



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση κυκλοφοριακών εμπλοκών των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε αστικές οδούς με τεχνικές υπολογιστικής όρασης



ΑΛΕΞΑΝΔΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Επιβλέπουσα: Ελεονώρα Παπαδημητρίου, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Συνεπίβλεψη: Στυλιανή Ρούσσου, Υποψήφια Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2026

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας, όπου σηματοδοτεί και την ολοκλήρωση του κύκλου των προπτυχιακών μου σπουδών, αισθάνομαι την επιθυμία και την υποχρέωση να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους ανθρώπους που υπήρξαν αρωγοί καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερω την επιβλέπουσα της διπλωματικής εργασίας, κυρία Ελεονώρα Παπαδημητρίου, Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την ανάθεση του θέματος, την αμέριστη βοήθεια, την συνεχή καθοδήγηση, την αδιάκοπη διαθεσιμότητά της και κυρίως για την στήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές της όλους αυτούς τους μήνες.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Στυλιανή Ρούσσου, υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τις συμβουλές της και την σημαντική υποστήριξη της πάνω σε κομβικά θέματα της Διπλωματικής Εργασίας.

Φυσικά, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους καθηγητές του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Τμήμα μας.

Τέλος, ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου, για όλα όσα μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια, συμπεριλαμβανομένης της υπομονής, της κατανόησης και της υποστήριξής τους σε κάθε νέο μου βήμα.

Νικόλαος Αλεξανδρής

Αθήνα, Μάρτιος 2026

Διερεύνηση κυκλοφοριακών εμπλοκών των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε αστικές οδούς με τεχνικές υπολογιστικής όρασης

Νικόλαος Αλεξανδρής

Επιβλέπουσα : Ελεονώρα Παπαδημητρίου, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα : Στυλιανή Ρούσσου, Υποψήφια Διδάκτωρ Ε.Μ.Π.

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των κυκλοφοριακών εμπλοκών των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε αστικές οδούς. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, πραγματοποιήθηκαν καταγραφές βιντεοσκοπικού υλικού στη τοποθεσία του Μεγάρου Μουσικής της Αθήνας, που περιλάμβαναν διελεύσεις ηλεκτρικών πατινιών και πιο συγκεκριμένα καταγράφηκαν 123 διελεύσεις σε διάρκεια 19 ωρών. Στη συνέχεια, το υλικό επεξεργάστηκε κατάλληλα και εισάχθηκε στον αλγόριθμο υπολογιστικής όρασης που έχει υλοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής. Η εφαρμογή του αλγορίθμου επέτρεψε τον υπολογισμό των δεδομένων που απαιτούνταν για την παρούσα εργασία, όπως την ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών, το χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (TTC) από το προπορευόμενο όχημα και το μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (PET). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε μέσω στατιστικών μεθόδων, και πιο συγκεκριμένα με δημιουργία την ανάπτυξη στατιστικών μοντέλων, γραμμικής ή λογαριθμικής παλινδρόμησης, με το αξιόπιστο λογισμικό IBM SPSS Statistics. Τα μαθηματικά μοντέλα αφορούν στη μέση και τη μέγιστη ταχύτητα που ανέπτυξαν οι διερχόμενοι οδηγοί, στον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση και στο το χρόνο μετά την εισβολή. Επίσης ως ανεξάρτητες μεταβλητές εξετάστηκαν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των οδηγών όπως το φύλο, η ηλικία, το αν φοράνε κράνος ή όχι, αν οδηγούν ιδιόκτητο ή ενοικιαζόμενο ηλεκτρικό πατίνι και αν έχουν παραβατική συμπεριφορά. Βασικά συμπεράσματα αποτελούν ότι η μέση ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών επηρεάζεται από το φύλο του οδηγού, από το αν φοράει κράνος και από το αν οδηγεί στο πεζοδρόμιο ή στο δρόμο. Επίσης, προκύπτει ότι ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (TTC) εξαρτάται από το αν το ηλεκτρικό πατίνι κινείται σε δρόμο ή σε πεζοδρόμιο, από το αν είναι ιδιόκτητο ή ενοικιαζόμενο και από τον παράγοντα της συμμετοχής σε « παραλίγο ατύχημα» (near miss TTC) που ορίζεται ως TTC κάτω από δύο δευτερόλεπτα. Ακόμα, ο μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων (PET) επηρεάζεται από το κατά πόσο φοράει ο αναβάτης κράνος, όπως και από το αν έχει παραβατική συμπεριφορά. Συνεπώς, παρατηρείται ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια των ηλεκτρικών πατινιών όπως η ταχύτητα, ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση και ο μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων εξαρτώνται από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των αναβατών, από την υπευθυνότητα τους στην οδήγηση και στους κανόνες ασφαλείας που ακολουθούν.

Λέξεις κλειδιά : κυκλοφοριακές εμπλοκές, αστική οδός, ταχύτητα ηλεκτρικών πατινιών, χρόνος μέχρι τη σύγκρουση, χρόνος μετά την εισβολή, τεχνικές υπολογιστικής όρασης

Investigation of traffic conflicts of e-scooter riders on urban roads by means of computer vision techniques

Alexandris Nikolaos

Supervisor: Eleonora Papadimitriou, Assistant Professor NTUA

Co-Supervisor : Styliani Roussou, PhD Candidate NTUA

Abstract

The aim of this thesis is to investigate traffic congestion caused by electric scooter riders on urban roads. To achieve this goal, video footage was recorded at the Athens Concert Hall, which included electric scooter crossings. Specifically, 123 crossings were recorded over a period of 19 hours. The footage was then processed and fed into the computer vision algorithm developed by the Traffic Engineering Laboratory research team. The application of the algorithm allowed the calculation of the data required for this study, such as the speed of electric scooters, the time to collision (TTC) from the leading vehicle, and the post-entry time (PET). The results were analyzed using statistical methods, specifically by creating statistical models, linear or logarithmic regression, with the reliable IBM SPSS Statistics software. The mathematical models relate to the average and maximum speeds developed by passing drivers, the time to collision, and the post-intrusion time. Independent variables such as the demographic characteristics of drivers, including gender, age, helmet use, whether they drive a privately owned or rented electric scooter, and whether they engage in unlawful behavior, were also examined. The main conclusions are that the average speed of electric scooters is influenced by the gender of the rider, whether they wear a helmet, and whether they ride on the sidewalk or on the road. It also appears that the time to collision (TTC) depends on whether the electric scooter is traveling on the road or sidewalk, whether it is privately owned or rented, and the factor of involvement in a "near miss" (near miss TTC), defined as TTC less than two seconds. Furthermore, the post-encounter time (PET) is influenced by whether the rider wears a helmet, as well as whether they engage in unlawful behavior. Therefore, it can be observed that factors affecting the road safety of electric scooters, such as speed, time to collision, and subsequent time between crossings depend on the demographic characteristics of riders, their responsibility when riding, and the safety rules they follow.

Keywords: traffic jams, urban roads, speed of electric scooters, time to collision, post encroachment time, computer vision techniques.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη διερεύνηση των κυκλοφοριακών εμπλοκών και της οδικής συμπεριφοράς των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε αστική οδό αξιοποιώντας δεδομένα από μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της εργασίας. Σκοπός της είναι η μελέτη των κινδύνων για σύγκρουση με πεζούς ή με αυτοκίνητα και των χαρακτηριστικών οδήγησης, όπως η ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών, ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση(TTC) και μεταγενέστερος ο χρόνος μεταξύ διελεύσεων(PET).

Η διαδικασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σε αστική οδό και πιο συγκεκριμένα στο Μέγαρο Μουσικής και διήρκησε συνολικά 19 ώρες. Οι μετρήσεις αποτελούνταν από μεγάλα σε διάρκεια βίντεο που περιείχαν διελεύσεις ηλεκτρικών πατινιών. Μετά από την κατάλληλη επεξεργασία τους, σε τετράλεπτα με πεντάλεπτα βίντεο, όπου τα ηλεκτρικά πατίνια εμφανίζονταν στη μέση του βίντεο, εισήχθησαν στον αλγόριθμο που έχει υλοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής και ο αλγόριθμος με τη σειρά του παρήγαγε τα δεδομένα που χρειαζόνταν για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, δηλαδή τη ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών, το χρόνο μέχρι τη σύγκρουση(TTC) και το μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (PET) τους.

Τα δεδομένα αυτά που αντλήθηκαν από τον παραπάνω αλγόριθμο υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με το αξιόπιστο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης και διαχείρισης δεδομένων SPSS STATISTICS. Ακολούθησε η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων με την εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης, με σκοπό την συσχέτιση των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών, την πρόβλεψη της ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών, του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση και του χρόνου μετά την εισβολή. Πραγματοποιήθηκε πλήθος δοκιμών για την ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων πρόβλεψης. Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τους δείκτες στατιστικής σημαντικότητας sig (Significance), που αναφέρονται στην p-τιμή (p-value) και χρησιμοποιούνται για να αποφασιστεί αν τα αποτελέσματα μιας στατιστικής ανάλυσης είναι στατιστικά σημαντικά ή αν οφείλονται στη τύχη (Ραυοπουλος, 2006). Η ανάλυση των δεικτών αυτών οδήγησε στα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Η οδήγηση σε δρόμο αποτελεί παράγοντα αύξησης της μέσης ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών, σε σχέση με την οδήγηση σε πεζοδρόμιο. Αυτό εξηγείται από

το γεγονός ότι στο το πατίνι έχει αρκετά μεγαλύτερο επιτρεπτό όριο ταχύτητας, έχει πιο ανοιχτό χώρο και πιο πρόσφορο έδαφος για ανάπτυξη ταχύτητας καθώς έχει άσφαλο και όχι πλακάκια που συχνά σπασμένα. Ακόμα είναι πιθανό τα πατίνια να παρασύρονται από τους ρυθμούς ταχύτητας των υπολοίπων μέσων που μετακινούνται στο δρόμο.

- Οι άνδρες οδηγοί ηλεκτρικών πατινιών αναπτύσσουν αρκετά μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με τις γυναίκες. Βάσει στατιστικών δεδομένων, τα αυξημένα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα των ανδρών οδηγών ενδέχεται να συνεπάγονται μεγαλύτερη εξοικείωση με το οδικό δίκτυο. Παράλληλα, διερευνάται αν η σωματική διάπλαση των γυναικών επηρεάζει την ταχύτητα απόκρισης κατά τον χειρισμό του πατινιού.
- Η μη χρήση κράνους φαίνεται να συσχετίζεται με την αύξηση της ταχύτητας των πατινιών. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί καθώς οι χρήστες που δεν φοράνε κράνος είτε δεν είναι σωστά ενημερωμένοι για τις υποχρεώσεις τους είτε δεν συμμορφώνονται με τους κανόνες που έχουν θεσπιστεί οπότε έχουν τάση προς παραβατικές συμπεριφορές με αποτέλεσμα να μην τηρούν και τα όρια ταχύτητας. Οι συμπεριφορές αυτές μπορούν να συνδυαστούν και με τη μη χρήση του απαραίτητου εξοπλισμού για την ασφάλεια των οδηγών και με την επικίνδυνη οδήγηση.
- Ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (TTC) από το προπορευόμενο όχημα μειώνεται όταν ηλεκτρικό πατίνι είναι ενοικιαζόμενο και όχι ιδιόκτητο. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται η πιθανότητα σύγκρουσης με πεζούς ή οχήματα και ότι η οδήγηση κρίνεται πιο επικίνδυνη. Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει (Dozza , 2025) ότι οι χρήστες ενοικιαζόμενων πατινιών είναι πιο ανεύθυνοι ως προς την ταχύτητα. Ακόμα, υποστηρίζεται ότι αυτό κάνει του οδηγούς να νιώθουν μικρότερη ευθύνη για αυτά επειδή δεν είναι δικά τους, όπως και στα ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα, και δεν τους ενδιαφέρει τόσο αν θα προκαλέσουν ζημιά με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε επικίνδυνες οδηγικές συμπεριφορές.
- Στο πεζοδρόμιο το ηλεκτρικό πατίνι παρατηρείται ότι μειώνει το χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (TTC). Ο λόγος που είναι πιθανό να συμβαίνει αυτό είναι επειδή στο πεζοδρόμιο που κινούνται οι πεζοί περπατάνε με πολύ μικρή ταχύτητα ενώ τα πατίνια τρέχουν με ταχύτητα πάνω από τα επιτρεπτά όρια οπότε αυτό μπορεί αυξάνει τις πιθανότητες κυκλοφοριακών εμπλοκών.
- Το παραλίγο ατύχημα (Near miss TTC) προφανώς σχετίζεται με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (TTC). Ο λόγος είναι επειδή το παραλίγο ατύχημα αντιστοιχεί εξ'ορισμού με χρόνο μέχρι τη σύγκρουση κάτω από 2 δευτερόλεπτα.
- Τα ενοικιαζόμενα ηλεκτρικά πατίνια μειώνουν το μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (PET) σε αντίθεση με τα ιδιόκτητα. Αυτό συμβαίνει πιθανότατα επειδή

οι χρήστες των ενοικιαζόμενων πατινιών αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες οπότε και καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις σε μικρότερο χρόνο.

- Οι οδηγοί που δεν κάνουν χρήση κράνους μειώνουν το μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (PET) συγκριτικά με αυτούς που φοράνε. Το παραπάνω εύρημα έχει μία λογική ερμηνεία όπως και με την ταχύτητα που προαναφέρθηκε και υπάγεται στις ανεύθυνες συμπεριφορές των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε σχέση με αυτούς των ιδιόκτητων.

