηρές και χρονοβόρες διαδικασίες. Επιπροσθέτως, αξίζει να σημειωθεί ότι τα προκύπτοντα - μέσω της μελέτης του δείγματος - συμπεράσματα ισχύουν - με ικανοποιητική ακρίβεια - για το σύνολο του πληθυσμού, εφόσον το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό αυτού.

#### 3.1.3 Μεταβλητή (Variable)

Ο όρος «μεταβλητή» αναφέρεται σε ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα ή σε ένα μετρήσιμο μέγεθος, το οποίο εμφανίζει ενδιαφέρον, ώστε να καταγραφεί ή να καταμετρηθεί κατά τη διενέργεια μίας στατιστικής έρευνας. Μία μεταβλητή δύναται να διακριθεί στις παρακάτω κατηγορίες:

##### **Ποιοτική Μεταβλητή (Qualitative Variable)**

Μία ποιοτική μεταβλητή λαμβάνει τιμές κατηγοριοποίησης των παρατηρήσεων ενός δείγματος, όπως το φύλο των εργαζομένων σε μία εταιρεία. Όταν χρησιμοποιούνται αριθμητικές τιμές για την αναπαράσταση μίας ποιοτικής μεταβλητής, αυτές είναι συμβολικές και δεν εμπεριέχουν την έννοια της απαρίθμησης.

##### **Ποσοτική Μεταβλητή (Quantitative Variable)**

Μία ποσοτική μεταβλητή λαμβάνει αριθμητικές τιμές που εμπεριέχουν την έννοια της απαρίθμησης. Παράλληλα, οι ποσοτικές μεταβλητές μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ήτοι τις διακριτές ποσοτικές μεταβλητές (π.χ. ο αριθμός των τέκνων σε μία οικογένεια) και τις συνεχείς ποσοτικές μεταβλητές (π.χ. το ύψος των μαθητών σε ένα σχολείο). Ειδικότερα, μία διακριτή ποσοτική μεταβλητή δύναται να λαμβάνει διακεκριμένες αριθμητικές τιμές, ενώ μία συνεχής ποσοτική μεταβλητή δύναται να λαμβάνει οποιαδήποτε αριθμητική τιμή εντός ενός συνεχούς συνόλου πραγματικών αριθμών. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μικρότερη - μη μηδενική - διαφορά, η οποία δύναται να παρατηρηθεί μεταξύ δύο διαφορετικών αριθμητικών τιμών μίας διακριτής ποσοτικής μεταβλητής, αποτελεί μία σταθερή

ποσότητα. Αντιθέτως, δύο διαφορετικές αριθμητικές τιμές μίας συνεχούς ποσοτικής μεταβλητής μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε «μικρή» ποσότητα.

### 3.1.4 Μέτρα Κεντρικής Τάσης (Measures of Central Tendency)

#### Δειγματική Μέση Τιμή (Sample Mean Value)

Η δειγματική μέση τιμή αποτελεί τον μέσο όρο των παρατηρήσεων ενός δείγματος  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

### 3.1.5 Μέτρα Διασποράς (Measures of Variability)

#### Δειγματική Διακύμανση (Sample Variance)

Η δειγματική διακύμανση εμπεριέχει την έννοια της απόστασης μεταξύ των παρατηρήσεων ενός δείγματος  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  και της δειγματικής μέσης τιμής και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X) = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

#### Δειγματική Τυπική Απόκλιση (Sample Standard Deviation)

Η δειγματική τυπική απόκλιση συνιστά τη θετική τετραγωνική ρίζα της δειγματικής διακύμανσης και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}$$

Στην περίπτωση που οι παρατηρήσεις ενός δείγματος είναι συμμετρικά κατανεμημένες εντός αυτού, προκύπτει - σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα - ότι:

- Περίπου το 68% των παρατηρήσεων του δείγματος τοποθετούνται σε απόσταση μίας δειγματικής τυπικής απόκλισης από τη δειγματική μέση τιμή.
- Περίπου το 95% των παρατηρήσεων του δείγματος τοποθετούνται σε απόσταση δύο δειγματικών τυπικών αποκλίσεων από τη δειγματική μέση τιμή.
- Περίπου το 99% των παρατηρήσεων του δείγματος εντοπίζονται σε απόσταση τριών δειγματικών τυπικών αποκλίσεων από τη δειγματική μέση τιμή.

#### Δειγματική Συνδιακύμανση (Sample Covariance)

Η δειγματική συνδιακύμανση εμπεριέχει την έννοια της - από κοινού - απόστασης μεταξύ των παρατηρήσεων δύο διαφορετικών δειγμάτων  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  &  $[y_1, y_2, \dots, y_n]$  και των αντίστοιχων δειγματικών μέσων τιμών και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\sigma_{XY} = \text{Cov}(X, Y) = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]$$

### 3.1.6 Μέτρα Αξιοπιστίας (Measures of Reliability)

#### Επίπεδο Εμπιστοσύνης (Level of Confidence)

Το επίπεδο εμπιστοσύνης αντικατοπτρίζει την ποσοστιαία πιθανότητα ότι η **εκτίμηση της εκάστοτε εξεταζόμενης παραμέτρου είναι αληθής** (σωστή), το οποίο συνεπάγεται ότι η συγκεκριμένη παράμετρος εντοπίζεται εντός ενός δεδομένου διαστήματος εμπιστοσύνης.

#### Επίπεδο Σημαντικότητας (Level of Significance)

Το επίπεδο σημαντικότητας αντικατοπτρίζει την ποσοστιαία πιθανότητα ότι η **εκτίμηση της εκάστοτε εξεταζόμενης παραμέτρου είναι ψευδής** (εσφαλμένη), το οποίο συνεπάγεται ότι η εν λόγω παράμετρος βρίσκεται εκτός ενός δεδομένου διαστήματος εμπιστοσύνης.

### 3.1.7 Συντελεστής Μεταβλητότητας (Coefficient of Variation)

Ο συντελεστής μεταβλητότητας αποτελεί τη δειγματική τυπική απόκλιση που εκφράζεται ως ποσοστό της δειγματικής μέσης τιμής. Όταν ένα δείγμα  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  παρουσιάζει δειγματική τυπική απόκλιση « $\sigma_x$ » και δειγματική μέση τιμή « $\bar{x}$ », ο συγκεκριμένος συντελεστής υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$CV = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Ο συντελεστής μεταβλητότητας **σκιαγραφεί τον βαθμό ομοιογένειας ενός δείγματος**  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ . Ειδικότερα, όταν ο εν λόγω συντελεστής είναι μεγαλύτερος από «20%», το εξεταζόμενο δείγμα δεν δύναται να χαρακτηριστεί ως ομοιόμορφο, γεγονός που συνεπάγεται ότι η χαρακτηριστική τιμή αυτού βρίσκεται σε απόσταση μίας δειγματικής τυπικής απόκλισης από τη δειγματική μέση τιμή. Σε αντίθετη περίπτωση, το εξεταζόμενο δείγμα δύναται να χαρακτηριστεί ως ομοιόμορφο, γεγονός που συνεπάγεται ότι η χαρακτηριστική τιμή αυτού βρίσκεται σε απόσταση δύο δειγματικών τυπικών αποκλίσεων από τη δειγματική μέση τιμή.

### 3.1.8 Συντελεστής Συσχέτισης (Coefficient of Correlation)

Ο συντελεστής συσχέτισης αποτελεί το στατιστικό κριτήριο, το οποίο αντικατοπτρίζει τον βαθμό συσχέτισης μεταξύ δύο τυχαίων μεταβλητών «X» και «Y» που περιγράφονται - κατ' αντιστοιχία - από δύο διαφορετικά δείγματα  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  &  $[y_1, y_2, \dots, y_n]$ . Εφόσον τα συγκεκριμένα δείγματα παρουσιάζουν δειγματική συνδιακύμανση « $\sigma_{xy}$ » και δειγματικές τυπικές αποκλίσεις « $\sigma_x$ » και « $\sigma_y$ », ο εν λόγω συντελεστής υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης **εκφράζει τον βαθμό και - συνάμα - τον τρόπο συσχέτισης μεταξύ των δύο εξεταζόμενων τυχαίων μεταβλητών**. Επιπλέον, ο εν λόγω συντελεστής δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των συγκεκριμένων μεταβλητών, ενώ παράλληλα λαμβάνει αριθμητικές τιμές που εντοπίζονται εντός του διαστήματος  $[-1, 1]$ . Όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει αριθμητικές τιμές, οι οποίες εντοπίζονται πλησίον του «1», αυτό συνεπάγεται την ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο τυχαίων μεταβλητών. Στον αντίποδα, όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει αριθμητικές τιμές, οι οποίες τοποθετούνται πλησίον του «-1», αυτό υποδηλώνει την ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δύο τυχαίων μεταβλητών. Τέλος, όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει αριθμητικές τιμές, οι οποίες βρίσκονται πλησίον του «0», αυτό υποδηλώνει την ανεξαρτησία μεταξύ των δύο τυχαίων μεταβλητών.

## 3.2 Βασικές Στατιστικές Κατανομές

### 3.2.1 Κανονική Κατανομή (Normal Distribution)

Η κανονική κατανομή αποτελεί τη σπουδαιότερη στατιστική κατανομή, καθώς η συντριπτική πλειοψηφία των τυχαίων μεταβλητών μπορεί να σκιαγραφηθεί μέσω αυτής ή άλλων στατιστικών κατανομών που μπορούν να προσεγγισθούν - με ικανοποιητική ακρίβεια - από την κανονική κατανομή. Ειδικότερα, η εν λόγω στατιστική κατανομή **αναφέρεται σε συνεχείς τυχαίες μεταβλητές** και απεικονίζεται με μία συνεχή συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας που έχει σχήμα «καμπάνας». Επιπροσθέτως, η κανονική κατανομή χρησιμοποιείται - ως μία πρώτη προσέγγιση - για την περιγραφή τυχαίων μεταβλητών, οι οποίες αντικατοπτρίζονται από δείγματα πραγματικών αριθμών που τείνουν να τοποθετούνται γύρω από την εκάστοτε δειγματική μέση τιμή. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μία τυχαία μεταβλητή «X», η οποία αντικατοπτρίζεται από ένα δείγμα  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  που παρουσιάζει δειγματική μέση τιμή «μ» και δειγματική διακύμανση «σ<sup>2</sup>», ονομάζεται κανονικά κατανομημένη και περιγράφεται βάσει της παρακάτω συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^2}} \cdot \text{EXP} \left( -\frac{(x - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right), \quad X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

### 3.2.2 Κατανομή «Poisson» («Poisson» Distribution)

Η κατανομή «Poisson» αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες στατιστικές κατανομές. Πιο συγκεκριμένα, η συγκεκριμένη κατανομή **αναφέρεται σε διακριτές τυχαίες μεταβλητές** και απεικονίζεται με μία ασυνεχή συνάρτηση μάζας πιθανότητας, η οποία εκφράζει την πιθανότητα πραγματοποίησης ενός δεδομένου αριθμού «συμβάντων» εντός ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος ή χωρικού πλαισίου. Η χρησιμοποίηση της συγκεκριμένης στατιστικής κατανομής προϋποθέτει ότι τα «συμβάντα» εκτελούνται με έναν σταθερό - υπό την έννοια του χρόνου ή του χώρου - μέσο ρυθμό. Παράλληλα, όταν τα «συμβάντα» διενεργούνται εντός διαφορετικών χρονικών διαστημάτων ή χωρικών πλαισίων, έχουν την υποχρέωση να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Με άλλα λόγια, όταν ένα «συμβάν» πραγματοποιηθεί εντός ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος ή χωρικού πλαισίου, οφείλει να μην επηρεάζει την πιθανότητα πραγματοποίησης αυτού εντός ενός διαφορετικού χρονικού διαστήματος ή χωρικού πλαισίου. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μία τυχαία μεταβλητή «X», η οποία σκιαγραφείται από ένα δείγμα  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  που παρουσιάζει δειγματική μέση τιμή «λ» και δειγματική διακύμανση «λ», ακολουθεί την κατανομή «Poisson» και περιγράφεται σύμφωνα με την παρακάτω συνάρτηση μάζας πιθανότητας:

$$f(x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!}, \quad X \sim \text{Po}(\lambda)$$

### 3.2.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή (Negative Binomial Distribution)

Η αρνητική διωνυμική κατανομή αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες στατιστικές κατανομές. Αναλυτικότερα, η συγκεκριμένη στατιστική κατανομή **αναφέρεται σε διακριτές τυχαίες μεταβλητές** και απεικονίζεται με μία ασυνεχή συνάρτηση μάζας πιθανότητας, η οποία εκφράζει την πιθανότητα πραγματοποίησης «k» επιτυχιών κατά την διάρκεια εκτέλεσης «x» δοκιμών. Με άλλα λόγια, δύναται να υπολογιστεί το πλήθος των δοκιμών που πρέπει να εκτελεστούν, ώστε να πραγματοποιηθούν «k» επιτυχίες. Ειδικότερα, η εν λόγω στατιστική κατανομή σκιαγραφεί μία ακολουθία ανεξάρτητων δοκιμών «Bernoulli» που παρουσιάζουν δύο πιθανά αποτελέσματα, ήτοι την επιτυχία και την αποτυχία. Η πιθανότητα ενός «επιτυχούς» αποτελέσματος ισούται με «p», ενώ παράλληλα η συγκεκριμένη πιθανότητα διατηρείται σταθερή κατά την εκτέλεση του συνόλου των δοκιμών. Επιπλέον, η χρήση της αρνητικής διωνυμικής κατανομής προϋποθέτει ότι η δειγματική διακύμανση των παρατηρήσεων του εξεταζόμενου δείγματος  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη δειγματική μέση τιμή. Τούτο ενδέχεται να παρατηρηθεί σε φαινόμενα που παρουσιάζουν περιοδικές μεταβολές. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι εάν μία τυχαία μεταβλητή

«X» ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρους «k» και «p», περιγράφεται σύμφωνα με την παρακάτω συνάρτηση μάζας πιθανότητας:

$$f(x) = \binom{x-1}{k-1} \cdot p^k \cdot (1-p)^{(x-k)}, \quad X \sim \text{NB}(k, p)$$

### 3.3 Βασικές Μέθοδοι Ανάπτυξης Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης

Ο κλάδος της στατιστικής που διερευνά τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να προσδιοριστεί ένας τρόπος πρόβλεψης της μίας μεταβλητής μέσω των υπολοίπων, ονομάζεται «**ανάλυση παλινδρόμησης**». Με άλλα λόγια, η συγκεκριμένη ανάλυση πραγματοποιείται μέσω ενός συνόλου στατιστικών διαδικασιών, οι οποίες έχουν ως απώτερο στόχο την εκτίμηση και την αξιολόγηση της ακριβούς ποσοτικής σχέσης μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ήτοι ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Επιπλέον, η εφαρμογή της εν λόγω διαδικασίας προϋποθέτει τη διαθεσιμότητα ενός συνόλου δεδομένων, το οποίο να εμπεριέχει τις παρατηρούμενες - υπό πραγματικές συνθήκες - αριθμητικές τιμές των εκάστοτε εξεταζόμενων μεταβλητών.

Επιπροσθέτως, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι εκάστοτε εξεταζόμενες μεταβλητές **μπορούν να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ήτοι τις ανεξάρτητες ή επεξηγηματικές μεταβλητές και τις εξαρτημένες ή αποκριτικές μεταβλητές**. Πιο συγκεκριμένα, οι ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των εξαρτημένων μεταβλητών μέσω της σύνθεσης διαφόρων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, ενώ παράλληλα λαμβάνουν εύλογες - βάσει του μεγέθους που περιγράφουν - αυθαίρετες αριθμητικές τιμές. Αντιθέτως, οι εξαρτημένες μεταβλητές «καθοδηγούνται» από τις ανεξάρτητες μεταβλητές και λαμβάνουν καθορισμένες - βάσει των εκάστοτε μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης - αριθμητικές τιμές, αντικατοπτρίζοντας το αποτέλεσμα της μεταβολής των ανεξάρτητων μεταβλητών.

#### 3.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression)

Η γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, καθώς δύναται να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών πεδίων. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου **προϋποθέτει ότι η εξαρτημένη μεταβλητή αποτελεί μία συνεχή μεταβλητή, η οποία ακολουθεί την κανονική κατανομή**.

Η απλούστερη μορφή της εν λόγω μεθόδου συνιστά την **απλή γραμμική παλινδρόμηση**, η οποία πραγματεύεται την προσέγγιση της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω μίας γραμμικής συνάρτησης που συμπεριλαμβάνει μία ανεξάρτητη μεταβλητή. Η αναπτυσσόμενη - μεταξύ των δύο μεταβλητών - σχέση σκιαγραφείται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$y_i = \alpha + \beta \cdot x_i + \varepsilon_i$$

- $\alpha$ : Σταθερός όρος της μαθηματικής εξίσωσης που αποτελεί την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, εφόσον η ανεξάρτητη μεταβλητή μηδενίζεται.
- $\beta$ : Συντελεστής παλινδρόμησης που εκφράζει την κλίση της ευθείας παλινδρόμησης και αποτελεί τη μέση μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, εφόσον η ανεξάρτητη μεταβλητή μεταβάλλεται κατά μία μονάδα.
- $\varepsilon_i$ : Σφάλμα παλινδρόμησης που εκφράζει την απόκλιση των παρατηρούμενων - υπό πραγματικές συνθήκες - αριθμητικών τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής από την ευθεία παλινδρόμησης.

Το **πρόβλημα της απλής γραμμικής παλινδρόμησης** έγκειται στην εύρεση των αγνώστων παραμέτρων « $\alpha$ » και « $\beta$ », οι οποίοι βαθμονομούν - με τον βέλτιστο τρόπο - την παραπάνω μαθηματική εξίσωση. Κάθε ζεύγος τιμών των συγκεκριμένων παραμέτρων καθορίζει μία μοναδική συναρτησιακή σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, η οποία αποτυπώνεται γεωμετρικά μέσω μίας ευθείας γραμμής. Αναφορικά με τον όρο « $\varepsilon_i$ » που αποτελεί το σφάλμα παλινδρόμησης, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο εν λόγω όρος προσδίδει το



στοιχείο της τυχαιότητας στο εκάστοτε μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης που αναπτύσσεται μέσω της συγκεκριμένης μεθόδου. Με άλλα λόγια, το ντετερμινιστικό μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο συνιστά μία εκτίμηση της αληθούς σχέσης μεταξύ των δύο μεταβλητών, εμπλουτίζεται με τον όρο του σφάλματος παλινδρόμησης και μετατρέπεται σε ένα στοχαστικό μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης. Κατά συνέπεια, κρίνεται απαραίτητη η συμπερίληψη του συγκεκριμένου όρου στη συναρτησιακή σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, ώστε να αντιπροσωπευθούν επιπρόσθετοι παράγοντες που φαίνεται να επιδρούν στην τιμή του εξεταζόμενου μεγέθους και ενδέχεται να παραληφθούν κατά τη διαδικασία σύνθεσης του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

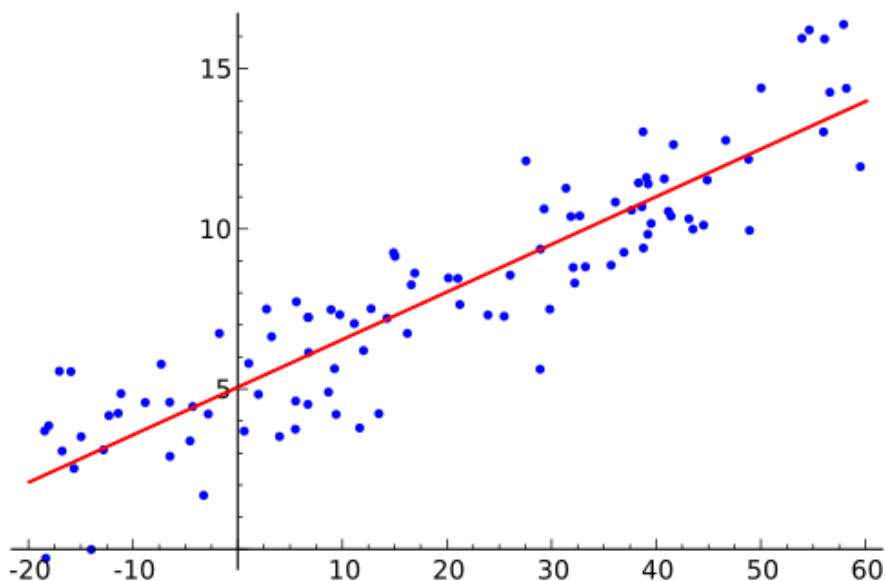
Στον αντίποδα, η **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** πραγματεύεται την προσέγγιση της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω μίας γραμμικής συνάρτησης που συμπεριλαμβάνει περισσότερες - από μία - ανεξάρτητες μεταβλητές. Η αναπτυσσόμενη - μεταξύ των μεταβλητών - σχέση σκιαγραφείται σύμφωνα με τη μαθηματική εξίσωση που παρουσιάζεται παρακάτω:

$$y^{(i)} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1^{(i)} + \beta_2 \cdot x_2^{(i)} + \dots + \beta_k \cdot x_k^{(i)} + \varepsilon^{(i)}$$

Το **πρόβλημα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** διαφοροποιείται ελαφρώς από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Ένα αξιοσημείωτο στοιχείο διαφοροποίησης των δύο μεθοδολογιών αποτελεί ο έλεγχος συμπερίληψης του συνόλου των ανεξάρτητων μεταβλητών εντός του εκάστοτε μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, προτού εκτιμηθούν οι άγνωστες παράμετροι αυτού. Πιο συγκεκριμένα, ο εν λόγω προκαταρκτικός έλεγχος στηρίζεται στη διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των επιμέρους ανεξάρτητων μεταβλητών και η ικανοποίηση αυτού έγκειται στην εξασφάλιση μηδενικής συσχέτισης μεταξύ των συγκεκριμένων μεταβλητών. Η προαναφερθείσα απαίτηση διατυπώνεται μέσω της παρακάτω μαθηματικής σχέσης:

$$\rho(x_i, x_j) \rightarrow 0, \forall i \neq j$$

Η εκτίμηση των αγνώστων παραμέτρων ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, του οποίου η ανάπτυξη βασίζεται στη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, **πραγματοποιείται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων**. Ειδικότερα, κάθε διάνυσμα τιμών των εν λόγω παραμέτρων καθορίζει μία μοναδική συναρτησιακή σχέση μεταξύ των μεταβλητών που αποτυπώνεται γεωμετρικά μέσω μίας ευθείας γραμμής. Σκοπός της εν λόγω μεθόδου είναι η εύρεση του προαναφερθέντος διανύσματος και κατ' επέκταση της αντίστοιχης ευθείας παλινδρόμησης, μέσω της οποίας ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων μεταξύ αυτής και των παρατηρήσεων του δείγματος.



Διάγραμμα 3.1: Παρατηρήσεις Δείγματος - Ευθεία Παλινδρόμησης

### 3.3.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση (Log-Normal Regression)

Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποτελεί έναν μετασχηματισμό της γραμμικής παλινδρόμησης που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Ο εν λόγω μετασχηματισμός έγκειται στη φυσική λογαρίθμηση της εξαρτημένης μεταβλητής του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, ώστε να συσχετιστεί γραμμικά με τις επιμέρους ανεξάρτητες μεταβλητές αυτού. Η αναπτυσσόμενη - μεταξύ των μεταβλητών - σχέση σκιαγραφείται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$\ln(y_i) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \dots + \beta_k \cdot x_{ki} + \varepsilon_i$$

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι βάσεις δεδομένων απαιτείται να περιλαμβάνουν θετικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, ώστε να μπορεί να υφίσταται ο φυσικός λογάριθμος των συγκεκριμένων τιμών. Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει ότι ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής του εκάστοτε μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης ακολουθεί την κανονική κατανομή.

### 3.3.3 Παλινδρόμηση «Poisson» («Poisson» Regression)

Η παλινδρόμηση «Poisson» συνιστά μία από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους σύνθεσης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, του οποίου η εξαρτημένη μεταβλητή αφορά διακριτά και ανεξάρτητα γεγονότα. Η παρουσίαση της συγκεκριμένης μεθόδου πραγματοποιείται μέσω ενός παραδείγματος, του οποίου η θεματολογία είναι συναφής με αυτήν της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και σχετίζεται με τον προσδιορισμό του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται σε ένα σύνολο αστικών οδικών τμημάτων κατά τη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις συγκροτούν ανεξάρτητα - μεταξύ τους - γεγονότα που παρουσιάζουν χαμηλή συχνότητα πραγματοποίησης, ώστε να εξασφαλισθεί - πέραν της ανεξαρτησίας των «συμβάντων» - η διακριτότητα του πλήθους αυτών. Κατά συνέπεια, δύναται να υποτεθεί ότι η τυχαία μεταβλητή, η οποία πρόκειται να αποτυπώσει το συνολικό πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων, περιγράφεται από την κατανομή «Poisson» και κατ' επέκταση η πιθανότητα πραγματοποίησης «y<sub>i</sub>» ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε ένα σύνολο αστικών οδικών τμημάτων κατά τη διάρκεια μίας προκαθορισμένης χρονικής περιόδου, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$P(y_i) = \frac{\lambda_i^{y_i} \cdot e^{-\lambda_i}}{y_i!}$$

- λ<sub>i</sub>: Παράμετρος της κατανομής «Poisson» που συνιστά τον μέσο όρο αυτής, ήτοι τον αναμενόμενο μέσο αριθμό των ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στην εξεταζόμενη περιοχή κατά τη διάρκεια μίας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.

Η παραπάνω μαθηματική σχέση δύναται να μετασχηματιστεί, ώστε να είναι γνωστός ο αριθμός των ποδηλατικών μετακινήσεων που ενδέχεται να πραγματοποιηθούν για ένα δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Επομένως, η πιθανότητα πραγματοποίησης «x» - κατ' ανώτατο όριο - ποδηλατικών μετακινήσεων υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\Pi(x) = \sum_{z=0}^x \frac{\lambda^z \cdot e^{-\lambda}}{z!}$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης «Poisson» έγκειται στην εύρεση της παραμέτρου «λ», μέσω της οποίας δύναται να υπολογιστεί η πιθανότητα διενέργειας ενός δεδομένου αριθμού ποδηλατικών μετακινήσεων. Ο προσδιορισμός της συγκεκριμένης παραμέτρου πραγματοποιείται μέσω της χρήσης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης που αναπτύσσεται μέσω της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Ειδικότερα, η εν λόγω παράμετρος υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\lambda_i = \text{EXP}([\beta_k] \cdot [x_i]) \rightarrow \ln(\lambda_i) = [\beta_k] \cdot [x_i]$$

- $\beta_k$ : Διάνυσμα των αγνώστων παραμέτρων που βαθμονομούν το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης.
- $x_i$ : Διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

Η εκτίμηση του διανύσματος των αγνώστων παραμέτρων, οι οποίες βαθμονομούν την παραπάνω μαθηματική σχέση, **πραγματοποιείται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας**. Αναλυτικότερα, το προαναφερθέν διάνυσμα υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$L([\beta_k]) = \prod_{i=1}^n \frac{(\text{EXP}([\beta_k] \cdot [x_i]))^{y_i} \cdot \text{EXP}(-\text{EXP}([\beta_k] \cdot [x_i]))}{y_i!} \rightarrow$$

$$\rightarrow LL([\beta_k]) = \sum_{i=1}^n (y_i \cdot [\beta_k] \cdot [x_i] - \text{EXP}([\beta_k] \cdot [x_i]) - \ln(y_i!))$$

### 3.3.4 Αρνητική Διωνυμική Παλινδρόμηση (Negative Binomial Regression)

Η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση συνιστά μία διαδεδομένη μέθοδο σύνθεσης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, όταν δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί η παλινδρόμηση «Poisson» που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω μέθοδος χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η δειγματική διακύμανση των παρατηρήσεων ενός δείγματος  $[y_1, y_2, \dots, y_n]$ , το οποίο αποτυπώνει την τυχαία μεταβλητή «Y» που πρόκειται να αποτελέσει την εξαρτημένη μεταβλητή του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη δειγματική μέση τιμή. Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη μέθοδος **αποτελεί μία γενικευμένη μορφή της παλινδρόμησης «Poisson»**, καθώς χρησιμοποιείται μία πανομοιότυπη μαθηματική εξίσωση για την εκτίμηση της παραμέτρου « $\lambda_i$ » που εκφράζει τον μέσο όρο, προσαρτώντας έναν επιπρόσθετο όρο αντιστάθμισης που αφορά τη «μεγάλη» δειγματική διακύμανση των παρατηρήσεων του προαναφερθέντος δείγματος. Η εν λόγω παράμετρος υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$\lambda_i = \text{EXP}([\beta_k] \cdot [x_i] + \varepsilon_i) \rightarrow \ln(\lambda_i) = [\beta_k] \cdot [x_i] + \varepsilon_i$$

- $\beta_k$ : Διάνυσμα των αγνώστων παραμέτρων που βαθμονομούν το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης.
- $x_i$ : Διάνυσμα των ανεξάρτητων μεταβλητών του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.
- $\varepsilon_i$ : Σφάλμα παλινδρόμησης που άπτεται της «μεγάλης» δειγματικής διακύμανσης των παρατηρήσεων του εξεταζόμενου δείγματος.

Ο προσδιορισμός του διανύσματος των αγνώστων παραμέτρων, οι οποίες βαθμονομούν την προαναφερθείσα μαθηματική σχέση, **διενεργείται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας**. Αναφορικά με τον όρο « $\varepsilon_i$ », θεωρείται ότι αυτός περιγράφεται από την κατανομή «Γάμμα» με παράμετρο σχήματος « $\theta$ » και παράμετρο κλίμακας « $\theta$ ». Επομένως, ο εν λόγω όρος σκιαγραφείται σύμφωνα με την παρακάτω συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας:

$$f(\varepsilon_i) = \frac{\theta^\theta}{\Gamma(\theta)} \cdot \varepsilon_i^{(\theta-1)} \cdot \text{EXP}(-\theta \cdot \varepsilon_i) \quad , \quad \varepsilon_i \sim \text{Gamma}(\theta, \theta)$$

Η συνάρτηση «Γάμμα» αποτυπώνεται μέσω της παρακάτω μαθηματικής σχέσης:

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{(x-1)} \cdot e^{-t} dt$$

Αξιοποιώντας το παράδειγμα που παρουσιάστηκε προηγουμένως για την περιγραφή της παλινδρόμησης «Poisson», θεωρείται ότι η τυχαία μεταβλητή, η οποία πρόκειται να αποτυπώσει το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων, περιγράφεται από την αρνητική διωνυμική κατανομή. Κατά συνέπεια, η πιθανότητα πραγματοποίησης « $y_i$ » ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες πραγματοποιούνται σε ένα σύνολο αστικών οδικών τμημάτων κατά τη διάρκεια μίας προκαθορισμένης χρονικής περιόδου, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$P(y_i) = \frac{\Gamma(\theta + y_i)}{y_i! \cdot \Gamma(\theta)} \cdot \left(\frac{\lambda_i}{\lambda_i + \theta}\right)^{y_i} \cdot \left(1 - \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \theta}\right)^\theta$$

Στη συνέχεια, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η δειγματική διακύμανση των παρατηρήσεων του δείγματος [ $y_1, y_2, \dots, y_n$ ], το οποίο αποτυπώνει την τυχαία μεταβλητή « $Y$ » που αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, υπολογίζεται βάσει της παρακάτω μαθηματικής σχέσης:

$$\text{Var}(y_i) = \lambda_i \cdot \left(1 + \frac{\lambda_i}{\theta}\right) > \lambda_i = E(y_i)$$

Αρνητική Διωνυμική Παλινδρόμηση:  $\theta \in \mathbb{R}^+$  , Παλινδρόμηση «Poisson»:  $\theta \rightarrow \infty$

### 3.4 Στατιστική Αξιολόγηση Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης

#### 3.4.1 Συντελεστές Ανεξαρτήτων Μεταβλητών

Αναφορικά με τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, θα πρέπει να προσφέρεται η **δυνατότητα λογικής ερμηνείας των προσήμων τους και - συνάμα - των αριθμητικών τους τιμών**. Πιο συγκεκριμένα, εάν το πρόσημο ενός συντελεστή είναι θετικό, η εξαρτημένη μεταβλητή αυξάνεται με την αύξηση της αντίστοιχης ανεξάρτητης μεταβλητής. Αντιθέτως, εάν το πρόσημο ενός συντελεστή είναι αρνητικό, η εξαρτημένη μεταβλητή μειώνεται με την αύξηση της αντίστοιχης ανεξάρτητης μεταβλητής. Επιπροσθέτως, η αύξηση - κατά μία μονάδα - μίας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση - κατά τον αντίστοιχο συντελεστή - της εξαρτημένης μεταβλητής.