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται στα ηλεκτρικά πατίνια ότι η ταχύτητα, ο εξοπλισμός, νοοτροπία και η οδική συμπεριφορά αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην οδική ασφάλεια των χρηστών. Για τη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης, είναι ουσιαστικό να υπάρξουν εργοστασιακοί περιορισμοί στις ταχύτητες των πατινιών για να μην μπορούν οι χρήστες να ξεφεύγουν από τα όρια, να αυστηροποιηθούν οι έλεγχοι για χρήση κράνους και προστατευτικού εξοπλισμού γιατί ελάχιστοι ακολουθούν τους κανόνες ασφάλειας. Αυτό θα έχει ως συνέπεια να μην συμβαίνουν τόσο σοβαρά ατυχήματα ακόμα και όταν οι οδηγοί χάνουν τον έλεγχο. Τέλος, να υπάρξουν χρηματικά πρόσθημα όταν οι χρήστες έχουν παραβατικές συμπεριφορές όπως η χρήση κινητού τηλεφώνου και ακουστικών κατά την οδήγηση και η χρήση πατινιού με δύο αναβάτες ταυτόχρονα.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	11
1.1	ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	11
1.2	ΣΤΟΧΟΣ.....	14
1.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	14
1.4	ΔΟΜΗ.....	15
2.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	17
2.1	Γενικά	17
2.2	Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες	18
2.3	Σύνοψη.....	21
3.	Θεωρητικό υπόβαθρο	22
3.1	Εισαγωγή.....	22
3.2	Μαθηματικά Πρότυπα.....	22
3.3	Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου	23
3.4	Εξήγηση των Αποτελεσμάτων	25
3.5	Λειτουργία Λογισμικού Στατιστικής Ανάλυσης.....	26
4.	Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων	28
4.1	Εισαγωγή.....	28
4.2	Συλλογή δεδομένων	28
4.2.1	Στόχος του πειράματος.....	28
4.2.2	Τοποθεσία και περιγραφή πειράματος.....	29
4.3	Επεξεργασία στοιχείων.....	30
4.3.1	Ανάλυση βίντεο και εξαγωγή τροχιών χρηστών της οδού	30
4.3.2	Παρακολούθηση αντικειμένων και εξαγωγή κινηματικών μεγεθών.....	31
4.3.3	Υπολογισμός δεικτών επικινδυνότητας TTC και PET.....	32
4.3.4	Επεξεργασία ακραίων τιμών και ποιοτικός έλεγχος δεδομένων.....	33
4.4	Βάση Δεδομένων	37
4.5	Περιγραφική Ανάλυση Δείγματος	39
5.	Εφαρμογή Μεθοδολογίας και Αποτελέσματα	47
5.1	Εισαγωγή.....	47
5.2	Διαγράμματα κατανομών μεταβλητών	47

5.3	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης (MEANV)	53
5.3.1	Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα	53
5.4	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου ελάχιστου λογαριθμικού χρόνου μέχρι τη σύγκρουση (LnTTC)	55
5.4.1	Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα	55
5.5	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου ελάχιστου λογαριθμικού μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων (LnPET)	57
5.5.1	Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα	57
5.5.2	Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα	58
5.6	Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου μέγιστης ταχύτητας (Maxv)	60
5.6.1	Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα	60
6.	Συμπεράσματα	62
6.1	Σύνοψη Έρευνας	62
6.2	Συνολικά Συμπεράσματα	62
6.3	Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας	64
6.4	Περαιτέρω έρευνα	65
7.	Βιβλιογραφία	67

1. Εισαγωγή

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στη σημερινή εποχή η αστική κινητικότητα αλλάζει λόγω της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, των συνεχώς αυξανόμενων πολεοδομικών και δημογραφικών αλλαγών και της δέσμευσης των πολιτικών σχεδιασμού για «καθαρές» πόλεις. Αυτό έχει οδηγήσει στην αύξηση αυτοκινήτων και μέσων μαζικής μεταφοράς με ηλεκτροκινητήρες καθώς και την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων μικροκινητικότητας με υποβοήθηση ισχύος (e-PMV) με χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, όπως τα ηλεκτρικά πατίνια (e-scooters).

Ως προς τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, τα ηλεκτρικά πατίνια το μέγιστο βάρος το οποίο μπορεί να μεταφέρουν φτάνει τα 100 kg, ενώ τα ίδια ζυγίζουν γύρω στα 15 kg (Skiannis, 2025). Τα περισσότερα ηλεκτρικά πατίνια έχουν την ικανότητα να διπλώνουν κάτι που βοηθάει ιδιαίτερα στη μεταφορά και αποθήκευσή τους ενώ μπορεί να έχουν και κάθισμα ώστε ο αναβάτης να πραγματοποιεί τις διαδρομές του πιο άνετα.

Ο πολλαπλασιασμός αυτών των νέων μορφών κινητικότητας οδηγεί σε νέες καταστάσεις: νέους χρήστες, νέες συμπεριφορές, νέες επικίνδυνες αλληλεπιδράσεις. Το 2019 έφεραν οι πρώτες εταιρίες τα ηλεκτρικά πατίνια στην Ελλάδα. Ενδεικτικές μάρκες των e-scooter προς ενοικίαση είναι η lime, Doft, hop και ride-moni. Η αύξηση της κυκλοφορίας των ηλεκτρικών πατινιών έχει προκαλέσει προβλήματα και ως προς την ένταξη τους τόσο στο υπάρχον οδικό δίκτυο όσο και στην πόλη, και ως προς την ασφάλεια τους. Ως προς το πρώτο, το τελευταίο διάστημα σημειώνεται από τον δήμο Αθηναίων ότι η όχληση από τα ηλεκτρικά πατίνια καθημερινά είναι σημαντική (Δήμος Αθηναίων, 2025) με πατίνια σε ράμπες, οδεύσεις τυφλών και στη μέση του δρόμου. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων ο Δήμος θα ρυθμίσει την κυκλοφορία και τη στάθμευση των πατινιών, με σεβασμό στον δημόσιο χώρο και την ασφάλεια των πεζών ετοιμάζοντας ένα νέο πλαίσιο που περιλαμβάνει 70 οριοθετημένες θέσεις στάθμευσης, ζώνες απαγόρευσης κυκλοφορίας, και μείωση της ταχύτητας των πατινιών σε συγκεκριμένους δρόμους. Ως προς τα ατυχήματα, έχει θεσπιστεί από τον νόμο, τα ηλεκτρικά πατίνια να έχουν τη δυνατότητα να κινούνται μέχρι 6 χιλιόμετρα ανά ώρα πάνω σε πεζοδρόμια και έως 25 χιλιόμετρα σε δρόμους με ανώτατο όριο ταχύτητας 50 χιλιομέτρων ανά ώρα (EPT news, 2025). Αυτό μπορεί να αποτελέσει καταλυτικό παράγοντα στη μείωση των ατυχημάτων καθώς τα τελευταία δεδομένα έδειξαν ότι ο αριθμός των τραυματισμένων χρηστών ηλεκτρικών πατινιών στην Αθήνα αυξάνεται σταθερά από το 2019 που εμφανίστηκαν (Karatziou, 2025).

Στη Θεσσαλονίκη το 2024 από τον Σεπτέμβριο έως τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους καταγράφηκαν 65 ατυχήματα, εκ των οποίων το ένα ήταν σοβαρό. Τραυματίστηκαν σε αυτά τα ατυχήματα 73 άτομα, ένα από αυτά σοβαρά. Το ίδιο χρονικό διάστημα κατά τους ελέγχους διαπιστώθηκαν συνολικά 1.472 παραβάσεις. Ακόμα στη συμπρωτεύουσα το 2025 από την αρχή του έτους έως τον Απρίλιο σημειώθηκαν 23 ατυχήματα και τραυματίστηκαν 26 άτομα, ευτυχώς ελαφρά. Το ίδιο χρονικό διάστημα καταγράφηκαν από χρήστες πατινιών 675

παραβάσεις, με τις περισσότερες (512) να αφορούν τη μη χρήση κράνους και οι 106 μη χρήση ανακλαστικού ρουχισμού (Αnon., 2025).



Εικόνα 1.1 Υπάλληλοι του Δήμου Αθηναίων απομακρύνουν παράνομα σταθμευμένα πατίνια

Ως προς την Ευρωπαϊκή Ένωση, μετά από έρευνα στα εθνικά στατιστικά στοιχεία καταγράφηκαν 119 θάνατοι το 2022, σε ατυχήματα στους ευρωπαϊκούς δρόμους στην κατηγορία των Ελαφρών Προσωπικών Ηλεκτρικών Οχημάτων – ΕΠΗΟ. Η πλειοψηφία της κατηγορίας είναι ηλεκτρικά πατίνια. Οι καταγεγραμμένοι θάνατοι σε οδικά ατυχήματα με ηλεκτρικά πατίνια συνδέονται συχνά με το αλκοόλ, με τα περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα να δείχνουν ότι τα θύματα είχαν καταναλώσει αλκοόλ πριν από την οδήγηση σε ποσοστό που κυμαίνεται από το 30%-40% των ατυχημάτων (Challas, 2024).

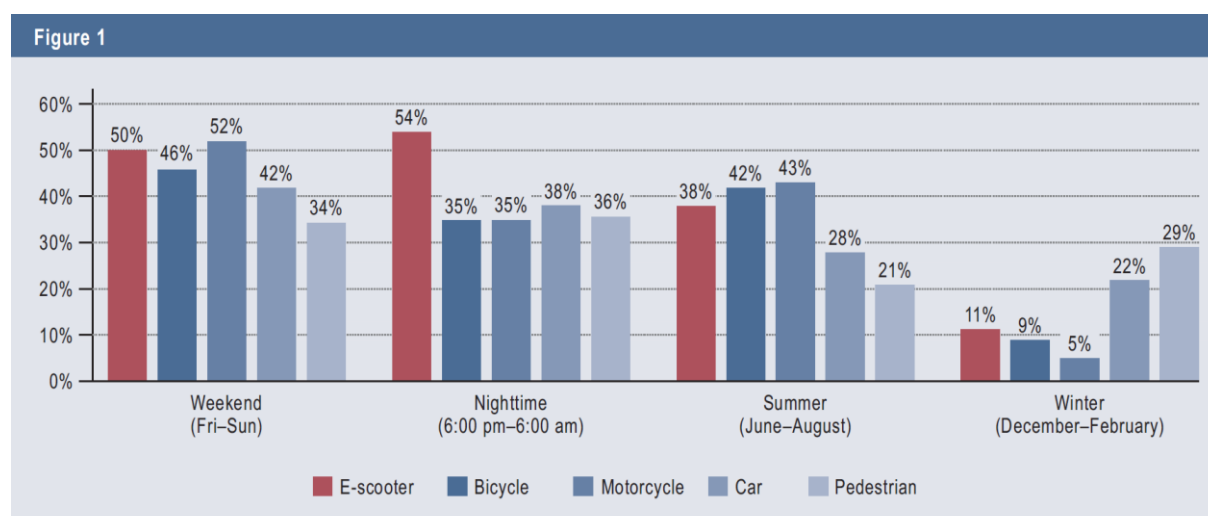
Τα αντίμετρα για την οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ θα πρέπει να περιλαμβάνουν νομοθετημένα όρια σε συνδυασμό με αποτελεσματική αστυνόμευση. Στη Φινλανδία και τη Νορβηγία, οι αστυνομικές αρχές των πόλεων απαιτούν από τις εταιρίες κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών να περιορίζουν την ταχύτητα τη νύχτα ή να απαγορεύουν τη χρήση κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών κατά τις νυχτερινές ώρες, μέτρα τα οποία οδήγησαν σε μείωση των τραυματισμών καθώς τις βραδινές ώρες γίνεται ως επί το πλείστον κατανάλωση αλκοόλ (Αnon., 2024).

Παράλληλα, σε παγκόσμιο επίπεδο τα ατυχήματα με ηλεκτρικά πατίνια, μετά από μελέτες, δείχνουν ότι οι σοβαροί τραυματισμοί, που απαιτούν επείγουσα νοσοκομειακή περίθαλψη, αυξήθηκαν από λίγο λιγότερο από 30.000 το 2020 σε πάνω από 118.000 το 2024, σχεδόν διπλασιάζοντας τον αριθμό τους σε ένα μόνο έτος, σύμφωνα με την εφημερίδα USA Today (Αnon., n.d.). Τα περισσότερα ατυχήματα αφορούν πτώσεις (περίπου 74%), με το 36% να προκαλεί τραυματισμούς στο κεφάλι

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής οι τραυματισμοί οδηγών ηλεκτρικών πατινιών αυξήθηκαν από 8.566 το 2017 σε πάνω από 56.000 το 2022, σύμφωνα με το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Σαν Φρανσίσκο. Στη Μεγάλη Βρετανία, από 460 συγκρούσεις το 2020, το 2021 σημειώθηκαν 1.352 συγκρούσεις και 10 θάνατοι (Αnon., 2022). Στην Αυστραλία μία μελέτη εντόπισε 30 θανάτους από ηλεκτρικά πατίνια μεταξύ του 2020 και των αρχών του 2025 (Αnon., 2025). Όσον αφορά στο Παρίσι, καταγράφηκαν 459 ατυχήματα το 2022 με αποτέλεσμα την απαγόρευση τους. Τέλος, στη Γερμανία το 2024 σημειώθηκε αύξηση 26,7%

στα ατυχήματα με τραυματισμό. Συνολικά 27 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, έναντι 22 το 2023. Το 83% των σοβαρά τραυματισμένων έφερε τραύματα στο κεφάλι.

Σύμφωνα με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Γερμανία προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Hartz, et al., 2025). Τα περισσότερα ατυχήματα με ηλεκτρικά πατινιών (38%) συνέβησαν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (εικόνα 1.2). Ο αριθμός των ατυχημάτων μειώθηκε σημαντικά κατά τους χειμερινούς μήνες (11%). Τα μισά από τα ατυχήματα συνέβησαν το Σαββατοκύριακο, συχνά μεταξύ 6:00 μ.μ. και 6:00 π.μ. (54%). Ακόμα παρατηρείται ότι τις βραδινές ώρες τα ποσοστά ατυχημάτων με ηλεκτρικά πατινία είναι σημαντικά μεγαλύτερα σε σχέση με αυτά των ποδηλάτων, μοτοσικλετών, οχημάτων και πεζών.



Comparison of time of accident (time of day, day of the week, season) between e-scooter users and other road users

Εικόνα 1.2 Διαγράμματα στατιστικών ατυχημάτων ηλεκτρικών πατινιών (Hartz, et al., 2025)

Εν κατακλείδι οι κύριες αιτίες θανάτων και ατυχημάτων οφείλονται σε :

1. **Συγκρούσεις με Οχήματα:** Περίπου το 75% των θανάτων σε εταιρίες κοινόχρηστων πατινιών οφείλεται σε συγκρούσεις με αυτοκίνητα.
2. **Έλλειψη Κράνους:** Το ποσοστό χρήσης κράνους είναι εξαιρετικά χαμηλό (συνήα κάτω από 5%), γεγονός που καθιστά τα τραύματα στο κεφάλι την κύρια αιτία θανάτου.
3. **Κατανάλωση Αλκοόλ:** Μελέτες δείχνουν ότι ένας στους τρεις σοβαρά τραυματισμένους αναβάτες βρισκόταν υπό την επήρεια αλκοόλ, ειδικά κατά τις νυχτερινές ώρες.
4. **Υποδομές & Ταχύτητα:** Η έλλειψη διαχωρισμένων λωρίδων κυκλοφορίας και η χρήση πατινιών που υπερβαίνουν τα νόμιμα όρια ταχύτητας (έως και 80 χλμ/ώρα σε ορισμένες περιπτώσεις εισαγωγής) αυξάνουν την επικινδυνότητα

1.2 ΣΤΟΧΟΣ

Η συμπεριφορά και η ασφάλεια των ηλεκτρικών πατινιών που περιγράφεται από δείκτες όπως η ταχύτητα, το Time to Collision (χρόνος μέχρι τη σύγκρουση) και το Post encroachment time (χρόνος μετά τη συμβολή) αποτελεί μείζον ζήτημα στις σύγχρονες πόλεις. Αυτό προκύπτει από τον ολοένα αυξανόμενο αριθμό τους που δημιουργεί νέα δεδομένα και παραλίγο ατυχήματα (near misses) καθημερινά στους δρόμους.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση αυτών των οδηγικών χαρακτηριστικών καθώς αποτελούν τους πιο σημαντικούς και κρίσιμους δείκτες της ασφαλούς οδήγησης των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη βασίζεται σε έρευνα πεδίου στην Αθήνα, όπου συλλέχθηκαν αποσπάσματα βίντεο που περιέχουν διελεύσεις ηλεκτρικών πατινιών για τη εξαγωγή δεδομένων από αντιπροσωπευτικό δείγμα οδηγών πατινιών.

Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό και με τα δημογραφικά των αναβατών θα αξιοποιηθούν για την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά αποσκοπούν στον προσδιορισμό της επιρροής παραμέτρων όπως το φύλο του χρήστη, το είδος του ηλεκτρονικού πατινιού (ιδιόκτητο- κοινόχρηστο), αν φοράνε κράνος ή όχι και την ηλικία τους.