#### 3.4.2 Ελαστικότητα Εξαρτημένης Μεταβλητής

Σε περίπτωση που η προαναφερθείσα αύξηση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής εκφράζεται ως ποσοστό, χρησιμοποιείται η μέθοδος της ελαστικότητας που **αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών**. Αξίζει να επισημανθεί ότι η συγκεκριμένη ευαισθησία είναι - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - ορθότερο να απεικονίζεται ως η ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που συνιστά αποτέλεσμα της ποσοστιαίας μεταβολής - κατά μία μονάδα - της εκάστοτε εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής. Τέλος, η ελαστικότητα - ως προς την εκάστοτε ανεξάρτητη μεταβλητή - της εξαρτημένης μεταβλητής υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$e_i = \frac{(\Delta y_i / y_i)}{(\Delta x_i / x_i)}$$

Αξίζει να επισημανθεί ότι η προαναφερθείσα μαθηματική σχέση δύναται να εφαρμοστεί στην περίπτωση που η ανεξάρτητη μεταβλητή συνιστά μία συνεχή μεταβλητή. Στον αντίποδα, όταν η εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή αποτελεί μία διακριτή μεταβλητή, χρησιμοποιείται η έννοια της τοξοειδούς ελαστικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$e_i = \frac{(y_2 - y_1) / ((y_1 + y_2) / 2)}{(x_2 - x_1) / ((x_1 + x_2) / 2)} = \frac{(y_2 - y_1) / (y_1 + y_2)}{(x_2 - x_1) / (x_1 + x_2)}$$

### 3.4.3 Στατιστική Σημαντικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, του οποίου η συναρτησιακή μορφή είναι γραμμική, αξιολογείται μέσω του κριτηρίου «t-test», ήτοι μέσω του συντελεστή «t» που προκύπτει μέσω της κατανομής «Student». Με άλλα λόγια, το συγκεκριμένο κριτήριο προσυπογράφει το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης. Ο προσδιορισμός του συγκεκριμένου συντελεστή, ο οποίος χαρακτηρίζει μία εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή, πραγματοποιείται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$t_i = \frac{\beta_i}{(\text{Std. Error})_i}$$

- $\beta_i$ : Συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής.
- $(\text{Std. Error})_i$ : Τυπικό σφάλμα της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής.

Λαμβάνοντας υπόψη τη μαθηματική σχέση που παρουσιάστηκε παραπάνω, είναι προφανές ότι η μείωση του τυπικού σφάλματος μίας ανεξάρτητης μεταβλητής αποφέρει την αύξηση του αντίστοιχου συντελεστή «t<sub>i</sub>» και κατ' επέκταση την ενδεχόμενη εξασφάλιση της στατιστικής επάρκειας της συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής. Ειδικότερα, εάν η τιμή του συντελεστή «t<sub>i</sub>» μίας εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής είναι μεγαλύτερη από την προκύπτουσα - μέσω της κατανομής «Student» - τιμή του αντίστοιχου συντελεστή για δεδομένους βαθμούς ελευθερίας και δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης, η εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή δύναται να θεωρηθεί στατιστικά σημαντική και κατ' επέκταση αποδεκτή για το δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Από την άλλη μεριά, η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, του οποίου η συναρτησιακή μορφή δεν είναι γραμμική, αξιολογείται μέσω του κριτηρίου των λόγων πιθανοφάνειας. Πιο συγκεκριμένα, το εν λόγω κριτήριο προσδιορίζει το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης που διαθέτει τη μεγαλύτερη επεξηγηματική ικανότητα, συγκρίνοντας το συνολικό και το απομειωμένο - κατά μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές - μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης. Ο προσδιορισμός του συντελεστή «X<sup>2</sup>» πραγματοποιείται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$X^2 = 2 \cdot (LL(\beta_U) - LL(\beta_R))$$

- $LL(\beta_U)$ : Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας του συνολικού μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.
- $LL(\beta_R)$ : Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας του απομειωμένου - κατά μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές - μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

Ο παραπάνω συντελεστής σκιαγραφείται από την κατανομή «χ<sup>2</sup>» με βαθμούς ελευθερίας, οι οποίοι ισούνται με τη διαφορά του πλήθους των ανεξάρτητων μεταβλητών που περιέχονται στο συνολικό και το απομειωμένο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης. Πιο συγκεκριμένα, εάν η τιμή του εν λόγω συντελεστή είναι μεγαλύτερη από την προκύπτουσα - μέσω της κατανομής «χ<sup>2</sup>» - τιμή του αντίστοιχου συντελεστή για δεδομένους βαθμούς ελευθερίας και δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης, προκύπτει ότι το συνολικό μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης διαθέτει μεγαλύτερη επεξηγηματική ικανότητα, γεγονός που συνεπάγεται ότι οι επιπρόσθετες ανεξάρτητες μεταβλητές μπορούν να θεωρηθούν στατιστικά σημαντικές και κατ' επέκταση αποδεκτές για το δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης.



### 3.4.4 Ποιότητα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης

Η ποιότητα ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, του οποίου η συναρτησιακή μορφή είναι γραμμική, καθορίζεται μέσω του συντελεστή προσδιορισμού «R<sup>2</sup>». Αναλυτικότερα, ο εν λόγω συντελεστής χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των αξιοποιούμενων δεδομένων στο εκάστοτε μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης και υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{SST - SSE}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

- SSR: Άθροισμα τετραγώνων της παλινδρόμησης.
- SST: Συνολικό άθροισμα τετραγώνων.
- SSE: Άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων.

Το **άθροισμα τετραγώνων της παλινδρόμησης** που αντικατοπτρίζει τη μεταβλητότητα των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής, η οποία ερμηνεύεται από την εκάστοτε μαθηματική εξίσωση παλινδρόμησης, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$$

- $\hat{y}_i$ : Προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.
- $\bar{y}$ : Δειγματική μέση τιμή των παρατηρήσεων του δείγματος [ $y_1, y_2, \dots, y_n$ ] που αποτυπώνει την εξαρτημένη μεταβλητή.

Το **συνολικό άθροισμα τετραγώνων**, το οποίο εκφράζει τη συνολική μεταβλητότητα των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

- $y_i$ : Παρατηρούμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.
- $\bar{y}$ : Δειγματική μέση τιμή των παρατηρήσεων του δείγματος [ $y_1, y_2, \dots, y_n$ ] που αποτυπώνει την εξαρτημένη μεταβλητή.

Το **άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων**, το οποίο αποτυπώνει τη μεταβλητότητα των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής που δεν περιγράφεται από την εκάστοτε μαθηματική εξίσωση παλινδρόμησης, υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = SST - SSR$$

- $y_i$ : Παρατηρούμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.
- $\hat{y}_i$ : Προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.

Ο συντελεστής προσδιορισμού «R<sup>2</sup>» αντικατοπτρίζει την **ποσοστιαία μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης**, ενώ παράλληλα λαμβάνει αριθμητικές τιμές που βρίσκονται εντός του διαστήματος [0, 1]. Όταν ο συγκεκριμένος συντελεστής λαμβάνει αριθμητικές τιμές που εντοπίζονται πλησίον του «1», αυτό υποδεικνύει την καλή προσαρμογή των χρησιμοποιούμενων δεδομένων στο εξεταζόμενο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης και κατ' επέκταση την υψηλή ποιότητα αυτού. Στον

αντίποδα, όταν ο συντελεστής προσδιορισμού « $R^2$ » λαμβάνει αριθμητικές τιμές που βρίσκονται πλησίον του «0», αυτό συνεπάγεται την κακή προσαρμογή των χρησιμοποιούμενων δεδομένων στο εξεταζόμενο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης και κατ' επέκταση τη χαμηλή ποιότητα αυτού. Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος συντελεστής αξιοποιείται ως συγκριτικό κριτήριο μεταξύ δύο ή περισσότερων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, γεγονός που συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει μία προκαθορισμένη τιμή που να θεωρείται αποδεκτή. Κατά συνέπεια, ο καθορισμός του καταλληλότερου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης βασίζεται στον εντοπισμό εκείνου που χαρακτηρίζεται από τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή προσδιορισμού « $R^2$ ».

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο παραπάνω συντελεστής δύναται να τροποποιηθεί βάσει των βαθμών ελευθερίας, τους οποίους εμφανίζουν τα επιμέρους αθροίσματα των τετραγώνων που παρατέθηκαν παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, οι βαθμοί ελευθερίας του εκάστοτε αθροίσματος τετραγώνων υπολογίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις:

$$DOF_{SSR} = p - 1 \quad , \quad DOF_{SST} = n - 1 \quad , \quad DOF_{SSE} = n - p$$

- $p$ : Πλήθος παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.
- $n$ : Πλήθος παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής.

Ο **προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού « $R^2_{adjusted}$ »** φαίνεται - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - να προτιμάται - έναντι του συντελεστή προσδιορισμού « $R^2$ » - για τη σύγκριση δύο ή περισσότερων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, διότι συνυπολογίζει επιπρόσθετους παράγοντες που αποτελούν χαρακτηριστικά γνωρίσματα του εκάστοτε μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Ο εν λόγω συντελεστής υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$R^2_{adjusted} = 1 - \frac{SSE/(n-p)}{SST/(n-1)} = 1 - \frac{(n-1) \cdot SSE}{(n-p) \cdot SST}$$

Οι παραπάνω συντελεστές δεν είναι - όπως έχει προαναφερθεί - χρησιμοποιήσιμοι στην περίπτωση ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, του οποίου η συναρτησιακή μορφή δεν είναι γραμμική. Ο συγκεκριμένος περιορισμός έγκειται στη μεθοδολογία υπολογισμού του διανύσματος των αγνώστων παραμέτρων, οι οποίοι βαθμονομούν ένα τέτοιο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, καθώς δεν χρησιμοποιείται η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων. Εντούτοις, προσφέρεται η δυνατότητα για τον προσδιορισμό του συντελεστή « $R^2_{pseudo}$ » που υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$R^2_{pseudo} = 1 - \frac{LL(\text{ideal model}) - LL(\text{actual model})}{LL(\text{ideal model}) - LL(\text{steady model})} = \frac{LL(\text{actual model}) - LL(\text{steady model})}{LL(\text{ideal model}) - LL(\text{steady model})}$$

- $LL(\text{ideal model})$ : Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας ενός ιδεατού μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, το οποίο εξισώνει το σύνολο των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής με το σύνολο των αντίστοιχων προβλεπόμενων τιμών.
- $LL(\text{actual model})$ : Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης που περιλαμβάνει το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών και τον σταθερό όρο.
- $LL(\text{steady model})$ : Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης που περιλαμβάνει τον σταθερό όρο και μόνο.

### 3.4.5 Σφάλμα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης

Αναφορικά με το σφάλμα παλινδρόμησης των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, των οποίων η συναρτησιακή μορφή είναι γραμμική, αυτό απαιτείται να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Κανονικότητα σφάλματος παλινδρόμησης: Τα επιμέρους σφάλματα παλινδρόμησης **οφείλουν να ακολουθούν την κανονική κατανομή**.
- Ανεξαρτησία σφάλματος παλινδρόμησης: Τα επιμέρους σφάλματα παλινδρόμησης **απαιτείται να παρουσιάζουν «χαμηλές» αριθμητικές τιμές του συντελεστή συσχέτισης**.
- Ομοσκεδαστικότητα σφάλματος παλινδρόμησης: Τα επιμέρους σφάλματα παλινδρόμησης **απαιτείται να παρουσιάζουν σταθερή διακύμανση**.

Αντιθέτως, η απόκλιση των παρατηρούμενων - υπό πραγματικές συνθήκες - αριθμητικών τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής από την καμπύλη παλινδρόμησης που αντικατοπτρίζει ένα μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, του οποίου η συναρτησιακή μορφή δεν είναι γραμμική, αντικατοπτρίζεται μέσω του συντελεστή «G<sup>2</sup>». Ο εν λόγω συντελεστής υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$G^2 = 2 \cdot (LL(\text{ideal model}) - LL(\text{actual model}))$$

- LL(ideal model): Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας ενός ιδεατού μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, το οποίο εξισώνει το σύνολο των παρατηρούμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής με το σύνολο των αντίστοιχων προβλεπόμενων τιμών.
- LL(actual model): Λογάριθμος της συνάρτησης μέγιστης πιθανοφάνειας του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης που περιλαμβάνει το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών και τον σταθερό όρο.

Ο συγκεκριμένος συντελεστής ισούται με «0», όταν το εκάστοτε μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης παρέχει ακριβή περιγραφή της πραγματικότητας. Ωστόσο, η προαναφερθείσα αριθμητική τιμή του παραπάνω συντελεστή δεν δύναται να επιτευχθεί σε πρακτικό επίπεδο. Συνεπώς, όταν ο εν λόγω συντελεστής λαμβάνει αριθμητικές τιμές που βρίσκονται πλησίον του «0», αυτό συνεπάγεται την αντιπροσωπευτικότητα και την αξιοπιστία του εξεταζόμενου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

## 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Συλλογή και Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην εν λόγω Διπλωματική Εργασία, ώστε να αποτυπωθεί μία εναργής εικόνα σχετικά με την ποιότητα και την αξιοπιστία αυτών. Το 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο συνίσταται από δύο ενότητες, όπου στην πρώτη περιγράφεται η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων, παραθέτοντας - μεταξύ άλλων - ορισμένες χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις χρησιμοποιούμενες πηγές άντλησης αυτών και τις εξεταζόμενες περιοχές. Η δεύτερη ενότητα παρουσιάζει τη διαδικασία της πρωτογενούς επεξεργασίας των δεδομένων, περιγράφοντας τις απαραίτητες τροποποιήσεις των αρχικών βάσεων δεδομένων, ώστε να διευκολυνθεί η διαχείριση και η κατανόηση αυτών. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα και χάρτες «θερμότητας» που αποτελούν την περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

### 4.1 Συλλογή Στατιστικών Στοιχείων

#### 4.1.1 Πλατφόρμα «Strava Metro»

Η συλλογή της πλειοψηφίας των απαραίτητων στατιστικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε μέσω της πλατφόρμας «Strava Metro», η οποία αποτελεί μία αναδυόμενη πηγή δεδομένων σχετικά με την κυκλοφορία των ποδηλάτων, συλλέγοντας τα στοιχεία μέσω της αντίστοιχης ποδηλατικής και δρομικής εφαρμογής για «έξυπνα» κινητά τηλέφωνα. Ειδικότερα, η βάση δεδομένων της συγκεκριμένης πλατφόρμας αποτελεί τη μεγαλύτερη - σε παγκόσμιο επίπεδο - πηγή δεδομένων σχετικά με μετακινήσεις που πραγματοποιούνται με την ανθρώπινη ενέργεια και μόνο, όπως οι ποδηλατικές μετακινήσεις και οι μετακινήσεις πεζών. Απώτερος στόχος αυτής είναι η παροχή της απαραίτητης υποστήριξης στις κοινότητες που επιθυμούν να προσφέρουν ένα υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης προς τους ποδηλατιστές και αυτούς, οι οποίοι προτιμούν την πεζή μετακίνηση.

Η πλατφόρμα συγκεντρώνει την παρεχόμενη πληροφορία μέσω GPS (Global Positioning System), αφαιρεί τα αναγνωριστικά στοιχεία των χρηστών της ομώνυμης εφαρμογής και συνάγει το τελικό προϊόν των στατιστικών στοιχείων, συντάσσοντας το εν λόγω σύνολο δεδομένων. Επιπροσθέτως, η βάση δεδομένων της πλατφόρμας «Strava Metro» είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το λογισμικό «OpenStreetMap» που διανέμει γεωγραφικά δεδομένα σε ολόκληρο τον κόσμο, ενώ παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς χρέωση. Εξήγηση αυτού συνιστά το γεγονός ότι η πλατφόρμα «Strava Metro» διεξάγει λεπτομερή χωρική ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώνει, χρησιμοποιώντας τρία διαφορετικά επίπεδα χωρικής ανάλυσης, όπως το «επίπεδο» οδικών τμημάτων, το «επίπεδο» διασταυρώσεων και το «επίπεδο» πολυγώνων προέλευσης και πολυγώνων προορισμού των εκάστοτε μετακινήσεων. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αντιστοιχίζονται στο πλησιέστερο οδικό τμήμα που συνιστά - σύμφωνα με το λογισμικό «OpenStreetMap» - ένα γραμμικό χαρακτηριστικό επί της επιφάνειας του εδάφους.

#### 4.1.2 Εξεταζόμενες Περιοχές

Πρόθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η μελέτη ορισμένων Δήμων της Αττικής, όπου δεν υφίσταται σύστημα ποδηλατοδρόμων και εξετάζεται η κατασκευή νέων υποδομών με απώτερο σκοπό την προώθηση των βιώσιμων μετακινήσεων ή όπου υφίσταται σύστημα ποδηλατοδρόμων και εξετάζεται η αναβάθμιση των υπαρχουσών υποδομών με απώτερο σκοπό τη διευκόλυνση των χρηστών και την προάσπιση της οδικής ασφάλειας. Συμπερασματικά, οι αστικές περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων, οι οποίες συνιστούν Δήμους του Βορείου Τομέα των Αθηνών στην Περιφέρεια της Αττικής, αποφασίστηκε να αποτελέσουν τις εξεταζόμενες περιοχές της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας εξαιτίας του διευρυμένου - συγκριτικά με άλλους Δήμους της Αττικής - δικτύου ποδηλατοδρόμων που διαθέτουν.

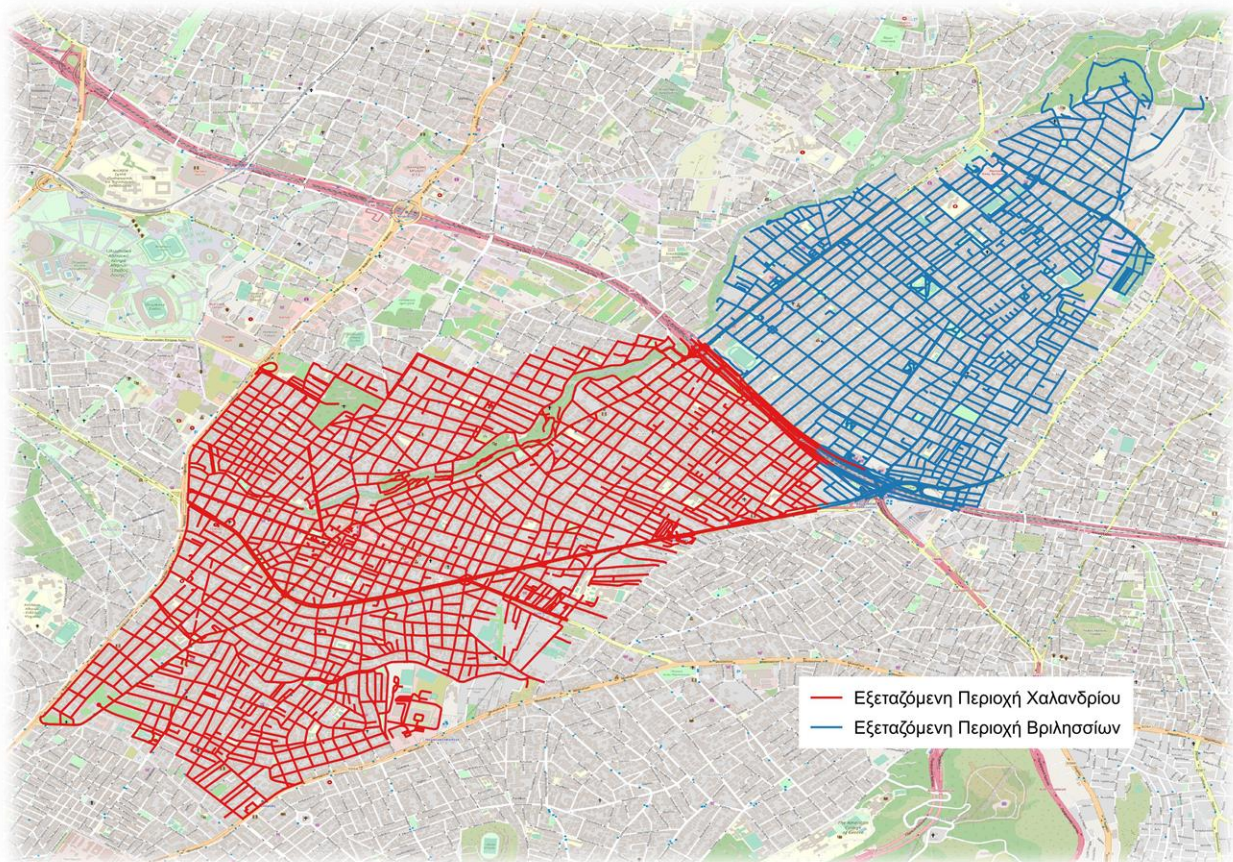
Πιο συγκεκριμένα, ο Δήμος του Χαλανδρίου εντοπίζεται σε ένα εξαιρετικά κομβικό σημείο του λεκανοπεδίου της Αττικής και η έκτασή του ανέρχεται στα 10.8 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Σύμφωνα με μία πρόσφατη απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ), η οποία διενεργήθηκε κατά τη διάρκεια του έτους 2021, ο πληθυσμός της περιοχής ανέρχεται στους 77.000 κατοίκους. Παράλληλα, ο Δήμος του Χαλανδρίου



διαθέτει - όπως έχει προαναφερθεί - διευρυμένο σύστημα ποδηλατοδρόμων, του οποίου το μήκος ισούται με 5.1 χιλιόμετρα. Ο εν λόγω υπολογισμός διενεργήθηκε μέσω του χάρτη ποδηλατικών υποδομών του Κου Κωνσταντίνου Αθανασόπουλου, Δρ Μηχανικού Μεταφορών στον Τομέα Βιώσιμης Κινητικότητας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το εν λόγω δίκτυο ποδηλατοδρόμων συνδέει τον σταθμό «Δουκίσσης Πλακεντίας» του Μετρό και του Προαστιακού Σιδηροδρόμου με το κέντρο του Χαλανδρίου.

Στον αντίποδα, ο **Δήμος των Βριλησίων** συνορεύει νοτιοδυτικά με τον Δήμο του Χαλανδρίου και η έκταση του ανέρχεται στα 3.8 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Λαμβάνοντας υπόψη την προαναφερόμενη απογραφή, ο πληθυσμός της συγκεκριμένης αστικής περιοχής ανέρχεται στους 32.500 κατοίκους. Επιπροσθέτως, ο Δήμος των Βριλησίων διαθέτει - όπως έχει προαναφερθεί - διευρυμένο δίκτυο ποδηλατοδρόμων, του οποίου το μήκος ανέρχεται στα 5.5 χιλιόμετρα. Ο εν λόγω υπολογισμός πραγματοποιήθηκε μέσω του χάρτη ποδηλατικών υποδομών του Κου Κωνσταντίνου Αθανασόπουλου, Δρ Μηχανικού Μεταφορών στον Τομέα Βιώσιμης Κινητικότητας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επιπλέον, το εξεταζόμενο ποδηλατικό δίκτυο συνδέει τον σταθμό «Δουκίσσης Πλακεντίας» του Μετρό και του Προαστιακού Σιδηροδρόμου με το κέντρο των Βριλησίων, ενώ παράλληλα ολοκληρώνεται στο δημοτικό αθλητικό κέντρο «Νίκος Περκίζας». Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το βασικό τμήμα του δικτύου των ποδηλατοδρόμων στην περιοχή των Βριλησίων συνδέεται με αυτό στην περιοχή του Χαλανδρίου, συγκροτώντας μία ενιαία και συνεχή ποδηλατική διαδρομή, της οποίας το μήκος ανέρχεται στα 10.0 χιλιόμετρα.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εστιάζει στα τμήματα των δύο παραπάνω περιοχών, τα οποία εμπεριέχουν το **σύνολο του δικτύου των ποδηλατοδρόμων** που συναντάται σε αυτές. Συνεπώς, η μελέτη της περιοχής του Χαλανδρίου πραγματοποιήθηκε σε μία έκταση που καλύπτει 7.9 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ αυτή της περιοχής των Βριλησίων πραγματοποιήθηκε στο σύνολο της έκτασης του εν λόγω Δήμου.



Εικόνα 4.1: Εξεταζόμενες Περιοχές



### 4.1.3 Στατιστικά Στοιχεία

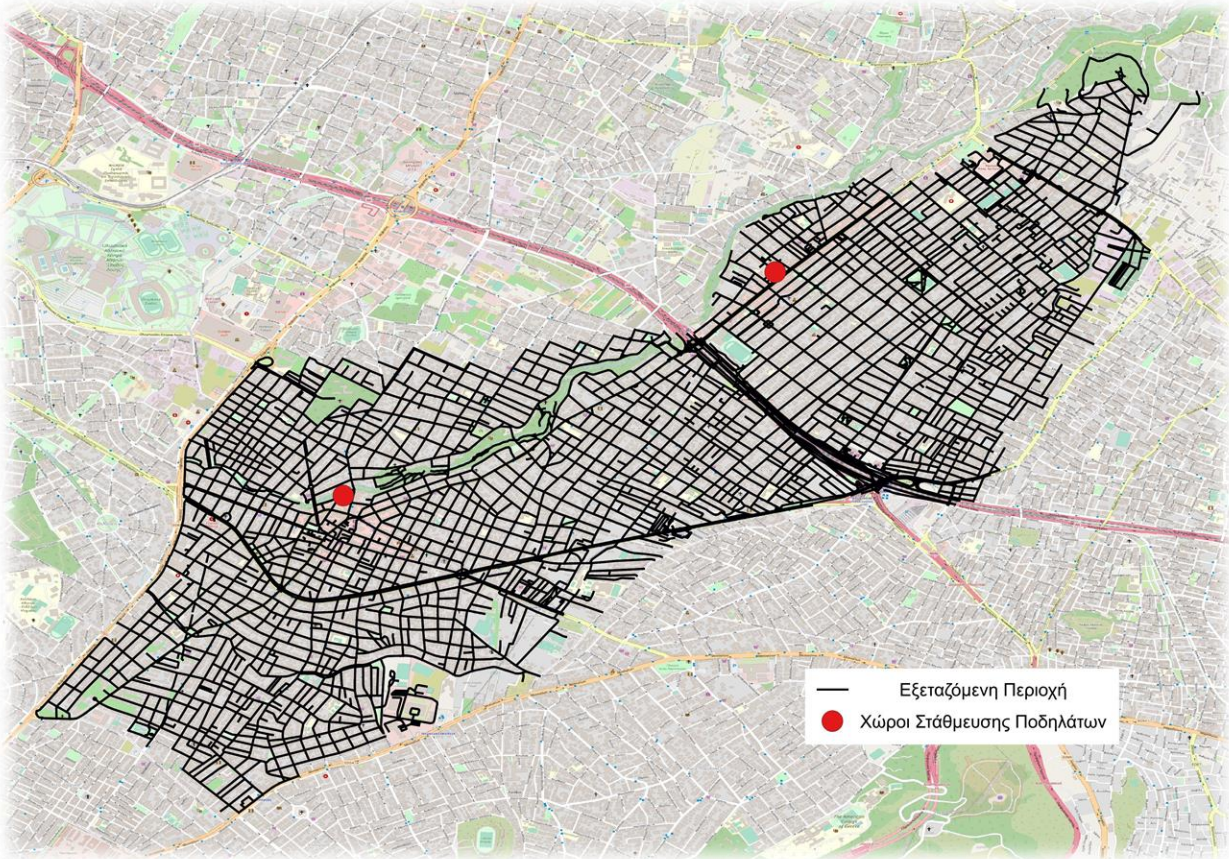
Το σύνολο των δεδομένων, τα οποία προέρχονται από την πλατφόρμα «Strava Metro», [σχετίζονται με την καθημερινή ποδηλατική δραστηριότητα των κατοίκων των εξεταζόμενων περιοχών που σημειώθηκε κατά τη διάρκεια των ετών 2021 και 2022](#). Ειδικότερα, η βάση δεδομένων της περιοχής του Χαλανδρίου περιλαμβάνει 2.620 οδικά τμήματα, όπως αυτά έχουν οριστεί από την πλατφόρμα «Strava Metro», ήτοι οδικά τμήματα που βρίσκονται μεταξύ διασταυρώσεων. Αυτά αντιστοιχούν σε 1.061 οδικά τμήματα, όπως αυτά έχουν οριστεί από το λογισμικό «OpenStreetMap», ενώ η περιοχή του Χαλανδρίου απαρτίζεται από 1.672 οδικά τμήματα του παραπάνω λογισμικού. Η εν λόγω διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι δεν καταγράφηκε ποδηλατική δραστηριότητα σε ορισμένα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής. Από την άλλη μεριά, η βάση δεδομένων της περιοχής των Βριλησίων συμπεριλαμβάνει 1.441 οδικά τμήματα της πλατφόρμας «Strava Metro». Αυτά αντιστοιχούν σε 529 οδικά τμήματα του λογισμικού «OpenStreetMap», παρόλο που η περιοχή των Βριλησίων απαρτίζεται από 1.051 οδικά τμήματα του παραπάνω λογισμικού. Η συγκεκριμένη διαφορά έγκειται στην παραπάνω παρατήρηση που αφορούσε την περιοχή του Χαλανδρίου.