Μέσα από τη διεξοδική ανάλυση και την αποτύπωση της επίδρασης των παραπάνω χαρακτηριστικών, η εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει ουσιαστικά στην περιγραφή και την κατανόηση της οδηγικής συμπεριφοράς των χρηστών ηλεκτρικών πατινιών καθώς και στην προαγωγή της οδικής ασφάλειας.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η μεθοδολογία συνιστά τον βασικό άξονα της διπλωματικής εργασίας, καθώς περιγράφει αναλυτικά τα στάδια που απαιτούνται για την επίτευξη του ερευνητικού σκοπού. Αρχικά, προσδιορίζεται το αντικείμενο της μελέτης και διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιείται ανασκόπηση της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας και των σχετικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων. Με βάση τα δεδομένα που προκύπτουν, διαμορφώνεται η στρατηγική προσέγγισης του ζητήματος της συμπεριφοράς και της οδηγικής ασφάλειας των χρηστών ηλεκτρικών πατινιών.

Έπειτα, καθορίζεται η διαδικασία συλλογής των δεδομένων μέσω βιντεοσκόπησης ηλεκτρικών πατινιών σε σημείο που επελέγη μετά από ενδελεχή έρευνα. Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται υποβάλλονται σε επεξεργασία και στατιστική ανάλυση, οδηγώντας στη διαμόρφωση μαθηματικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά αποσκοπούν στην εξαγωγή χαρακτηριστικών που προσδιορίζουν και καθορίζουν τη συμπεριφορά και την ασφάλεια της οδήγησης του ηλεκτρικού πατινιού.

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μοντέλων οδηγεί στην εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων και στην ανάδειξη της σημασίας τους. Μέσα από τη συστηματική εφαρμογή της, η μεθοδολογία διασφαλίζει την επίτευξη των ερευνητικών στόχων και την ολοκλήρωση

της διπλωματικής εργασίας. Παράλληλα, διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα, ενισχύοντας τη συνέχιση της μελέτης του θέματος. Η συνολική πορεία της μεθοδολογίας αποτυπώνεται σε διάγραμμα ροής (εικόνα 1.3), το οποίο παρέχει μια συνοπτική και κατανοητή εικόνα των επιμέρους σταδίων.



Γράφημα 1.3 Βήματα Μεθοδολογίας Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η δομή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, μέσω συνοπτικής περιγραφής των κεφαλαίων που τη συνθέτουν, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή μετάβαση και η συνοχή μεταξύ τους.

Στο τρέχον κεφάλαιο (Κεφάλαιο 1) γίνεται εισαγωγική αναφορά στα ζητήματα που εξετάζονται, δηλαδή στα χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτάται η ασφάλεια των ηλεκτρικών πατινιών στους δρόμους και τα πεζοδρόμια. Επιπλέον, προσδιορίζεται ο βασικός σκοπός της εργασίας καθώς και η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθείται για την επίτευξη των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων. Τέλος, παρατίθεται η συνολική δομή της Διπλωματικής εργασίας, με στόχο τη διευκόλυνση της κατανόησής της.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου εξετάζονται σχετικές μελέτες και μεθοδολογίες. Σκοπός είναι αφενός ο εντοπισμός χρήσιμων ευρημάτων που συμβάλλουν στην παρούσα έρευνα και αφετέρου η ανάδειξη πιθανών ερευνητικών κενών.

Τα κενά αυτά συμβάλλουν στον καθορισμό του αντικειμένου και του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας που συνοψίζεται σε σχετικό συγκεντρωτικό πίνακα.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο που αξιοποιείται για την επεξεργασία των δεδομένων. Αρχικά παρουσιάζονται οι μέθοδοι ανάλυσης που εφαρμόστηκαν, οι τύποι των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και οι απαραίτητοι έλεγχοι για την εγκυρότητά τους. Στη συνέχεια, παρατίθενται οι εντολές της γλώσσας προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε για την ορθή εκτέλεση της στατιστικής ανάλυσης.

Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Αναλύεται η μεθοδολογία συγκέντρωσης των στοιχείων, τα οποία προέκυψαν μετά από 18 ώρες βιντεοσκόπησης ηλεκτρικών πατινιών στο Μέγαρο Μουσικής και στη συνέχεια κόβοντας το υλικό σε τετράλεπτα βίντεο. Έπειτα, εξηγείται η διαδικασία εξαγωγής και επεξεργασίας των δεδομένων με τη χρήση της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού. Τέλος, γίνεται σύντομη παρουσίαση βασικών χαρακτηριστικών του δείγματος των συμμετεχόντων.

Στο Κεφάλαιο 5 παρατίθενται αναλυτικά τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων, μαζί με τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη διαμόρφωσή τους και την ερμηνεία των παραμέτρων τους. Παρουσιάζονται επίσης τα κριτήρια αποδοχής των μοντέλων και η στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών.

Στο Κεφάλαιο 6 διατυπώνονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την ανάλυση των μαθηματικών μοντέλων και παρέχεται η ερμηνεία τους. Παράλληλα, παρουσιάζονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα σχετική με το αντικείμενο της Διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 παρατίθεται η βιβλιογραφία της Διπλωματικής Εργασίας, η οποία περιλαμβάνει όλες τις πηγές και τις έρευνες που αξιοποιήθηκαν για την εκπόνησή της.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελεί ένα από τα πλέον καθοριστικά στάδια στην εκπόνηση μιας διπλωματικής εργασίας, καθώς θέτει το θεωρητικό και επιστημονικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα στηριχθεί το σύνολο της ερευνητικής διαδικασίας.

Μέσω αυτής επιτυγχάνεται η εις βάθος κατανόηση του ερευνητικού πεδίου, η συστηματική χαρτογράφηση της υπάρχουσας γνώσης και η κριτική προσέγγιση των μελετών που έχουν προηγηθεί. Δεν πρόκειται για απλή παράθεση βιβλιογραφικών πηγών, αλλά για διαδικασία ανάλυσης, σύγκρισης και σύνθεσης επιστημονικών δεδομένων, με στόχο τη διαμόρφωση ενός συνεκτικού και τεκμηριωμένου πλαισίου αναφοράς.

Αρχικά, μέσα από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας προσδιορίζεται με σαφήνεια το αντικείμενο της έρευνας. Οριοθετείται το εύρος του θέματος, αποσαφηνίζονται βασικές έννοιες και διατυπώνονται με ακρίβεια τα ερευνητικά ερωτήματα. Παράλληλα, καθορίζονται οι στόχοι της εργασίας, ώστε να διασφαλίζεται η ύπαρξη σαφούς κατεύθυνσης και μεθοδολογικής συνέπειας καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής πορείας.

Επιπλέον, η βιβλιογραφική ανασκόπηση συμβάλλει ουσιαστικά στη χάραξη της κατάλληλης μεθοδολογικής στρατηγικής. Μέσα από την εξέταση προηγούμενων ερευνών αναλύονται οι μεθοδολογίες που έχουν εφαρμοστεί, αξιολογούνται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί τους και εντοπίζονται οι πρακτικές που αποδείχθηκαν αποτελεσματικές.

Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την τεκμηριωμένη επιλογή της βέλτιστης μεθοδολογίας για τη μελέτη της συγκεκριμένης θεματολογίας, αποφεύγοντας αυθαίρετες ή μη επαρκώς αιτιολογημένες επιλογές.

Παράλληλα, επιδιώκεται η συστηματική σύγκριση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από προηγούμενες μελέτες, καθώς και η κριτική αποτίμησή τους. Μέσα από αυτή τη συγκριτική διαδικασία αναδεικνύονται συγκλίσεις, αποκλίσεις και διαφοροποιήσεις στα ερευνητικά ευρήματα, ενώ παράλληλα εντοπίζονται πιθανές ελλείψεις, ασάφειες ή περιορισμοί της υπάρχουσας γνώσης. Ο εντοπισμός των ερευνητικών κενών αποτελεί κομβικό σημείο, καθώς προσδιορίζει τα πεδία στα οποία η παρούσα εργασία μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά, προσφέροντας νέα δεδομένα, ερμηνευτικές προσεγγίσεις ή καινοτόμες μεθοδολογικές επιλογές.

Εν προκειμένω στην παρούσα διπλωματική εργασία, η βιβλιογραφική ανασκόπηση επικεντρώνεται στην αναζήτηση ερευνών που αφορούν την διερεύνηση κυκλοφοριακών εμπλοκών και την οδική ασφάλεια των ηλεκτρικών πατινιών. Βασικός στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η συστηματική σύγκριση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από προηγούμενες έρευνες, καθώς και η κριτική αποτίμησή τους. Μέσα από αυτή τη διαδικασία επιδιώκεται όχι μόνο η καταγραφή των συγκλίσεων και αποκλίσεων στα

ερευνητικά ευρήματα, αλλά και ο εντοπισμός πιθανών αδυναμιών, περιορισμών ή ερευνητικών κενών που εξακολουθούν να υφίστανται στο συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο. Παράλληλα, μέσω της ανάλυσης των μεθοδολογικών προσεγγίσεων που έχουν εφαρμοστεί, καθίσταται εφικτή η επιλογή και διαμόρφωση της καταλληλότερης μεθοδολογίας για τη μελέτη της εν λόγω θεματολογίας, με τρόπο τεκμηριωμένο και επιστημονικά ορθό.

Κατά συνέπεια, η βιβλιογραφική ανασκόπηση δεν αποτελεί μια τυπική ή διαδικαστική ενότητα της διπλωματικής εργασίας, αλλά ένα ουσιαστικό και αναγκαίο εργαλείο για την ορθή θεμελίωση, οργάνωση και υλοποίησή της. Η εις βάθος μελέτη, η συγκριτική αξιολόγηση και η κριτική ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας δημιουργούν ένα σταθερό επιστημονικό υπόβαθρο, πάνω στο οποίο μπορεί να αναπτυχθεί μια τεκμηριωμένη, συνεκτική και πρωτότυπη ερευνητική προσέγγιση. Με τον τρόπο αυτό, διασφαλίζεται ότι η παρούσα εργασία δεν αναπαράγει απλώς υφιστάμενη γνώση, αλλά συμβάλλει ουσιαστικά στην περαιτέρω εξέλιξη του ερευνητικού πεδίου. Πιο συγκεκριμένα, η αναζήτηση των ερευνών επικεντρώνεται σε μελέτες που περιλαμβάνουν τη χρήση τεχνικών υπολογιστικής όρασης, όπως η τεχνολογία VR (virtual reality), γύρω από την οδική συμπεριφορά και την διερεύνηση κυκλοφοριακών εμπλοκών των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών. Συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων αυτών και της κατάλληλης σύνοψης και συμπερασμάτων, θα είναι εφικτή η σωστή επιλογή της ιδανικότερης μεθόδου και κυρίως του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας.

2.2 Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες

Η ένταξη των ηλεκτρικών πατινιών στα υπάρχοντα οδικά δίκτυα των πόλεων ανά τον κόσμο έχει εγείρει πολλούς προβληματισμούς και ανησυχίες για το κατά πόσο εύκολη είναι η ομαλή ένταξη τους σε αυτά (Chen, et al., 2024). Η ενασχόληση της κοινής γνώμης όπως και της επιστημονικής κοινότητας σε αυτό το θέμα είναι αισθητή με αρκετές έρευνες να έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια (Arıun, et al., 2021). Σε έρευνα που διεξήχθη σε δέκα μεγάλες πόλεις της Ευρώπης αποδείχθηκε ότι τα ηλεκτρικά πατίνια δημιουργούν κυκλοφοριακές εμπλοκές σχετικά με τον χώρο, την ταχύτητα και την ασφάλεια, και πολλές πόλεις που τα έχουν εισαγάγει δεν έχουν λάβει υπόψη τις κατάλληλες πολιτικές αντιμετώπιζοντας πολλά προβλήματα καθημερινά (Gossling, 2020).

Συνεπώς είναι θεμιτό να θεσπιστεί η κατάλληλη νομοθεσία και οι διαχειριστές των οδικών δικτύων να εισαγάγουν πολιτικές σχετικά με τις μέγιστες ταχύτητες, την υποχρεωτική χρήση υποδομών και τους ειδικούς χώρους στάθμευσης, καθώς και να περιορίσουν τον αριθμό των αδειοδοτημένων χειριστών. Οι ταχύτητες τους έχουν προσδιοριστεί από μετρήσεις που έγιναν στην Ουάσιγκτον, από 14,168 km/h έως 5,41 km/h (Yuan & Zhu, 2026).

Στη συμπρωτεύουσα, ύστερα από τη προσπάθεια του Δήμου Θεσσαλονίκης για υλοποίηση ενός ποδηλατόδρομου κρίθηκε αναγκαίο να μελετηθεί συμπεριφορικά αλλά και υπό το πρίσμα της οδικής ασφάλειας η συνύπαρξη ποδηλάτων και ηλεκτρικών πατινιών με τους υπόλοιπους χρήστες της οδού (Korosidis & Chatzipanagiotou, 2022). Οι παραπάνω

παράμετροι μέσω της έννοιας των κυκλοφοριακών εμπλοκών εξέτασαν τα «παραλίγο» ατυχήματα με στόχο την πρόβλεψη και έγκαιρη κινητοποίηση των εκάστοτε φορέων για την αποφυγή ατυχημάτων στο εν λόγω τμήμα μελέτης του οδικού άξονα. Το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στα περιστατικά εμπλοκής στα οποία συμμετείχαν ποδηλάτα ή ηλεκτρικά πατινία και εξετάστηκε το κατά πόσο ο ποδηλατόδρομος εξυπηρετεί την ασφαλή κίνηση των προαναφερθέντων ευάλωτων χρηστών. Παράλληλα, μετρήθηκαν οι ταχύτητες των διερχόμενων ηλεκτρικών πατινιών με τη χρήση του ραδιοεντοπιστή ταχυτήτων Truespeed S Metric, με μέγιστη την ταχύτητα των 5,76 m/s και ελάχιστη την 1,11m/s. Τέλος, έγινε ομαδοποίηση των κυκλοφοριακών εμπλοκών για να μπορέσει να εξυπηρετηθεί η διαδικασία της εξαγωγής αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων με έναν πιο συστηματικό τρόπο.

Ακόμα, στα πλαίσια της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού στα αστικά κέντρα, αυξάνονται και οι απαιτήσεις στο υπάρχον δίκτυο μεταφορών του, αναγκάζοντας τις πόλεις να αναζητήσουν νέες λύσεις που τις απαλλάξουν από αυτό το βάρος. Για αυτό το λόγο μελετήθηκε η μικροκινητικότητα ως πιθανή λύση σε αυτό το πρόβλημα (Gkatzias, 2020). Η έρευνα καταλήγει στο ότι ενώ είναι πολλά τα οφέλη της, υπάρχει στην Ελλάδα μεγάλη έλλειψη ρυθμιστικού πλαισίου με αποτέλεσμα πολλά προβλήματα, ατυχήματα και δυσκολία στην εναρμόνιση με το υπάρχον οδικό δίκτυο.

Στην πόλη της Βιέννης το 2025, τοποθετήθηκε σε μία κεντρική πλατεία μία κάμερα λήψης δεδομένων και τροχιάς τα οποία μετά από επεξεργασία εξήγαγαν μέγιστες ταχύτητες και επιταχύνσεις, την ελάχιστη απόσταση μεταξύ των χρηστών, τις συντεταγμένες X και Y της προβλεπόμενης τροχιάς στο δισδιάστατο επίπεδο 2D στο σημείο της πλησιέστερης προσέγγισης, τη σχετική γωνία μεταξύ των τροχιών στην ελάχιστη απόσταση, τις διαμήκεις και πλευρικές επιταχύνσεις (ατομικές και συνολικές) κατά τη διάρκεια των πορειών σύγκρουσης, τις τιμές TTC και PET (Losada, et al., 2025). Τα μέσα για την ποσοτικοποίηση των αλληλεπιδράσεων που σχετίζονται με την ασφάλεια έχουν τη μορφή υποκατάστατων μέτρων ασφάλειας συγκεκριμένα, ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (TTC) και ο μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων (PET).