Συνεχίζοντας με [τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν μέσω της πλατφόρμας «Strava Metro»](#), αξίζει να σημειωθεί ότι η βάση δεδομένων της εκάστοτε περιοχής περιλαμβάνει τις συνολικές ημερήσιες ποδηλατικές μετακινήσεις που διενεργήθηκαν σε κάθε οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια του εκάστοτε έτους. Εν συνεχεία, αυτές διαχωρίζονται ανάλογα με τον σκοπό της εκάστοτε ποδηλατικής μετακίνησης, ήτοι την ικανοποίηση δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα ή την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής. Επιπροσθέτως, οι βάσεις δεδομένων αποδίδουν την ωριαία χρονική διακύμανση των ποδηλατικών μετακινήσεων διαμέσου της κατηγοριοποίησης αυτών σε πρωινές ποδηλατικές μετακινήσεις (από τις 5 π.μ. έως τις 10 π.μ.), μεσημεριανές ποδηλατικές μετακινήσεις (από τις 10 π.μ. έως τις 3 μ.μ.), απογευματινές ποδηλατικές μετακινήσεις (από τις 3 μ.μ. έως τις 8 μ.μ.) και βραδινές ποδηλατικές μετακινήσεις (από τις 8 μ.μ. έως τις 5 π.μ.). Ακολούθως, το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων καταμερίζεται ανάλογα με το φύλο και την ηλικία των μετακινούμενων, ενώ παράλληλα επεκτείνεται ο διαχωρισμός αυτού ανάλογα με τον τύπο του ποδηλάτου που χρησιμοποιείται για τη διενέργεια της εκάστοτε ποδηλατικής μετακίνησης, ήτοι συμβατικό ποδήλατο ή ηλεκτρικό ποδήλατο. Τέλος, οι βάσεις δεδομένων εμπεριέχουν τη μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων. Συμπληρωματικά, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι συγκεκριμένες βάσεις δεδομένων συγκεντρώνουν τις μεταβλητές που εξηγήθηκαν παραπάνω, πραγματοποιώντας έναν διαχωρισμό ανάλογα με την κατεύθυνση των ποδηλατικών μετακινήσεων.

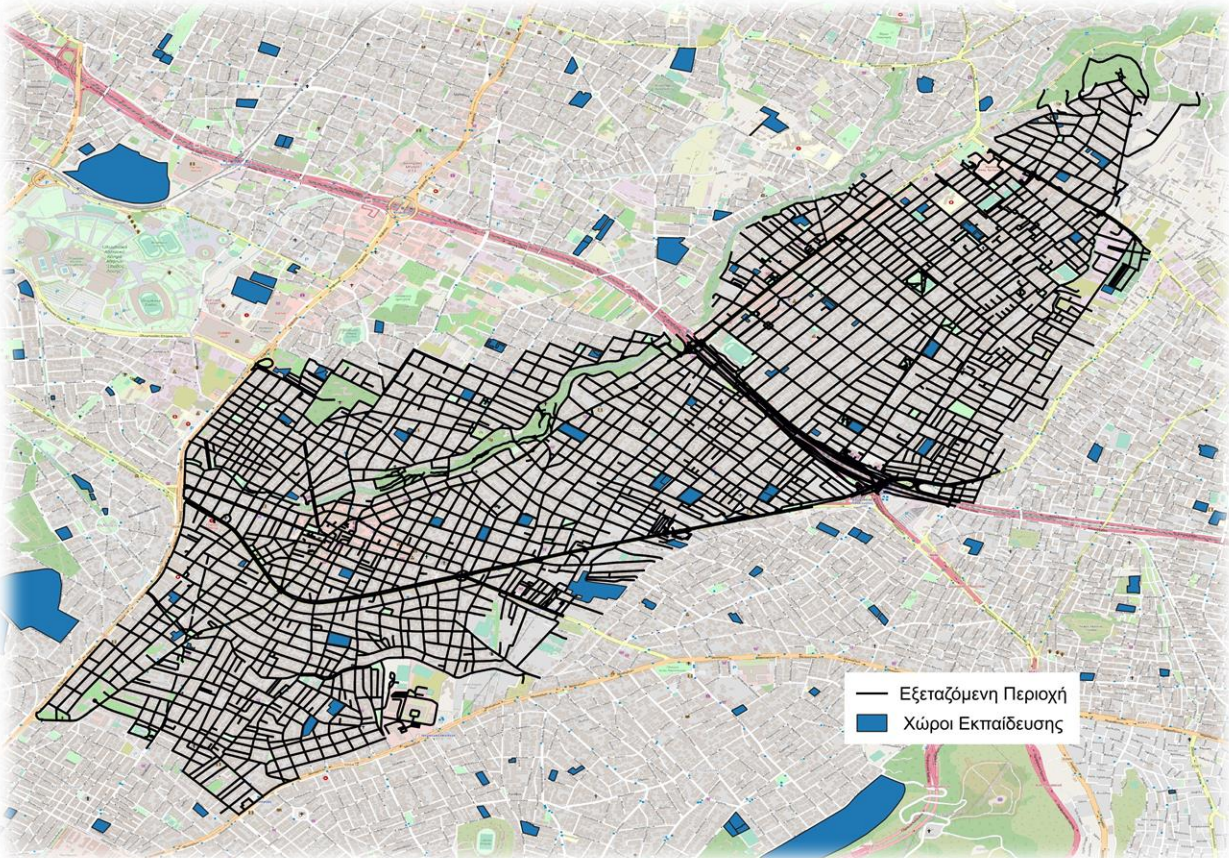
Έπειτα, η βάση δεδομένων της εκάστοτε περιοχής εμπλουτίστηκε με επιπρόσθετα στοιχεία, τα οποία σχετίζονται με τις οδικές και τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στο εξεταζόμενο οδικό δίκτυο, ενώ παράλληλα συγκεντρώθηκαν δεδομένα σχετικά με διάφορες εγκαταστάσεις που εντοπίζονται στον περιβάλλοντα χώρο αυτού. Οι εν λόγω πληροφορίες [συλλέχθηκαν μέσω του λογισμικού «OpenStreetMap» σε συνεργασία με το λογισμικό «QGIS»](#), το οποίο χρησιμοποιείται για την προβολή, την επεξεργασία και την ανάλυση χωρικών δεδομένων σε ολόκληρο τον κόσμο.

Αρχικά, αναγνωρίστηκαν τα υφιστάμενα τμήματα ποδηλατοδρόμου που βρίσκονται εντός των εξεταζόμενων περιοχών, αξιοποιώντας - σε συνεργασία με τα προαναφερθέντα λογισμικά - τον χάρτη ποδηλατικών υποδομών του Κου Κωνσταντίνου Αθανασόπουλου, Δρ Μηχανικού Μεταφορών στον Τομέα Βιώσιμης Κινητικότητας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Εν συνεχεία, προσδιορίστηκαν οι κατηγορίες των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων, ενώ παράλληλα συλλέχθηκαν δεδομένα σχετικά με το πλήθος των λωρίδων κυκλοφορίας, την εφαρμογή συνθηκών μονοδρόμησης και το μήκος αυτών. Τέλος, αναζητήθηκαν ορισμένες υποδομές διευκόλυνσης των ποδηλατιστών και εγκαταστάσεις πραγματοποίησης διαφόρων δραστηριοτήτων που επιδρούν - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - στη διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων, όπως χώροι στάθμευσης ποδηλάτων, χώροι εκπαίδευσης, πάρκα αναψυχής, στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς και χώροι άθλησης. Στοχεύοντας στον καθορισμό ενός ποσοτικού μέτρου που αποτυπώνει την επιρροή των συγκεκριμένων υποδομών και εγκαταστάσεων στη διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων, αποφασίστηκε να υπολογιστούν οι αποστάσεις του εκάστοτε οδικού τμήματος από τις πλησιέστερες υποδομές και εγκαταστάσεις που παρατέθηκαν προηγουμένως.



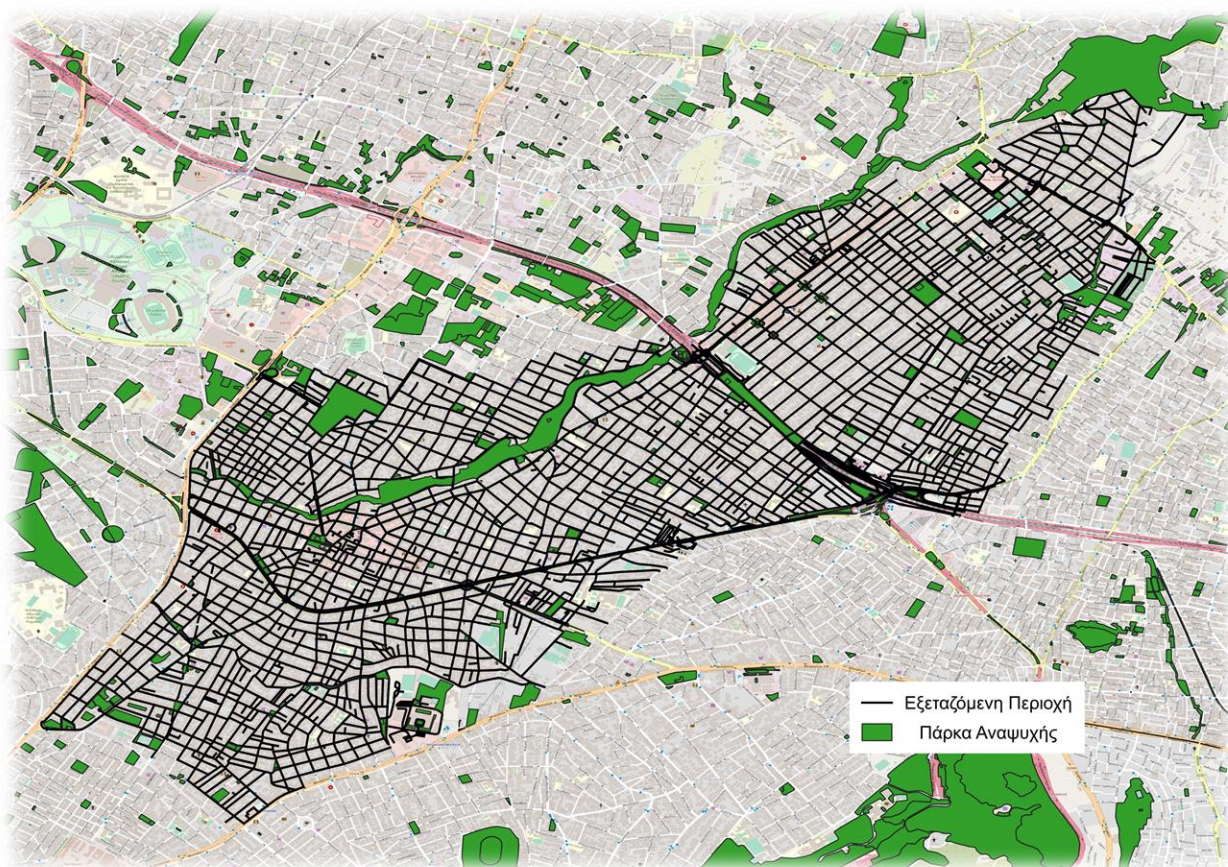


Εικόνα 4.2: Χώροι Στάθμευσης Ποδηλάτων

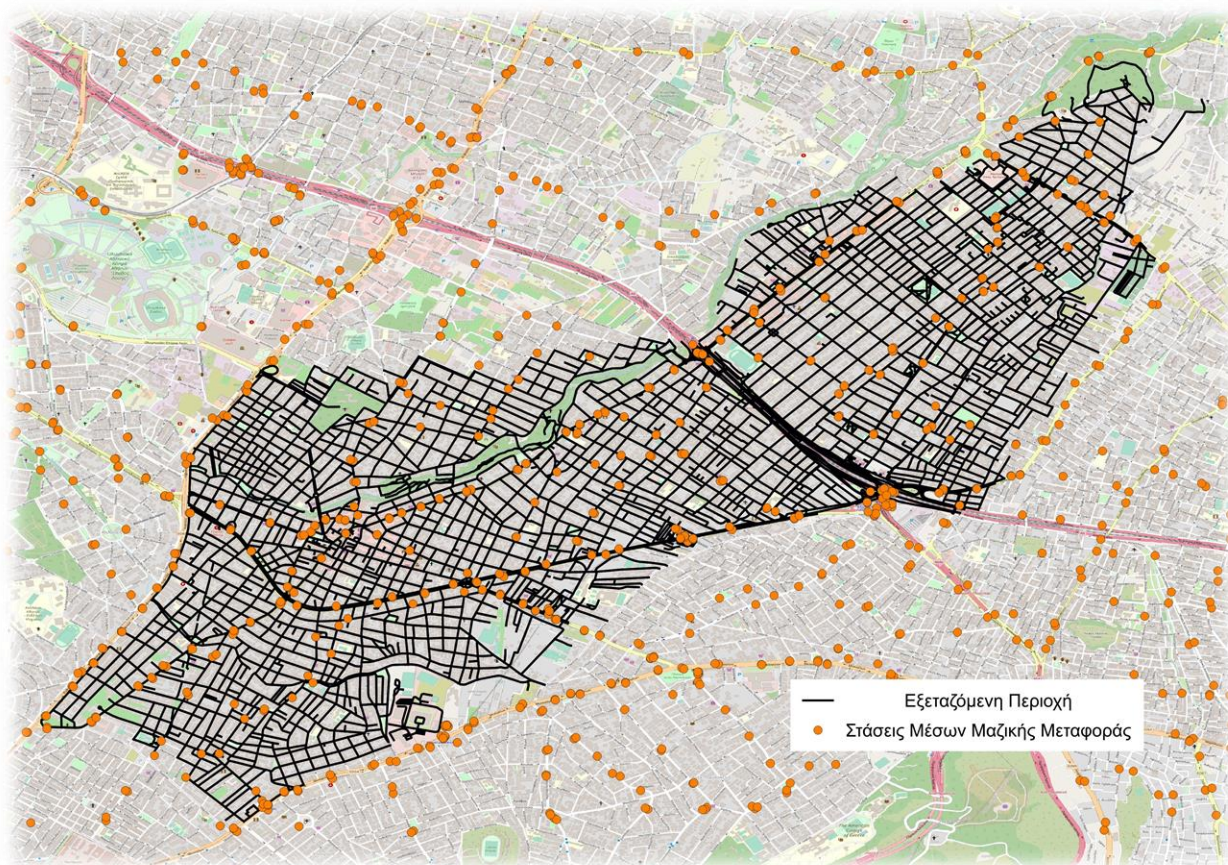


Εικόνα 4.3: Χώροι Εκπαίδευσης



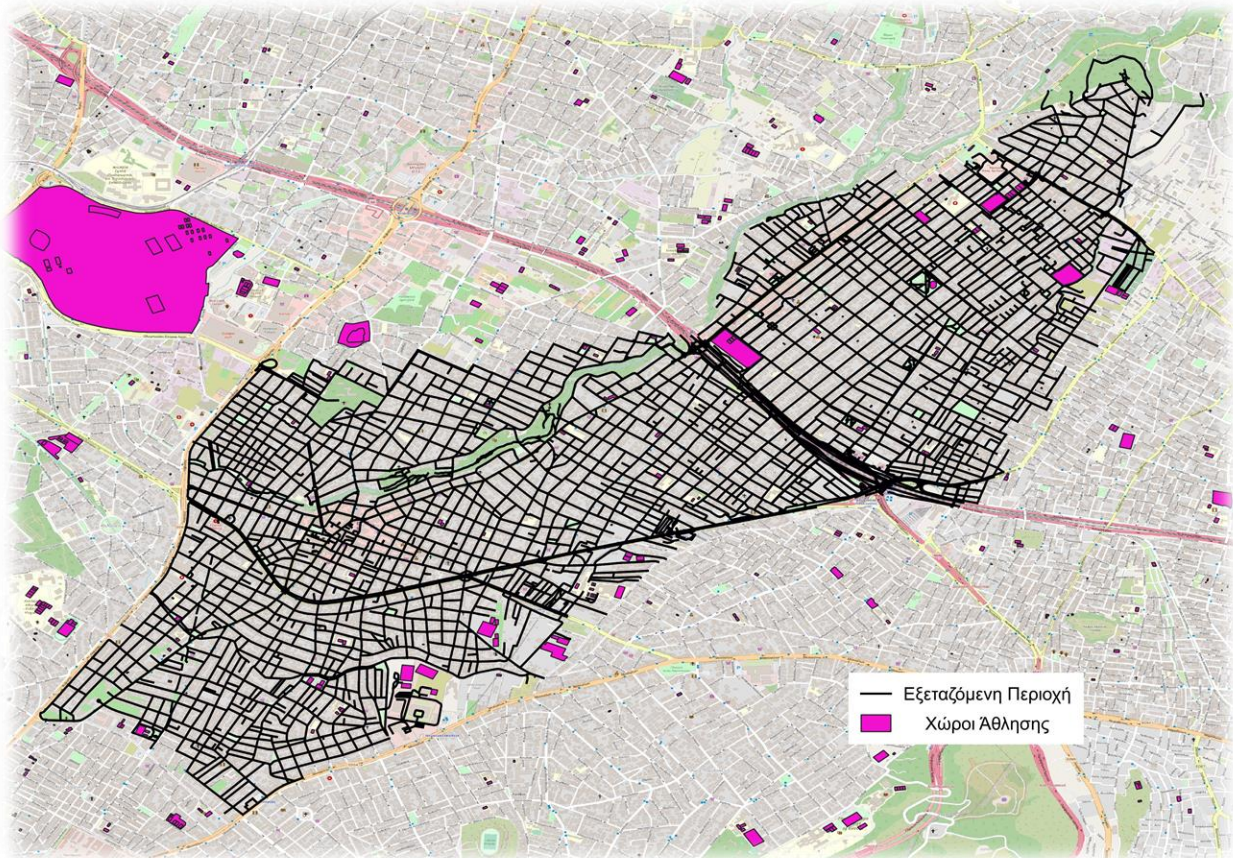


Εικόνα 4.4: Πάρκα Αναψυχής



Εικόνα 4.5: Στάσεις Μέσων Μαζικής Μεταφοράς





Εικόνα 4.6: Χώροι Άθλησης

## 4.2 Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων

### 4.2.1 Πρωτογενής Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων

Η διαδικασία πρωτογενούς επεξεργασίας των στατιστικών στοιχείων **αφορά - ως επί το πλείστον - τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω της πλατφόρμας «Strava Metro»**. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω διαδικασία ξεκίνησε με την απαλοιφή του διαχωρισμού των επιμέρους μεταβλητών ανάλογα με την κατεύθυνση των ποδηλατικών μετακινήσεων, αθροίζοντας το πλήθος των ημερήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων της εκάστοτε μεταβλητής που διενεργήθηκαν προς τη μία και την άλλη κατεύθυνση των οδικών τμημάτων. Ακολούθως, αθροίστηκε το πλήθος των συνολικών ημερήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελέστηκαν σε κάθε οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια του εκάστοτε μηνός, προκειμένου να προκύψει η μηνιαία χρονική διακύμανση των ποδηλατικών μετακινήσεων. Στη συνέχεια, ακολούθησε η άθροιση του πλήθους των συνολικών μηνιαίων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργήθηκαν σε κάθε οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια του εκάστοτε έτους, ώστε να υπολογισθεί το πλήθος των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε οδικό τμήμα. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για το σύνολο των μεταβλητών που περιλαμβάνονταν στη βάση δεδομένων, παρακάμπτοντας το στάδιο εξαγωγής της μηνιαίας χρονικής διακύμανσης των ποδηλατικών μετακινήσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραπάνω διαδικασία διαφοροποιήθηκε ελαφρώς στην περίπτωση της μέσης ταχύτητας πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων. Αναλυτικότερα, η διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι δεν χρησιμοποιήθηκαν αθροίσματα κατά την εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας, αλλά σταθμισμένοι μέσοι όροι ως προς το εκάστοτε πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων.

| Όνομασία  | Επεξήγηση  |
|---|--|
| osm_id  | Κωδικός ταυτοποίησης ενός οδικού τμήματος σύμφωνα με το λογισμικό «OpenStreetMap». Ο εν λόγω κωδικός αντιπροσωπεύει ένα γραμμικό χαρακτηριστικό στην επιφάνεια του εδάφους, όπως μία οδό, ένα μονοπάτι ή έναν ποδηλατόδρομο. |
| edge_uid  | Κωδικός ταυτοποίησης ενός οδικού τμήματος σύμφωνα με την πλατφόρμα «Strava Metro». Ο τρόπος δημιουργίας των εν λόγω κωδικών συνεπάγεται ότι ορισμένοι από αυτούς ενδέχεται να αντιστοιχούν στον ίδιο κωδικό «osm_id».        |
| speed   | Μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων.  |
| year  | Εκάστοτε εξεταζόμενο έτος.   |
| Συνολικές ποδηλατικές μετακινήσεις που πραγματοποιήθηκαν... |  |
| january   | ... κατά τη διάρκεια του Ιανουαρίου.   |
| february  | ... κατά τη διάρκεια του Φεβρουαρίου.  |
| march   | ... κατά τη διάρκεια του Μαρτίου.  |
| april   | ... κατά τη διάρκεια του Απριλίου.   |
| may   | ... κατά τη διάρκεια του Μαΐου.  |
| june  | ... κατά τη διάρκεια του Ιουνίου.  |
| july  | ... κατά τη διάρκεια του Ιουλίου.  |
| august  | ... κατά τη διάρκεια του Αυγούστου.  |
| september   | ... κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου.  |
| october   | ... κατά τη διάρκεια του Οκτωβρίου.  |
| november  | ... κατά τη διάρκεια του Νοεμβρίου.  |
| december  | ... κατά τη διάρκεια του Δεκεμβρίου.   |
| sum_annual  | ... κατά τη διάρκεια του εκάστοτε έτους.   |
| commute   | ... για την ικανοποίηση δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα.  |
| leisure   | ... για την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής.   |
| morning   | ... κατά τη διάρκεια των πρωινών ωρών.   |
| midday  | ... κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών ωρών.  |
| evening   | ... κατά τη διάρκεια των απογευματινών ωρών.   |
| overnight   | ... κατά τη διάρκεια των βραδινών ωρών.  |
| male  | ... από άνδρες.  |
| female  | ... από γυναίκες.  |
| 18_to_34  | ... από ανθρώπους, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 18 και των 34 χρόνων.   |
| 35_to_54  | ... από ανθρώπους, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 35 και των 54 χρόνων.   |
| 55_to_64  | ... από ανθρώπους, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 55 και των 64 χρόνων.   |
| 65_to_inf   | ... από ανθρώπους, των οποίων η ηλικία είναι άνω των 65 χρόνων.  |
| bike  | ... μέσω συμβατικών ποδηλάτων.   |
| e_bike  | ... μέσω ηλεκτρικών ποδηλάτων.   |

Πίνακας 4.1: Μεταβλητές «Strava Metro»

| Όνομασία | Ελάχιστη Τιμή | Μέγιστη Τιμή | Μέση Τιμή | Τυπική Απόκλιση | Χαρακτηριστική Τιμή |
|----------|---------------|--------------|-----------|-----------------|---------------------|
| osm_id   | -             | -            | -         | -               | -                   |
| edge_uid | -             | -            | -         | -               | -                   |
| speed    | 0             | 84           | 5         | 2               | 7                   |
| year     | 1             | 2            | 1.45      | 0.50            | 1.94                |
| january  | 0             | 1040         | 67        | 134             | 201                 |
| february | 0             | 1010         | 64        | 125             | 188                 |
| march    | 0             | 1265         | 82        | 156             | 238                 |
| april    | 0             | 1145         | 82        | 147             | 229                 |
| may      | 0             | 1020         | 91        | 157             | 248                 |



|            |   |      |     |      |      |
|------------|---|------|-----|------|------|
| june       | 0 | 1065 | 83  | 154  | 236  |
| july       | 0 | 715  | 59  | 110  | 169  |
| august     | 0 | 730  | 47  | 96   | 143  |
| september  | 0 | 775  | 61  | 116  | 177  |
| october    | 0 | 650  | 54  | 101  | 155  |
| november   | 0 | 610  | 56  | 104  | 160  |
| december   | 0 | 540  | 45  | 85   | 130  |
| sum_annual | 5 | 9950 | 781 | 1421 | 2202 |
| commute    | 0 | 2400 | 97  | 304  | 401  |
| leisure    | 0 | 8280 | 608 | 1134 | 1742 |
| morning    | 0 | 2300 | 108 | 259  | 366  |
| midday     | 0 | 4050 | 228 | 486  | 714  |
| evening    | 0 | 2870 | 172 | 369  | 542  |
| overnight  | 0 | 1745 | 96  | 204  | 300  |
| male       | 0 | 8565 | 638 | 1182 | 1820 |
| female     | 0 | 390  | 14  | 40   | 54   |
| 18_to_34   | 0 | 1950 | 61  | 172  | 233  |
| 35_to_54   | 0 | 6105 | 446 | 856  | 1302 |
| 55_to_64   | 0 | 820  | 30  | 83   | 113  |
| 65_to_inf  | 0 | 15   | 0   | 1    | 1    |
| bike       | 0 | 9890 | 764 | 1397 | 2161 |
| e_bike     | 0 | 65   | 1   | 6    | 8    |

Πίνακας 4.2: Στατιστικές Τιμές Μεταβλητών «Strava Metro»

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η πρωτογενής επεξεργασία των δεδομένων, τα οποία συλλέχθηκαν μέσω του λογισμικού «OpenStreetMap» σε συνεργασία με το λογισμικό «QGIS». Η διαδικασία περιλάμβανε την τροποποίηση της μεταβλητής που αντανακλά την κατηγορία των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων. Αρχικά, επιδιώκοντας να δοθεί έμφαση στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων έναντι του οδικού δικτύου, η παραπάνω μεταβλητή διορθώθηκε σύμφωνα με αυτήν που παρέχει την πληροφορία σχετικά με τα υφιστάμενα τμήματα του δικτύου των ποδηλατοδρόμων. Αναλυτικότερα, εφόσον η τελευταία μεταβλητή χαρακτήριζε ένα οδικό τμήμα ως τμήμα ποδηλατοδρόμου, η τροποποιούμενη μεταβλητή υποχρεώθηκε - ανεξαρτήτως τρέχοντος χαρακτηρισμού αυτού - να χαρακτηρίζει το εκάστοτε οδικό τμήμα ως τμήμα ποδηλατοδρόμου.

| Όνομασία                                 | Επεξήγηση  |
|--|--|
| cycle_path                               | Ύπαρξη ποδηλατοδρόμου κατά μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος. |
| road_type                                | Κατηγορία του εκάστοτε οδικού τμήματος.                        |
| number_of_lanes                          | Πλήθος λωρίδων κυκλοφορίας επί του εκάστοτε οδικού τμήματος.   |
| one_way                                  | Μονοδρόμηση κατά μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος.           |
| length                                   | Μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος.                            |
| Απόσταση εξεταζόμενου οδικού τμήματος... |  |
| min_distance_bicycle_parking             | ... από τον πλησιέστερο χώρο στάθμευσης ποδηλάτων.             |
| min_distance_educational_activities      | ... από τον πλησιέστερο χώρο εκπαίδευσης.                      |
| min_distance_leisure_parks               | ... από το πλησιέστερο πάρκο αναψυχής.                         |
| min_distance_public_transport            | ... από την πλησιέστερη στάση μέσων μαζικής μεταφοράς.         |
| min_distance_sports_activities           | ... από τον πλησιέστερο χώρο άθλησης.                          |

Πίνακας 4.3: Μεταβλητές «OpenStreetMap» και «QGIS»

| Όνομασία                            | Ελάχιστη Τιμή | Μέγιστη Τιμή | Μέση Τιμή | Τυπική Απόκλιση | Χαρακτηριστική Τιμή |
|-------------------------------------|---------------|--------------|-----------|-----------------|---------------------|
| cycle_path                          | 0             | 1            | 0.09      | 0.28            | 0.37                |
| road_type                           | 1             | 8            | 4.20      | 2.04            | 6.24                |
| number_of_lanes                     | -             | -            | -         | -               | -                   |
| one_way                             | -             | -            | -         | -               | -                   |
| length                              | 0.84          | 348.45       | 56.71     | 42.48           | 99.19               |
| min_distance_bicycle_parking        | 9.20          | 2643.59      | 1062.58   | 491.00          | 1553.57             |
| min_distance_educational_activities | 11.68         | 879.98       | 250.57    | 133.65          | 384.21              |
| min_distance_leisure_parks          | 0.32          | 894.28       | 160.22    | 120.79          | 281.01              |
| min_distance_public_transport       | 0.11          | 491.91       | 124.72    | 89.19           | 213.91              |
| min_distance_sports_activities      | 8.96          | 1189.55      | 208.02    | 123.01          | 331.03              |

Πίνακας 4.4: Στατιστικές Τιμές Μεταβλητών «OpenStreetMap» και «QGIS»