Το 2025 στην Αυστραλία, 23 χρήστες ηλεκτρικών πατινιών συμμετείχαν σε μία έρευνα που μελετούσε τις συμπεριφορές τους σε διαφορετικούς τύπους υποδομών μεταφοράς: μονοπάτια για πεζούς, ποδηλατοδρόμους και οδούς (Kegalle, et al., 2025). Οι συμμετέχοντες ακολουθούσαν μια προκαθορισμένη διαδρομή ενώ ήταν εξοπλισμένοι με διάφορες συσκευές υπολογιστών (π.χ. κάμερες, υπολογιστή ποδηλάτου, γυαλιά παρακολούθησης ματιών). Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι ότι οι οδηγοί ηλεκτρικών πατινιών αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις όπως η δυσκολία να συμβαδίσουν με την ταχύτερη κυκλοφορία, ιδιαίτερα τους ποδηλάτες και τα μηχανοκίνητα οχήματα, λόγω του ανώτατου ορίου ταχύτητας στα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατινιών, οι προκλήσεις στην ασφαλή ένδειξη στροφών λόγω των κινδύνων ισορροπίας με τα σήματα των χεριών, και η περιορισμένη αποδοχή από άλλους χρήστες του δρόμου σε χώρους μικτής χρήσης. Τέλος, η μελέτη επισημαίνει ότι υπάρχουν πολλά οφέλη με την κατασκευή ειδικών ποδηλατοδρόμων που είναι διαχωρισμένοι από τα μηχανοκίνητα οχήματα και τους πεζούς καθώς αποτελεί κατάλληλο χώρο για τη χρήση ηλεκτρικών πατινιών.

Μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο της Γερμανίας, ερεύνησε το θέμα συσχετίζοντας το με τα ποδήλατα και με τις συγκρούσεις και τους τραυματισμούς που μπορεί να έχει η αλληλεπίδραση τους (Hardinghaus, et al., 2021). Όσον αφορά το σχήμα και τη χρήση, τα ηλεκτρικά πατίνια μοιάζουν με τα ποδήλατα. Ως εκ τούτου, σύμφωνα με το νόμο, τα ηλεκτρικά πατίνια χρησιμοποιούν τον ίδιο οδικό χώρο ή υποδομή με τα ποδήλατα. Σε αυτό το πλαίσιο, η αλληλεπίδραση μεταξύ των ηλεκτρικών πατινιών και της ενεργητικής κινητικότητας (περπάτημα και ποδηλασία) είναι πολύ σημαντική για τη μελλοντική χρήση της υποδομής και τη συνεχιζόμενη μεταμόρφωση της αστικής κινητικότητας. Τα κύρια ευρήματα της έρευνας ήταν ότι τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια χρησιμοποιούνται διαφορετικά και ίσως χειρότερα από τα αντίστοιχα ιδιόκτητα. Το δυναμικό για συγκρούσεις είναι μεγάλο. Ως εκ τούτου, τα προβλήματα που προκαλούνται από τα σταθμευμένα ηλεκτρικά πατίνια είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά που προκαλούνται από την οδήγηση ηλεκτρικών πατινιών.

Η διερεύνηση τόσο των κινήτρων όσο και των εμποδίων για τη χρήση ηλεκτρικών πατινιών έγινε με συμμετέχοντες κυρίως φοιτητές και προσωπικό από πανεπιστήμια στη Σιγκαπούρη (Hermawan & Le, 2022). Εκτιμήθηκαν τρεις διαφορετικοί παράγοντες όσον αφορά την ταχύτητα και τη χρήση λωρίδας των ηλεκτρικών πατινιών και την προηγούμενη εμπειρία του χρήστη από συγκρούσεις με προσωπικά μέσα μετακίνησης. Διαπιστώθηκε ότι οι άνθρωποι θα προτιμούσαν πολύ περισσότερο τα πατίνια αν ήταν ταχύτερα και δεν κυκλοφορούσαν στα πεζοδρόμια. Κατά μέσο όρο, αυτός ο παράγοντας επηρεάζει την επιλογή τους σε μικρότερο βαθμό από την εμπειρία της σύγκρουσης. Δυστυχώς, η αύξηση της ταχύτητας με αυτόν τον τρόπο θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού ατυχημάτων. Για να είναι αποτελεσματική η πολιτική, πρέπει να εξεταστούν τρόποι βελτίωσης της ταχύτητας ή του χρόνου μετακίνησης των ηλεκτρικών πατινιών που δεν θα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των κινδύνων για την ασφάλεια, όπως για παράδειγμα η δημιουργία ειδικών λωρίδων ή διαδρομών (Kjaerup, et al., 2021).

Ως προς τις μελέτες που αφορούν τα ηλεκτρικά πατίνια με τεχνικές υπολογιστικής όρασης υπάρχει αντίστοιχη βιβλιογραφία και ενδιαφέρον. Σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Κοπεγχάγη της Δανίας, εκπαιδύσανε και εφαρμόσανε τον αλγόριθμο υπολογιστικής όρασης για την αυτόματη καταγραφή κράνους σε οδηγούς ηλεκτρικών πατινιών σε βίντεογραφικό υλικό που είχαν καταγράψει πριν και μετά από την νομοθεσία για την υποχρεωτική χρήση κράνους (Δεκέμβριος 2021- Φεβρουάριος 2022) (Siebert, et al., 2023). Το αποτέλεσμα του αλγόριθμου είχε αρκετά μεγάλη ακρίβεια καθώς τα αποτελέσματα ήταν παραπλήσια με αυτά που καταγράφηκαν από το ανθρώπινο μάτι. Παράλληλα η χρήση κράνους αυξήθηκε κατά 4,4%.

Ακόμα, μια άλλη καινοτόμα έρευνα αναπτύχθηκε βασισμένη σε δύο υπάρχοντα προηγμένα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα (CNN), το You Only Look Once (YOLOv3) και το MobileNetV2 (Arjun, et al., 2021). Στόχος της είναι η ανίχνευση ηλεκτρικών πατινιών και πεζών σε φυσικό περιβάλλον, καθώς και η μεταξύ τους διάκριση με απόλυτη επιτυχία.

Επιπλέον ερευνητικό υλικό παρουσιάστηκε το 2023 στην Ουψάλα, όπου αναπτύχθηκε αλγόριθμος ανίχνευσης αντικειμένων και πιο συγκριμένα ηλεκτρικών πατινιών και επικίνδυνων συμπεριφορών οδήγησης τους βασισμένος στο YOLOv4 (Sestakovskis, 2023). Το μοντέλο στα πλαίσια αυτά εντοπίζει επικίνδυνες διαδρομές, ιδίως σε περιπτώσεις όπου

πολλοί χρήστες οδηγούν ταυτόχρονα ένα ηλεκτρικό πατίνι. Έτσι ο αλγόριθμος μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των μέτρων ασφαλείας μετριάζοντας τους πιθανούς κινδύνους. Ακόμα, τα μοντέλα ταξινόμησης εικόνων που χρησιμοποιούνται μπορούν να ταξινομήσουν εάν περισσότερα από ένα άτομα οδηγούν το πατινιών ταυτόχρονα. Μετά την εκτέλεση του μοντέλου στο σύνολο δεδομένων δοκιμής και τη συγκέντρωση των αποτελεσμάτων, επιτεύχθηκε ακρίβεια 86%.

Στα πλαίσια της ενοικίασης ηλεκτρικών πατινιών, η εταιρία ενοικίασης ηλεκτρικών πατινιών Kickgoing που λειτουργεί στη Νότιο Κορέα παρέχει στους χρήστες φωτογραφίες των ηλεκτρικών πατινιών που έχουν τραβήξει οι εκάστοτε οδηγοί στο σημείο που το έχουν παρκάρει, μαζί με την τοποθεσία τους μέσω GPS, στην εφαρμογή για smartphone. Αυτές οι φωτογραφίες βοηθούν τους επόμενους χρήστες να βρουν τα ηλεκτρικά πατίνια με μεγαλύτερη ακρίβεια. Για αυτό το λόγω αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος ο οποίος βασίζεται στο YOLO, ο οποίος αναγνωρίζει τα πατίνια σε οποιαδήποτε φωτογραφία με μεγάλη ακρίβεια (Kim, et al., 2024). Έτσι σε περίπτωση που ανεβάσει ένας χρήστης φωτογραφία χωρίς πατίνι μέσα την κατεβάζει για να μην μπερδεύει τον επόμενο χρήστη.

2.3 Σύνοψη

Γενικά, τα ηλεκτρικά πατίνια είναι ένα σχετικά νέο θέμα προς ενδιαφέρον για έρευνα λόγω του ότι δεν είναι πολλά χρόνια που έχουν κάνει την εμφάνιση τους τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και στον παγκόσμιο. Παρόλα αυτά, έως σήμερα έχουν δημοσιευτεί αρκετές βιβλιογραφικές έρευνες γύρω από τα ηλεκτρικά πατίνια κυρίως από πανεπιστημιακές έρευνες του εξωτερικού. Αφορούν πρωτίστως τη συμπεριφορά τους, την ασφάλεια τους στους δρόμους αλλά και τον τρόπο για την πιο ομαλή ένταξη τους στο υπάρχον οδικό δίκτυο. Ωστόσο, δεν έχει υπάρξει μέχρι σήμερα κάποια επίσημη έρευνα που να μελετά και να αποτυπώνει δεδομένα των πατινιών που συμβάλλουν σε κυκλοφοριακές εμπλοκές τόσο εμπειρικά όσο και με τεχνικές υπολογιστικής όρασης.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία θα δοθεί έμφαση στη μελέτη και τη καταγραφή τόσο της ταχύτητας σε πραγματικό χρόνο όσο και του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση (TTC) και του μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων (PET), με τεχνικές υπολογιστικής όρασης. Τέλος θα αποτελέσει μια από τις ελάχιστες αντίστοιχες έρευνες με καινοτόμο περιεχόμενο στην Ελλάδα με σκοπό την διασάφηση αρκετών ερωτημάτων ασφαλείας αλλά και χαρακτηριστικών συμπεριφοράς των ηλεκτρικών πατινιών.

Από τα στοιχεία και τα αποτελέσματα που διατυπώθηκαν, προκύπτουν ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις και ερωτήματα, τα οποία με την παρούσα Διπλωματική Εργασία μπορούν να προσεγγιστούν και να απαντηθούν.

3. Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο αναπτύσσεται το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, το οποίο αποτελεί τη βάση για την υλοποίηση της στατιστικής ανάλυσης, με στόχο τη διαμόρφωση αξιόπιστων μοντέλων και την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Μετά από μελέτη επιλέχθηκε η γραμμική παλινδρόμηση ως η καταλληλότερη μέθοδος στατιστικής μοντελοποίησης. Οι μεταβλητές της έρευνας προέκυψαν μέσα από την καταγραφή πατινιών στο Μέγαρο Μουσικής και την εν συνεχεία εξαγωγή τους στον αλγόριθμο που έχει υλοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής. Τέλος, παρουσιάζεται η μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόμενων μοντέλων, καθώς και η διαδικασία εκτέλεσης των απαραίτητων εντολών για τη διενέργεια της ανάλυσης με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού.

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

Η εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης οδηγεί στη διαμόρφωση ενός γραμμικού μοντέλου, το οποίο εκφράζεται μέσω μιας μαθηματικής εξίσωσης (Εξίσωση 3.1). Στο πλαίσιο αυτό, κρίνεται αναγκαίος ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής Y , η οποία θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή, και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών X . Η εν λόγω σχέση περιγράφεται μέσω της εξίσωσης του μοντέλου, όπου η μεταβλητή Y αντιπροσωπεύει το μέγεθος προς πρόβλεψη, ενώ οι μεταβλητές X αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές με γνωστές τιμές, οι οποίες αξιοποιούνται για τον υπολογισμό και την εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η μορφή της εξίσωσης είναι η εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

όπου

n : το πλήθος των ανεξάρτητων μεταβλητών

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: οι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών x_1, x_2, \dots, x_n

β_0 : ο σταθερός όρος της εξίσωσης (δηλαδή η τιμή του y όταν $x_1, x_2, \dots, x_n = 0$)

ε_i : το σφάλμα παλινδρόμησης, το οποίο προσεγγίζει τη διαφορά της προβλεπόμενης με την πραγματική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής y_i .

3.3 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Για να θεωρηθεί ένα στατιστικό μοντέλο αποδεκτό και αξιόπιστο, δεν αρκεί μόνο η διαμόρφωση της τελικής εξίσωσης. Απαιτείται μια συστηματική διαδικασία ελέγχων και αξιολόγησης συγκεκριμένων προϋποθέσεων, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι έγκυρα και ερμηνεύσιμα.

Αρχικά, στα γραμμικά μοντέλα είναι απαραίτητο η εξαρτημένη μεταβλητή y να ακολουθεί κανονική κατανομή. Η κανονικότητα της κατανομής αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ορθή εφαρμογή των σχετικών στατιστικών ελέγχων και για την αξιοπιστία των συμπερασμάτων που εξάγονται.

Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία έχει ο έλεγχος των συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές δεν θα πρέπει να παρουσιάζουν γραμμική εξάρτηση μεταξύ τους, καθώς η ύπαρξη ισχυρής συσχέτισης μπορεί να αλλοιώσει τα αποτελέσματα του μοντέλου και να επηρεάσει την ορθότητα των εκτιμήσεων. Με άλλα λόγια, κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή θα πρέπει να συμβάλλει αυτόνομα στην ερμηνεία της εξαρτημένης μεταβλητής.

Οι βασικοί άξονες ελέγχου για την αποδοχή και την εγκυρότητα ενός μοντέλου συνοψίζονται στα εξής:

Λογική Εξήγηση Συντελεστών Μοντέλου

Κατά την αξιολόγηση της εξίσωσης που έχει προκύψει, εξετάζονται προσεκτικά τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$). Ο έλεγχος αυτός αποσκοπεί στο να διαπιστωθεί αν η σχέση που αποτυπώνεται μαθηματικά είναι σύμφωνη με τη λογική και τη θεωρητική προσδοκία.

Συγκεκριμένα, εάν θεωρητικά αναμένεται ότι η αύξηση μιας ανεξάρτητης μεταβλητής θα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής, τότε ο αντίστοιχος συντελεστής θα πρέπει να έχει θετικό πρόσημο. Αντίθετα, εάν αναμένεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής όταν αυξάνεται η ανεξάρτητη, τότε το πρόσημο θα πρέπει να είναι αρνητικό.

Σε περιπτώσεις όπου το πρόσημο ενός συντελεστή δεν συμφωνεί με την αναμενόμενη σχέση, η συγκεκριμένη μεταβλητή θεωρείται ότι δεν ερμηνεύεται ορθά από το μοντέλο και, για τον λόγο αυτό, αποκλείεται από την περαιτέρω ανάλυση.

Στατιστική Σημαντικότητα

Εκτός από τη λογική ερμηνεία, εξετάζεται και η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών. Για τον σκοπό αυτό καθορίζεται το επίπεδο εμπιστοσύνης για κάθε μεταβλητή του μοντέλου.

Η αξιολόγηση πραγματοποιείται μέσω του t -test (τεστ κατανομής του Student), το οποίο επιτρέπει να εκτιμηθεί κατά πόσο κάθε συντελεστής διαφέρει στατιστικά σημαντικά από το μηδέν. Ο συντελεστής t χρησιμοποιείται ως μέτρο ένδειξης της συμβολής κάθε μεταβλητής στο μοντέλο.