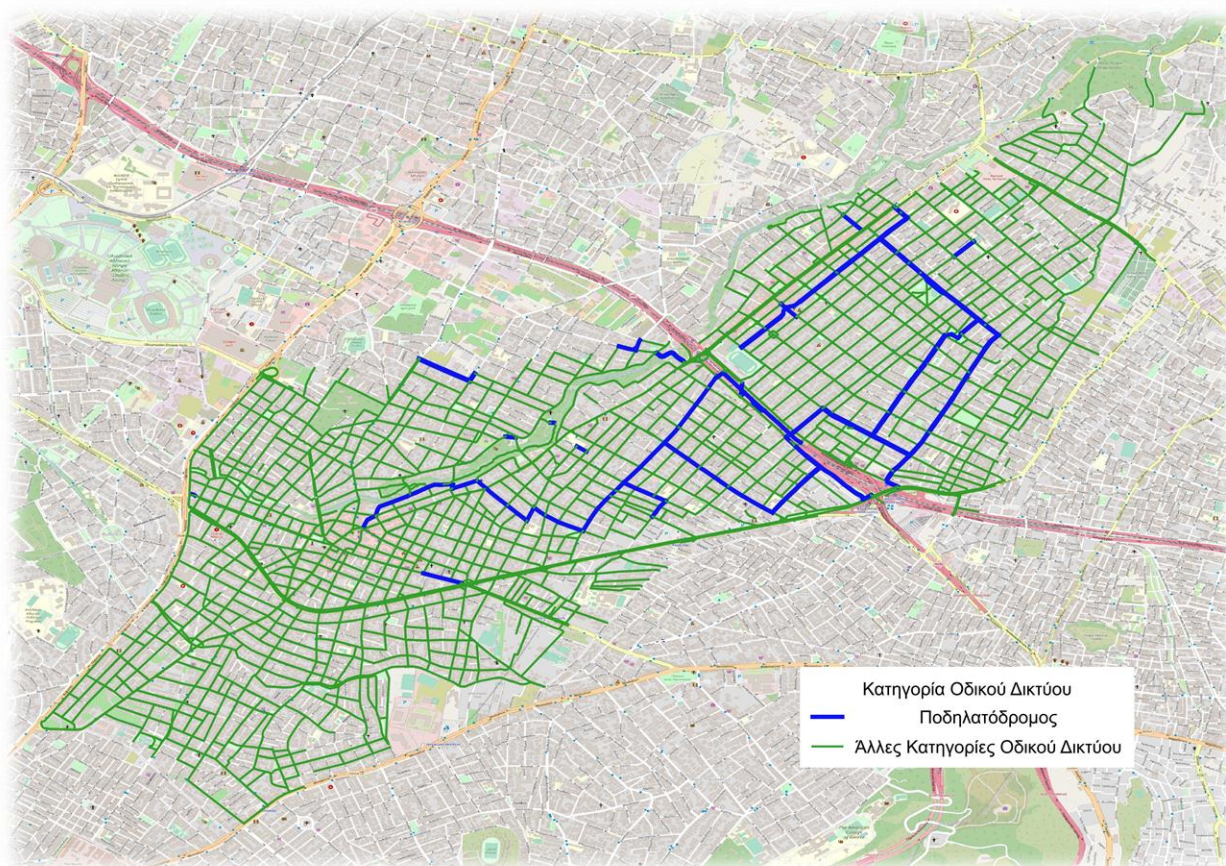
Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η συγχώνευση των επιμέρους κατηγοριών του οδικού δικτύου, οι οποίες παρουσίαζαν - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - παρόμοια γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, ώστε να διευκολυνθεί η διαχείριση και η κατανόηση της συγκεκριμένης μεταβλητής. Η διαδικασία συγχώνευσης των επιμέρους κατηγοριών του εξεταζόμενου οδικού δικτύου παρατίθεται στον πίνακα που παρουσιάζεται παρακάτω:

| Όνομασία «OpenStreetMap» | Επεξήγηση   | Τελική Όνομασία         |
|--------------------------|---|-------------------------|
| Cycleway                 | Οδικό τμήμα που χρησιμοποιείται κυρίως ή αποκλειστικά από ποδηλατιστές.   | Ποδηλατόδρομος          |
| Pedestrian               | Οδικό τμήμα που χρησιμοποιείται κυρίως ή αποκλειστικά από πεζούς, επιτρέποντας την πρόσβαση σε μηχανοκίνητα οχήματα για περιορισμένες χρονικές περιόδους.   | Πεζόδρομος              |
| Footway                  | Οδικό τμήμα που χρησιμοποιείται κυρίως ή αποκλειστικά από πεζούς.   |                         |
| Steps                    | Σκαλοπάτια σε οδικό τμήμα που χρησιμοποιείται κυρίως ή αποκλειστικά από πεζούς.   |                         |
| Residential              | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως οικιστική οδός, παρουσιάζοντάς ήπια κυκλοφορία μηχανοκίνητων οχημάτων. Ωστόσο, δεν υφίστανται κανόνες οδικής κυκλοφορίας που να παρέχουν νόμιμη προτεραιότητα σε κάποια συγκεκριμένη μορφή κυκλοφορίας. | Οικιστική Οδός          |
| Living Street            | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως οικιστική οδός, παρέχοντας νόμιμη προτεραιότητα στην πεζή κυκλοφορία έναντι αυτής των μηχανοκίνητων οχημάτων.   |                         |
| Service                  | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως οδός πρόσβασης.   |                         |
| Motorway Link            | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως συνδετική οδός, η οποία συνδέει έναν αυτοκινητόδρομο με άλλη οδό που υπάγεται στην ίδια ή σε κατώτερη κατηγορία.  | Αυτοκινητόδρομος        |
| Primary                  | Οδικό τμήμα που υπάγεται στο πρωτεύον οδικό δίκτυο και εξυπηρετεί τη σύνδεση μεγαλύτερων πόλεων ή τη σύνδεση των πόλεων με τοποθεσίες που έχουν πρωτεύουσα σημασία, όπως τα αεροδρόμια, τα λιμάνια και οι σιδηροδρομικοί σταθμοί.         | Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο   |
| Primary Link             | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως συνδετική οδός, η οποία συνδέει μία οδό του πρωτεύοντος οδικού δικτύου με άλλη οδό που υπάγεται στην ίδια ή σε κατώτερη κατηγορία.  |                         |
| Secondary                | Οδικό τμήμα που υπάγεται στο δευτερεύον οδικό δίκτυο και εξυπηρετεί τη σύνδεση πόλεων ή τη σύνδεση των πόλεων με τοποθεσίες που έχουν δευτερεύουσα σημασία, όπως οι αρχαιολογικοί χώροι και τα τουριστικά θέρετρα.                        | Δευτερεύον Οδικό Δίκτυο |
| Secondary Link           | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως συνδετική οδός, η οποία συνδέει μία οδό του δευτερεύοντος οδικού δικτύου με άλλη οδό που υπάγεται στην ίδια ή σε κατώτερη κατηγορία.  |                         |
| Tertiary                 | Οδικό τμήμα που υπάγεται στο τριτεύον οδικό δίκτυο και εξυπηρετεί τη σύνδεση των γειτονιών, οι οποίες εντοπίζονται στην ίδια πόλη.  | Τριτεύον Οδικό Δίκτυο   |
| Tertiary Link            | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως συνδετική οδός, η οποία συνδέει μία οδό του τριτεύοντος οδικού δικτύου με άλλη οδό που υπάγεται στην ίδια ή σε κατώτερη κατηγορία.  |                         |
| Unclassified             | Οδικό τμήμα που υπάγεται σε κατώτερη - του τριτεύοντος οδικού δικτύου - κατηγορία.  | Υπόλοιπο Οδικό Δίκτυο   |
| Path                     | Οδικό τμήμα που χαρακτηρίζεται ως μη συγκεκριμένη διαδρομή.   |                         |

Πίνακας 4.5: Διαδικασία Συγχώνευσης Κατηγοριών του Οδικού Δικτύου

| Κατηγορία Οδικού Δικτύου | Ποσοστό επί του Οδικού Δικτύου |           |
|--------------------------|--------------------------------|-----------|
|                          | Χαλάνδρι                       | Βριλήσσια |
| Ποδηλατόδρομος           | 5.68                           | 17.12     |
| Πεζόδρομος               | 2.33                           | 1.81      |
| Οικιστική Οδός           | 56.89                          | 51.19     |
| Αυτοκινητόδρομος         | 0.09                           | 0.29      |
| Πρωτεύον Οδικό Δίκτυο    | 0.57                           | 0.00      |
| Δευτερεύον Οδικό Δίκτυο  | 13.15                          | 10.04     |
| Τριτεύον Οδικό Δίκτυο    | 20.34                          | 19.49     |
| Υπόλοιπο Οδικό Δίκτυο    | 0.96                           | 0.05      |

Πίνακας 4.6: Εξεταζόμενο Οδικό Δίκτυο



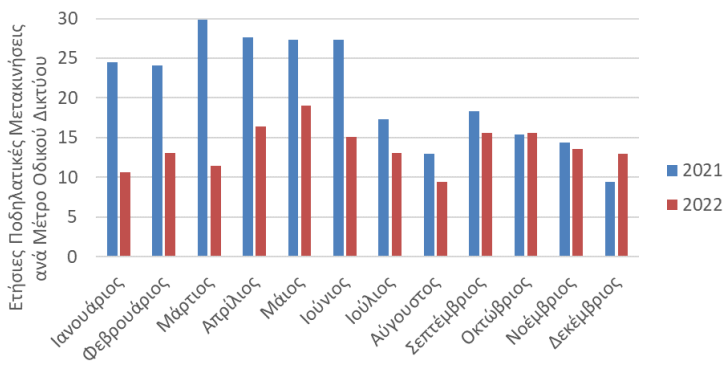
Εικόνα 4.7: Δίκτυο Ποδηλατοδρόμων

#### 4.2.2 Περιγραφική Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

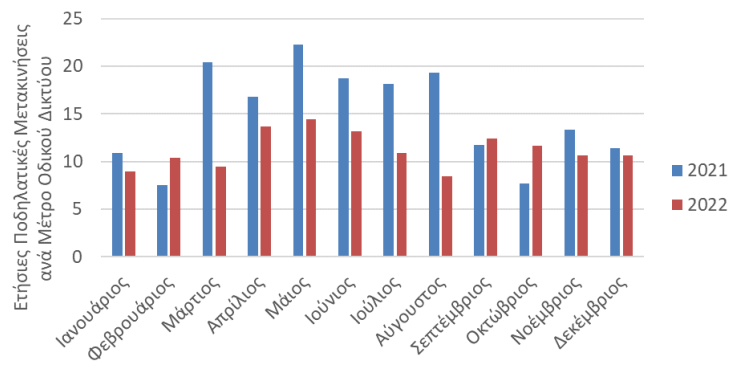
Στοχεύοντας στη διερεύνηση της γενικότερης διακύμανσης του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων, **εξετάστηκαν παράγοντες που επηρεάζουν - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - τη διενέργεια αυτών.** Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων παραγόντων συνιστούν τα δημογραφικά στοιχεία των μετακινούμενων, ο σκοπός των ποδηλατικών μετακινήσεων και τα κυκλοφοριακά μεγέθη του οδικού δικτύου. Απόρροια της εν λόγω ανάλυσης αποτέλεσαν ορισμένα διαγράμματα και χάρτες «θερμότητας» που συνιστούν την περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων και παρουσιάζονται παρακάτω. Η προαναφερθείσα προκαταρκτική διαδικασία συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων επί της πραγματευόμενης θεματολογίας. Επιπροσθέτως, επιτρέπει την αρχική ανασκόπηση των δεδομένων και κατ' επέκταση παρέχει τη δυνατότητα αναγνώρισης ορισμένων φαινομένων ή τάσεων, ενώ παράλληλα διευκολύνει την εξοικείωση με την τάξη μεγέθους των



αριθμών. Τέλος, απότοκο της συγκεκριμένης διαδικασίας ενδέχεται να αποτελέσει η πρόωρη αναγνώριση ορισμένων ανεξάρτητων μεταβλητών που ασκούν σημαντική επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή, ώστε να πραγματοποιηθεί περαιτέρω διερεύνηση αυτών κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης.



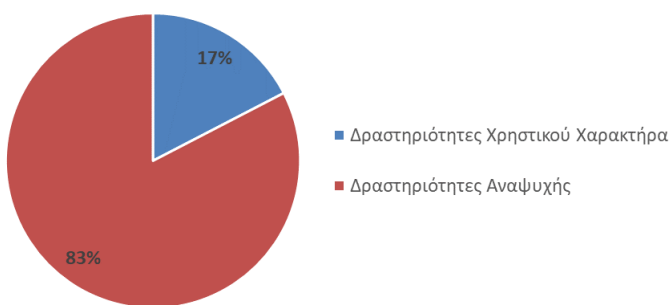
Διάγραμμα 4.1: Μηνιαία Χρονική Διακύμανση Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Περιοχή Χαλανδρίου



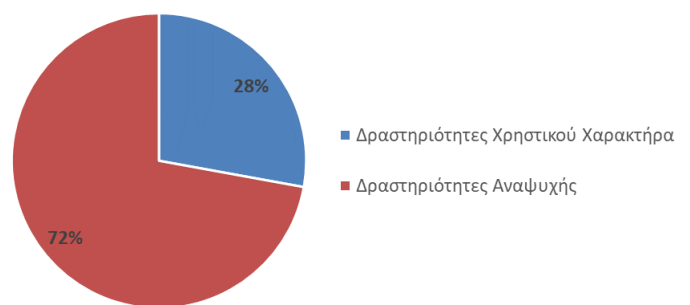
Διάγραμμα 4.2: Μηνιαία Χρονική Διακύμανση Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Περιοχή Βριλησίων

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα και εστιάζοντας στην **περιοχή του Χαλανδρίου**, είναι εμφανές ότι ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζεται υψηλότερος κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του έτους 2021, ενώ παράλληλα παρατηρείται σημαντική μείωση αυτού κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του ίδιου έτους. Τούτο ενδέχεται να συνιστά απόρροια της αποκλιμάκωσης των περιοριστικών μέτρων που θεσπίστηκαν για την καταπολέμηση της πανδημίας «COVID-19», γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα την έντονη επιθυμία των κατοίκων για εκτέλεση αθλητικών δραστηριοτήτων τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των χρηστών των μέσων μαζικής μεταφοράς στράφηκε προς εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης, διότι εξακολουθούσε - την ίδια χρονική περίοδο - να υφίσταται η γενικότερη πρόθεση αποφυγής του συνωστισμού σε κλειστούς χώρους. Κατά συνέπεια, αρκετοί από αυτούς στράφηκαν προς τη χρήση του ποδηλάτου, ιδίως αυτοί που δεν διέθεταν τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων εξαιτίας οικονομικών περιορισμών. Αντιθέτως, ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει χαμηλότερη μηνιαία χρονική διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους 2022, ενισχύοντας την τάση που παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του προηγούμενου έτους. Τέλος, η ποδηλατική δραστηριότητα εμφανίζεται εντονότερη κατά τη διάρκεια του δεύτερου τριμήνου, διότι οι καιρικές συνθήκες σημειώνουν σημαντική βελτίωση τη δεδομένη χρονική περίοδο του έτους, διευκολύνοντας τη διενέργεια των ποδηλατικών μετακινήσεων.

Εστιάζοντας στην **περιοχή των Βριλησίων**, η ποδηλατική δραστηριότητα φαίνεται να παρουσιάζει παρόμοια «συμπεριφορά» με αυτή στην περιοχή του Χαλανδρίου. Εντούτοις, η ειδοποιός διαφορά εντοπίζεται στη μετατόπιση - κατά δύο μήνες - του εξαμήνου, στο οποίο σημειώνεται η έξαρση του ποδηλατικού κυκλοφοριακού φόρτου κατά τη διάρκεια του έτους 2021.



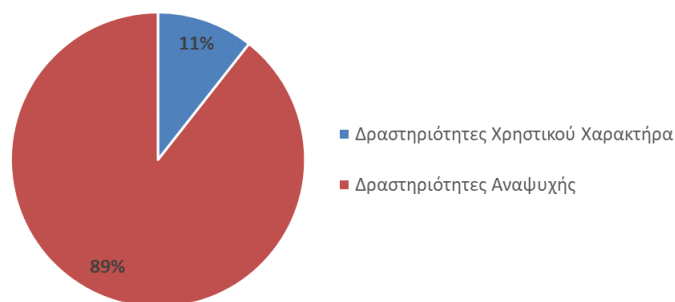
Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021



Διάγραμμα 4.4: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022

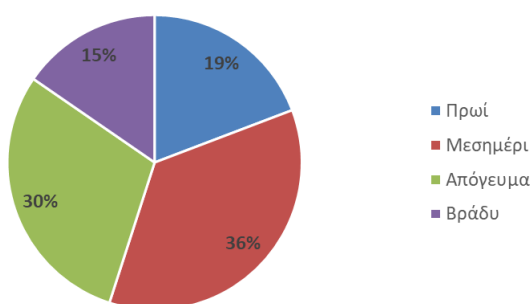


Διάγραμμα 4.5: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Βριλησίων - 2021

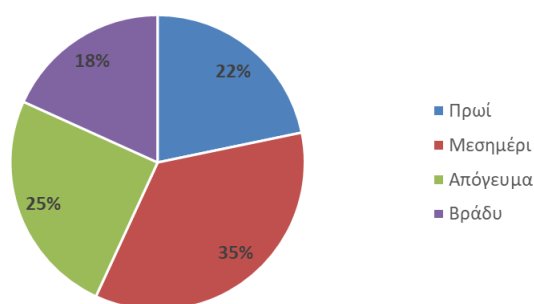


Διάγραμμα 4.6: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Σκοπός Μετακίνησης - Περιοχή Βριλησίων - 2022

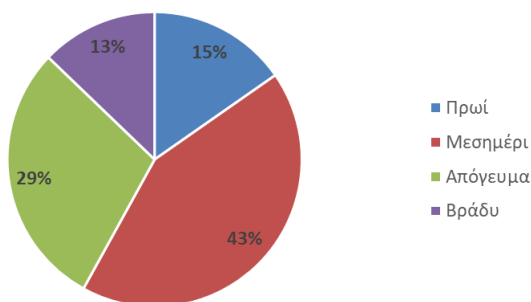
Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα, προκύπτει ότι η πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται για την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής έναντι δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Μάλιστα, το εν λόγω φαινόμενο δεν φαίνεται να παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Αυτό ενδέχεται να συμβαίνει λόγω του αυξημένου - συγκριτικά με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου της Αττικής - μέσου εισοδήματος των νοικοκυριών στις εξεταζόμενες περιοχές, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων για την κάλυψη των εν λόγω αναγκών. Επιπλέον, οι συγκεκριμένες περιοχές διαθέτουν διευρυμένο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, παρέχοντας μία επιπρόσθετη εναλλακτική επιλογή για την ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών.



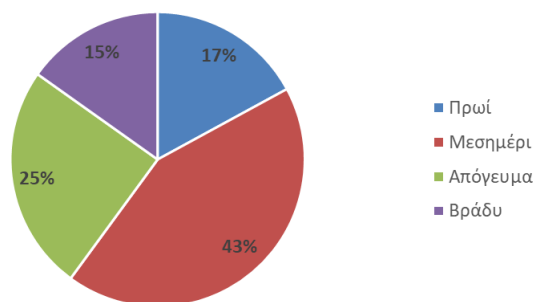
Διάγραμμα 4.7: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021



Διάγραμμα 4.8: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022



Διάγραμμα 4.9: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Βριλησίων - 2021

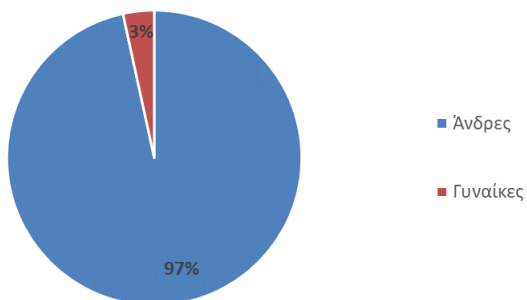


Διάγραμμα 4.10: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ώρα της Ημέρας - Περιοχή Βριλησίων - 2022

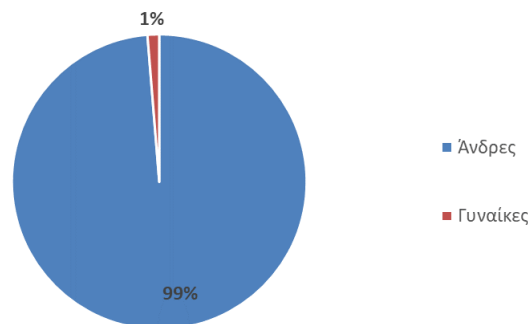
Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, η πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και των απογευματινών ωρών, γεγονός που δεν φαίνεται να παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Μία πιθανή εξήγηση του φαινομένου συνιστά το «αίσθημα» ασφάλειας των ποδηλατιστών τη δεδομένη χρονική περίοδο εξαιτίας του υψηλού επιπέδου φωτεινότητας και κατ' επέκταση ορατότητας, το οποίο τους καθιστά ευκόλως αντιληπτούς από τους οδηγούς



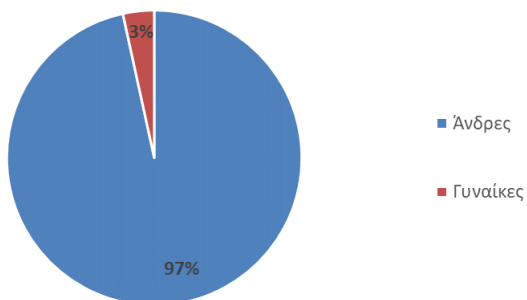
των μηχανοκίνητων οχημάτων, περιορίζοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Τέλος, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται με απώτερο σκοπό την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής έναντι δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Συνεπώς, η έντονη ποδηλατική δραστηριότητα αναμένεται κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και των απογευματινών ωρών, καθώς το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα συνιστά - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - τη χρονική περίοδο της ημέρας, κατά την οποία πραγματοποιείται η συντριπτική πλειοψηφία των δραστηριοτήτων αναψυχής.



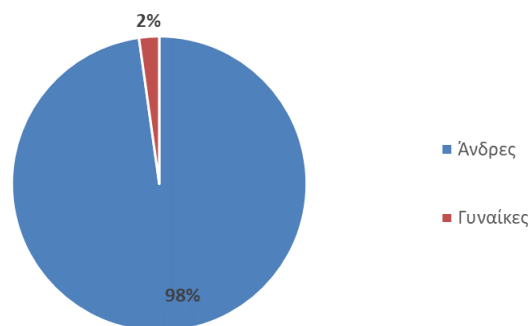
Διάγραμμα 4.11: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021



Διάγραμμα 4.12: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022

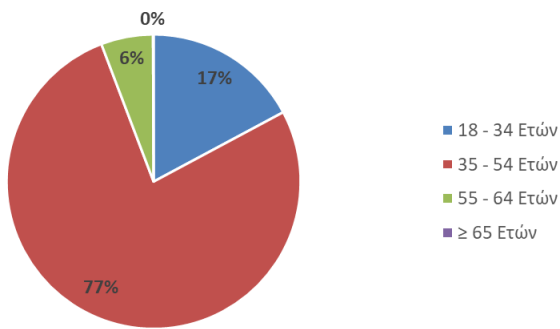


Διάγραμμα 4.13: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2021

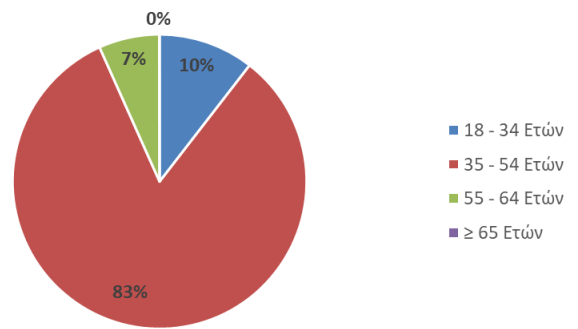


Διάγραμμα 4.14: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Φύλο Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2022

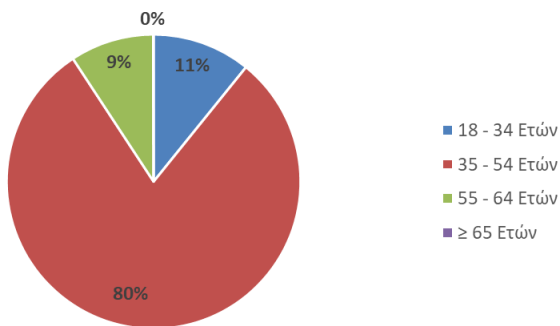
Παρατηρώντας τα διαγράμματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, είναι εμφανές ότι η **συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται από άνδρες**, ενώ αξίζει να επισημανθεί ότι δεν παρουσιάζεται χωρική και χρονική διακύμανση του συγκεκριμένου φαινομένου. Μία εύλογη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι τα δύο φύλα - πέραν από τις βιολογικές τους διαφορές - παρουσιάζουν διαφορές στην αθλητική τους απόδοση. Δύο καθοριστικοί παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τη διαφορά της αερόβιας ικανότητας μεταξύ των δύο φύλων, είναι το συνολικό μέγεθος του σώματος και η σύστασή του. Πιο συγκεκριμένα, οι άνδρες παρουσιάζουν μεγαλύτερο μέγεθος σώματος και διαθέτουν υψηλότερο ποσοστό μυϊκής μάζας από τις γυναίκες, γεγονός που τους επιτρέπει να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις μέσω της χρήσης του ποδηλάτου. Επιπλέον, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προέρχονται από μία εφαρμογή «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου που καταγράφει την αθλητική δραστηριότητα των χρηστών της, στους οποίους προσφέρεται η δυνατότητα σύγκρισης των προσωπικών τους επιδόσεων. Λαμβάνοντας υπόψη την ανταγωνιστική «φύση» των ανδρών, είναι εύλογο να υποτεθεί ότι συνιστούν τη συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών της συγκεκριμένης εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς το φύλο των μετακινούμενων.



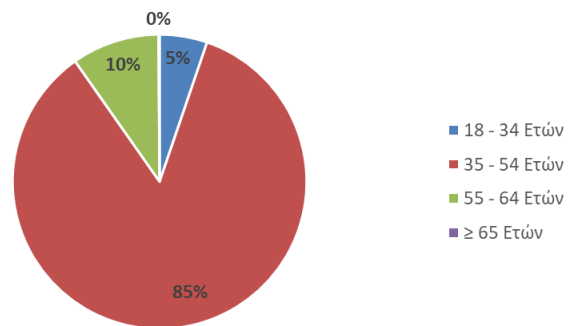
Διάγραμμα 4.15: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2021



Διάγραμμα 4.16: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Χαλανδρίου - 2022



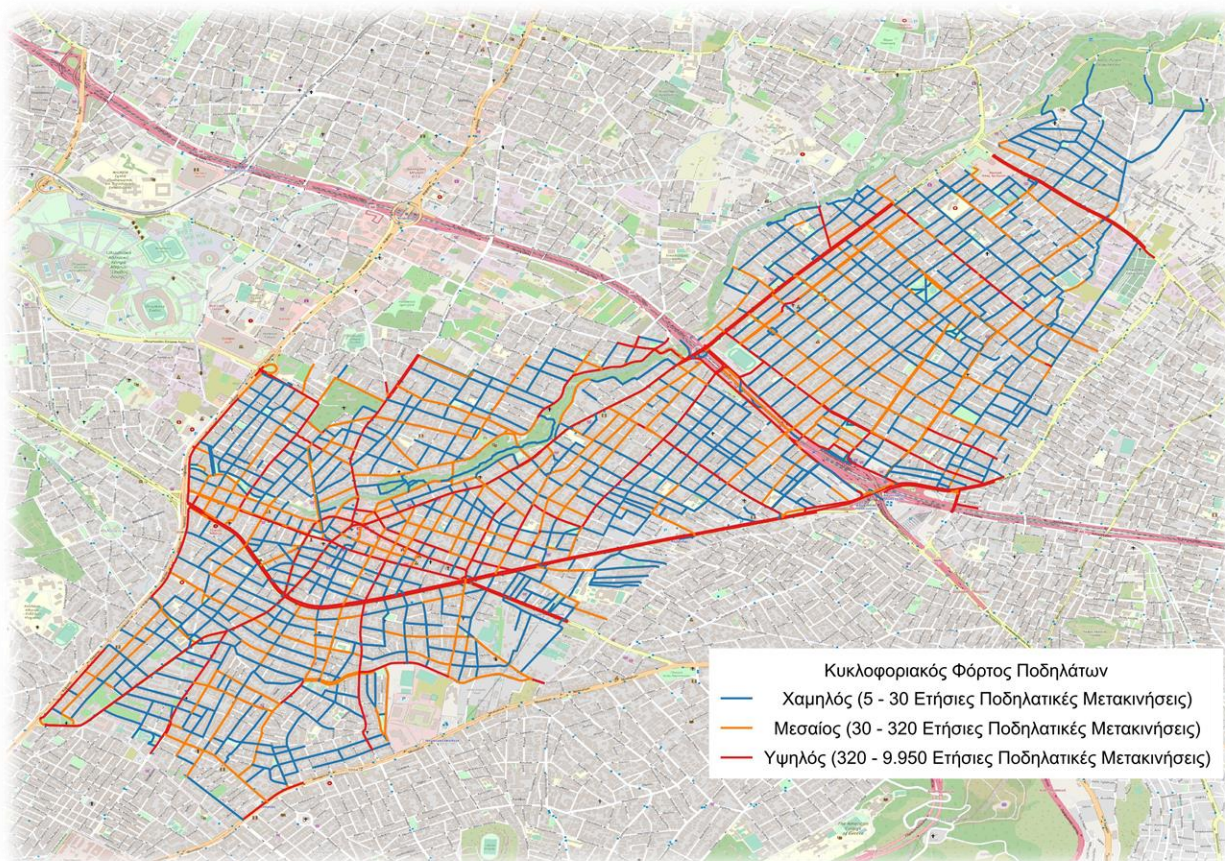
Διάγραμμα 4.17: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2021



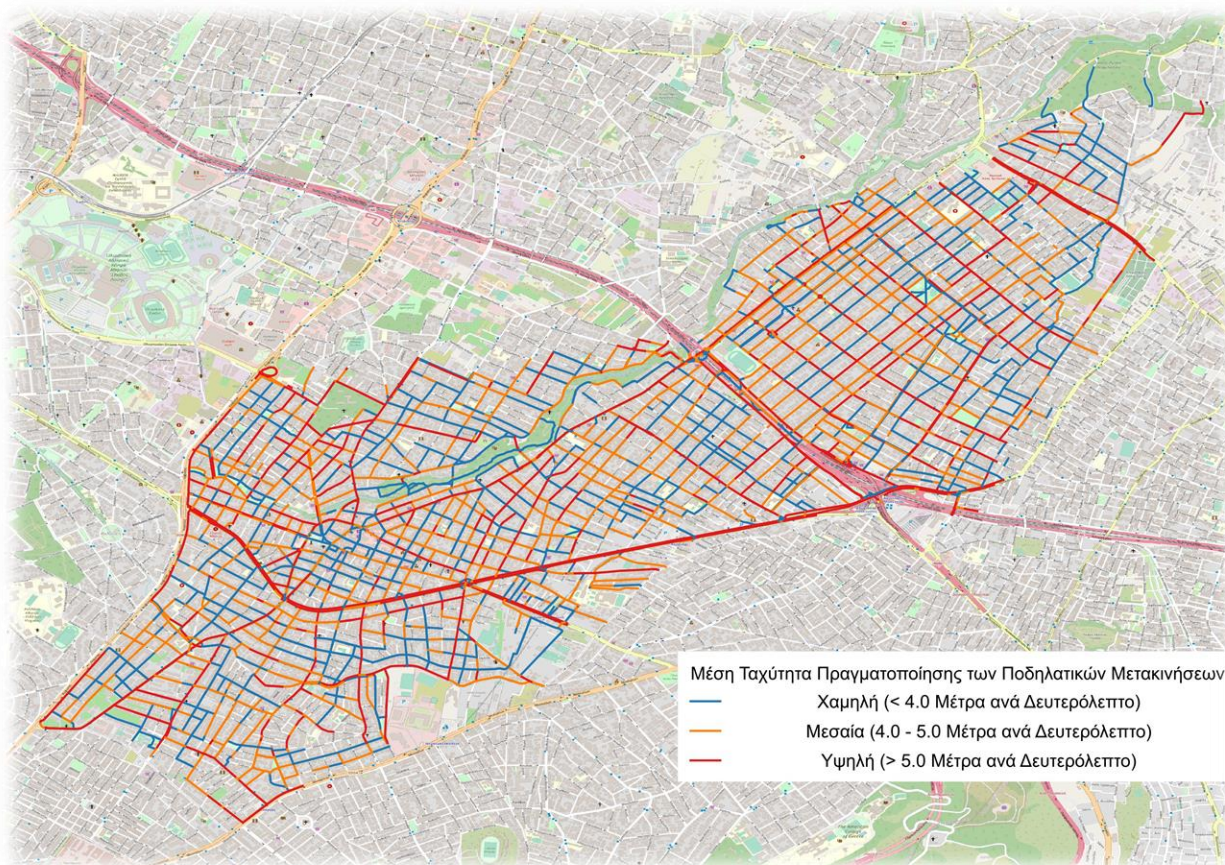
Διάγραμμα 4.18: Ποσοστιαία Κατανομή Ποδηλατικών Μετακινήσεων - Ηλικία Ποδηλατιστών - Περιοχή Βριλησίων - 2022

Παρατηρώντας τα διαγράμματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, είναι εμφανές ότι η **συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται από ποδηλατιστές, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 35 και των 54 χρόνων**. Αξίζει να επισημανθεί ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Τούτο δύναται να συμβαίνει λόγω της σημαντικής διαφοράς στην αθλητική απόδοση μεταξύ των νεαρότερων και γηραιότερων ανθρώπων, η οποία τους επιτρέπει να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις μέσω της χρήσης του ποδηλάτου. Επιπλέον, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προέρχονται από μία εφαρμογή «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγαλύτερη οικειότητα που έχουν οι νεαρότεροι άνθρωποι με την τεχνολογία, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών της συγκεκριμένης εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς την ηλικία των μετακινούμενων. Από την άλλη μεριά, παρατηρείται περιορισμένη ποδηλατική δραστηριότητα από ανθρώπους, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 18 και των 34 χρόνων. Αυτό δύναται να συμβαίνει λόγω του γεγονότος ότι η συντριπτική πλειοψηφία των κατοίκων της Αθήνας, οι οποίοι υπάγονται στην εν λόγω ηλικιακή κατηγορία, μετακινείται μέσω της χρησιμοποίησης των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης και των μέσων μαζικής μεταφοράς.