Εάν μια μεταβλητή δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική βάσει του σχετικού ελέγχου, τότε η συμμετοχή της στο μοντέλο τίθεται υπό αμφισβήτηση και μπορεί να απορριφθεί, με στόχο τη διαμόρφωση ενός πιο αξιόπιστου και κατάλληλου μοντέλου.

Η μαθηματική διατύπωση του ελέγχου αποτυπώνεται στην παρακάτω εξίσωση (Εξίσωση 3.2):

$$t_i = \frac{\beta_i}{s_{\beta_i}} \quad (3.2)$$

Όπου β_i αντιπροσωπεύει τους συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών s_{β_i} το τυπικό σφάλμα αυτών των συντελεστών. Ως παράδειγμα, για ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ο συντελεστής t είναι 1,7, ενώ για ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι 1,3.

Ποιότητα Μοντέλου

Αφού έχουν ολοκληρωθεί οι παραπάνω έλεγχοι και έχει διαμορφωθεί η τελική εξίσωση του μοντέλου, το επόμενο βήμα αφορά την αξιολόγηση της ποιότητας του μοντέλου. Συγκεκριμένα, για τα γραμμικά μοντέλα, πραγματοποιείται ο υπολογισμός του συντελεστή προσδιορισμού, ο οποίος χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί πόσο καλό είναι το μοντέλο.

Με άλλα λόγια, μετά από όλα τα προηγούμενα στάδια, δηλαδή τους ελέγχους και τη διαμόρφωση της τελικής μορφής της εξίσωσης, γίνεται ο απαραίτητος υπολογισμός που επιτρέπει την εκτίμηση της ποιότητας του μοντέλου, εστιάζοντας ειδικά στα γραμμικά μοντέλα μέσω του συντελεστή προσδιορισμού.

Ο τύπος είναι ο εξής (Εξίσωση 3.3):

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.3)$$

Σφάλμα

Η αξιολόγηση ενός στατιστικού μοντέλου δεν περιορίζεται μόνο στους συντελεστές της εξίσωσης, αλλά επεκτείνεται και στη μελέτη του σφάλματος. Το σφάλμα εκφράζει την απόκλιση μεταξύ των πραγματικών τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών που προκύπτουν από το μοντέλο. Για να θεωρηθεί ότι το μοντέλο πληροί τις απαραίτητες προϋποθέσεις εγκυρότητας, το σφάλμα πρέπει να ικανοποιεί συγκεκριμένα κριτήρια.

Πρώτον, οι τιμές του σφάλματος οφείλουν να ακολουθούν κανονική κατανομή. Η ιδιότητα αυτή σημαίνει ότι οι αποκλίσεις κατανέμονται συμμετρικά γύρω από το μηδέν, χωρίς να εμφανίζουν συστηματική τάση προς θετικές ή αρνητικές τιμές. Η κανονικότητα είναι βασική

προϋπόθεση για την ορθή εφαρμογή των στατιστικών ελέγχων που χρησιμοποιούνται στα γραμμικά μοντέλα.

Δεύτερον, η διασπορά του σφάλματος πρέπει να παραμένει σταθερή για όλες τις παρατηρήσεις. Μαθηματικά αυτό αποτυπώνεται ως:

$$\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2 = c$$

δηλαδή η διακύμανση των σφαλμάτων είναι σταθερή και ανεξάρτητη από τις τιμές των μεταβλητών. Η σταθερότητα αυτή διασφαλίζει ότι το επίπεδο ακρίβειας του μοντέλου δεν μεταβάλλεται σε διαφορετικά σημεία του δείγματος.

Τρίτον, δεν θα πρέπει να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των σφαλμάτων διαφορετικών παρατηρήσεων. Αυτό εκφράζεται με τη σχέση:

$$\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \text{ για κάθε } i \neq j$$

Η προϋπόθεση αυτή σημαίνει ότι το σφάλμα μιας παρατήρησης δεν επηρεάζει το σφάλμα μιας άλλης, εξασφαλίζοντας την ανεξαρτησία των υπολοίπων.

Η διασπορά του σφάλματος συνδέεται με τον συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του R^2 , τόσο μεγαλύτερο μέρος της συνολικής μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής εξηγείται από το μοντέλο. Κατά συνέπεια, μειώνεται η διασπορά του σφάλματος, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερες αποκλίσεις μεταξύ των πραγματικών και των προβλεπόμενων τιμών.

Επομένως, υψηλότερη τιμή του R^2 οδηγεί σε αυξημένη ακρίβεια και βελτιωμένη προβλεπτική ικανότητα του μαθηματικού μοντέλου.

3.4 Εξήγηση των Αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αποδοχής του μοντέλου, το επόμενο στάδιο αφορά την αναλυτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από το μαθηματικό υπόδειγμα. Στο σημείο αυτό δεν περιοριζόμαστε απλώς στην παρουσίαση αριθμητικών τιμών, αλλά επιχειρείται μια ουσιαστική κατανόηση των σχέσεων που διαμορφώνονται μεταξύ των μεταβλητών. Για τον σκοπό αυτό, εξετάζονται συγκεκριμένα στοιχεία τα οποία επιτρέπουν την ορθότερη αξιολόγηση και ερμηνεία των ευρημάτων.

Εξήγηση της Σχέσης μεταξύ Εξαρτημένης και Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στην εξαρτημένη μεταβλητή και στις ανεξάρτητες μεταβλητές βασίζεται κυρίως στα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης. Τα πρόσημα αυτά αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την κατανόηση της κατεύθυνσης της επίδρασης που ασκεί κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη.

Συγκεκριμένα, όταν ένας συντελεστής εμφανίζει θετικό πρόσημο, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών: καθώς αυξάνεται η ανεξάρτητη μεταβλητή, αυξάνεται και η εξαρτημένη. Αντιθέτως, όταν ο συντελεστής είναι αρνητικός, η σχέση χαρακτηρίζεται ως αντίστροφη, καθώς η αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής συνοδεύεται από μείωση της εξαρτημένης.

Με τον τρόπο αυτό, τα πρόσημα των συντελεστών λειτουργούν ως βασικός οδηγός για την κατανόηση της δυναμικής που αναπτύσσεται μεταξύ των μεταβλητών και για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη φύση της επίδρασης.

Επιβεβαίωση ή Απόρριψη των Ευρημάτων της Διεθνούς Βιβλιογραφίας

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση συγκρίνονται με τα πορίσματα που έχουν καταγραφεί στη διεθνή ερευνητική βιβλιογραφία. Η διαδικασία αυτή συνίσταται σε μια συστηματική αντιπαραβολή των σχέσεων που εντοπίστηκαν μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών με εκείνες που έχουν ήδη αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες.

Μέσα από αυτήν τη σύγκριση προκύπτει αν τα ευρήματα της παρούσας ανάλυσης ευθυγραμμίζονται με τα καθιερωμένα συμπεράσματα της βιβλιογραφίας ή αν διαφοροποιούνται από αυτά. Κατ' επέκταση, επιτυγχάνεται είτε η επιβεβαίωση είτε η μη επιβεβαίωση των δεδομένων και των θεωρητικών προσεγγίσεων που παρουσιάστηκαν στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Η διαδικασία αυτή ενισχύει την εγκυρότητα της έρευνας, καθώς εντάσσει τα αποτελέσματα σε ένα ευρύτερο επιστημονικό πλαίσιο.

3.5 Λειτουργία Λογισμικού Στατιστικής Ανάλυσης

Για τη δημιουργία και τον έλεγχο της αποδοχής των μοντέλων της γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό στατιστικής ανάλυσης δεδομένων SPSS Statistics, στο οποίο εισήχθησαν αρχεία excel για επεξεργασία. Συγκεκριμένα, για την ανάπτυξη των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

Excel (File > Import Data > Excel): Με αυτή την εντολή γίνεται η μεταφορά των δεδομένων προς στατιστική ανάλυση.

Linear (Analyze > Regression > Linear): Η Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression) στο λογισμικό στατιστικής SPSS χρησιμοποιείται για να προβλέψετε την τιμή μιας συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής (dependent) βάσει μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών (independent).

Chart Builder (Graphs > Chart Builder): Αυτή η εντολή είναι ένα διαδραστικό εργαλείο που επιτρέπει τη δημιουργία γραφημάτων με τη μέθοδο "drag-and-drop" (σύρσιμο και απόθεση). Είναι αρκετά χρηστική μέθοδος καθώς προσφέρει προεπισκόπηση σε πραγματικό χρόνο.

P-P Plots (Analyze > Descriptive Statistics > P-P Plots): Τα P-P Plots (Probability-Probability plots) στο SPSS χρησιμοποιούνται για να ελεγχθεί αν ένα σύνολο δεδομένων ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή, συνήθως την κανονική κατανομή. Σε αντίθεση με τα Q-Q plots που επικεντρώνονται στις ακραίες τιμές (tails), τα P-P plots είναι πιο ευαίσθητα σε αποκλίσεις κοντά στο μέσο της κατανομής.

Frequencies (Analyze > Descriptive Statistics > Frequencies): Η διαδικασία Frequencies στο SPSS είναι το βασικό εργαλείο για τη σύνοψη δεδομένων, την παραγωγή πινάκων συχνοτήτων και τον υπολογισμό περιγραφικών στατιστικών. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για κατηγορικές μεταβλητές (ονομαστικές ή τακτικές).

Descriptives (Analyze > Descriptive Statistics > Descriptives): Η διαδικασία Descriptives στο SPSS χρησιμοποιείται κυρίως για τη γρήγορη σύνοψη ποσοτικών (scale) μεταβλητών σε έναν ενιαίο πίνακα, επιτρέποντας την εύκολη σύγκριση μεταξύ τους.

Compute Variable (Transform > Compute Variable): Η ενέργεια αυτή πραγματοποιείται για να δημιουργηθεί μια νέα μεταβλητή. Στο πεδίο Target Variable, τοποθετείται το επιθυμητό όνομα που θα έχει η νέα μεταβλητή. Στο πλαίσιο Numeric Expression, τοποθετείται ο τύπος του υπολογισμού ή χρησιμοποιούνται τα κουμπιά και τις μεταβλητές από τη λίστα στα αριστερά.

Explore (Analyze → Descriptive Statistics → Explore): Αυτή η εντολή στο SPSS χρησιμοποιείται για τη λεπτομερή εξέταση των δεδομένων, προσφέροντας μια πολύ πιο λεπτομερή περιγραφή από τις απλές εντολές "Frequencies" ή "Descriptives". Είναι το βασικό εργαλείο για τον έλεγχο της κανονικότητας (normality) και τον εντοπισμό ακραίων τιμών (outliers).

Generalized Linear Models (Analyze > Generalized Linear Models > Generalized Linear Models): στο SPSS αποτελούν μια ισχυρή επέκταση των κλασικών γραμμικών μοντέλων, επιτρέποντας την ανάλυση δεδομένων που δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Correlation (Analyze > Correlate) : ανάλυση συσχέτισης στο SPSS χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει αν υπάρχει σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, καθώς και την ένταση και την κατεύθυνση αυτής της σχέσης

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία εδράζεται σε ένα εύρωστο θεωρητικό πλαίσιο, το οποίο αναπτύχθηκε κατόπιν ενδελεχούς επιστημονικής διερεύνησης και κριτικής αξιολόγησης της συναφούς βιβλιογραφίας. Το πεδίο της διερεύνησης καθορίστηκε ευκρινώς, βάσει των διαπιστώσεων της υφιστάμενης βιβλιογραφίας. Στόχος της έρευνας είναι η διερεύνηση κυκλοφοριακών εμπλοκών των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε αστικούς δρόμους. Για την επίτευξη του ερευνητικού στόχου, πραγματοποιήθηκαν λήψεις βίντεο στο πεδίο, σε αστικό περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα στο Μέγαρο Μουσικής. Οι καταγραφές ηλεκτρικών πατινιών που σημειώθηκαν, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, εισήχθησαν στον αλγόριθμο που έχει υλοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής (Ventura, et al., 2025) που περιγράφεται παρακάτω. Τα αποτελέσματα του αλγορίθμου που προέκυψαν τροφοδότησαν το στατιστικό μοντέλο που επιλέχθηκε. Το εν λόγω μοντέλο παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής αξιόπιστων συμπερασμάτων αναφορικά με τον αντίκτυπο των κυκλοφοριακών εμπλοκών στα ηλεκτρικά πατίνια. Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του πειράματος. Παρουσιάζονται με σαφήνεια :

- Ο σκοπός του πειράματος
- Οι εξωτερικές μετρήσεις
- Η επεξεργασία των μετρήσεων μέσω αλγορίθμου που βασίζεται στην υπολογιστική όραση
- Η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων
- Η περιγραφική ανάλυση του δείγματος

Η αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας διασφαλίζει τη διαφάνεια και την αξιοπιστία της ερευνητικής διαδικασίας. Ταυτόχρονα, αποτελεί τη βάση για την ερμηνεία των ευρημάτων που θα αναλυθούν σε επόμενα τμήματα.

4.2 Συλλογή δεδομένων

4.2.1 Στόχος του πειράματος

Ο στόχος του πειράματος είναι η διερεύνηση της επιρροής της ταχύτητας, του χρόνου μέχρι τη πιθανή σύγκρουση με πεζό ή όχημα(TTC) και του μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων(PET) των ηλεκτρικών πατινιών στις κυκλοφοριακές εμπλοκές σε αστικές περιοχές.

4.2.2 Τοποθεσία και περιγραφή πειράματος

Οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν στο Μέγαρο Μουσικής και πιο συγκεκριμένα στο πάρκο Ελευθερίας όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα (εικόνα 4.2). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας συλλέχθηκαν από καταγραφή βίντεο με χρήση κινητού τηλεφώνου τοποθετημένο σε τρίποδο σε ύψος 1,5 μέτρου από το έδαφος (εικόνα 4.1). Το σύνολο της έρευνας στο πεδίο διήρκησε μαζί με τις πιλοτικές λήψεις συνολικά 19 ώρες όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.1) μαζί με τις διελεύσεις των πατινιών ανά μέρα μέτρησης. Οι πιλοτικές λήψεις πραγματοποιήθηκαν για να αποσαφηνιστεί τόσο η ακριβής τοποθέτηση του κινητού τηλεφώνου όσο και η σωστή του κατεύθυνση και η σωστή ευρυγώνια λήψη. Τα πατίνια που καταγράφηκαν στις πιλοτικές λήψεις δεν μέτρησαν και δεν λήφθηκαν υπόψιν στις μετρήσεις και τα αποτελέσματα καθώς δεν ήταν δυνατό λόγω της περιστροφής του κινητού τηλεφώνου που απορρίφθηκε στη συνέχεια. Οι καταγραφές πραγματοποιήθηκαν στην ολότητα τους κάτω από τις ίδιες καιρικές συνθήκες (γενικά αίθριος καιρός με μερικές νεφώσεις κατά τόπους) και σε παρόμοιες ώρες της μέρας με ίδιο κυκλοφοριακό φόρτο. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.1) οι μέγιστες αφίξεις ηλεκτρικών πατινιών είναι 29 και καταγράφηκαν στις 11 Δεκεμβρίου του 2025 και οι ελάχιστες αφίξεις ηλεκτρικών πατινιών, εξαιρώντας αυτά των πιλοτικών λήψεων, είναι 16 και καταγράφηκαν την 1 Δεκεμβρίου του 2025.

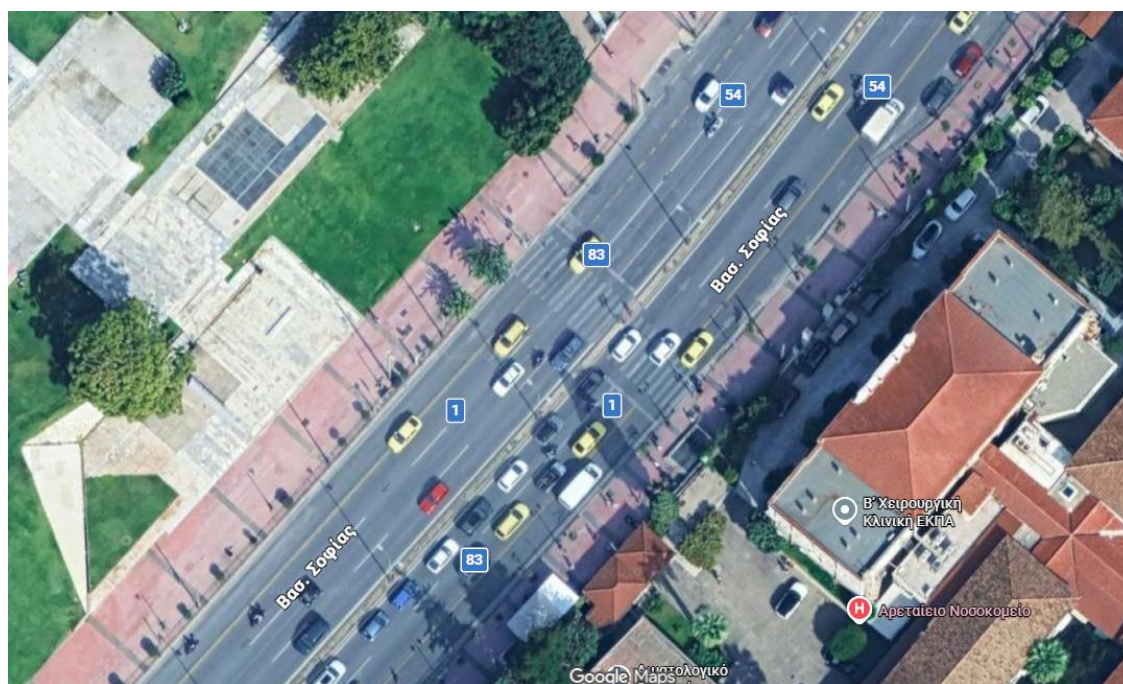
ΜΕΡΕΣ ΚΑΙ ΩΡΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΑΤΙΝΙΩΝ	ΑΦΙΞΕΙΣ ΠΑΤΙΝΙΩΝ	
25 Νοεμβρίου 2025	14:00 – 18:20	4
1 Δεκεμβρίου 2025	15:00 – 18:00	16
2 Δεκεμβρίου 2025	15:00 – 18:00	28
8 Δεκεμβρίου 2025	14:00 – 17:50	22
11 Δεκεμβρίου 2025	15:00 – 17:30	29
12 Δεκεμβρίου 2025	14:00 – 18:20	28
ΣΥΝΟΛΟ	19	127

Πίνακας 4.1 Ημερολόγιο καταγραφών και αφίξεις ηλεκτρικών πατινιών



Εικόνα 4.1 Τρίποδο βάσης για κινητό τηλέφωνο

Μέσα από αυτή τη πειραματική διαδικασία καταγράφεται και εξετάζεται ταυτόχρονα και η επίδραση άλλων παραγόντων όπως τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών. Από τα πατίνια που συνολικά καταγράφηκαν κρατήθηκαν μόνο αυτά που περνάνε από το κυκλοφοριακό ρεύμα που είχε στηθεί η κάμερα καθώς αυτά που περνούσαν από απέναντι δεν ήταν εφικτό να εντοπιστούν από τον παρακάτω αλγόριθμο.



Εικόνα 4.2 Κάτοψη της τοποθεσίας των μετρήσεων του πεδίου

4.3 Επεξεργασία στοιχείων

4.3.1 Ανάλυση βίντεο και εξαγωγή τροχιών χρηστών της οδού

Η παρούσα εργασία βασίζεται σε σύγχρονη μεθοδολογία ανάλυσης βίντεο για την αυτόματη ανίχνευση, παρακολούθηση και χωρική αναπαράσταση της κίνησης πεζών και οχημάτων σε αστικό περιβάλλον. Το υπολογιστικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στηρίζεται σε τεχνικές βαθιάς μάθησης και επεξεργασίας εικόνας, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα στη διεθνή βιβλιογραφία και έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στη μελέτη αλληλεπιδράσεων πεζών και οχημάτων (Ventura et al., 2025).

Σε πρώτο στάδιο, κάθε βίντεο διασπάται σε διαδοχικά frames, τα οποία αναλύονται ανεξάρτητα σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τον ρυθμό καταγραφής της κάμερας (frames per second – fps). Για κάθε frame εφαρμόζεται αλγόριθμος ανίχνευσης αντικειμένων βασισμένος στο μοντέλο YOLOv8 (You Only Look Once, version 8), το οποίο αποτελεί ένα από τα πλέον σύγχρονα και αποδοτικά μοντέλα για ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο. Το YOLOv8 εντοπίζει τα αντικείμενα ενδιαφέροντος στο οπτικό πεδίο της κάμερας και

τα κατηγοριοποιεί σε κλάσεις, όπως πεζοί και οχήματα, αποδίδοντας για κάθε αντικείμενο ένα περίγραμμα ανίχνευσης (bounding box) και έναν δείκτη εμπιστοσύνης (confidence score).

Η χωρική θέση κάθε αντικειμένου στο επίπεδο της εικόνας προσδιορίζεται μέσω του κέντρου του bounding box και εκφράζεται αρχικά σε συντεταγμένες εικονοστοιχείων (pixels). Οι συντεταγμένες αυτές αντιπροσωπεύουν τη σχετική θέση του στόχου στο οπτικό πεδίο της κάμερας και επηρεάζονται από τη γωνία λήψης, την προοπτική και την απόσταση από τον φακό. Για τον λόγο αυτό, δεν είναι κατάλληλες για άμεσο υπολογισμό πραγματικών αποστάσεων ή ταχυτήτων.

Για τη μετατροπή των εικόνο-συντεταγμένων σε συντεταγμένες πραγματικού κόσμου εφαρμόζεται μετασχηματισμός προοπτικής (homography transformation). Ο μετασχηματισμός αυτός βασίζεται στη γεωμετρική αντιστοίχιση συγκεκριμένων σημείων της εικόνας με γνωστά σημεία στο επίπεδο του δρόμου και επιτρέπει την προβολή των αντικειμένων σε ένα ορθοκανονικό σύστημα αναφοράς. Μέσω της διαδικασίας αυτής, οι θέσεις των πεζών και των οχημάτων εκφράζονται σε μέτρα και αποτυπώνουν την πραγματική τους θέση στο οδόστρωμα. Η χαρτογράφηση αυτή είναι κρίσιμη, καθώς επιτρέπει τη δημιουργία ρεαλιστικών τροχιών κίνησης και την αξιόπιστη εκτίμηση χωρικών και χρονικών δεικτών επικινδυνότητας.

Η ανάλυση του βίντεο πραγματοποιήθηκε έχοντας ορίσει ως ανώτατο όριο 30 καρέ (Frames per Second - fps), ώστε να αποφευχθεί η υπερφόρτωση της μνήμης.

4.3.2 Παρακολούθηση αντικειμένων και εξαγωγή κινηματικών μεγεθών

Μετά τον εντοπισμό των αντικειμένων σε κάθε frame, εφαρμόζεται αλγόριθμος παρακολούθησης (object tracking), ο οποίος εξασφαλίζει τη συνεχή ταυτοποίηση κάθε στόχου στον χρόνο. Ο μηχανισμός αυτός βασίζεται σε φίλτρα κατάστασης, όπως το φίλτρο Kalman, σε συνδυασμό με τεχνικές επανα-ταυτοποίησης (re-identification), ώστε κάθε πεζός ή όχημα να διατηρεί μοναδικό αναγνωριστικό (track ID) σε διαδοχικά frames.

Η συνεχής παρακολούθηση επιτρέπει τη δημιουργία χρονικά συνεπών τροχιών κίνησης για κάθε χρήστη του δρόμου. Από τις τροχιές αυτές υπολογίζονται κινηματικά μεγέθη, όπως η στιγμιαία ταχύτητα, η κατεύθυνση κίνησης και η επιτάχυνση, μέσω διαφορών θέσης μεταξύ διαδοχικών χρονικών στιγμών. Επιπλέον, υπολογίζεται η σχετική ταχύτητα μεταξύ πεζών και οχημάτων, η οποία αποτελεί βασική παράμετρο για την εκτίμηση του κινδύνου σύγκρουσης.



Εικόνα 4.3 Όψη λήψης κάμερας κινητού τηλεφώνου

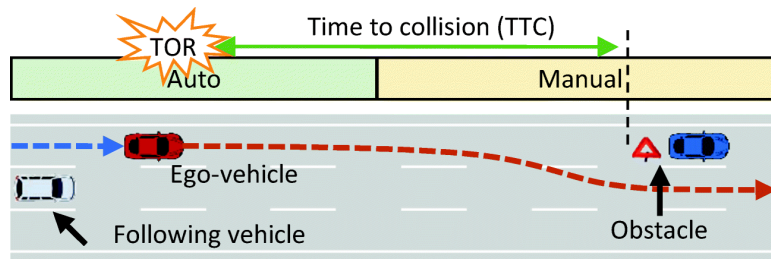
4.3.3 Υπολογισμός δεικτών επικινδυνότητας TTC και PET

Με βάση τις πραγματικές θέσεις και τα κινηματικά μεγέθη που εξάγονται ανά frame, υπολογίζονται δείκτες επικινδυνότητας (Surrogate Safety Measures-SSMs), οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιβλιογραφία ως εναλλακτικά μέτρα αξιολόγησης της οδικής ασφάλειας σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν πραγματικά ατυχήματα.

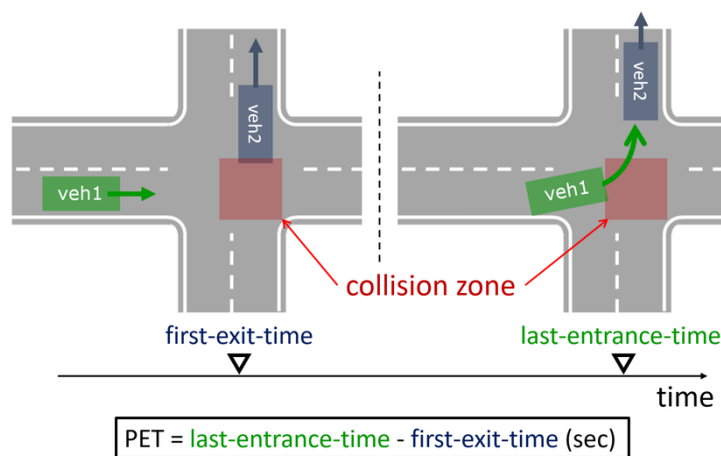
Ο Χρόνος μέχρι τη Σύγκρουση (Time to Collision-TTC)(εικόνα 4.4) εκφράζει τον θεωρητικό χρόνο που απομένει έως μια πιθανή σύγκρουση μεταξύ δύο χρηστών της οδού, υπό την παραδοχή ότι οι τρέχουσες ταχύτητες και κατευθύνσεις παραμένουν σταθερές. Υπολογίζεται ως ο λόγος της μεταξύ τους απόστασης προς τη σχετική ταχύτητα προσέγγισης και εκφράζεται σε δευτερόλεπτα. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του TTC, τόσο μεγαλύτερος θεωρείται ο κίνδυνος σύγκρουσης. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές αυτοκινήτων (π.χ. αποφυγή σύγκρουσης, προσαρμοστικός έλεγχος ταχύτητας) (Hayashi, et al., 2020).

Παράλληλα, υπολογίζεται ο Μεταγενέστερος Χρόνος Μεταξύ Διελεύσεων (Post-Encroachment Time-PET)(εικόνα 4.5), ο οποίος εκφράζει το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της στιγμής κατά την οποία ο πρώτος χρήστης εγκαταλείπει ένα σημείο αλληλεπίδρασης και της στιγμής που ο δεύτερος χρήστης φθάνει στο ίδιο σημείο. Ο δείκτης αυτός αποτυπώνει τον χρονικό διαχωρισμό των τροχιών και χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση αποφυγής συγκρούσεων / παραλίγο ατυχημάτων (near-miss events). Χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της ασφάλειας των διασταυρώσεων, των διαβάσεων πεζών και των τροχιών των οχημάτων (Streubel, et al., 2017). Οι χαμηλότερες τιμές PET (συνήθως <1,5 δευτερόλεπτα) υποδηλώνουν υψηλότερο κίνδυνο σύγκρουσης, που συχνά σημαίνει «παραλίγο ατυχήματα».

Και οι δύο δείκτες υπολογίζονται σε επίπεδο frame και εκφράζονται σε δευτερόλεπτα, γεγονός που επιτρέπει την ανάλυση της χρονικής εξέλιξης των αλληλεπιδράσεων πεζών-οχημάτων και την αναγνώριση κρίσιμων στιγμών αυξημένου κινδύνου.



Εικόνα 4.4 Επεξηγηματική εικόνα για τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση(Time to Collision-TTC)



Εικόνα 4.5 Επεξηγηματική εικόνα για τον μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (Post-Encroachment Time-PET)

4.3.4 Επεξεργασία ακραίων τιμών και ποιοτικός έλεγχος δεδομένων

Σε περιπτώσεις όπου η σχετική ταχύτητα μεταξύ πεζού και οχήματος είναι ιδιαίτερα μικρή ή μηδενική, όπως όταν ένα όχημα βρίσκεται σε στάση σε ερυθρό σηματοδότη, ο υπολογισμός του TTC μπορεί να οδηγήσει σε πολύ μεγάλες τιμές ή να τείνει θεωρητικά στο άπειρο. Αντίστοιχα, ο δείκτης PET μπορεί να παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλες χρονικές αποστάσεις που δεν αντιπροσωπεύουν ουσιαστικό κίνδυνο σύγκρουσης. Για τον λόγο αυτό, στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης εφαρμόστηκε ανώτατο όριο στις τιμές των δεικτών (π.χ. έως 1000 s), ώστε να απομακρύνονται μη ρεαλιστικές ή μη ενημερωτικές παρατηρήσεις από το σύνολο δεδομένων.