Εικόνα 4.8: Κυκλοφοριακός Φόρτος Ποδηλάτων



Εικόνα 4.9: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων



Η εικόνα «4.8» αποτυπώνει τη χωρική κατανομή του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργήθηκαν εντός των εξεταζόμενων περιοχών. Παρατηρώντας τη συγκεκριμένη εικόνα, είναι εμφανές ότι η ποδηλατική δραστηριότητα παρουσιάζεται εντονότερη στην περιοχή του Χαλανδρίου. Αυτό δύναται να οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοχή του Χαλανδρίου διαθέτει μεγαλύτερο πληθυσμό από την περιοχή των Βριλησίων, γεγονός που συνεπάγεται τη διαμονή περισσότερων δυνητικών ποδηλατιστών στην προαναφερθείσα περιοχή και κατ' επέκταση τη διεξαγωγή περισσότερων ποδηλατικών μετακινήσεων. Εντούτοις, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η περιοχή του Χαλανδρίου διαθέτει - έναντι της περιοχής των Βριλησίων - περισσότερες εκπαιδευτικές και αθλητικές εγκαταστάσεις, οι οποίες αποτελούν δυνητικές τοποθεσίες προορισμού των ποδηλατιστών. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η περιοχή του Χαλανδρίου βρίσκεται - έναντι της περιοχής των Βριλησίων - εγγύτερα στο κέντρο της Αθήνας, προσελκύοντας περισσότερους ποδηλατιστές.

Παρατηρώντας τις εικόνες που παρατέθηκαν παραπάνω, είναι προφανές ότι η μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων παρουσιάζεται ιδιαίτερος υψηλή σε οδικά τμήματα, όπου ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος είναι εξίσου υψηλός. Μία εύλογη εξήγηση αυτού ενδέχεται να συνιστά το γεγονός ότι τα δεδομένα προκύπτουν μέσω μίας εφαρμογής «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου που καταγράφει την αθλητική δραστηριότητα των χρηστών της, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός αρχείου σχετικά με τις προσωπικές τους επιδόσεις. Συνεπώς, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι αρχάριοι ή ερασιτέχνες ποδηλατιστές δεν απαρτίζουν μεγάλο μέρος των χρηστών της συγκεκριμένης εφαρμογής, επιδρώντας στην ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς τη μέση ταχύτητα πραγματοποίησης αυτών.

## 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Ανάπτυξη Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης

Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία εφαρμογής της μεθοδολογίας, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη σύνθεση των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης που αναπτύχθηκαν στην εν λόγω Διπλωματική Εργασία. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο ενότητες, όπου στην πρώτη παρουσιάζεται η διαδικασία επιλογής των καταλληλότερων ανεξάρτητων μεταβλητών για την περιγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, διερευνώντας τις συσχετίσεις μεταξύ των εκάστοτε μεταβλητών. Έπειτα, ακολουθεί η παρουσίαση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, ενώ παράλληλα γνωστοποιούνται τα αποτελέσματα των αναλύσεων ελαστικότητας και ευαισθησίας που παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και διευκολύνουν την περαιτέρω κατανόηση των αποτελεσμάτων των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης.

### 5.1 Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Η διαδικασία επιλογής των καταλληλότερων ανεξάρτητων μεταβλητών, ήτοι των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής διαμέσου των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Αρχικά, επιλέχθηκαν οι μεταβλητές που επιδρούν - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - στη διενέργεια των ποδηλατικών μετακινήσεων. Έπειτα, ακολούθησε η διερεύνηση των επιμέρους συσχετίσεων μεταξύ των επιλεγμένων - σε πρώτη φάση - μεταβλητών, ώστε να προσδιοριστούν αυτές που θα συμπεριληφθούν στα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης.

#### 5.1.1 Επιλογή Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Αρχικά, επιλέχθηκαν οι μεταβλητές που σκιαγραφούν τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες στο οδικό δίκτυο των εξεταζόμενων περιοχών, αλλά και μεταβλητές που αντικατοπτρίζουν γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτού, όπως το μήκος των επιμέρους οδικών τμημάτων και οι αποστάσεις αυτών από τις πλησιέστερες εγκαταστάσεις που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο του εξεταζόμενου οδικού δικτύου. Ωστόσο, αποφασίστηκε να μην αξιοποιηθούν οι μεταβλητές που αφορούσαν το πλήθος των λωρίδων κυκλοφορίας επί των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων και την εφαρμογή συνθηκών μονοδρόμησης κατά μήκος αυτών, διότι δεν παρείχαν - συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταβλητές των βάσεων δεδομένων - στατιστικά σημαντική πληροφορία. Με άλλα λόγια, οι εν λόγω μεταβλητές δεν συμπεριλήφθηκαν στην παρουσιαζόμενη διαδικασία, καθώς οι αντικατοπτριζόμενες - μέσω αυτών - συνθήκες δεν είχαν καταγραφεί στην πλειοψηφία των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων. Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι η επιρροή του παράγοντα «χρόνου» διερευνάται μέσω της μεταβλητής που αναφέρεται στο εξεταζόμενο έτος, ενώ η επιρροή του παράγοντα «χώρου» εξετάζεται μέσω της ανάπτυξης διαφορετικών μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης για τις περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων.

| Όνομασία                            | Επεξήγηση  |
|-------------------------------------|--|
| speed                               | Μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων.    |
| year                                | Εκάστοτε εξεταζόμενο έτος.                                     |
| cycle_path                          | Ύπαρξη ποδηλατοδρόμου κατά μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος. |
| road_type                           | Κατηγορία του εκάστοτε οδικού τμήματος.                        |
| length                              | Μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος.                            |
|                                     | Απόσταση εξεταζόμενου οδικού τμήματος...                       |
| min_distance_bicycle_parking        | ... από τον πλησιέστερο χώρο στάθμευσης ποδηλάτων.             |
| min_distance_educational_activities | ... από τον πλησιέστερο χώρο εκπαίδευσης.                      |
| min_distance_leisure_parks          | ... από το πλησιέστερο πάρκο αναψυχής.                         |
| min_distance_public_transport       | ... από την πλησιέστερη στάση μέσων μαζικής μεταφοράς.         |
| min_distance_sports_activities      | ... από τον πλησιέστερο χώρο άθλησης.                          |

Πίνακας 5.1: Ανεξάρτητες Μεταβλητές



### 5.1.2 Συσχέτιση Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η συμπερίληψη του συνόλου των παραπάνω ανεξάρτητων μεταβλητών εντός των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, εξετάζοντας τις επιμέρους συσχετίσεις μεταξύ αυτών. Ο εν λόγω προκαταρκτικός έλεγχος πραγματοποιείται προτού εκτιμηθούν οι άγνωστες παράμετροι του εκάστοτε μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, ενώ παράλληλα επιδιώκει την εξασφάλιση της αντιπροσωπευτικότητας και της αξιοπιστίας αυτού. Ειδικότερα, η ικανοποίηση του συγκεκριμένου ελέγχου έγκειται στην εξασφάλιση ισχυρής συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής, άλλα και στην **εξασφάλιση μηδενικής συσχέτισης μεταξύ των επιμέρους ανεξάρτητων μεταβλητών**. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής συσχέτισης αποτελεί - όπως έχει προαναφερθεί - το ποσοτικό μέτρο που καθορίζει τον βαθμό και - συνάμα - τον τρόπο συσχέτισης μεταξύ των δύο εξεταζόμενων μεταβλητών, ενώ η εμπειρική τιμή του «±0.40» αντιπροσωπεύει το όριο μεταξύ συσχέτισης και ανεξαρτησίας των εκάστοτε εξεταζόμενων μεταβλητών. Επομένως, όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει τιμές, οι οποίες βρίσκονται υψηλότερα του «0.40», αυτό υποδηλώνει την ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Αντιθέτως, όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει τιμές, οι οποίες βρίσκονται χαμηλότερα του «-0.40», αυτό υποδηλώνει την ισχυρή αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Τέλος, όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει τιμές, οι οποίες εντοπίζονται εντός του διαστήματος [-0.40, 0.40], αυτό συνεπάγεται την ανεξαρτησία μεταξύ των δύο μεταβλητών.

|                                     | speed | cycle_path | road_type | length | min_distance    |                        |               |                  |                   | year  |
|-------------------------------------|-------|------------|-----------|--------|-----------------|------------------------|---------------|------------------|-------------------|-------|
|                                     |       |            |           |        | bicycle_parking | educational_activities | leisure_parks | public_transport | sports_activities |       |
| speed                               | 1.00  | -0.03      | 0.36      | -0.05  | 0.10            | 0.03                   | -0.02         | -0.08            | 0.00              | 0.06  |
| cycle_path                          | -0.03 | 1.00       | -0.41     | 0.00   | 0.04            | -0.09                  | 0.08          | 0.07             | 0.00              | 0.01  |
| road_type                           | 0.36  | -0.41      | 1.00      | -0.14  | -0.07           | 0.11                   | -0.12         | -0.17            | 0.02              | 0.07  |
| length                              | -0.05 | 0.00       | -0.14     | 1.00   | 0.05            | 0.05                   | 0.15          | 0.11             | -0.02             | -0.02 |
| min_distance_bicycle_parking        | 0.10  | 0.04       | -0.07     | 0.05   | 1.00            | 0.17                   | -0.10         | -0.03            | -0.17             | -0.01 |
| min_distance_educational_activities | 0.03  | -0.09      | 0.11      | 0.05   | 0.17            | 1.00                   | -0.07         | -0.07            | 0.06              | 0.02  |
| min_distance_leisure_parks          | -0.02 | 0.08       | -0.12     | 0.15   | -0.10           | -0.07                  | 1.00          | 0.04             | 0.03              | -0.01 |
| min_distance_public_transport       | -0.08 | 0.07       | -0.17     | 0.11   | -0.03           | -0.07                  | 0.04          | 1.00             | -0.21             | -0.01 |
| min_distance_sports_activities      | 0.00  | 0.00       | 0.02      | -0.02  | -0.17           | 0.06                   | 0.03          | -0.21            | 1.00              | -0.01 |
| year                                | 0.06  | 0.01       | 0.07      | -0.02  | -0.01           | 0.02                   | -0.01         | -0.01            | -0.01             | 1.00  |

Πίνακας 5.2: Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών - Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου

|                                     | speed | cycle_path | road_type | length | min_distance    |                        |               |                  |                   | year  |
|-------------------------------------|-------|------------|-----------|--------|-----------------|------------------------|---------------|------------------|-------------------|-------|
|                                     |       |            |           |        | bicycle_parking | educational_activities | leisure_parks | public_transport | sports_activities |       |
| speed                               | 1.00  | -0.05      | 0.19      | -0.06  | 0.03            | -0.05                  | 0.01          | -0.10            | 0.03              | 0.07  |
| cycle_path                          | -0.05 | 1.00       | -0.58     | 0.07   | -0.06           | 0.01                   | -0.04         | 0.05             | -0.02             | 0.04  |
| road_type                           | 0.19  | -0.58      | 1.00      | -0.14  | 0.10            | 0.04                   | 0.03          | -0.24            | 0.08              | 0.06  |
| length                              | -0.06 | 0.07       | -0.14     | 1.00   | -0.08           | -0.03                  | 0.14          | 0.11             | 0.00              | -0.01 |
| min_distance_bicycle_parking        | 0.03  | -0.06      | 0.10      | -0.08  | 1.00            | 0.31                   | 0.15          | 0.00             | -0.17             | -0.06 |
| min_distance_educational_activities | -0.05 | 0.01       | 0.04      | -0.03  | 0.31            | 1.00                   | 0.03          | 0.33             | 0.12              | 0.01  |
| min_distance_leisure_parks          | 0.01  | -0.04      | 0.03      | 0.14   | 0.15            | 0.03                   | 1.00          | -0.01            | -0.01             | -0.01 |
| min_distance_public_transport       | -0.10 | 0.05       | -0.24     | 0.11   | 0.00            | 0.33                   | -0.01         | 1.00             | -0.07             | -0.03 |
| min_distance_sports_activities      | 0.03  | -0.02      | 0.08      | 0.00   | -0.17           | 0.12                   | -0.01         | -0.07            | 1.00              | 0.05  |
| year                                | 0.07  | 0.04       | 0.06      | -0.01  | -0.06           | 0.01                   | -0.01         | -0.03            | 0.05              | 1.00  |

Πίνακας 5.3: Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών - Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων

|                                     | speed | cycle_path | road_type | length | min_distance    |                        |               |                  |                   | year  |
|-------------------------------------|-------|------------|-----------|--------|-----------------|------------------------|---------------|------------------|-------------------|-------|
|                                     |       |            |           |        | bicycle_parking | educational_activities | leisure_parks | public_transport | sports_activities |       |
| speed                               | 1.00  | -0.04      | 0.28      | -0.05  | 0.07            | -0.01                  | -0.01         | -0.09            | 0.01              | 0.06  |
| cycle_path                          | -0.04 | 1.00       | -0.49     | 0.03   | 0.00            | -0.06                  | 0.02          | 0.06             | -0.04             | 0.02  |
| road_type                           | 0.28  | -0.49      | 1.00      | -0.13  | -0.01           | 0.09                   | -0.06         | -0.20            | 0.05              | 0.06  |
| length                              | -0.05 | 0.03       | -0.13     | 1.00   | -0.01           | 0.02                   | 0.15          | 0.11             | -0.01             | -0.02 |
| min_distance_bicycle_parking        | 0.07  | 0.00       | -0.01     | -0.01  | 1.00            | 0.20                   | -0.02         | -0.01            | -0.18             | -0.03 |
| min_distance_educational_activities | -0.01 | -0.06      | 0.09      | 0.02   | 0.20            | 1.00                   | -0.03         | 0.05             | 0.10              | 0.02  |
| min_distance_leisure_parks          | -0.01 | 0.02       | -0.06     | 0.15   | -0.02           | -0.03                  | 1.00          | 0.02             | 0.04              | -0.01 |
| min_distance_public_transport       | -0.09 | 0.06       | -0.20     | 0.11   | -0.01           | 0.05                   | 0.02          | 1.00             | -0.17             | -0.02 |
| min_distance_sports_activities      | 0.01  | -0.04      | 0.05      | -0.01  | -0.18           | 0.10                   | 0.04          | -0.17            | 1.00              | 0.01  |
| year                                | 0.06  | 0.02       | 0.06      | -0.02  | -0.03           | 0.02                   | -0.01         | -0.02            | 0.01              | 1.00  |

Πίνακας 5.4: Συντελεστής Συσχέτισης Ανεξάρτητων Μεταβλητών - Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες, είναι εμφανές ότι **δεν δύναται να συμπεριληφθεί το σύνολο των συγκεκριμένων ανεξάρτητων μεταβλητών** εντός των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, διότι ένα ζεύγος μεταβλητών εμφανίζει υψηλή τιμή του συντελεστή συσχέτισης και κατ' επέκταση οι εν λόγω ανεξάρτητες μεταβλητές παρουσιάζουν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ τους. Αναλυτικότερα, η μεταβλητή, η οποία περιγράφει τις κατηγορίες των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων, εμφανίζει ισχυρή συσχέτιση με τη μεταβλητή που υποδεικνύει την ύπαρξη ποδηλατοδρόμου κατά μήκος αυτών. Συνεπώς, οι συγκεκριμένες μεταβλητές δεν μπορούν - ταυτοχρόνως - να αξιοποιηθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλεχθείσα μεταβλητή, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, είναι αυτή που αντικατοπτρίζει τις κατηγορίες των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων, διότι περιλαμβάνει περισσότερη πληροφορία και κατ' επέκταση παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής ποιοτικότερων συμπερασμάτων.

## 5.2 Μαθηματικά Μοντέλα Πρόβλεψης

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συνιστά - μεταξύ άλλων - η σύνθεση μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης που **καλούνται να αποδώσουν - μέσω των κατάλληλων επεξηγηματικών μεταβλητών - το πλήθος των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες εκτελούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα των εξεταζόμενων περιοχών**. Αξίζει να επισημανθεί ότι τα παρουσιαζόμενα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης συνιστούν απόρροια μίας εκτεταμένης σειράς δοκιμών και απορρίψεων, κατά την οποία εξετάστηκαν διάφοροι συνδυασμοί των επιλεχθέντων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των βασικών μεθόδων ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, οι οποίες έχουν παρατεθεί στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Το σύνολο των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία εξήχθησαν μέσω της εν λόγω διαδικασίας, αξιολογήθηκαν βάσει των στατιστικών ελέγχων που έχουν διατυπωθεί στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Τέλος, η δυνατότητα εύλογης εξήγησης των επιμέρους αποτελεσμάτων των ανεπτυγμένων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης αποτέλεσε έναν επιπρόσθετο έλεγχο αξιολόγησης αυτών.

Εφαρμόζοντας τη διαδικασία που παρουσιάστηκε παραπάνω, προέκυψε ότι η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** θα αποτελέσει τη μέθοδο ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης που παρατίθενται παρακάτω. Η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου βασίστηκε στο γεγονός ότι η εξαρτημένη μεταβλητή των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, η οποία συνιστά το πλήθος των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων ανά οδικό τμήμα, παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα τιμών και κατ' επέκταση δύναται να χαρακτηριστεί ως συνεχές μέγεθος. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι βάσεις δεδομένων περιλαμβάνουν μη αρνητικές τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής. Συνεπώς, οι μηδενικές τιμές αυτής αντικαθίστανται από τη μικρότερη θετική ακέραια τιμή, ήτοι τη μοναδιαία τιμή, ώστε να μπορεί να υφίσταται ο φυσικός λογάριθμος των συγκεκριμένων τιμών. Επιπροσθέτως, ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης δύναται να θεωρηθεί ότι ακολουθεί - κατά προσέγγιση - την κανονική κατανομή. Παράλληλα, η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση επιλέχθηκε εξαιτίας του γεγονότος ότι η συγκεκριμένη μέθοδος παρουσιάζει - συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους - αρτιότερα αποτελέσματα και εξασφαλίζει την εκτίμηση μη αρνητικών τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής. Εντούτοις, η δυνατότητα εύλογης εξήγησης των επιμέρους αποτελεσμάτων του συνόλου των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης και η διασφάλιση της αξιοπιστίας αυτών αποτέλεσαν τους καταλυτικούς παράγοντες για την επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έναντι των υπολοίπων.

### 5.2.1 Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου

Τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, το οποίο αποδίδει το μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας στην εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

|                                       | Estimate  | Std.Error | t.value |
|---------------------------------------|-----------|-----------|---------|
| intercept                             | ↑ 5.6816  | 0.152     | 37.435  |
| speed                                 | ↑ 0.0865  | 0.010     | 8.284   |
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3983 | 0.161     | 14.853  |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2853 | 0.113     | 20.218  |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -1.9147 | 0.662     | 2.891   |
| primary (ref. category cycleway)      | ↑ 2.4722  | 0.321     | 7.702   |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.2960  | 0.130     | 17.625  |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.2421  | 0.123     | 1.970   |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.9398 | 0.279     | 10.526  |
| length                                | ↓ -0.0022 | 0.001     | 3.445   |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0004 | 0.000     | 6.402   |
| min_distance_educational_activities   | ↑ 0.0005  | 0.000     | 2.672   |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0010  | 0.000     | 4.684   |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0008 | 0.000     | 2.607   |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.6498 | 0.017     | 39.116  |

|                |
|----------------|
| R <sup>2</sup> |
| 0.68           |

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης - Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα, είναι εμφανές ότι ο σταθερός όρος και το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών παρουσιάζουν υψηλές τιμές του συντελεστή «t». Ειδικότερα, ο εν λόγω συντελεστής λαμβάνει τιμές, οι οποίες βρίσκονται υψηλότερα του «1.645» που αποτελεί την προκύπτουσα - μέσω της κατανομής «Student» - τιμή του αντίστοιχου συντελεστή για δεδομένους βαθμούς ελευθερίας (DOF → ∞) και δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης (= 95%). Απότοκο αυτού συνιστά το γεγονός ότι **ο σταθερός όρος και το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών διαθέτουν στατιστική επάρκεια** για το δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης και μπορούν να αξιοποιηθούν για την περιγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

Επιπλέον, η υψηλή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού «R<sup>2</sup>», ο οποίος ισούται με 0.68, συνεπάγεται την **καλή προσαρμογή των χρησιμοποιούμενων δεδομένων** στο εξεταζόμενο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης και κατ' επέκταση την υψηλή ποιότητα αυτού.

Αναφορικά με τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών του εξεταζόμενου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, αξίζει να σημειωθεί ότι **προσφέρεται η δυνατότητα για λογική ερμηνεία των προσήμων τους**. Αναλυτικότερα, η προσπάθεια επεξήγησης αυτών είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή μίας εκτεταμένης σειράς ενδιαφερουσών παρατηρήσεων που παρατίθεται παρακάτω:

- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο - της μέσης ταχύτητας πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων επιφέρει αύξηση - κατά 0.09 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται σε κάθε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Με άλλα λόγια, **τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, στα οποία οι ποδηλατικές μετακινήσεις διενεργούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα, εμφανίζουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα**. Μία εύλογη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι οι ποδηλατιστές επιλέγουν τα οδικά τμήματα, στα οποία παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων, περιορίζοντας τη χρονική διάρκεια των μετακινήσεων τους. Επιπλέον, η δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων επηρεάζεται - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - από μία πληθώρα παραγόντων, όπως η ποιότητα της οδικής υποδομής, η παρεχόμενη - προς τους ποδηλατιστές - ασφάλεια (π.χ. παρουσία ποδηλατοδρόμου) και οι γενικότερες συνθήκες ποδηλασίας στο εκάστοτε οδικό τμήμα. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο ενδέχεται να αποτελεί απόρροια ενός ενδεδειγμένου σχεδιασμού των

οδικών και ποδηλατικών υποδομών, διευκολύνοντας την ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων από τους ποδηλατιστές. Τέλος, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προέρχονται από μία εφαρμογή καταγραφής της αθλητικής δραστηριότητας των εκάστοτε χρηστών της, η οποία προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός αρχείου που αφορά τις προσωπικές τους επιδόσεις. Κατά συνέπεια, δύναται να υποτεθεί ότι αρχάριοι ή ερασιτέχνες ποδηλατιστές δεν αποτελούν μεγάλο μέρος των χρηστών της εφαρμογής, επιδρώντας στο πλήθος των πραγματοποιούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων συγκριτικά με τη μέση ταχύτητα διενέργειας αυτών.

- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε πεζοδρόμους της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει μείωση - κατά 2.40 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Τουτέστιν, **οι πεζόδρομοι της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Αυτό ενδέχεται να συμβαίνει εξαιτίας των γενικότερων συνθηκών, οι οποίες επικρατούν στους πεζόδρομους και καθιστούν εξόχως δύσκολη την κυκλοφορία των ποδηλάτων και την ομαλή συνύπαρξη αυτών με τους πεζούς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνθηκών συνιστούν η πυκνή κυκλοφορία των πεζών, η ύπαρξη μίας πληθώρας σταθερών εμποδίων (π.χ. παρουσία δένδρων και διαφημιστικών πινακίδων) και κατ' επέκταση το περιορισμένο διαθέσιμο πλάτος. Παράλληλα, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των πεζόδρομων δεν καλύπτουν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οικιστικές οδούς της εξεταζόμενης περιοχής, εμφανίζει μείωση - κατά 2.29 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **οι οικιστικές οδοί της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου αποτελεί το γεγονός ότι οι οικιστικές οδοί διαθέτουν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - μία μονοδρομημένη λωρίδα κυκλοφορίας, καθιστώντας ιδιαίτερος επισφαλείς τους ελιγμούς προσπέρασης των ποδηλατιστών από τα υπόλοιπα οχήματα. Παράλληλα, οι εν λόγω οδοί παρουσιάζουν μία πληθώρα ισόπεδων κόμβων, των οποίων οι προσβάσεις διασταυρώνονται κάθετα μεταξύ τους, αυξάνοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι οι ποδηλατιστές αποφεύγουν τη χρήση των οικιστικών οδών εξαιτίας των πολλαπλών κινδύνων.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε αυτοκινητοδρόμους της εξεταζόμενης περιοχής, εμφανίζει μείωση - κατά 1.91 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **οι αυτοκινητόδρομοι της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε σχέση με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, καθώς δεν προβλέπεται - σύμφωνα με τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας - η αξιοποίηση των εν λόγω οδών από τους ποδηλατιστές. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα οδικά τμήματα, τα οποία υπάγονται στην εν λόγω κατηγορία, δεν αποτελούν αμιγώς τμήματα αυτοκινητοδρόμων. Αναλυτικότερα, τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα αποτελούν συνδυαστικές οδούς, οι οποίες συνδέουν έναν αυτοκινητόδρομο με μία οδό κατώτερης κατηγορίας, γεγονός που σημαίνει ότι δύναται να σημειώνεται - έστω και σε περιορισμένο βαθμό - ποδηλατική δραστηριότητα στα εν λόγω οδικά τμήματα.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του πρωτεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει αύξηση - κατά 2.47 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο ποδηλατικό δίκτυο αυτής. Με άλλα λόγια, **το πρωτεύον οδικό δίκτυο**

της εξεταζόμενης περιοχής σημειώνει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής. Αυτό δύναται να συμβαίνει εξαιτίας του γεγονότος ότι τα δεδομένα προέρχονται - όπως έχει προαναφερθεί - από μία εφαρμογή καταγραφής της αθλητικής δραστηριότητας των εκάστοτε χρηστών της, ενώ παράλληλα η πλειοψηφία των συγκεκριμένων χρηστών φαίνεται να μην είναι αρχάριοι ή ερασιτέχνες ποδηλατιστές. Επομένως, δύναται να θεωρηθεί ότι οι ποδηλατιστές, οι οποίοι δείχνουν να αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των χρηστών της συγκεκριμένης εφαρμογής, επιθυμούν να διενεργούν τις ποδηλατικές τους μετακινήσεις σε οδικά τμήματα που υπάγονται στη συγκεκριμένη κατηγορία, ώστε να είναι σε θέση να αναπτύξουν μεγαλύτερες ταχύτητες και κατ' επέκταση να αυξήσουν τον βαθμό δυσκολίας της αθλητικής τους δραστηριότητας. Επιπλέον, τα οδικά τμήματα του πρωτεύοντος οδικού δικτύου προσφέρουν - μέσω μίας ενιαίας διαδρομής - τη δυνατότητα πρόσβασης σε μία πληθώρα δυνητικών τοποθεσιών προορισμού των ποδηλατιστών, καθώς διέρχονται από περιοχές που συνδυάζουν την ικανοποίηση οικιστικών, εμπορικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων.

- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του δευτερεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, σημειώνει αύξηση - κατά 2.30 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **το δευτερεύον οδικό δίκτυο της εν λόγω περιοχής παρουσιάζει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση αυτού ενδέχεται να αποτελεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του υφιστάμενου δικτύου ποδηλατοδρόμων δεν εντοπίζεται πλησίον των στάσεων των μέσων μαζικής μεταφοράς που υφίστανται στην εξεταζόμενη περιοχή. Ωστόσο, οι ποδηλατιστές της εν λόγω περιοχής φαίνεται να χρησιμοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς, όπως θα παρουσιαστεί λεπτομερώς παρακάτω. Κατά συνέπεια, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι τα οδικά τμήματα, τα οποία υπάγονται στη συγκεκριμένη κατηγορία, αξιοποιούνται από τους ποδηλατιστές, ώστε να προσεγγίσουν την πλησιέστερη στάση των μέσων μαζικής μεταφοράς. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι επικρατούσες - στο ποδηλατικό δίκτυο - συνθήκες αποτελούν καταλυτικούς παράγοντες για την επιλογή της εκάστοτε διαδρομής από τους ποδηλατιστές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνθηκών αποτελούν η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των ποδηλατοδρόμων, η απρόσκοπτη ροή των ποδηλατιστών, η «αρραγής» συνδεσιμότητα μεταξύ των ποδηλατοδρόμων και η παρεχόμενη - προς τους ποδηλατιστές - ασφάλεια. Σε περίπτωση που οι εκάστοτε ποδηλατοδρόμοι δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών, οι τελευταίοι επιλέγουν οδικά τμήματα του δευτερεύοντος οδικού δικτύου που ικανοποιούν τις παραπάνω αξιώσεις.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του τριτεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, σημειώνει αύξηση - κατά 0.24 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **το τριτεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να συνιστά - σε μικρότερο βαθμό - η εξήγηση, η οποία παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε το δευτερεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, η απρόσκοπτη ροή των ποδηλατιστών συντελεί στην ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων και κατ' επέκταση στον περιορισμό της χρονικής διάρκειας των μετακινήσεων τους, καθιστώντας ελκυστικότερα τα οδικά τμήματα του δευτερεύοντος και τριτεύοντος οδικού δικτύου έναντι του δικτύου των ποδηλατοδρόμων. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ποδηλατιστές φαίνεται να αισθάνονται περισσότερη ασφάλεια στα εν λόγω οδικά τμήματα, εφόσον οι επιμέρους ποδηλατοδρόμοι παρουσιάζουν περιορισμένη ορατότητα, διαθέτουν ανεπαρκή φωτισμό και βρίσκονται σε απομονωμένες περιοχές.



- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα που εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει μείωση - κατά 2.94 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο ποδηλατικό δίκτυο αυτής. Με άλλα λόγια, **το υπόλοιπο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζει ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, διότι η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των εν λόγω οδικών τμημάτων δεν καλύπτουν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - του μήκους ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής συνεπάγεται μείωση - κατά 0.002 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, των οποίων το μήκος είναι μεγαλύτερο**. Μία εύλογη εξήγηση αυτού ενδέχεται να είναι η μέθοδος ορισμού των οδικών τμημάτων από την πλατφόρμα «Strava Metro», ήτοι οδικά τμήματα που εντοπίζονται μεταξύ διασταυρώσεων. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση του μήκους ενός οδικού τμήματος επιφέρει αύξηση της απόστασης μεταξύ των δύο διαδοχικών διασταυρώσεων που οριοθετούν το εν λόγω οδικό τμήμα. Ενστερνίζοντας τη διεθνή βιβλιογραφία, η «μεγάλη» απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διασταυρώσεων διευκολύνει την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι οι ποδηλατιστές αποφεύγουν τη χρήση των εν λόγω οδικών τμημάτων, διότι οι οδηγοί των μηχανοκίνητων οχημάτων μπορούν να αναπτύξουν υψηλότερες ταχύτητες σε αυτά και κατ' επέκταση αυξάνεται η πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου στάθμευσης ποδηλάτων προκαλεί μείωση - κατά 0.0004 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εν λόγω οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που εντοπίζονται εγγύτερα σε χώρους στάθμευσης ποδηλάτων**. Το συγκεκριμένο φαινόμενο συνιστά μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, διότι η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατιστών επιθυμεί - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - να χρησιμοποιεί τους υπάρχοντες χώρους στάθμευσης ποδηλάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι οργανωμένοι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων προσφέρουν υψηλότερο - συγκριτικά με αυθαίρετα σημεία στάθμευσης ποδηλάτων - επίπεδο ασφάλειας, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα βανδαλισμού ή κλοπής ενός ποδηλάτου. Παράλληλα, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος του δικτύου των ποδηλατοδρόμων βρίσκεται πλησίον του χώρου στάθμευσης ποδηλάτων που εντοπίζεται στην εξεταζόμενη περιοχή, προσελκύοντας περισσότερους ποδηλατιστές.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου εκπαίδευσης επιφέρει αύξηση - κατά 0.0005 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία απέχουν περισσότερο από τους χώρους εκπαίδευσης**. Αυτό δύναται να σημαίνει ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις δεν διενεργούνται για την ικανοποίηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας χρηστικού χαρακτήρα. Πιθανή εξήγηση του εν λόγω φαινομένου ενδέχεται να αποτελεί το γεγονός ότι τα νοικοκυριά της εξεταζόμενης περιοχής εμφανίζουν αυξημένο - συγκριτικά με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου της Αττικής - μέσο εισόδημα, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων για την κάλυψη της παραπάνω ανάγκης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη περιοχή διαθέτει διευρυμένο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, προσφέροντας μία επιπρόσθετη εναλλακτική επιλογή για την ικανοποίηση της εν λόγω ανάγκης.

- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου πάρκου αναψυχής επιφέρει αύξηση - κατά 0.001 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρουσιάζεται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που απέχουν περισσότερο από τα πάρκα αναψυχής**. Αυτό δύναται να συμβαίνει εξαιτίας του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο μέρος του δικτύου των ποδηλατοδρόμων δεν βρίσκεται πλησίον ή εντός των πάρκων αναψυχής, τα οποία εντοπίζονται στην εξεταζόμενη περιοχή. Επομένως, το υφιστάμενο ποδηλατικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής δεν είναι σε θέση να προσφέρει εύκολη και ασφαλή πρόσβαση σε πάρκα αναψυχής, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την εκτέλεση λιγότερων ποδηλατικών μετακινήσεων στον περιβάλλοντα χώρο αυτών.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και της εγγύτερης στάσης των μέσων μαζικής μεταφοράς προξενεί μείωση - κατά 0.001 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εν λόγω οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρουσιάζεται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που απέχουν περισσότερο από τις στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς**. Μία εύλογη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι οι ποδηλατιστές φαίνεται να αξιοποιούν τα μέσα μαζικής μεταφοράς, καθώς αυτά διευκολύνουν τις μετακινήσεις σε μεγάλες αποστάσεις. Μάλιστα, το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν συνιστά μία απροσδόκητη παρατήρηση, καθώς έχουν πραγματοποιηθεί συνεχείς προσπάθειες για την προώθηση του συνδυασμού των συγκεκριμένων τρόπων μετακίνησης, οι οποίοι εντάσσονται στο πλαίσιο της βιώσιμης αστικής κινητικότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής κατά τη διάρκεια του έτους 2022, σημειώνει μείωση - κατά 0.65 - συγκριτικά με τον αντίστοιχο λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του έτους 2021. Τουτέστιν, **τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής επιδεικνύουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του έτους 2021**. Τούτο δύναται να συνιστά απόρροια της αποκλιμάκωσης των περιοριστικών μέτρων που θεσπίστηκαν για την καταπολέμηση της πανδημίας «COVID-19», γεγονός που ώθησε στην έντονη επιθυμία των κατοίκων για διενέργεια αθλητικών δραστηριοτήτων τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Παράλληλα, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η πλειοψηφία των χρηστών των μέσων μαζικής μεταφοράς στράφηκε προς εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης, καθώς εξακολουθούσε - την ίδια χρονική περίοδο - να υφίσταται η γενικότερη πρόθεση αποφυγής του συνωστισμού σε κλειστούς χώρους. Επομένως, η πλειοψηφία αυτών στράφηκε προς τη χρήση του ποδηλάτου, ιδίως εκείνοι που δεν διέθεταν τη δυνατότητα χρήσης ιδιωτικών αυτοκινήτων εξαιτίας οικονομικών περιορισμών.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την **ανάλυση ελαστικότητας**, διαδικασία που πραγματοποιείται για την παροχή χρήσιμων επιπρόσθετων πληροφοριών και τη διευκόλυνση της περαιτέρω κατανόησης των παραπάνω αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω ανάλυση επιδιώκει τον προσδιορισμό του βαθμού και - συνάμα - του τρόπου επιρροής της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή. Ο τρόπος υπολογισμού της ελαστικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής έχει παρατεθεί στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης σχολιάζονται μέσω της ανηγμένης - ως προς την ελάχιστη τιμή των επιμέρους ελαστικότητων - τιμή της ελαστικότητας που χαρακτηρίζει την εκάστοτε ανεξάρτητη μεταβλητή.

|                  | Estimate | elasticity   |                   |
|------------------|----------|--------------|-------------------|
|                  |          | actual value | comparative value |
|                  |          | e            | e*                |
| <b>intercept</b> | ↑ 5.6816 | -            | -                 |
| <b>speed</b>     | ↑ 0.0865 | 0.004        | 4.215             |

|                                       |           |        |         |
|---------------------------------------|-----------|--------|---------|
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3983 | -0.151 | -30.150 |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2853 | -0.042 | -8.381  |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -1.9147 | -0.106 | -21.223 |
| primary (ref. category cycleway)      | ↑ 2.4722  | 0.022  | 4.357   |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.2960  | 0.022  | 4.399   |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.2421  | 0.005  | 1.000   |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.9398 | -0.233 | -46.657 |
| length                                | ↓ -0.0022 | -0.001 | -1.349  |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0004 | -0.004 | -3.868  |
| min_distance_educational_activities   | ↑ 0.0005  | 0.001  | 1.354   |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0010  | 0.002  | 1.710   |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0008 | -0.001 | -1.000  |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.6498 | -0.015 | -3.011  |

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ελαστικότητας - Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ελαστικότητας, συνάγονται ορισμένα συμπεράσματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και παρατίθενται παρακάτω:

- Εστιάζοντας στην ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής ως προς τις **συνεχείς ανεξάρτητες μεταβλητές**, αξίζει να επισημανθεί ότι η ποσοστιαία αύξηση - κατά μία μονάδα - της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει ποσοστιαία αύξηση ή μείωση - κατά την αντίστοιχη τιμή της ελαστικότητας - του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται σε κάθε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η μεταβλητή, η οποία αντικατοπτρίζει τη μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων, ασκεί τη μεγαλύτερη - μεταξύ των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών - επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Αντιθέτως, η ανεξάρτητη μεταβλητή του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, η οποία αντιπροσωπεύει την απόσταση μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και της πλησιέστερης στάσης των μέσων μαζικής μεταφοράς στην ευρύτερη περιοχή, ασκεί τη μικρότερη - μεταξύ των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών - επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή.
- Εστιάζοντας στις **διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές**, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης εκφράζει την ποσοστιαία αύξηση ή μείωση της πιθανότητας αύξησης - κατά μία μονάδα - του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται βάσει των συνθηκών της εξεταζόμενης κατηγορίας της εκάστοτε διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι παρουσιάζόμενες τιμές της ελαστικότητας αξιοποιούνται ως συγκριτικό κριτήριο μεταξύ των συνθηκών της εξεταζόμενης κατηγορίας και της κατηγορίας αναφοράς των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέλος, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη - μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών - μεταβολή της πιθανότητας που εξηγήθηκε προηγουμένως. Από την άλλη μεριά, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία εμπίπτουν στο τριτεύον οδικό δίκτυο, φαίνεται να σημειώνουν τη μικρότερη - μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών - μεταβολή της πιθανότητας που εξηγήθηκε προηγουμένως.

Τέλος, η συγκεκριμένη υποενοότητα ολοκληρώνεται με την παρουσίαση και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την **ανάλυση ευαισθησίας**. Η εν λόγω ανάλυση επικουρείται από μία εκτεταμένη σειρά διαγραμμάτων που απεικονίζουν τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής συναρτήσει της ομοιόμορφης μεταβολής των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών. Ειδικότερα, η διενέργεια της συγκεκριμένης διαδικασίας αποσκοπεί στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, διευκολύνοντας την περαιτέρω κατανόηση αυτών.





αύξηση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων. Αντιθέτως, το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων σημειώνει μειωτική τάση στο διάγραμμα «5.2», το διάγραμμα «5.3» και το διάγραμμα «5.6», γεγονός που συνεπάγεται ότι η αύξηση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει μείωση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων.

### 5.2.2 Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων

Τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, το οποίο αποδίδει το μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας στην εξεταζόμενη περιοχή των Βριλησίων, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

|  | Estimate  | Std.Error | t.value |
|--|-----------|-----------|---------|
| <b>intercept</b>                             | ↑ 6.0603  | 0.147     | 41.100  |
| <b>speed</b>                                 | ↑ 0.0276  | 0.009     | 3.139   |
| <b>pedestrian (ref. category cycleway)</b>   | ↓ -2.3309 | 0.184     | 12.665  |
| <b>residential (ref. category cycleway)</b>  | ↓ -2.2788 | 0.105     | 21.662  |
| <b>motorway (ref. category cycleway)</b>     | ↓ -2.1494 | 0.651     | 3.300   |
| <b>primary (ref. category cycleway)</b>      | -         | -         | -       |
| <b>secondary (ref. category cycleway)</b>    | ↑ 2.4839  | 0.145     | 17.125  |
| <b>tertiary (ref. category cycleway)</b>     | ↑ 0.1443  | 0.120     | 1.201   |
| <b>unclassified (ref. category cycleway)</b> | ↓ -2.8632 | 0.944     | 3.034   |
| <b>length</b>                                | ↓ -0.0017 | 0.001     | 2.252   |
| <b>min_distance_bicycle_parking</b>          | ↓ -0.0003 | 0.000     | 4.526   |
| <b>min_distance_educational_activities</b>   | ↓ -0.0005 | 0.000     | 1.402   |
| <b>min_distance_leisure_parks</b>            | ↑ 0.0003  | 0.000     | 0.838   |
| <b>min_distance_public_transport</b>         | ↓ -0.0005 | 0.000     | 1.041   |
| <b>2022 (ref. category 2021)</b>             | ↓ -0.9558 | 0.023     | 41.566  |

|                      |
|----------------------|
| <b>R<sup>2</sup></b> |
| 0.63                 |

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης - Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα, είναι προφανές ότι ορισμένες ανεξάρτητες μεταβλητές παρουσιάζουν χαμηλές τιμές του συντελεστή «t». Αναλυτικότερα, ο εν λόγω συντελεστής λαμβάνει τιμές, οι οποίες εντοπίζονται χαμηλότερα του «1.645» που αποτελεί την προκύπτουσα - μέσω της κατανομής «Student» - τιμή του αντίστοιχου συντελεστή για δεδομένους βαθμούς ελευθερίας (DOF → ∞) και δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης (= 95%). Απόρροια αυτού συνιστά το γεγονός ότι **οι συγκεκριμένες ανεξάρτητες μεταβλητές δεν διαθέτουν στατιστική επάρκεια** για το δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Εντούτοις, αποφασίστηκε να διατηρηθούν στο εν λόγω μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, ώστε να μπορούν να εξαχθούν συγκριτικά συμπεράσματα μεταξύ των επιμέρους μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης.

Επιπλέον, η υψηλή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού «R<sup>2</sup>», ο οποίος ισούται με 0.63, συνεπάγεται την **καλή προσαρμογή των χρησιμοποιούμενων δεδομένων** στο εξεταζόμενο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης και κατ' επέκταση την υψηλή ποιότητα αυτού.

Αναφορικά με τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών του εξεταζόμενου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, αξίζει να σημειωθεί ότι **προσφέρεται η δυνατότητα για λογική ερμηνεία των προσήμων τους**. Αναλυτικότερα, η προσπάθεια επεξήγησης αυτών είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή μίας εκτεταμένης σειράς ενδιαφεροσών παρατηρήσεων που παρατίθεται παρακάτω:

- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο - της μέσης ταχύτητας πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων επιφέρει αύξηση - κατά 0.03 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται σε κάθε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Με άλλα λόγια, **τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, στα οποία οι ποδηλατικές μετακινήσεις διενεργούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα, εμφανίζουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε πεζοδρόμους της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει μείωση - κατά 2.33 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Τουτέστιν, **οι πεζόδρομοι της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, καθώς οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οικιστικές οδούς της εξεταζόμενης περιοχής, εμφανίζει μείωση - κατά 2.28 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **οι οικιστικές οδοί της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρουσιάστηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε αυτοκινητοδρόμους της εξεταζόμενης περιοχής, εμφανίζει μείωση - κατά 2.15 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **οι αυτοκινητόδρομοι της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε σχέση με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Στην εξεταζόμενη περιοχή των Βριλησίων δεν εντοπίστηκαν οδικά τμήματα που υπάγονται στο πρωτεύον οδικό δίκτυο. Κατά συνέπεια, δεν δύναται να εξεταστεί η επίδραση της συγκεκριμένης κατηγορίας οδικών τμημάτων στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του δευτερεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, σημειώνει αύξηση - κατά 2.48 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **το δευτερεύον οδικό δίκτυο της εν λόγω περιοχής παρουσιάζει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία ενδεχόμενη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη

περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.

- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του τριτεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, σημειώνει αύξηση - κατά 0.14 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **το τριτεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα που εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει μείωση - κατά 2.86 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο ποδηλατικό δίκτυο αυτής. Με άλλα λόγια, **το υπόλοιπο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζει ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, καθώς οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - του μήκους ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής συνεπάγεται μείωση - κατά 0.002 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, των οποίων το μήκος είναι μεγαλύτερο**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές εμφανίζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου στάθμευσης ποδηλάτων προκαλεί μείωση - κατά 0.0003 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εν λόγω οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που βρίσκονται εγγύτερα σε χώρους στάθμευσης ποδηλάτων**. Ενδεχόμενη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε προηγουμένως και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου εκπαίδευσης επιφέρει μείωση - κατά 0.0005 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία εντοπίζονται εγγύτερα σε χώρους εκπαίδευσης**. Αυτό ενδέχεται να σημαίνει ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις διενεργούνται για την ικανοποίηση της εν λόγω δραστηριότητας χρηστικού χαρακτήρα, παρουσιάζοντας μία αντιδιαμετρική «συμπεριφορά» σε σύγκριση με

την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου. Μία εύλογη εξήγηση αυτού ενδέχεται να συνιστά το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του δικτύου των ποδηλατοδρόμων βρίσκεται πλησίον των χώρων εκπαίδευσης που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή, προσφέροντας εύκολη και ασφαλή πρόσβαση στους συγκεκριμένους χώρους. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι το εν λόγω φαινόμενο ενδέχεται να παρουσιάζει στοιχεία τυχαιότητας, καθώς η εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή δεν διαθέτει - όπως έχει προαναφερθεί - στατιστική επάρκεια.

- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου πάρκου αναψυχής σημειώνει αύξηση - κατά 0.0003 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Τουτέστιν, παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που απέχουν περισσότερο από τα πάρκα αναψυχής. Μία εύλογη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και της εγγύτερης στάσης των μέσων μαζικής μεταφοράς σημειώνει μείωση - κατά 0.0005 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, εμφανίζεται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που απέχουν περισσότερο από τις στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς. Μία εύλογη εξήγηση του φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής κατά τη διάρκεια του έτους 2022, σημειώνει μείωση - κατά 0.96 - συγκριτικά με τον αντίστοιχο λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του έτους 2021. Τουτέστιν, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής επιδεικνύουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του έτους 2021. Πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές εμφανίζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την **ανάλυση ελαστικότητας**, διαδικασία που πραγματοποιείται για την παροχή χρήσιμων επιπρόσθετων πληροφοριών και τη διευκόλυνση της περαιτέρω κατανόησης των παραπάνω αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω ανάλυση επιδιώκει τον προσδιορισμό του βαθμού και - συνάμα - του τρόπου επιρροής της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή. Ο τρόπος υπολογισμού της ελαστικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής έχει παρατεθεί στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης σχολιάζονται μέσω της ανηγμένης - ως προς την ελάχιστη τιμή των επιμέρους ελαστικότητων - τιμής της ελαστικότητας που χαρακτηρίζει την εκάστοτε ανεξάρτητη μεταβλητή.



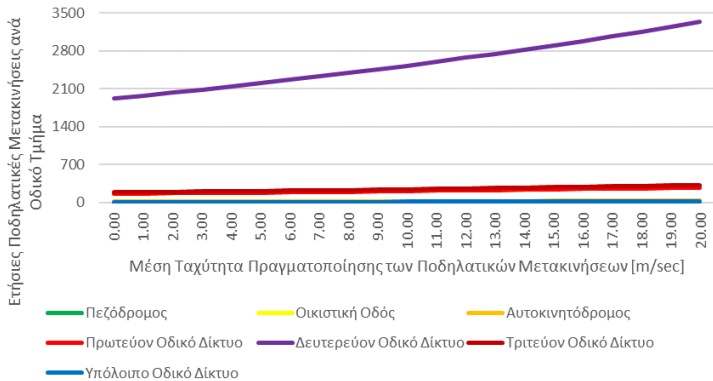
|                                       | Estimate  | elasticity   |                   |
|---------------------------------------|-----------|--------------|-------------------|
|                                       |           | actual value | comparative value |
|                                       |           | e            | e*                |
| intercept                             | ↑ 6.0603  | -            | -                 |
| speed                                 | ↑ 0.0276  | 0.001        | 3.466             |
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3309 | -0.160       | -42.334           |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2788 | -0.054       | -14.357           |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -2.1494 | -0.148       | -39.182           |
| primary (ref. category cycleway)      | -         | -            | -                 |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.4839  | 0.028        | 7.296             |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.1443  | 0.004        | 1.000             |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.8632 | -0.247       | -65.526           |
| length                                | ↓ -0.0017 | -0.001       | -2.529            |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0003 | -0.003       | -9.330            |
| min_distance_educational_activities   | ↓ -0.0005 | -0.001       | -2.743            |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0003  | 0.000        | 1.000             |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0005 | -0.001       | -1.588            |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.9558 | -0.027       | -7.252            |

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ελαστικότητας - Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων

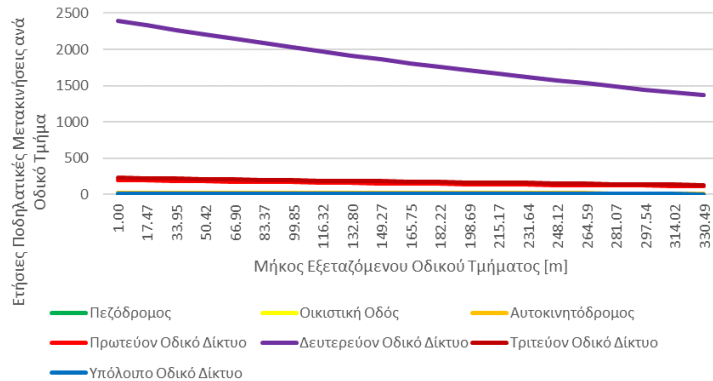
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ελαστικότητας, συνάγονται ορισμένα συμπεράσματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και παρατίθενται παρακάτω:

- Εστιάζοντας στην ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής ως προς τις **συνεχείς ανεξάρτητες μεταβλητές**, αξίζει να επισημανθεί ότι η ποσοστιαία αύξηση - κατά μία μονάδα - της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει ποσοστιαία αύξηση ή μείωση - κατά την αντίστοιχη τιμή της ελαστικότητας - του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται σε κάθε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η μεταβλητή, η οποία αντικατοπτρίζει την απόσταση ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής από τον πλησιέστερο χώρο στάθμευσης ποδηλάτων που εντοπίζεται στην ευρύτερη περιοχή, ασκεί τη μεγαλύτερη - μεταξύ των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών - επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Στον αντίποδα, η ανεξάρτητη μεταβλητή του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, η οποία αντανακλά την απόσταση μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του εγγύτερου πάρκου αναψυχής, ασκεί τη μικρότερη - μεταξύ των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών - επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή.
- Εστιάζοντας στις **διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές**, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης εκφράζει την ποσοστιαία αύξηση ή μείωση της πιθανότητας αύξησης - κατά μία μονάδα - του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται βάσει των συνθηκών της εξεταζόμενης κατηγορίας της εκάστοτε διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι παρουσιάζόμενες τιμές της ελαστικότητας αξιοποιούνται ως συγκριτικό κριτήριο μεταξύ των συνθηκών της εξεταζόμενης κατηγορίας και της κατηγορίας αναφοράς των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέλος, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη - μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών - μεταβολή της πιθανότητας που εξηγήθηκε προηγουμένως. Από την άλλη μεριά, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία εμπίπτουν στο τριτεύον οδικό δίκτυο, φαίνεται να σημειώνουν τη μικρότερη - μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών - μεταβολή της πιθανότητας που εξηγήθηκε προηγουμένως.

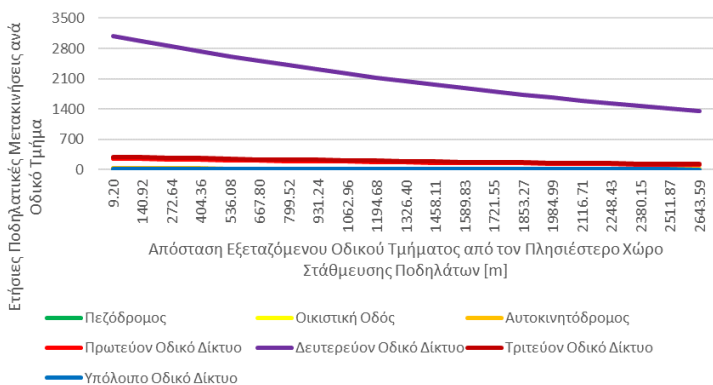
Τέλος, η συγκεκριμένη υποενοότητα ολοκληρώνεται με την παρουσίαση και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την **ανάλυση ευαισθησίας**. Η εν λόγω ανάλυση επικουρείται από μία εκτεταμένη σειρά διαγραμμάτων που απεικονίζουν τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής συναρτήσει της ομοιόμορφης μεταβολής των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών. Ειδικότερα, η διενέργεια της συγκεκριμένης διαδικασίας αποσκοπεί στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, διευκολύνοντας την περαιτέρω κατανόηση αυτών.



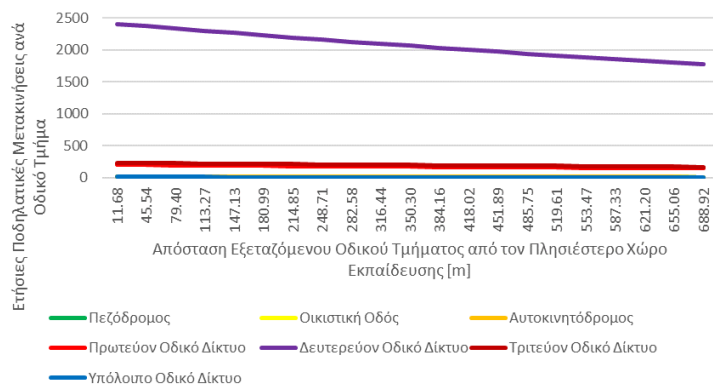
Διάγραμμα 5.7: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων



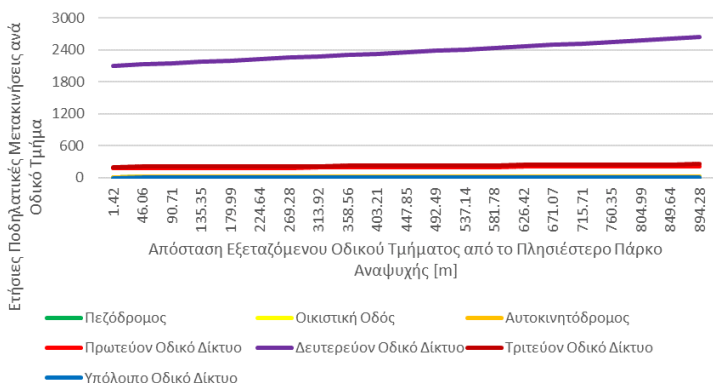
Διάγραμμα 5.8: Μήκος Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος



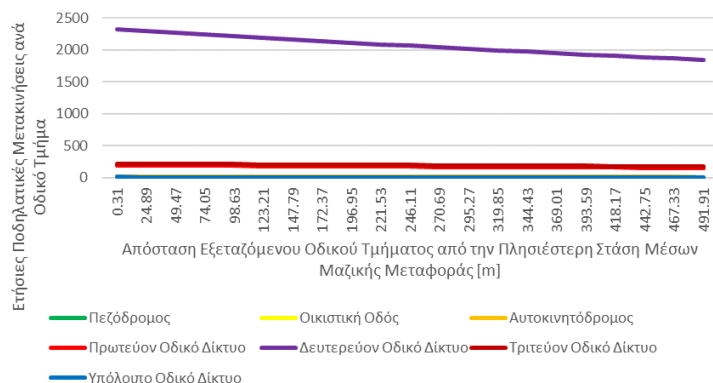
Διάγραμμα 5.9: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Στάθμευσης Ποδηλάτων



Διάγραμμα 5.10: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Εκπαίδευσης



Διάγραμμα 5.11: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από το Πλησιέστερο Πάρκο Αναψυχής



Διάγραμμα 5.12: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από την Πλησιέστερη Στάση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται σε οδικά τμήματα που υπάγονται στο δευτερεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής. Παράλληλα, η μεταβολή του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων δείχνει να είναι εντονότερη στην περίπτωση της παραπάνω κατηγορίας του οδικού δικτύου. Τέλος, οι ακολουθούμενες - από το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων - τάσεις επιβεβαιώνουν το σύνολο των συμπερασμάτων που διατυπώθηκαν προηγουμένως και σχετίζονται με την ερμηνεία των προσήμων των επιμέρους παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Πιο συγκεκριμένα, το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων σημειώνει αυξητική τάση στο διάγραμμα «5.7» και το διάγραμμα «5.11», γεγονός που συνεπάγεται ότι η αύξηση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων. Αντιθέτως, το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων σημειώνει μειωτική τάση στο διάγραμμα «5.8», το διάγραμμα «5.9», το διάγραμμα «5.10» και το διάγραμμα «5.12», γεγονός που σημαίνει ότι η αύξηση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει μείωση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων.

### 5.2.3 Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή

Τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, το οποίο αποδίδει το μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας στη συνολική εξεταζόμενη περιοχή, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

|                                       | Estimate  | Std.Error | t.value |
|---------------------------------------|-----------|-----------|---------|
| intercept                             | ↑ 5.8204  | 0.105     | 55.513  |
| speed                                 | ↑ 0.0510  | 0.007     | 7.509   |
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3461 | 0.119     | 19.675  |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2292 | 0.076     | 29.326  |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -1.9854 | 0.467     | 4.254   |
| primary (ref. category cycleway)      | ↑ 2.7203  | 0.312     | 8.730   |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.4350  | 0.093     | 26.258  |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.2683  | 0.084     | 3.180   |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.8992 | 0.260     | 11.166  |
| length                                | ↓ -0.0019 | 0.000     | 3.822   |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0004 | 0.000     | 8.898   |
| min_distance_educational_activities   | ↑ 0.0004  | 0.000     | 2.289   |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0008  | 0.000     | 4.747   |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0008 | 0.000     | 3.213   |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.7537 | 0.014     | 55.070  |

|                |
|----------------|
| R <sup>2</sup> |
| 0.66           |

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα Μαθηματικού Μοντέλου Πρόβλεψης - Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα, είναι εμφανές ότι ο σταθερός όρος και το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών παρουσιάζουν υψηλές τιμές του συντελεστή «t». Ειδικότερα, ο εν λόγω συντελεστής λαμβάνει τιμές, οι οποίες βρίσκονται υψηλότερα του «1.645» που αποτελεί την προκύπτουσα - μέσω της κατανομής «Student» - τιμή του αντίστοιχου συντελεστή για δεδομένους βαθμούς ελευθερίας (DOF → ∞) και δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης (= 95%). Απότοκο αυτού συνιστά το γεγονός ότι ο σταθερός όρος και το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών διαθέτουν στατιστική επάρκεια για το δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης και μπορούν να αξιοποιηθούν για την περιγραφή της εξαρτημένης μεταβλητής μέσω του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

Επιπλέον, η υψηλή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού «R<sup>2</sup>», ο οποίος ισούται με 0.66, συνεπάγεται την καλή προσαρμογή των χρησιμοποιούμενων δεδομένων στο εξεταζόμενο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης και κατ' επέκταση την υψηλή ποιότητα αυτού.

Αναφορικά με τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών του εξεταζόμενου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, αξίζει να σημειωθεί ότι **προσφέρεται η δυνατότητα για λογική ερμηνεία των προσήμων τους**. Αναλυτικότερα, η προσπάθεια επεξήγησης αυτών είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή μίας εκτεταμένης σειράς ενδιαφερουσών παρατηρήσεων που παρατίθεται παρακάτω:

- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο - της μέσης ταχύτητας πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων επιφέρει αύξηση - κατά 0.05 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται σε κάθε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Με άλλα λόγια, **τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, στα οποία οι ποδηλατικές μετακινήσεις διενεργούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα, εμφανίζουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε πεζοδρόμους της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει μείωση - κατά 2.35 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Τούτέστιν, **οι πεζόδρομοι της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, καθώς οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οικιστικές οδούς της εξεταζόμενης περιοχής, εμφανίζει μείωση - κατά 2.23 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **οι οικιστικές οδοί της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρουσιάστηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε αυτοκινητοδρόμους της εξεταζόμενης περιοχής, εμφανίζει μείωση - κατά 1.99 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **οι αυτοκινητόδρομοι της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε σχέση με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του πρωτεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει αύξηση - κατά 2.72 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο ποδηλατικό δίκτυο αυτής. Με άλλα λόγια, **το πρωτεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής σημειώνει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που



δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.

- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του δευτερεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, σημειώνει αύξηση - κατά 2.44 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **το δευτερεύον οδικό δίκτυο της εν λόγω περιοχής παρουσιάζει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία ενδεχόμενη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της συγκεκριμένης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα του τριτεύοντος οδικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, σημειώνει αύξηση - κατά 0.27 - συγκριτικά με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής. Με άλλα λόγια, **το τριτεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία πιθανή εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται σε οδικά τμήματα που εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής, παρουσιάζει μείωση - κατά 2.90 - σε σχέση με τον λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που εκτελούνται στο ποδηλατικό δίκτυο αυτής. Με άλλα λόγια, **το υπόλοιπο οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής παρουσιάζει ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το δίκτυο των ποδηλατοδρόμων αυτής**. Μία εύλογη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, καθώς οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - του μήκους ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής συνεπάγεται μείωση - κατά 0.002 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, των οποίων το μήκος είναι μεγαλύτερο**. Μία πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές εμφανίζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου στάθμευσης ποδηλάτων προκαλεί μείωση - κατά 0.0004 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εν λόγω οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που εντοπίζονται εγγύτερα σε χώρους στάθμευσης ποδηλάτων**. Ενδεχόμενη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε προηγουμένως και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές

παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.

- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου εκπαίδευσης επιφέρει αύξηση - κατά 0.0004 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρατηρείται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία απέχουν περισσότερο από τους χώρους εκπαίδευσης**. Μία εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές εμφανίζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου πάρκου αναψυχής επιφέρει αύξηση - κατά 0.001 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρουσιάζεται εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που απέχουν περισσότερο από τα πάρκα αναψυχής**. Μία εύλογη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου δύναται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που δόθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η αύξηση - κατά ένα μέτρο - της απόστασης μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και της εγγύτερης στάσης των μέσων μαζικής μεταφοράς προξενεί μείωση - κατά 0.001 - του λογαρίθμου του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται στο εν λόγω οδικό τμήμα. Με άλλα λόγια, **παρουσιάζεται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής που απέχουν περισσότερο από τις στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς**. Μία εύλογη εξήγηση του φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, καθώς οι συγκεκριμένες περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επίδραση της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Ο λογάριθμος του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής κατά τη διάρκεια του έτους 2022, σημειώνει μείωση - κατά 0.75 - συγκριτικά με τον αντίστοιχο λογάριθμο του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του έτους 2021. Τουτέστιν, **τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής επιδεικνύουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του έτους 2021**. Πιθανή εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου ενδέχεται να είναι αντίστοιχη με αυτήν που παρατέθηκε παραπάνω και αφορούσε την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου, διότι οι εν λόγω περιοχές εμφανίζουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την επιρροή της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής στο μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την **ανάλυση ελαστικότητας**, διαδικασία που πραγματοποιείται για την παροχή χρήσιμων επιπρόσθετων πληροφοριών και τη διευκόλυνση της περαιτέρω κατανόησης των παραπάνω αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η εν λόγω ανάλυση επιδιώκει τον προσδιορισμό του βαθμού και - συνάμα - του τρόπου επιρροής της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή. Ο τρόπος υπολογισμού της ελαστικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής έχει παρατεθεί στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης σχολιάζονται μέσω της ανηγμένης - ως προς την ελάχιστη τιμή των επιμέρους ελαστικότητων - τιμής της ελαστικότητας που χαρακτηρίζει την εκάστοτε ανεξάρτητη μεταβλητή.

|                                       | Estimate  | elasticity   |                   |
|---------------------------------------|-----------|--------------|-------------------|
|                                       |           | actual value | comparative value |
|                                       |           | e            | e*                |
| intercept                             | ↑ 5.8204  | -            | -                 |
| speed                                 | ↑ 0.0510  | 0.002        | 2.656             |
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3461 | -0.151       | -25.555           |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2292 | -0.045       | -7.550            |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -1.9854 | -0.119       | -20.169           |
| primary (ref. category cycleway)      | ↑ 2.7203  | 0.024        | 4.067             |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.4350  | 0.024        | 4.087             |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.2683  | 0.006        | 1.000             |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.8992 | -0.237       | -40.083           |
| length                                | ↓ -0.0019 | -0.001       | -1.198            |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0004 | -0.004       | -4.490            |
| min_distance_educational_activities   | ↑ 0.0004  | 0.001        | 1.000             |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0008  | 0.001        | 1.442             |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0008 | -0.001       | -1.087            |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.7537 | -0.019       | -3.195            |

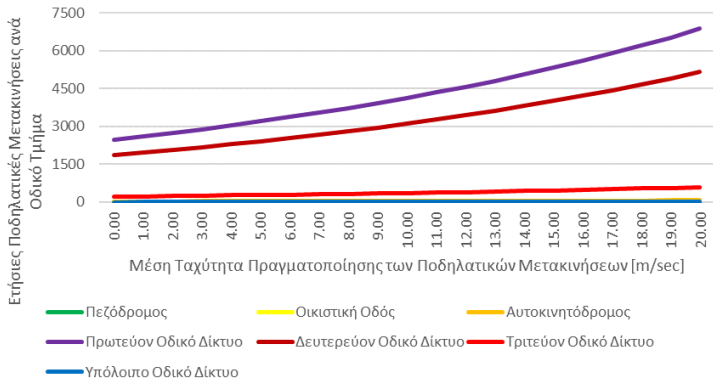
Πίνακας 5.10: Αποτελέσματα Ανάλυσης Ελαστικότητας - Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ελαστικότητας, συνάγονται ορισμένα συμπεράσματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και παρατίθενται παρακάτω:

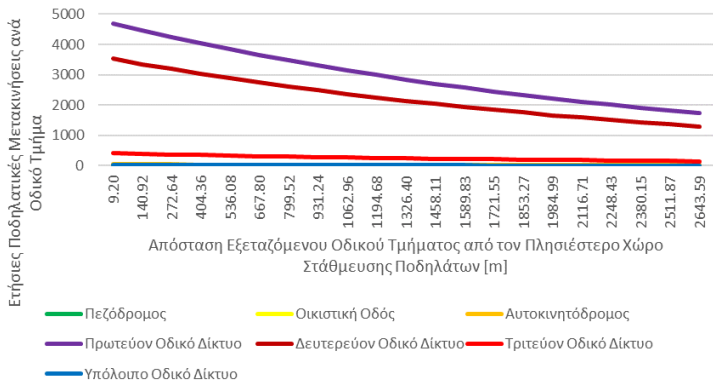
- Εστιάζοντας στην ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής ως προς τις **συνεχείς ανεξάρτητες μεταβλητές**, αξίζει να επισημανθεί ότι η ποσοστιαία αύξηση - κατά μία μονάδα - της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει ποσοστιαία αύξηση ή μείωση - κατά την αντίστοιχη τιμή της ελαστικότητας - του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων που διενεργούνται σε κάθε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η μεταβλητή, η οποία αντικατοπτρίζει την απόσταση ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής από τον πλησιέστερο χώρο στάθμευσης ποδηλάτων που εντοπίζεται στην ευρύτερη περιοχή, ασκεί τη μεγαλύτερη - μεταξύ των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών - επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Στον αντίποδα, η ανεξάρτητη μεταβλητή του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, η οποία αντανακλά την απόσταση μεταξύ ενός οδικού τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής και του πλησιέστερου χώρου εκπαίδευσης που βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή, ασκεί τη μικρότερη - μεταξύ των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών - επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή.
- Εστιάζοντας στις **διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές**, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης εκφράζει την ποσοστιαία αύξηση ή μείωση της πιθανότητας αύξησης - κατά μία μονάδα - του πλήθους των συνολικών ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων, οι οποίες διενεργούνται βάσει των συνθηκών της εξεταζόμενης κατηγορίας της εκάστοτε διακριτής ανεξάρτητης μεταβλητής. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι παρουσιάζόμενες τιμές της ελαστικότητας αξιοποιούνται ως συγκριτικό κριτήριο μεταξύ των συνθηκών της εξεταζόμενης κατηγορίας και της κατηγορίας αναφοράς των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέλος, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα οποία εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη - μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών - μεταβολή της πιθανότητας που εξηγήθηκε προηγουμένως. Από την άλλη μεριά, τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής, τα

οποία εμπίπτουν στο τρίτευον οδικό δίκτυο, φαίνεται να σημειώνουν τη μικρότερη - μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών - μεταβολή της πιθανότητας που εξηγήθηκε προηγουμένως.

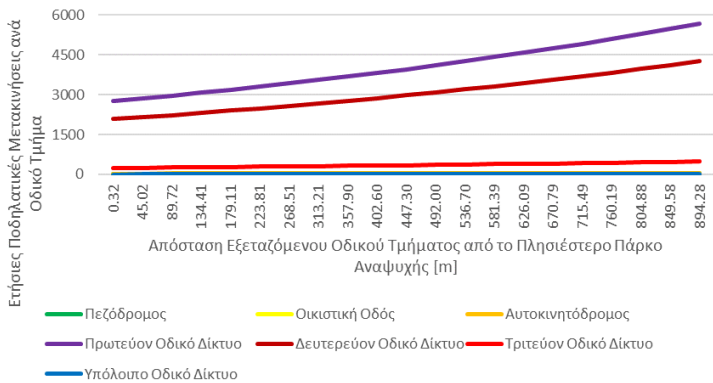
Τέλος, η συγκεκριμένη υποενοότητα ολοκληρώνεται με την παρουσίαση και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την **ανάλυση ευαισθησίας**. Η εν λόγω ανάλυση επικουρείται από μία εκτεταμένη σειρά διαγραμμάτων που απεικονίζουν τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής συναρτήσει της ομοιόμορφης μεταβολής των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών. Ειδικότερα, η διενέργεια της συγκεκριμένης διαδικασίας αποσκοπεί στην οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, διευκολύνοντας την περαιτέρω κατανόηση αυτών.



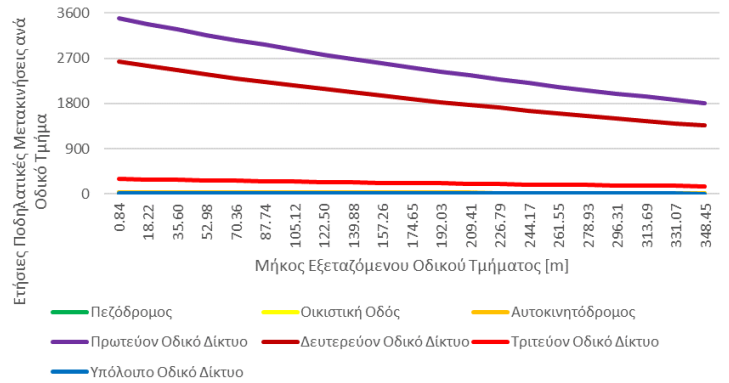
Διάγραμμα 5.13: Μέση Ταχύτητα Πραγματοποίησης των Ποδηλατικών Μετακινήσεων



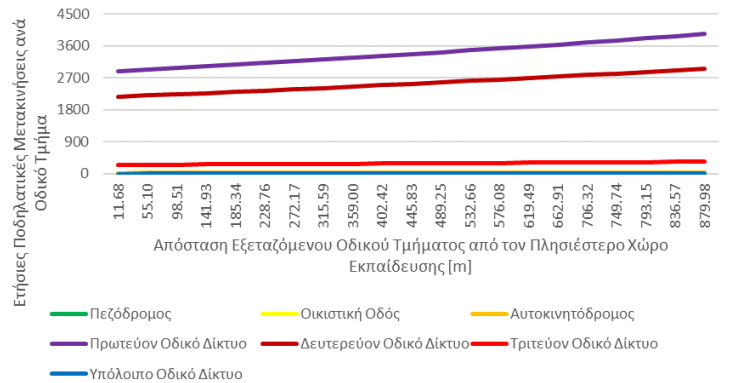
Διάγραμμα 5.15: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Στάθμευσης Ποδηλάτων



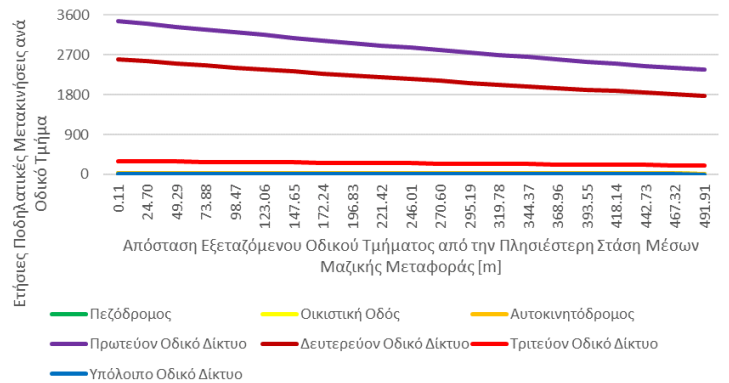
Διάγραμμα 5.17: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από το Πλησιέστερο Πάρκο Αναψυχής



Διάγραμμα 5.14: Μήκος Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος



Διάγραμμα 5.16: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από τον Πλησιέστερο Χώρο Εκπαίδευσης



Διάγραμμα 5.18: Απόσταση Εξεταζόμενου Οδικού Τμήματος από την Πλησιέστερη Στάση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς



Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα, είναι εμφανές ότι η **συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται σε οδικά τμήματα που υπάγονται στο πρωτεύον και το δευτερεύον οδικό δίκτυο της εξεταζόμενης περιοχής**. Παράλληλα, η μεταβολή του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων φαίνεται να είναι εντονότερη στην περίπτωση των συγκεκριμένων κατηγοριών του οδικού δικτύου. Τέλος, οι ακολουθούμενες - από το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων - τάσεις επιβεβαιώνουν το σύνολο των παρατηρήσεων που διατυπώθηκαν προηγουμένως και αφορούσαν την ερμηνεία των προσήμων των επιμέρους παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης. Πιο συγκεκριμένα, το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων σημειώνει αυξητική τάση στο διάγραμμα «5.13», το διάγραμμα «5.16» και το διάγραμμα «5.17», γεγονός που υποδηλώνει ότι η αύξηση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων. Αντιθέτως, το πλήθος των ποδηλατικών μετακινήσεων σημειώνει μειωτική τάση στο διάγραμμα «5.14», το διάγραμμα «5.15» και το διάγραμμα «5.18», γεγονός που συνεπάγεται ότι η αύξηση της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει μείωση του πλήθους των ποδηλατικών μετακινήσεων.

#### 5.2.4 Αντιπαραβολή Μαθηματικών Μοντέλων Πρόβλεψης

Στο συγκεκριμένο σημείο διενεργείται μία άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης που παρουσιάστηκαν παραπάνω, ώστε να εντοπιστούν και να διερευνηθούν οι ειδοποιεί διαφορές τους. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι τα παρουσιαζόμενα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης επιδεικνύουν παρόμοια «συμπεριφορά» σχετικά με την εκτίμηση του πλήθους των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων ανά οδικό τμήμα των εκάστοτε εξεταζόμενων περιοχών. Εντούτοις, **εντοπίζονται ορισμένες αξιοσημείωτες διαφορές**, οι οποίες άπτονται των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών και της στατιστικής επάρκειας αυτών.

Αναλυτικότερα, το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο σχετίζεται με την εκτίμηση της ποδηλατικής δραστηριότητας στην εξεταζόμενη περιοχή των Βριλησίων, επιδεικνύει - συγκριτικά με τα υπόλοιπα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης - αρνητικό πρόσημο του συντελεστή της ανεξάρτητης μεταβλητής, η οποία αντανakλά την απόσταση μεταξύ ενός οδικού τμήματος της περιοχής και του πλησιέστερου χώρου εκπαίδευσης. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα συνεπάγεται την **εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα στα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής των Βριλησίων, τα οποία βρίσκονται εγγύτερα σε χώρους εκπαίδευσης, παρουσιάζοντας μία αντιδιαμετρική «συμπεριφορά» συγκριτικά με την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου και τη συνολική εξεταζόμενη περιοχή**. Μία εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του ποδηλατικού δικτύου βρίσκεται - συγκριτικά με την περιοχή του Χαλανδρίου - εγγύτερα σε χώρους εκπαίδευσης της ευρύτερης περιοχής, προσελκύνοντας περισσότερους ποδηλατιστές. Εντούτοις, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι το εν λόγω φαινόμενο ενδέχεται να εμφανίζει στοιχεία τυχαιότητας, καθώς η συγκεκριμένη ανεξάρτητη μεταβλητή δεν διαθέτει στατιστική επάρκεια στο μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης που αφορά την εξεταζόμενη περιοχή των Βριλησίων. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου ασκεί μεγαλύτερη επιρροή στη συνολική εξεταζόμενη περιοχή, καθώς αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος αυτής, γεγονός που δικαιολογεί την πανομοιότυπη «συμπεριφορά» των αντίστοιχων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης.

Επιπροσθέτως, **το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο άπτεται της εξεταζόμενης περιοχής των Βριλησίων, παρουσιάζει - συγκριτικά με τα υπόλοιπα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης - ορισμένες ανεξάρτητες μεταβλητές που δεν διαθέτουν στατιστική επάρκεια**. Αναλυτικότερα, οι συγκεκριμένες ανεξάρτητες μεταβλητές αντανakλούν την κατηγορία του τριτεύοντος οδικού δικτύου και τις αποστάσεις του εκάστοτε οδικού τμήματος της περιοχής από τον πλησιέστερο χώρο εκπαίδευσης, το πλησιέστερο πάρκο αναψυχής και την πλησιέστερη στάση των μέσων μαζικής μεταφοράς. Αναφορικά με την ανεξάρτητη μεταβλητή που αντικατοπτρίζει την κατηγορία του τριτεύοντος οδικού δικτύου, η στατιστική ανεπάρκεια αυτής ενδέχεται να οφείλεται στο περιορισμένο - συγκριτικά με την περιοχή του Χαλανδρίου - μέγεθος του δείγματος που αντικατοπτρίζει τη συγκεκριμένη κατηγορία του οδικού δικτύου. Αυτό δύναται να έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή μεταβλητότητα του εν λόγω συντελεστή και κατ' επέκταση το εκτεταμένο εύρος των διαστημάτων

εμπιστοσύνης, γεγονός που μπορεί να επηρεάζει τη στατιστική σημαντικότητα της αντίστοιχης ανεξάρτητης μεταβλητής. Παράλληλα, οι ανεξάρτητες μεταβλητές του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, οι οποίες αντανακλούν τις αποστάσεις του εκάστοτε οδικού τμήματος της περιοχής από τον πλησιέστερο χώρο εκπαίδευσης και την πλησιέστερη στάση των μέσων μαζικής μεταφοράς, σημειώνουν έναν αρκετά υψηλότερο - συγκριτικά με την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου - συντελεστή συσχέτισης και κατ' επέκταση οι εν λόγω ανεξάρτητες μεταβλητές εμφανίζουν ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ τους. Τούτο δύναται να προκαλέσει την ασταθή εκτίμηση των αντίστοιχων συντελεστών και κατ' επέκταση την αύξηση των αντίστοιχων τυπικών σφαλμάτων, καθιστώντας ανεπίτευκτη τη διασφάλιση της στατιστικής σημαντικότητας των συγκεκριμένων ανεξάρτητων μεταβλητών. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες αντανακλούν τις εκάστοτε αποστάσεις των οδικών τμημάτων της περιοχής από τις πλησιέστερες εγκαταστάσεις, παρουσιάζουν αρκετές μεμονωμένες παρατηρήσεις που διαφέρουν - σε μεγάλο βαθμό - από τις υπόλοιπες παρατηρήσεις του αντίστοιχου δείγματος. Αυτό ενδέχεται να επηρεάσει τους εκτιμώμενους συντελεστές και κατ' επέκταση τα αντίστοιχα τυπικά σφάλματα, επισκιάζοντας τη στατιστική σημαντικότητα των εν λόγω ανεξάρτητων μεταβλητών.

## 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Συμπεράσματα

Η παρουσίαση του συγκεκριμένου κεφαλαίου σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αποδίδοντας μία **ολοκληρωμένη και εναργή εικόνα της ανάλυσης** που πραγματοποιήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εν λόγω Εργασίας. Ειδικότερα, το 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες, όπου η πρώτη προβαίνει σε μία περιεκτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του συνόλου των μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης. Εν συνεχεία, ακολουθεί η παράθεση των συμπερασμάτων που εξήχθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, ενώ στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται προτάσεις που συμβάλλουν στην προώθηση της χρήσης του ποδηλάτου εντός των πόλεων. Τέλος, το εν λόγω κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παράθεση ορισμένων προτάσεων, οι οποίες ενδέχεται να διευκολύνουν την περαιτέρω διερεύνηση της πραγματευόμενης θεματολογίας.

### 6.1 Επισκόπηση Αποτελεσμάτων

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της σύγχρονης εποχής συνιστά η συνεχής και εντατική προσπάθεια που καταβάλλεται - σε παγκόσμιο επίπεδο - για την **προώθηση των «ενεργών» τρόπων μετακίνησης, οι οποίοι εκμεταλλεύονται την ανθρώπινη ενέργεια και μόνο, όπως το ποδήλατο**. Απώτερο σκοπό της προαναφερθείσας προσπάθειας αποτελεί ο περιορισμός της χρησιμοποίησης των μηχανοκίνητων οχημάτων, εγχείρημα που εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο αντιμετώπισης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης, περιστολής της ενεργειακής εξάρτησης των χωρών και ενίσχυσης της ισότητας των πολιτών μέσω της καθολικής προσβασιμότητας στα βιώσιμα συστήματα μεταφορών.

Στόχο της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας συνιστά ο **προσδιορισμός των κρίσιμων παραγόντων επιρροής των διενεργούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων** στην πόλη της Αθήνας, αξιοποιώντας δεδομένα υψηλής ευκρίνειας. Επιπλέον, ως εξεταζόμενες περιοχές επιλέγονται οι περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων που εντοπίζονται στη Μητροπολιτική Περιοχή των Αθηνών, διότι διαθέτουν διευρυμένο - συγκριτικά με άλλους Δήμους της Αττικής - δίκτυο ποδηλατοδρόμων.

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συλλέχθηκαν πληθοποριστικά δεδομένα από την πλατφόρμα «Strava Metro», τα οποία **άπτονταν των ποδηλατικών μετακινήσεων** που πραγματοποιήθηκαν στο εκάστοτε οδικό τμήμα των εξεταζόμενων περιοχών κατά τη διάρκεια των ετών 2021 και 2022. Εν συνεχεία, τα εν λόγω δεδομένα εμπλουτίστηκαν με επιπρόσθετα στοιχεία, τα οποία σχετίζονται με τις οδικές και τις κυκλοφοριακές συνθήκες στο εξεταζόμενο οδικό δίκτυο, ενώ παράλληλα συγκεντρώθηκαν δεδομένα σχετικά με διάφορες χρήσεις γης που παρατηρούνται στον περιβάλλοντα χώρο αυτού. Αναλυτικότερα, χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι κατηγορίες των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων και το μήκος αυτών, ενώ παράλληλα προσδιορίστηκαν οι ελάχιστες αποστάσεις των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων από τους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων, τους χώρους εκπαίδευσης, τα πάρκα αναψυχής, τις στάσεις μέσω μαζικής μεταφοράς και τους χώρους άθλησης. Τα εν λόγω στοιχεία συγκεντρώθηκαν μέσω του λογισμικού «OpenStreetMap» και αποτυπώθηκαν στον χώρο μέσω του λογισμικού «QGIS».

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων μέσω ορισμένων διαγραμμάτων και χαρτών «θερμότητας», η οποία συνεισέφερε στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων επί της πραγματευόμενης θεματολογίας. Έπειτα από μία εκτεταμένη σειρά δοκιμών και απορρίψεων, κατά την οποία διερευνήθηκαν διάφοροι επεξηγηματικοί παράγοντες και εξετάστηκαν πολλαπλές μέθοδοι σύνθεσης ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης, προέκυψε ότι η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση συνιστά την καταλληλότερη μέθοδο. Ειδικότερα, **αναπτύχθηκαν τρία διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης του πλήθους των ετήσιων ποδηλατικών μετακινήσεων**, οι οποίες διενεργούνται στο εκάστοτε οδικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής του Χαλανδρίου, της εξεταζόμενης περιοχής των Βριλησίων και της συνολικής εξεταζόμενης περιοχής.

Τέλος, επισημαίνεται ότι η **ανάλυση ελαστικότητας** συνεισέφερε στην ποσοτικοποίηση της σχετικής επιρροής του συνόλου των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή των εκάστοτε μαθηματικών

μοντέλων πρόβλεψης. Αναλυτικότερα, η συγκεκριμένη ανάλυση επιδιώκει τον προσδιορισμό του βαθμού και - συνάμα - του τρόπου επιρροής των επιμέρους ανεξάρτητων μεταβλητών, παρέχοντας τη δυνατότητα σύγκρισης των εν λόγω επιρροών στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή.

Τα αποτελέσματα των ανεπτυγμένων μαθηματικών μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία προσδιορίζουν το μέγεθος της ποδηλατικής δραστηριότητας, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

|                                       | Εξεταζόμενη Περιοχή Χαλανδρίου |         |            |         | Εξεταζόμενη Περιοχή Βριλησίων |         |            |         | Συνολική Εξεταζόμενη Περιοχή |         |            |         |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------|------------|---------|-------------------------------|---------|------------|---------|------------------------------|---------|------------|---------|
|                                       | Estimate                       | t.value | elasticity |         | Estimate                      | t.value | elasticity |         | Estimate                     | t.value | elasticity |         |
|                                       |                                |         | e          | e*      |                               |         | e          | e*      |                              |         | e          | e*      |
| intercept                             | ↑ 5.6816                       | 37.435  | -          | -       | ↑ 6.0603                      | 41.100  | -          | -       | ↑ 5.8204                     | 55.513  | -          | -       |
| speed                                 | ↑ 0.0865                       | 8.284   | 0.004      | 4.215   | ↑ 0.0276                      | 3.139   | 0.001      | 3.466   | ↑ 0.0510                     | 7.509   | 0.002      | 2.656   |
| pedestrian (ref. category cycleway)   | ↓ -2.3983                      | 14.853  | -0.151     | -30.150 | ↓ -2.3309                     | 12.665  | -0.160     | -42.334 | ↓ -2.3461                    | 19.675  | -0.151     | -25.555 |
| residential (ref. category cycleway)  | ↓ -2.2853                      | 20.218  | -0.042     | -8.381  | ↓ -2.2788                     | 21.662  | -0.054     | -14.357 | ↓ -2.2292                    | 29.326  | -0.045     | -7.550  |
| motorway (ref. category cycleway)     | ↓ -1.9147                      | 2.891   | -0.106     | -21.223 | ↓ -2.1494                     | 3.300   | -0.148     | -39.182 | ↓ -1.9854                    | 4.254   | -0.119     | -20.169 |
| primary (ref. category cycleway)      | ↑ 2.4722                       | 7.702   | 0.022      | 4.357   | -                             | -       | -          | -       | ↑ 2.7203                     | 8.730   | 0.024      | 4.067   |
| secondary (ref. category cycleway)    | ↑ 2.2960                       | 17.625  | 0.022      | 4.399   | ↑ 2.4839                      | 17.125  | 0.028      | 7.296   | ↑ 2.4350                     | 26.258  | 0.024      | 4.087   |
| tertiary (ref. category cycleway)     | ↑ 0.2421                       | 1.970   | 0.005      | 1.000   | ↑ 0.1443                      | 1.201   | 0.004      | 1.000   | ↑ 0.2683                     | 3.180   | 0.006      | 1.000   |
| unclassified (ref. category cycleway) | ↓ -2.9398                      | 10.526  | -0.233     | -46.657 | ↓ -2.8632                     | 3.034   | -0.247     | -65.526 | ↓ -2.8992                    | 11.166  | -0.237     | -40.083 |
| length                                | ↓ -0.0022                      | 3.445   | -0.001     | -1.349  | ↓ -0.0017                     | 2.252   | -0.001     | -2.529  | ↓ -0.0019                    | 3.822   | -0.001     | -1.198  |
| min_distance_bicycle_parking          | ↓ -0.0004                      | 6.402   | -0.004     | -3.868  | ↓ -0.0003                     | 4.526   | -0.003     | -9.330  | ↓ -0.0004                    | 8.898   | -0.004     | -4.490  |
| min_distance_educational_activities   | ↑ 0.0005                       | 2.672   | 0.001      | 1.354   | ↓ -0.0005                     | 1.402   | -0.001     | -2.743  | ↑ 0.0004                     | 2.289   | 0.001      | 1.000   |
| min_distance_leisure_parks            | ↑ 0.0010                       | 4.684   | 0.002      | 1.710   | ↑ 0.0003                      | 0.838   | 0.000      | 1.000   | ↑ 0.0008                     | 4.747   | 0.001      | 1.442   |
| min_distance_public_transport         | ↓ -0.0008                      | 2.607   | -0.001     | -1.000  | ↓ -0.0005                     | 1.041   | -0.001     | -1.588  | ↓ -0.0008                    | 3.213   | -0.001     | -1.087  |
| 2022 (ref. category 2021)             | ↓ -0.6498                      | 39.116  | -0.015     | -3.011  | ↓ -0.9558                     | 41.566  | -0.027     | -7.252  | ↓ -0.7537                    | 55.070  | -0.019     | -3.195  |

|                |      |
|----------------|------|
| R <sup>2</sup> | 0.68 |
|----------------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| R <sup>2</sup> | 0.63 |
|----------------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| R <sup>2</sup> | 0.66 |
|----------------|------|

Πίνακας 6.1: Επισκόπηση Αποτελεσμάτων

## 6.2 Επισκόπηση Συμπερασμάτων

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Τα σημαντικότερα ευρήματα αυτής παρατίθενται παρακάτω:

- Οι κρίσιμότεροι παράγοντες επιρροής των διενεργούμενων ποδηλατικών μετακινήσεων άπτονται των οδικών και των κυκλοφοριακών συνθηκών στο οδικό δίκτυο, όπως η μέση ταχύτητα πραγματοποίησης των ποδηλατικών μετακινήσεων, η κατηγορία των οδών και το μήκος των οδικών τμημάτων. Επιπλέον, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η διενέργεια ποδηλατικών μετακινήσεων επηρεάζεται - σε μεγάλο βαθμό - από την εγγύτητα της ποδηλατικής διαδρομής σε υποδομές διευκόλυνσης των ποδηλατιστών, όπως οι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων και οι στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς.
- Η περιοχή του Χαλανδρίου σημειώνει - έναντι της περιοχής των Βριλησίων - εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Μία ενδεχόμενη εξήγηση του εν λόγω φαινομένου αποτελεί το γεγονός ότι η περιοχή του Χαλανδρίου διαθέτει μεγαλύτερο πληθυσμό από εκείνη των Βριλησίων, γεγονός που συνεπάγεται την ύπαρξη περισσότερων δυνητικών ποδηλατιστών στην περιοχή και κατ' επέκταση τη διεξαγωγή περισσότερων ποδηλατικών μετακινήσεων. Επιπλέον, η περιοχή του Χαλανδρίου διαθέτει - έναντι της



περιοχής των Βριλησίων - περισσότερες εκπαιδευτικές και αθλητικές εγκαταστάσεις, οι οποίες συνιστούν δυνητικές τοποθεσίες προορισμού των ποδηλατιστών. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η περιοχή του Χαλανδρίου εντοπίζεται εγγύτερα - σε σύγκριση με την περιοχή των Βριλησίων - στο κέντρο της Αθήνας, προσελκύοντας περισσότερους ποδηλατιστές.