Επιπλέον, κατά την εφαρμογή του εργαλείου σε βίντεο που περιλάμβαναν χρήστες πατινιών, παρατηρήθηκε ότι οι χρήστες αυτοί ανιχνεύονταν ως πεζοί από το μοντέλο YOLOv8, λόγω οπτικής ομοιότητας και στάσης σώματος. Για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, πραγματοποιήθηκε χειροκίνητος έλεγχος των δεδομένων, κατά τον οποίο

Εικόνα 4.7 Φωτεινοί σηματοδότες πεζών

Από τον αυτοματοποιημένο αλγόριθμο χρησιμοποιήθηκαν 6 βάσεις δεδομένων, full PET data, Full TTC data, min PET data, min TTC data, Pedestrian Data και pedestrian gate crossing οι οποίες ενοποιήθηκαν σε μια βάση ώστε να μπορέσει να γίνει η ανάλυση πιο γρήγορα και σωστά. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα περιεχόμενα της κάθε βάσης δεδομένων ξεχωριστά :

Μεταβλητή	Εξήγηση
Frame	Στιγμιότυπο του βίντεο (καρέ=30) από το οποίο καταγράφηκε η συγκεκριμένη εγγραφή
Pedestrian ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε πεζό που ανιχνεύεται στο βίντεο
Vehicle ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε όχημα που ανιχνεύεται στο βίντεο
PET	Μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων σε δευτερόλεπτα
Inside crossing area	Δείχνει αν ο πεζός ή το όχημα βρίσκεται εντός ή εκτός της περιοχής διάβασης

Πίνακας 4.2 βάσης δεδομένων full PET data

Μεταβλητή	Εξήγηση
Frame	Στιγμιότυπο του βίντεο (καρέ=30) από το οποίο καταγράφηκε η συγκεκριμένη εγγραφή
Pedestrian ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε πεζό που ανιχνεύεται στο βίντεο
Vehicle ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε όχημα που ανιχνεύεται στο βίντεο
TTC	Εκτιμώμενο χρονικό διάστημα μέχρι πιθανή σύγκρουση με άλλο πεζό ή όχημα σε δευτερόλεπτα

Πίνακας 4.3 βάσης δεδομένων Full TTC data

Μεταβλητή	Εξήγηση
Frame Number	Στιγμιότυπο του βίντεο (καρέ=30) από το οποίο καταγράφηκε η συγκεκριμένη εγγραφή
Pedestrian ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε πεζό που ανιχνεύεται στο βίντεο
Vehicle ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε όχημα που ανιχνεύεται στο βίντεο

Min PET	Ελάχιστος μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων σε δευτερόλεπτα
Min PET Inside Crossing Area	Ελάχιστος μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων οχημάτων ή πεζών σε δευτερόλεπτα εντός ή εκτός της περιοχής διάβασης

Πίνακας 4.4 βάσης δεδομένων min PET data

Μεταβλητή	Εξήγηση
Frame Number	Στιγμιότυπο του βίντεο (καρέ=30) από το οποίο καταγράφηκε η συγκεκριμένη εγγραφή
Pedestrian ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε πεζό που ανιχνεύεται στο βίντεο
Vehicle ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε όχημα που ανιχνεύεται στο βίντεο
Min TTC	Ελάχιστο εκτιμώμενο χρονικό διάστημα μέχρι πιθανή σύγκρουση με άλλο πεζό ή όχημα σε δευτερόλεπτα

Πίνακας 4.5 βάσης δεδομένων min TTC data

Μεταβλητή	Εξήγηση
Pedestrian ID	Μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε πεζό που ανιχνεύεται στο βίντεο
Frame	Στιγμιότυπο του βίντεο (καρέ=30) από το οποίο καταγράφηκε η συγκεκριμένη εγγραφή
Confidence	Βαθμός βεβαιότητας του συστήματος ότι η ανίχνευση αντιστοιχεί πράγματι σε πεζό ή όχημα
GroundPlaneCentroid_1	Αντιπροσωπεύει τις συντεταγμένες (x, y) του κεντροειδούς της ανίχνευσης πεζού ή οχήματος στο επίπεδο του εδάφους
GroundPlaneCentroid_2	Αντιπροσωπεύει τις συντεταγμένες (x, y) του κεντροειδούς της ανίχνευσης πεζού ή οχήματος στο επίπεδο του εδάφους
IsInCrossingArea	Δείχνει αν ο πεζός ή το όχημα βρίσκεται εντός ή εκτός της περιοχής διάβασης
TrafficLightStatus	Χρώμα φωτεινού σηματοδότη (πράσινο ή κόκκινο) για μια δεδομένη χρονική στιγμή
PedestrianStatus	Δείχνει αν η διέλευση του πεζού είναι νόμιμη, παράνομη ή άγνωστη
Vx	Συνιστώσα ταχύτητας του πεζού ή του οχήματος που αντιστοιχεί στην διάσταση x σε m/s
Vy	Συνιστώσα ταχύτητας του πεζού ή του οχήματος που αντιστοιχεί στην διάσταση y σε m/s

Magnitude	Συνολικό μέτρο της ταχύτητας του πεζού ή του οχήματος, υπολογιζόμενο βάσει των δύο παραπάνω συνιστωσών (vx και vy)
-----------	--

Πίνακας 4.6 βάσης δεδομένων Pedestrian Data

4.4 Βάση Δεδομένων

Τα αποτελέσματα των καταγραφών βίντεο με διελεύσεις ηλεκτρικών πατινιών στο Μέγαρο Μουσικής που προέκυψαν συγκεντρώθηκαν σε έναν ενιαίο πίνακα που φαίνεται παρακάτω στο Παράρτημα. Παράλληλα με τα στοιχεία που εξήγαγε ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε και επεξηγήθηκε παραπάνω, αποτυπώθηκαν τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού που αναλύθηκε.

Συνολικά καταγράφηκαν 123 ηλεκτρικά πατίνια, 45 εκ των οποίων ήταν ενοικιαζόμενα και 78 ήταν ιδιόκτητα. Όσον αφορά τα ενοικιαζόμενα, τα 34 ήταν της εταιρίας ενοικίασης ηλεκτρικών πατινιών Lime, τα 10 ήταν της εταιρίας Hor και ένα ήταν της εταιρίας Doft. Από τους 123 συνολικά οδηγούς, οι 102 ήταν άνδρες και οι 24 γυναίκες. Οι πιο ευαίσθητοποιημένοι οδηγοί που φορούσαν κράνος ήταν 46 με αυτούς που δεν φορούσαν να είναι περισσότεροι και ίσοι με 80. Ως προς τους άνδρες, οι 49 φορούσαν κράνος ενώ οι 62 δεν φορούσαν. Ακόμα, έξι γυναίκες φορούσαν κράνος ενώ 18 γυναίκες όχι. Άλλο ένα χαρακτηριστικό που μελετήθηκε ήταν αυτό των παραβάσεων των οδηγών. Σε αυτές περιλαμβάνονται η χρήση κινητού τηλεφώνου, η χρήση ακουστικών, και η οδήγηση με δύο άτομα ανά ηλεκτρικό πατίνι(δικάβαλο). Εντοπίστηκαν συνολικά επτά περιστατικά εκ των οποίων τα τέσσερα ήταν χρήση ακουστικών εν ώρα οδήγησης, το ένα χρήση κινητού τηλεφώνου και τα υπόλοιπα οδήγηση με δύο άτομα ανά πατίνι(δικάβαλο).

Τέλος, προσδιορίστηκε και η ηλικία του κάθε χρήστη ηλεκτρικού πατινιού, η οποία χωρίστηκε για λόγους ευκολίας για εξής ηλικιακά φάσματα: 0-18, 18-35 και 35- . Ανήλικοι χρήστες δεν υπήρχαν, 22 ήταν άνω των 35 χρονών και 101 ήταν από 18 μέχρι 35 χρονών που ήταν και η συντριπτική πλειοψηφία του πληθυσμού.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία που αναφέρθηκαν αφορούν χαρακτηριστικά των χρηστών και αποτελούν ποιοτικές (ή κατηγορικές) μεταβλητές οι οποίες θα εισαχθούν στο πρόγραμμα στατιστικής SPSS που θα αναλυθεί και στο επόμενο κεφάλαιο. Για να γίνει αυτό σωστά και να μπορεί το πρόγραμμα να τις επεξεργαστεί στατιστικά μετατράπηκαν τα δεδομένα με 0, 1, 2 και 3.

Παρακάτω παρατίθεται ένα υπόμνημα για το πως έχει ορισθεί κάθε μεταβλητή :

- 1 = Άνδρας και 0 = Γυναίκα
- 1 = Κράνος ΝΑΙ και 0 = Κράνος ΟΧΙ
- 0 = 0-18, 1 = 18-35 και 2 = 35-
- 1 = Ιδιόκτητο και 0 = Ενοικιαζόμενο

- 0 = Τίποτα, 1 = Δικάβαλο, 2 = Κινητό και 3 = Ακουστικά
- 1 = Δρόμος και 0 = Πεζοδρόμιο

Ωστόσο, επειδή κάποια δεδομένα ήταν πολύ μικρά σε αριθμό για να βγουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα έγινε εκ νέου ομαδοποίηση τους σε δυαδικές μεταβλητές, συγκεκριμένα στα ηλικιακά φάσματα και στα είδη των παραβάσεων, η οποία περιγράφεται παρακάτω :

- 1 = Παράβαση και 0 = Όχι Παράβαση
- 1 = 0-35 και 0 = 35-

Ως προς τις ποσοτικές (συνεχείς) μεταβλητές που αναγράφονται στον πίνακα που είναι στο Παράρτημα, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν ο μέσος όρος της ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών (MeanV), ο ελάχιστος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (minTTC) και ο ελάχιστος μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων (minPET). Οι ταχύτητες είναι σε μονάδες m/s και οι χρόνοι σε δευτερόλεπτα.

Οι τιμές των TTC και PET που ξεπερνούν το 100 στο παρακάτω πίνακα δεν υπολογίστηκαν και δεν εισήχθησαν στο λογισμικό SPSS καθώς θεωρήθηκαν ακραίες τιμές (outliers). Ακόμα στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν οι λογαριθμικές τιμές των TTC και PET, όπως θα αναφερθεί και στο επόμενο κεφάλαιο καθώς ακολουθούν λογαριθμική κατανομή.

Τα κενά που υπάρχουν στον πίνακα που είναι στο Παράρτημα προέκυψαν είτε λόγω εξωγενών παραγόντων είτε λόγω του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, οκτώ ηλεκτρικά πατίνια δεν εισήχθησαν στον αλγόριθμο, με ποσοστό 6.5%, καθώς είχε σταθμεύσει στο οπτικό πεδίο του κινητού τηλεφώνου ένα απορριμματοφόρο όχημα του Δήμου καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος της εικόνας του βίντεο και για αυτό το λόγο θεωρήθηκε ότι τα αποτελέσματα που θα εξήγαγε θα ήταν του επισφαλής. Ωστόσο, συμπληρώθηκαν τα δημογραφικά στοιχεία του αναβάτη καθώς ήταν ορατά. Επίσης ο αλγόριθμος σε 10 ηλεκτρικά πατίνια δεν εξήγαγε καθόλου αποτελέσματα και 22 στα οποία εξήγαγε μερικά από αυτά. Με αυτό το τρόπο μπορεί να γίνουν αντιληπτοί και οι περιορισμοί του. Συνεπώς, ο αλγόριθμος σε ένα ποσοστό 8,13% δεν παρείχε αποτελέσματα και σε ένα ποσοστό 17,89% δεν παρείχε πλήρη αποτελέσματα, δηλαδή εντόπιζε είτε την ταχύτητα, είτε το TTC, είτε το PET, είτε ένα συνδυασμό αυτών.

Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε η μέγιστη ταχύτητα του κάθε ηλεκτρικού πατινιού και ο χρόνος Near Miss TCC για να χρησιμοποιηθούν σαν μεταβλητές συσχέτισης στην στατιστική ανάλυση στο επόμενο κεφάλαιο. Αυτά τα στοιχεία φαίνονται σε πίνακα στο Παράρτημα. Ο χρόνος Near Miss TCC πρακτικά είναι ο χρόνος που είναι πολύ κοντά στο να γίνει ατύχημα μεταξύ των ηλεκτρικών πατινιών και των πεζών ή των διερχόμενων οχημάτων ή των μοτοσικλετιστών. Αυτός ο χρόνος είναι από 2 δευτερόλεπτα και κάτω. Συνεπώς όπου υπήρχε χρόνος TTC κάτω από 2 sec προσμετρήθηκε στη λίστα με το Near Miss TTC. Στη στήλη αυτή ξεχωρίσαμε πρακτικά την κατάσταση μεταξύ κρίσιμης εμπλοκής και μη κρίσιμης. Στην περίπτωση της κρίσιμης, με χρόνο μέχρι τη σύγκρουση μικρότερο ή ίσο του 2 όπως προαναφέρθηκε, τοποθετήθηκε ο αριθμός 1 και σε περίπτωση μη κρίσιμης ο αριθμός 0. Αυτό γιατί θα χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης σαν δυαδική (binary) μεταβλητή που παίρνει τιμή 0 ή 1.

Ως προς τη μέση ταχύτητα, η μέγιστη μέση ταχύτητα που παρατηρήθηκε είναι 9,817 m/s και η ελάχιστη μέση ταχύτητα 0,9121 m/s. Συνεπώς συνολική μέση ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών είναι 4,807 m/s και η τυπική απόκλιση 2,479.

Ως προς την ελάχιστο λογαριθμικό χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, η μέγιστη τιμή που παρατηρήθηκε είναι 4,74 sec και η ελάχιστη τιμή 0,69 sec. Συνεπώς συνολική μέση τιμή αυτού του χρόνου είναι 2,365 και η τυπική απόκλιση 0,986.

Ως προς τον ελάχιστο λογαριθμικό μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων, στο πρώτο μοντέλο η μέγιστη τιμή που παρατηρήθηκε είναι 3,57 sec και η ελάχιστη τιμή -5,95 sec. Συνεπώς συνολική μέση τιμή αυτού του χρόνου είναι 0,9838 και η τυπική απόκλιση 1,863.

Ως προς τον ελάχιστο λογαριθμικό μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων, στο δεύτερο μοντέλο η μέγιστη τιμή που παρατηρήθηκε είναι 3,57 sec και η ελάχιστη τιμή -5,95 sec. Συνεπώς συνολική μέση τιμή αυτού του χρόνου είναι 0,9838 και η τυπική απόκλιση 1,863.

Ως προς τη μέγιστη ταχύτητα, η μέγιστη της τιμή που παρατηρήθηκε είναι 9,954 m/s και η ελάχιστη τιμή 1,131 m/s. Συνεπώς συνολική μέση ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών είναι 5,72 m/s και η τυπική απόκλιση 2,442.

4.5 Περιγραφική Ανάλυση Δείγματος

Στο πλαίσιο της ανάλυσης των δεδομένων, κρίθηκε αναγκαίο να παρατεθούν βασικά χαρακτηριστικά του συνόλου δεδομένων που προέκυψε από τον μετρήσεις του πεδίου, με σκοπό τη διαμόρφωση μιας αρχικής αντίληψης σχετικά με τη δυνητική συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών.