- Η μέση ταχύτητα διενέργειας των ποδηλατικών μετακινήσεων φαίνεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή σε οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, στα οποία ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζεται εξίσου υψηλός. Με άλλα λόγια, **τα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, στα οποία οι ποδηλατικές μετακινήσεις πραγματοποιούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα, σημειώνουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα**. Μία πιθανή εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι οι ποδηλατιστές επιλέγουν τα οδικά τμήματα, όπου προσφέρεται η δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων, περιορίζοντας τη χρονική διάρκεια των μετακινήσεων τους. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων επηρεάζεται - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - από πολλαπλούς παράγοντες, όπως η ποιότητα της οδικής υποδομής, η προσφερόμενη - προς τους ποδηλατιστές - ασφάλεια (π.χ. παρουσία ποδηλατικής υποδομής) και οι γενικότερες συνθήκες ποδηλασίας στο εκάστοτε οδικό τμήμα. Κατά συνέπεια, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο δύναται να αποτελεί απόρροια ενός ενδεδειγμένου σχεδιασμού των οδικών και ποδηλατικών υποδομών, διευκολύνοντας την ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων από τους ποδηλατιστές.
- **Οι πεζόδρομοι των εξεταζόμενων περιοχών εμφανίζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτών**. Τούτο δύναται να οφείλεται στις γενικότερες συνθήκες, οι οποίες επικρατούν στους πεζόδρομους και καθιστούν εξόχως δύσκολη τόσο την ποδηλατική κυκλοφορία όσο και την ομαλή συνύπαρξη των ποδηλατιστών με την πεζή κυκλοφορία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνθηκών αποτελούν η πυκνή κυκλοφορία των πεζών, η παρουσία μίας πληθώρας σταθερών εμποδίων (π.χ. παρουσία δένδρων και διαφημιστικών πινακίδων) και κατ' επέκταση το περιορισμένο διαθέσιμο πλάτος. Επιπλέον, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των πεζόδρομων δεν ικανοποιούν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - τις αξιώσεις των ποδηλατιστών.
- **Οι οικιστικές οδοί των εξεταζόμενων περιοχών σημειώνουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτών**. Εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το γεγονός ότι οι οικιστικές οδοί εμφανίζουν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - μία μονοδρομημένη λωρίδα κυκλοφορίας, καθιστώντας εξόχως επισφαλείς τους διενεργούμενους ελιγμούς προσπέρασης των ποδηλάτων από τα υπόλοιπα οχήματα. Παράλληλα, οι εν λόγω οδοί παρουσιάζουν μία πληθώρα ισόπεδων κόμβων, των οποίων οι προσβάσεις διασταυρώνονται κάθετα μεταξύ τους, αυξάνοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Επομένως, είναι εύλογο να υποτεθεί ότι οι ποδηλατιστές αποφεύγουν τη χρήση των οικιστικών οδών εξαιτίας των πολλαπλών κινδύνων.
- **Οι αυτοκινητόδρομοι των εξεταζόμενων περιοχών σημειώνουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με το ποδηλατικό δίκτυο αυτών**. Το εν λόγω φαινόμενο αποτελεί μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, καθώς δεν προβλέπεται - σύμφωνα με τους κανόνες οδικής κυκλοφορίας - η χρήση των συγκεκριμένων οδών από τους ποδηλατιστές. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα οδικά τμήματα, τα οποία υπάγονται στην εξεταζόμενη κατηγορία του οδικού δικτύου, δεν συνιστούν αμιγώς τμήματα αυτοκινητοδρόμων. Τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα συνιστούν συνδετικές οδούς, οι οποίες συνδέουν έναν αυτοκινητόδρομο με μία οδό κατώτερης κατηγορίας, γεγονός που συνεπάγεται τη δυνατότητα να σημειώνεται - έστω και σε περιορισμένο βαθμό - ποδηλατική δραστηριότητα στα εν λόγω οδικά τμήματα.
- **Το ποδηλατικό δίκτυο των εξεταζόμενων περιοχών παρουσιάζει ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα σε σύγκριση με τα οδικά τμήματα που υπάγονται στο πρωτεύον, το δευτερεύον και το τριτεύον οδικό**

**δίκτυο των αντίστοιχων περιοχών.** Μία ενδεχόμενη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα παρέχουν - μέσω μίας ενιαίας διαδρομής - τη δυνατότητα πρόσβασης σε πολλαπλές δυνητικές τοποθεσίες προορισμού, διότι διέρχονται από περιοχές που συνδυάζουν την ικανοποίηση οικιστικών, εμπορικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι επικρατούσες - στο ποδηλατικό δίκτυο - συνθήκες συνιστούν καταλυτικούς παράγοντες για την επιλογή της εκάστοτε διαδρομής από τους ποδηλατιστές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συνθηκών αποτελούν η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των ποδηλατοδρόμων, η απρόσκοπτη ροή των ποδηλατιστών, η «αρραγή» συνδεσιμότητα μεταξύ των ποδηλατοδρόμων, η παρεχόμενη - προς τους ποδηλατιστές - ασφάλεια και η εύκολη πρόσβαση σε στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς. Σε περίπτωση που το εκάστοτε δίκτυο ποδηλατοδρόμων δεν καλύπτει τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών, οι τελευταίοι επιλέγουν οδικά τμήματα των εξεταζόμενων κατηγοριών που καλύπτουν τις παραπάνω αξιώσεις.

- **Το ποδηλατικό δίκτυο των εξεταζόμενων περιοχών σημειώνει εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα συγκριτικά με τα οδικά τμήματα που εμπίπτουν στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο των εν λόγω περιοχών.** Το συγκεκριμένο φαινόμενο συνιστά μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, καθώς η ποιότητα και η σύνθεση της επιφάνειας των εξεταζόμενων οδικών τμημάτων δεν ικανοποιούν - στην πλειοψηφία των περιπτώσεων - τις απαιτήσεις των ποδηλατιστών.
- **Στα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, τα οποία παρουσιάζουν μεγαλύτερο μήκος, παρατηρείται ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα.** Το συγκεκριμένο φαινόμενο δύναται να άπτεται της μεθόδου ορισμού των επιμέρους οδικών τμημάτων από την πλατφόρμα «Strava Metro», ήτοι οδικά τμήματα που εντοπίζονται μεταξύ διασταυρώσεων. Αυτό υποδηλώνει ότι το αυξημένο μήκος ενός οδικού τμήματος ισοδυναμεί με την αυξημένη απόσταση που σημειώνεται ανάμεσα στις δύο διαδοχικές διασταυρώσεις οριοθέτησης του συγκεκριμένου οδικού τμήματος. Ενστερνίζοντας τα συμπεράσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, η «μεγάλη» απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διασταυρώσεων διευκολύνει την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Επομένως, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι οι ποδηλατιστές αποφεύγουν τη χρήση των εν λόγω οδικών τμημάτων, διότι οι οδηγοί των μηχανοκίνητων οχημάτων μπορούν να αναπτύξουν μεγαλύτερες ταχύτητες σε αυτά και κατ' επέκταση αυξάνεται η πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος.
- **Τα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, τα οποία βρίσκονται εγγύτερα σε χώρους στάθμευσης ποδηλάτων και στάσεις των μέσων μαζικής μεταφοράς, σημειώνουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα.** Το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί μία εύλογη και αναμενόμενη παρατήρηση, διότι η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατιστών επιθυμεί - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - να χρησιμοποιεί τους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων και το δίκτυο των αστικών συγκοινωνιών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι οργανωμένοι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων προσφέρουν υψηλότερο - συγκριτικά με αυθαίρετα σημεία στάθμευσης ποδηλάτων - επίπεδο ασφάλειας, ελαχιστοποιώντας τις πιθανότητες βανδαλισμού ή κλοπής ενός ποδηλάτου. Επιπλέον, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος του δικτύου των ποδηλατοδρόμων βρίσκεται πλησίον των χώρων στάθμευσης ποδηλάτων που εντοπίζονται στις εξεταζόμενες περιοχές, προσελκύοντας περισσότερους ποδηλατιστές. Από την άλλη μεριά, το δίκτυο των αστικών συγκοινωνιών αξιοποιείται από τους ποδηλατιστές, καθώς αυτό διευκολύνει τις μετακινήσεις τους σε μεγάλες αποστάσεις. Μάλιστα, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι διενεργούνται συνεχείς προσπάθειες για την προώθηση του συνδυασμού των εν λόγω τρόπων μετακίνησης, γεγονός που συνεπάγεται την κατασκευή οργανωμένων χώρων στάθμευσης ποδηλάτων σε δημοφιλείς στάσεις των δημόσιων συγκοινωνιών.
- **Τα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής του Χαλανδρίου, τα οποία εντοπίζονται εγγύτερα στους χώρους εκπαίδευσης, παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα.** Αυτό ενδέχεται να σημαίνει ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις δεν εκτελούνται για την ικανοποίηση της εν λόγω δραστηριότητας

χρηστικού χαρακτήρα. Εύλογη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου δύναται να αποτελεί το γεγονός ότι τα νοικοκυριά της περιοχής εμφανίζουν αυξημένο - συγκριτικά με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου της Αττικής - μέσο εισόδημα, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων για την κάλυψη της εν λόγω ανάγκης. Επιπλέον, η περιοχή διαθέτει διευρυμένο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, παρέχοντας μία επιπρόσθετη εναλλακτική επιλογή για την ικανοποίηση της παραπάνω ανάγκης. Αντιθέτως, τα αντίστοιχα οδικά τμήματα της εξεταζόμενης περιοχής των Βριλησίων παρουσιάζουν εντονότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Τούτο δύναται να σημαίνει ότι οι ποδηλατικές μετακινήσεις πραγματοποιούνται για την ικανοποίηση της εν λόγω δραστηριότητας χρηστικού χαρακτήρα, επιδεικνύοντας μία αντιδιαμετρική «συμπεριφορά» σε σύγκριση με την εξεταζόμενη περιοχή του Χαλανδρίου. Μία εύλογη εξήγηση αυτού ενδέχεται να αποτελεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος του δικτύου των ποδηλατοδρόμων εντοπίζεται πλησίον των χώρων εκπαίδευσης που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή, προσφέροντας εύκολη και ασφαλή πρόσβαση στους συγκεκριμένους χώρους. Εντούτοις, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι το εν λόγω φαινόμενο ενδέχεται να παρουσιάζει στοιχεία τυχαιότητας, καθώς η εξεταζόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή δεν διαθέτει στατιστική επάρκεια.

- Τα οδικά τμήματα των εξεταζόμενων περιοχών, τα οποία εντοπίζονται εγγύτερα σε πάρκα αναψυχής, παρουσιάζουν ηπιότερη ποδηλατική δραστηριότητα. Αυτό δύναται να συμβαίνει λόγω του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο μέρος του ποδηλατικού δικτύου δεν εντοπίζεται πλησίον ή εντός των πάρκων αναψυχής, τα οποία βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Επομένως, το υφιστάμενο δίκτυο ποδηλατοδρόμων της εξεταζόμενης περιοχής δεν είναι σε θέση να παρέχει εύκολη και ασφαλή πρόσβαση σε πάρκα αναψυχής, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την πραγματοποίηση λιγότερων ποδηλατικών μετακινήσεων στον περιβάλλοντα χώρο αυτών.
- Η ποδηλατική δραστηριότητα παρουσιάζεται εντονότερη κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του έτους 2021, ενώ παράλληλα παρατηρείται αισθητή πτώση αυτής κατά τη διάρκεια του δεύτερου εξαμήνου του ίδιου έτους. Τούτο ενδέχεται να συνιστά απόρροια της αποκλιμάκωσης των περιοριστικών μέτρων που θεσπίστηκαν για την καταπολέμηση της πανδημίας «COVID-19», γεγονός που ώθησε στην έντονη επιθυμία των κατοίκων για εκτέλεση αθλητικών δραστηριοτήτων τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι η πλειοψηφία των χρηστών των μέσων μαζικής μεταφοράς στράφηκε προς εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης, διότι εξακολουθούσε - τη δεδομένη χρονική περίοδο - να υφίσταται η γενικότερη πρόθεση για την αποφυγή του συνωστισμού σε κλειστούς χώρους. Απόρροια του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος αυτών στράφηκε προς τη χρησιμοποίηση του ποδηλάτου, ιδίως εκείνοι που δεν διέθεταν τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων λόγω οικονομικών περιορισμών. Αντιθέτως, ο ποδηλατικός κυκλοφοριακός φόρτος σημειώνει χαμηλότερη μηνιαία χρονική διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους 2022 και ακολουθεί την τάση που παρατηρήθηκε στο δεύτερο εξάμηνο του προηγούμενου έτους. Τέλος, η ποδηλατική δραστηριότητα παρουσιάζεται εντονότερη κατά τη διάρκεια του δεύτερου τριμήνου, διότι οι καιρικές συνθήκες σημειώνουν αισθητή βελτίωση τη δεδομένη χρονική περίοδο του έτους, διευκολύνοντας τη διενέργεια των ποδηλατικών μετακινήσεων.
- Η πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται με σκοπό την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής έναντι δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Μάλιστα, το εν λόγω φαινόμενο δεν παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Αυτό ενδέχεται να ανακύπτει λόγω του αυξημένου - συγκριτικά με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου της Αττικής - μέσου εισοδήματος των νοικοκυριών στις εξεταζόμενες περιοχές, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων για την κάλυψη των συγκεκριμένων αναγκών. Επιπλέον, οι εν λόγω περιοχές διαθέτουν διευρυμένο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών, προσφέροντας μία επιπρόσθετη εναλλακτική επιλογή για την ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών.
- Οι περισσότερες ποδηλατικές μετακινήσεις πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και των απογευματινών ωρών, γεγονός που δεν φαίνεται να παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική

διακύμανση. Μία ενδεχόμενη εξήγηση του συγκεκριμένου φαινομένου συνιστά το «αίσθημα» ασφάλειας των ποδηλατιστών τη δεδομένη χρονική περίοδο λόγω του υψηλού επιπέδου φωτεινότητας και κατ' επέκταση ορατότητας, το οποίο τους καθιστά ευκόλως αντιληπτούς από τους οδηγούς των μηχανοκίνητων οχημάτων, περιορίζοντας την πιθανότητα πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος. Επιπροσθέτως, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται με σκοπό την ικανοποίηση δραστηριοτήτων αναψυχής έναντι δραστηριοτήτων χρηστικού χαρακτήρα, όπως η εργασία και η εκπαίδευση. Συνεπώς, η έντονη ποδηλατική δραστηριότητα αναμένεται κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών και των απογευματινών ωρών, καθώς το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα συνιστά - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - τη χρονική περίοδο της ημέρας, κατά την οποία πραγματοποιείται η πλειοψηφία των δραστηριοτήτων αναψυχής.

- Η συντριπτική πλειοψηφία των ποδηλατικών μετακινήσεων πραγματοποιείται από άνδρες, ενώ αξίζει να επισημανθεί ότι δεν παρουσιάζεται χωρική και χρονική διακύμανση του συγκεκριμένου φαινομένου. Μία εύλογη εξήγηση αυτού αποτελεί το γεγονός ότι τα δύο φύλα - πέραν από τις βιολογικές τους διαφορές - παρουσιάζουν επιπρόσθετες διαφορές στην αθλητική τους απόδοση. Δύο καταλυτικοί παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τη διαφορά της αερόβιας ικανότητας μεταξύ των δύο φύλων, αποτελούν το μέγεθος του σώματος και η σύστασή του. Πιο συγκεκριμένα, οι άνδρες διαθέτουν μεγαλύτερο μέγεθος σώματος και παρουσιάζουν υψηλότερο ποσοστό μυϊκής μάζας από τις γυναίκες, γεγονός που τους επιτρέπει να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις μέσω της χρήσης του ποδηλάτου. Παράλληλα, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προκύπτουν μέσω μίας εφαρμογής «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου που καταγράφει - μεταξύ άλλων - την αθλητική δραστηριότητα των χρηστών της, στους οποίους προσφέρει τη δυνατότητα σύγκρισης των προσωπικών τους επιδόσεων. Λαμβάνοντας υπόψη την ανταγωνιστική «φύση» των ανδρών, είναι εύλογο να θεωρηθεί ότι συγκροτούν τη συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών της εν λόγω εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς το φύλο των μετακινούμενων.
- Το μεγαλύτερο μέρος των ποδηλατικών μετακινήσεων διενεργείται από ποδηλατιστές, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 35 και των 54 χρόνων. Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο δεν παρουσιάζει αισθητή χωρική και χρονική διακύμανση. Τούτο δύναται να συμβαίνει λόγω της σημαντικής διαφοράς που παρατηρείται στην αθλητική απόδοση μεταξύ των νεαρότερων και γηραιότερων ανθρώπων, επιτρέποντας την κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων μέσω της χρήσης του ποδηλάτου. Επιπροσθέτως, δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι τα δεδομένα προκύπτουν μέσω μίας εφαρμογής «έξυπνου» κινητού τηλεφώνου. Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγαλύτερη οικειότητα που διαθέτουν οι νεαρότεροι άνθρωποι με την τεχνολογία, είναι εύλογο να υποτεθεί ότι συνιστούν την πλειοψηφία των χρηστών της συγκεκριμένης εφαρμογής, επηρεάζοντας την ποσοστιαία κατανομή των ποδηλατικών μετακινήσεων ως προς την ηλικία των μετακινούμενων. Από την άλλη μεριά, παρατηρείται περιορισμένη ποδηλατική δραστηριότητα από κατοίκους, των οποίων η ηλικία κυμαίνεται μεταξύ των 18 και των 34 χρόνων. Αυτό ενδέχεται να συμβαίνει λόγω του γεγονότος ότι η πλειοψηφία των κατοίκων της Αθήνας, οι οποίοι υπάγονται στην εν λόγω ηλικιακή κατηγορία, μετακινείται μέσω της χρησιμοποίησης των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης και των μέσων μαζικής μεταφοράς.

### 6.3 Προτεινόμενα Μέτρα Προώθησης της Ποδηλασίας

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και παρουσιάστηκαν προηγουμένως, κρίνεται σκόπιμη η παράθεση ορισμένων προτάσεων που συμβάλλουν στην προώθηση της χρήσης του ποδηλάτου εντός των πόλεων. Πιο συγκεκριμένα, οι εν λόγω συστάσεις άπτονται της αναβάθμισης και της επέκτασης του υφιστάμενου ποδηλατικού δικτύου με απώτερο σκοπό τη διευκόλυνση των ποδηλατιστών και την προάσπιση της οδικής ασφάλειας.

- Η προώθηση της χρησιμοποίησης του ποδηλάτου προϋποθέτει την προοδευτική ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου ποδηλατικού δικτύου, το οποίο να είναι ασφαλές, λειτουργικό και προσαρμοσμένο στις



τοπικές ιδιαιτερότητες της εκάστοτε περιοχής. Παράλληλα, η εξασφάλιση απρόσκοπτης ροής για τους ποδηλατιστές αποτελεί έναν επιπρόσθετο παράγοντα ενθάρρυνσης της χρήσης του ποδηλάτου.

- Η ενθάρρυνση της ποδηλασίας προβάλλει την απαίτηση δημιουργίας ενός ποδηλατικού δικτύου που συνοδεύεται από την **αναθεώρηση της υφιστάμενης ιεράρχησης του οδικού δικτύου**. Απώτερο σκοπό αποτελεί η συμπερίληψη του ποδηλάτου στο σύστημα αστικών μεταφορών, αντιμετωπίζοντας το κυκλοφοριακό και πολεοδομικό καθεστώς. Με γνώμονα την ελαχιστοποίηση των οικονομικών δαπανών, αυτό δύναται να επιτευχθεί μέσω της μετατροπής ενός μεγάλου μέρους του οδικού δικτύου σε οδούς ήπιας κυκλοφορίας των μηχανοκίνητων οχημάτων. Ορισμένες προτεινόμενες παρεμβάσεις, οι οποίες τείνουν προς την εν λόγω κατεύθυνση, συνιστούν η εφαρμογή συνθηκών μονοδρόμησης σε αμφίδρομες οδούς, η νομιμοποίηση της αμφίδρομης κίνησης των ποδηλατιστών σε μονόδρομους, η στένωση της διαθέσιμης επιφάνειας κυκλοφορίας του οδοστρώματος και η αποθάρρυνση της διαμπερούς διέλευσης των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης.
- Η προώθηση της ποδηλασίας απαιτεί την **κατασκευή επιπρόσθετων υποδομών**, όπως οργανωμένους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων. Η πλειοψηφία των ποδηλατιστών επιθυμεί - σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία - να αξιοποιεί τους υφιστάμενους χώρους στάθμευσης ποδηλάτων, καθώς προσφέρουν υψηλότερο - συγκριτικά με αυθαίρετα σημεία στάθμευσης ποδηλάτων - επίπεδο ασφάλειας, περιορίζοντας την πιθανότητα βανδαλισμού ή κλοπής ενός ποδηλάτου. Επιπροσθέτως, η εγκαθίδρυση ενός συστήματος κοινοχρησίας ποδηλάτων κρίνεται πρόσφορη για την ενίσχυση της ποδηλατικής δραστηριότητας. Ενδεικτικά σημεία κατασκευής οργανωμένων χώρων στάθμευσης ποδηλάτων και τοποθέτησης κοινόχρηστων ποδηλάτων, τα οποία προσφέρονται για αυτόματη ενοικίαση από τους κατοίκους ή τους επισκέπτες της εκάστοτε πόλης, αποτελούν οι στάσεις των δημόσιων συγκοινωνιών. Μάλιστα, η υλοποίηση αυτών προωθεί τη συνδυασμένη χρήση του ποδηλάτου και των δημόσιων συγκοινωνιών που συνιστούν τις βασικότερες συνιστώσες της βιώσιμης αστικής κινητικότητας.
- Η προοδευτική ενσωμάτωση του ποδηλάτου στο σύστημα αστικών μεταφορών απαιτεί τη **διενέργεια εκστρατειών εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης του κοινού**, ώστε να προωθηθεί μία κουλτούρα βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Πιο συγκεκριμένα, κρίνεται απαραίτητη η υλοποίηση εκπαιδευτικών μαθημάτων ενδεικτικής χρήσης του ποδηλάτου, τα οποία να απευθύνονται στο σύνολο των κατοίκων της εκάστοτε περιοχής και κυρίως στα παιδιά προσχολικής και σχολικής ηλικίας. Παράλληλα, απαιτείται η εκπαίδευση των οδηγών των μηχανοκίνητων οχημάτων, αποβλέποντας στο σεβασμό των ποδηλατιστών και κατ' επέκταση τον περιορισμό των οδικών ατυχημάτων. Επιπλέον, η διενέργεια εκστρατειών παρουσίασης των πλεονεκτημάτων της ποδηλασίας θεωρείται πρόσφορη για την ενίσχυση της ποδηλατικής δραστηριότητας. Αναλυτικότερα, η χρήση του ποδηλάτου παρουσιάζει κοινωνικά οφέλη (π.χ. ενίσχυση της δημόσιας υγείας), οικονομικά οφέλη (π.χ. ελαχιστοποίηση των οικονομικών δαπανών του ανεφοδιασμού και της συντήρησης των μηχανοκίνητων οχημάτων) και περιβαλλοντικά οφέλη (π.χ. περιστολή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης). Τέλος, θα παρουσίαζαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον οι εκδηλώσεις ενίσχυσης της ποδηλασίας, οι οποίες θα συνδυάζονταν με την ταυτόχρονη απαγόρευση της κυκλοφορίας των μηχανοκίνητων οχημάτων ιδιωτικής χρήσης κατά τη διάρκεια ορισμένων ημερών του έτους.

#### 6.4 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Η συγκεκριμένη ενότητα σηματοδοτεί την ολοκλήρωση του εν λόγω κεφαλαίου και στοχεύει στην παρουσίαση ορισμένων προτάσεων που ενδέχεται να διευκολύνουν την **περαιτέρω διερεύνηση της πραγματευόμενης θεματολογίας**. Πιο συγκεκριμένα, οι προτεινόμενες συστάσεις παρατίθενται παρακάτω:

- Η παρούσα Εργασία εστιάζει στις περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων που εντοπίζονται στη Μητροπολιτική Περιοχή των Αθηνών. Εντούτοις, η **διερεύνηση επιπρόσθετων περιοχών της ελληνικής**

πρωτεύουσας ή της ελληνικής επικράτειας θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον, ώστε να επαληθευτούν τα αποτελέσματα και να επιβεβαιωθούν τα συμπεράσματα που εξήχθησαν στην εν λόγω Διπλωματική Εργασία, επιτρέποντας τη γενίκευση αυτών.

- Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας χρησιμοποιήθηκαν πληθοποριστικά δεδομένα, τα οποία αφορούσαν την ποδηλατική δραστηριότητα των κατοίκων των εξεταζόμενων περιοχών που σημειώθηκε κατά τη διάρκεια των ετών 2021 και 2022. Ωστόσο, η διερεύνηση των εν λόγω περιοχών θα μπορούσε να επεκταθεί σε μεταγενέστερες χρονικές περιόδους, παρέχοντας τη δυνατότητα προσδιορισμού μακροπρόθεσμων τάσεων που χαρακτηρίζουν τα πραγματευόμενα μεγέθη. Παράλληλα, η διενέργεια μίας τέτοιας έρευνας θα μπορούσε να συμβάλλει στην ποσοτικοποίηση της επιρροής ορισμένων δυνητικών παρεμβάσεων διαμόρφωσης του ποδηλατικού δικτύου στην πραγματοποίηση των ποδηλατικών μετακινήσεων.
- Στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας χρησιμοποιήθηκαν πληθοποριστικά δεδομένα, τα οποία προέρχονταν από την πλατφόρμα «Strava Metro». Εντούτοις, η διερεύνηση των συγκεκριμένων περιοχών θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέσω της χρήσης μίας διαφορετικής πηγής δεδομένων σχετικά με την ποδηλατική κυκλοφορία, όπως οι χειροκίνητες καταμετρήσεις ποδηλάτων. Απώτερο σκοπό της εν λόγω έρευνας θα αποτελούσε η αντιπαραβολή των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων αυτής με τα αντίστοιχα αποτελέσματα και συμπεράσματα της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να διαπιστωθεί εάν η πλατφόρμα «Strava Metro» παρέχει αντιπροσωπευτικά και αξιόπιστα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χωρική ανάλυση της ποδηλατικής δραστηριότητας.
- Η παρούσα Διπλωματική Εργασία διερεύνησε την επιρροή μίας εκτεταμένης σειράς παραγόντων που επιδρούν - όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία - στη διενέργεια των ποδηλατικών μετακινήσεων. Εντούτοις, δεν ήταν εφικτός ο εντοπισμός δεδομένων σχετικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο των μηχανοκίνητων οχημάτων στις εξεταζόμενες περιοχές. Συνεπώς, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον μία μεταγενέστερη προσπάθεια διεξοδικής διερεύνησης διαφόρων πτυχών της ποδηλατικής δραστηριότητας στις περιοχές του Χαλανδρίου και των Βριλησίων, συμπεριλαμβάνοντας δεδομένα που σχετίζονται με τον κυκλοφοριακό φόρτο των μηχανοκίνητων οχημάτων σε αυτές.

## 7<sup>ο</sup> Κεφάλαιο: Βιβλιογραφία

- Benz, R. J., Turner, S., & Qu, T. (2013). Pedestrian and bicyclist counts and demand estimation study.
- Boss, D., Nelson, T., Winters, M., & Ferster, C. J. (2018). Using crowdsourced data to monitor change in spatial patterns of bicycle ridership. *Journal of Transport & Health*, 9, 226-233.
- Campbell, M. J., Dennison, P. E., Butler, B. W., & Page, W. G. (2019). Using crowdsourced fitness tracker data to model the relationship between slope and travel rates. *Applied geography*, 106, 93-107.
- Chen, C., Wang, H., Roll, J., Nordback, K., & Wang, Y. (2020). Using bicycle app data to develop Safety Performance Functions (SPFs) for bicyclists at intersections: a generic framework. *Transportation research part A: policy and practice*, 132, 1034-1052.
- Conrow, L., Wentz, E., Nelson, T., & Pettit, C. (2018). Comparing spatial patterns of crowdsourced and conventional bicycling datasets. *Applied geography*, 92, 21-30.
- Griffin, G. P., & Jiao, J. (2019). Crowdsourcing Bicycle Volumes: Exploring the role of volunteered geographic information and established monitoring methods.
- Haworth, J. (2016, June). Investigating the potential of activity tracking app data to estimate cycle flows in urban areas. In *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (Vol. 41, pp. 515-519). Copernicus Gesellschaft MBH.
- Hochmair, H. H., Bardin, E., & Ahmouda, A. (2019). Estimating bicycle trip volume for Miami-Dade county from Strava tracking data. *Journal of transport geography*, 75, 58-69.
- Jestico, B., Nelson, T., & Winters, M. (2016). Mapping ridership using crowdsourced cycling data. *Journal of transport geography*, 52, 90-97.
- Lee, K., & Sener, I. N. (2020). Emerging data for pedestrian and bicycle monitoring: Sources and applications. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 4, 100095.
- Lee, K., & Sener, I. N. (2021). Strava Metro data for bicycle monitoring: a literature review. *Transport reviews*, 41(1), 27-47.
- McArthur, D. P., & Hong, J. (2019). Visualizing where commuting cyclists travel using crowdsourced data. *Journal of transport geography*, 74, 233-241.
- Minge, E., Falero, C., Lindsey, G., Petesch, M., & Vorvick, T. (2017). *Bicycle and pedestrian data collection manual*.
- Moore, M. A. (2015). *Modeling factors influencing commuter cycling routes: A study of GPS cycling records in Auburn, Alabama* (Doctoral dissertation, Auburn University).
- Orellana, D., & Guerrero, M. L. (2019). Exploring the influence of road network structure on the spatial behaviour of cyclists using crowdsourced data. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(7), 1314-1330.
- Proulx, F. R., & Pozdnukhov, A. (2017). Bicycle traffic volume estimation using geographically weighted data fusion. *J. Transp. Geogr*, 2017, 1-14.
- Roy, A., Nelson, T. A., Fotheringham, A. S., & Winters, M. (2019). Correcting bias in crowdsourced data to map bicycle ridership of all bicyclists. *Urban Science*, 3(2), 62.

- Saad, M., Abdel-Aty, M., Lee, J., & Cai, Q. (2019). Bicycle safety analysis at intersections from crowdsourced data. *Transportation research record*, 2673(4), 1-14.
- Sanders, R. L., Frackelton, A., Gardner, S., Schneider, R., & Hintze, M. (2017). Ballpark method for estimating pedestrian and bicyclist exposure in Seattle, Washington: Potential option for resource-constrained cities in an age of big data. *Transportation Research Record*, 2605(1), 32-44.
- Metro, S. (2020). *Comprehensive User Guide: Version 5.01*. Strava LLC. San Francisco, California.
- Sun, Y., Du, Y., Wang, Y., & Zhuang, L. (2017). Examining associations of environmental characteristics with recreational cycling behaviour by street-level Strava data. *International journal of environmental research and public health*, 14(6), 644.