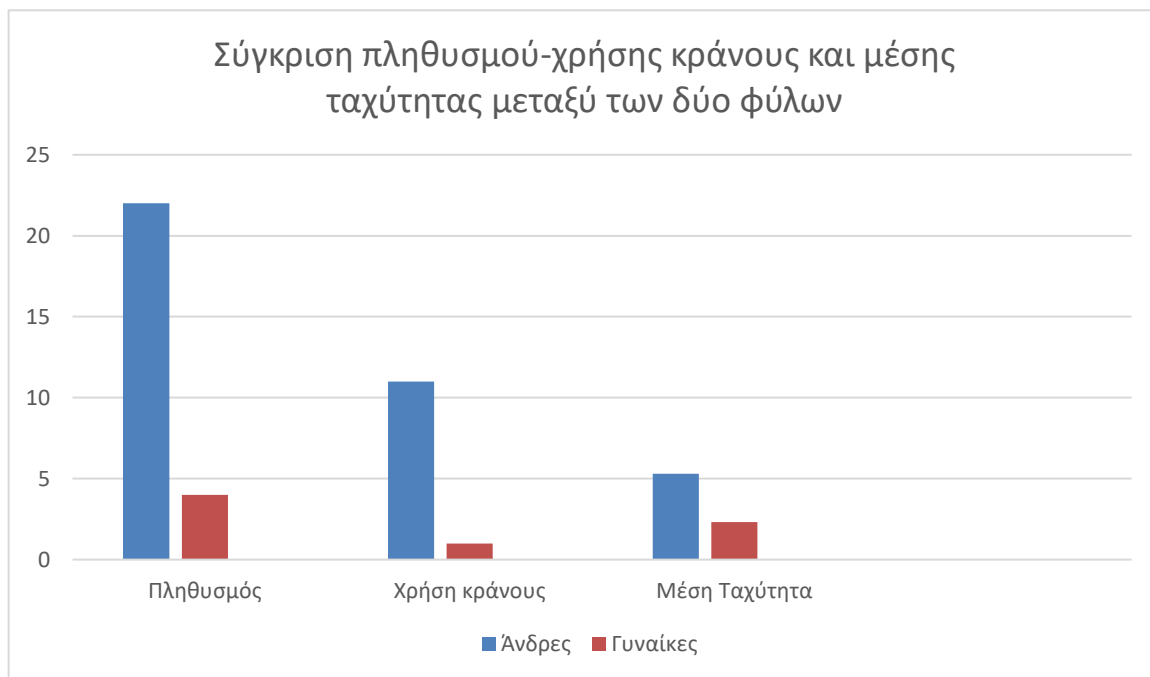
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των καταγραφών, οι οδηγοί που δεν φορούν κράνος σε σχέση με αυτούς που φοράνε έχουν σχεδόν ίδιες μέσες ταχύτητες με 17,88 χλμ/ώρα και 16,88 χλμ/ώρα αντίστοιχα (γράφημα 4.1). Γεγονός που σημαίνει ότι η ευσυνειδησία για το ατομικό καλό και την ασφάλεια δεν συμβαδίζει εδώ με τη επιλογή της ταχύτητας.

Ακόμα, αποτυπώθηκε ότι οι οδηγοί ηλεκτρικών πατινιών που θεωρούνται παράνομοι με βάση τα κριτήρια που επιλέχθηκαν στην εν λόγω έρευνα αλλά και κατά γενική ομολογία έχουν κατά μέσω όρο 5,4 χλμ/ώρα μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τους άλλους νόμιμους οδηγούς. Παράνομοι χρήστες θεωρήθηκαν όσοι κάνουν χρήση κινητού τηλεφώνου, ακουστικών ή όταν είναι δύο σε ένα πατίνι (δικάβαλο).

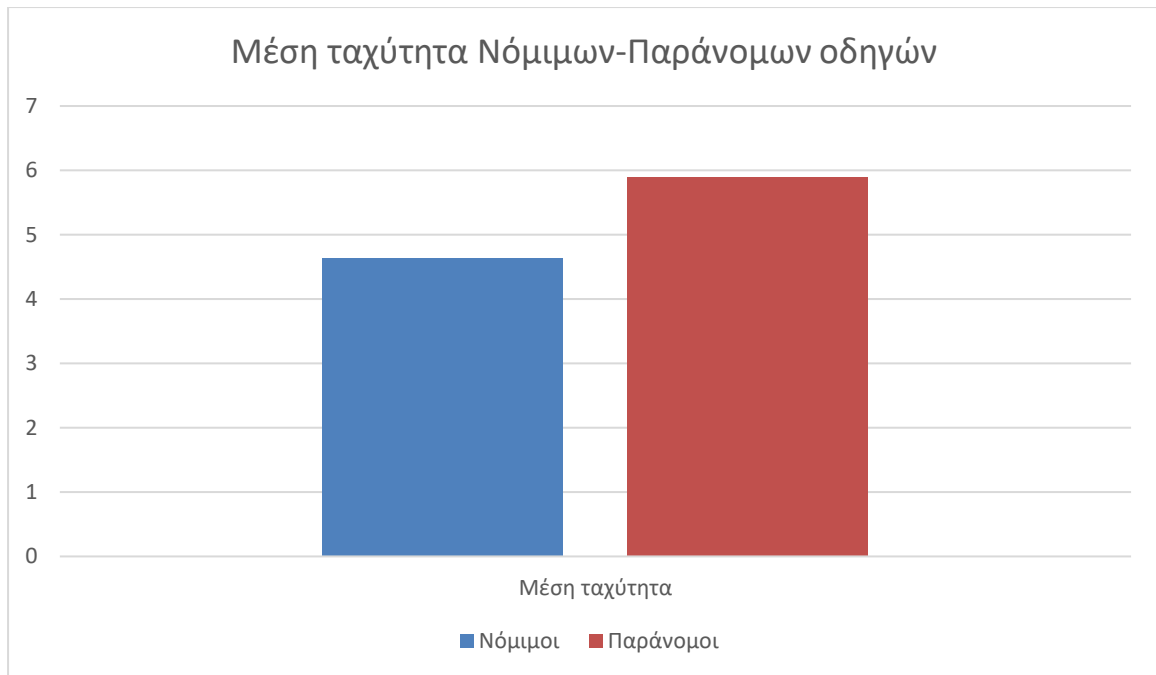
Μία επίσης πολύ σημαντική παρατήρηση είναι ότι η μέση ταχύτητα των ανδρών χρηστών είναι 19,08 χλμ/ώρα ενώ των γυναικών 8,6 χλμ/ώρα. Αυτό σημαίνει ότι οι άνδρες έχουν τη τάση να τρέχουν πολύ περισσότερο από τις γυναίκες, με σχεδόν διπλάσιες ταχύτητες.



Γράφημα 4.1. Σύγκριση χρήσης κράνους και μέσης ταχύτητας οδηγών

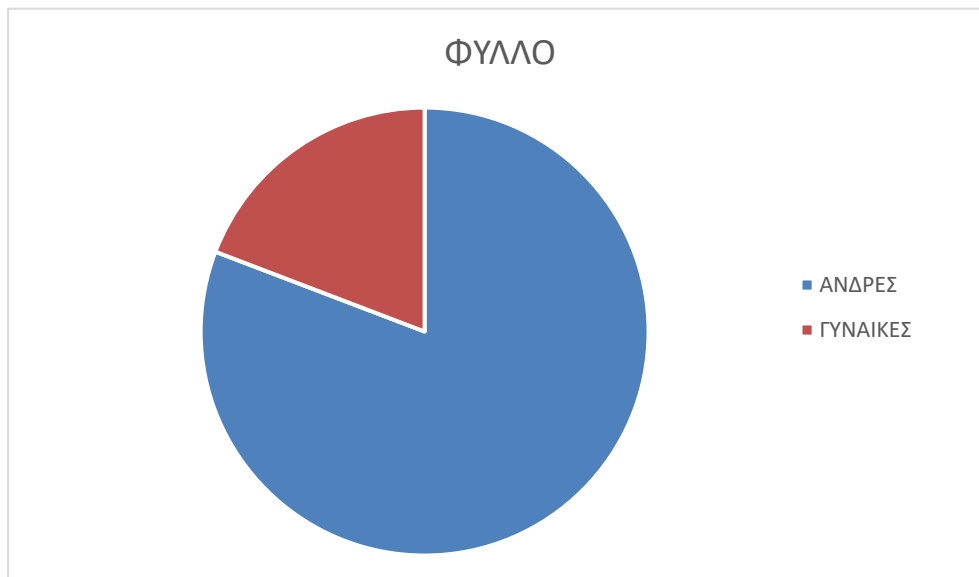


Γράφημα 4.2 Σύγκριση πληθυσμού-χρήσης κράνους και μέσης ταχύτητας μεταξύ των δύο φύλων



Γράφημα 4.3 Μέση ταχύτητα νόμιμων - παράνομων οδηγών

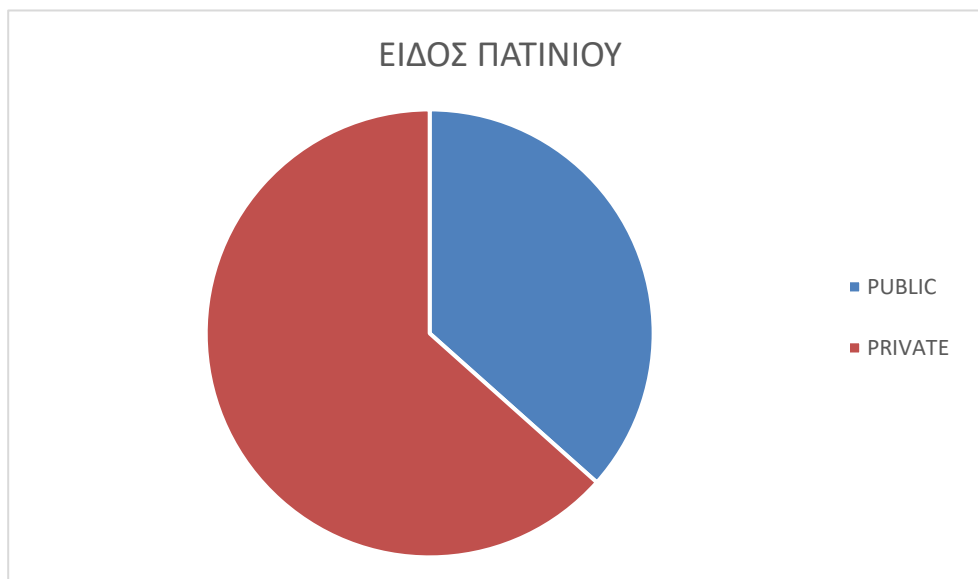
Σύμφωνα με τις μετρήσεις το 81%(101) των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών της έρευνας είναι άνδρες ενώ το 19% (23) είναι γυναίκες. Αυτό σημαίνει ότι αυτή η νέα εναλλακτική μορφή μετακίνησης προτιμάται περισσότερο στον ανδρικό πληθυσμό με τη συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος είναι άνδρες όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (γράφημα 4.4).



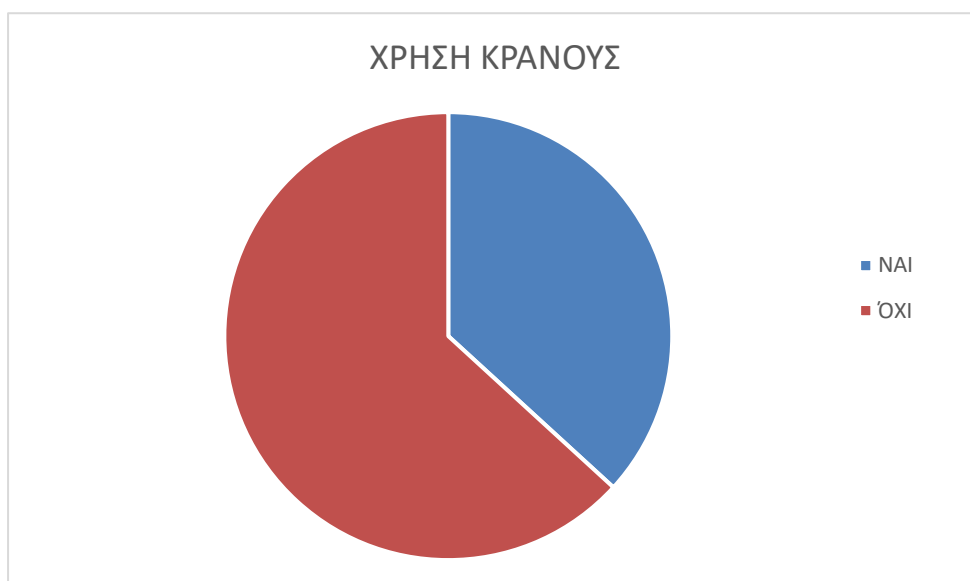
Γράφημα 4.4 Πληθυσμός κάθε φύλου

Επιπρόσθετα, το 63% (78) των ηλεκτρικών πατινιών που καταγράφηκαν είναι ιδιόκτητα ενώ το 37% (45) είναι ενοικιαζόμενα από διάφορες εταιρίες που έχουν έρθει στην Ελλάδα

(γράφημα 4.5). Αυτά τα στοιχεία σημειώνουν θετικό πρόσημο καθώς σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι χρήστες πατινιών που οδηγούν ιδιόκτητα πατίνια είναι περισσότερο προσεκτικοί, ενημερωμένοι με τους κανόνες και χρησιμοποιούν πιο συχνά τον απαραίτητο εξοπλισμό που είναι αναγκαίος για να μην τραυματιστούν



Γράφημα 4.5 Πληθυσμός ειδών πατινιών



Γράφημα 4.6 Χρήση κράνου συνολικού πληθυσμού

Στο συνολικό πληθυσμό που καταγράφηκε το 37% (46) φορούσε κράνος ενώ το 63% (79) δε φορούσε (γράφημα 4.6), στατιστικό που χρίζει μεγάλης και άμεσης αλλαγής καθώς ως επί το πλείστον στα ατυχήματα που αφορούν τα ηλεκτρικά πατίνια οι οδηγοί τραυματίζονται στο

κεφάλι και συνήθως δεν φοράνε κράνος με αποτέλεσμα τα χτυπήματα να είναι σοβαρά. Στους άνδρες, αυτό το ποσοστό βελτιώνεται με το 40% (40) να κάνει χρήση κράνους και το 60% (61) να μην φοράει (γράφημα 4.7). Στις γυναίκες χειροτερεύει καθώς το 25% φοράει κράνος, με το 75% (18) να μην φοράνε (γράφημα 4.9). Τα ποσοστά των γυναικών είναι πολύ χαμηλά καθώς μόνο μία στις τέσσερις φοράει κράνος.



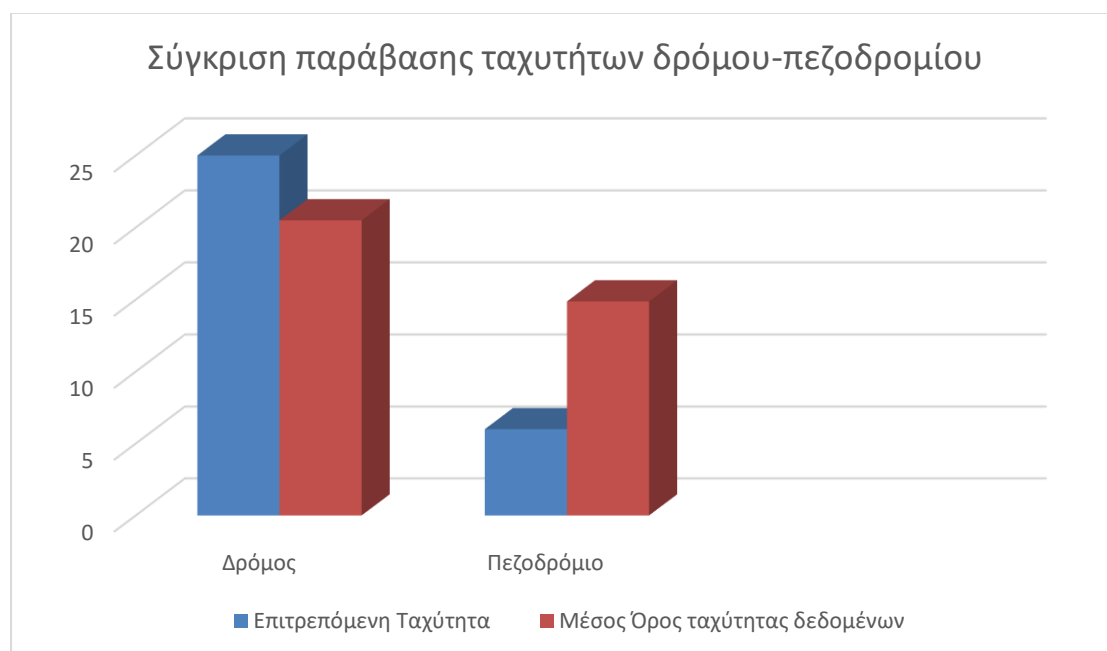
Γράφημα 4.7 Χρήση κράνους σε άνδρες



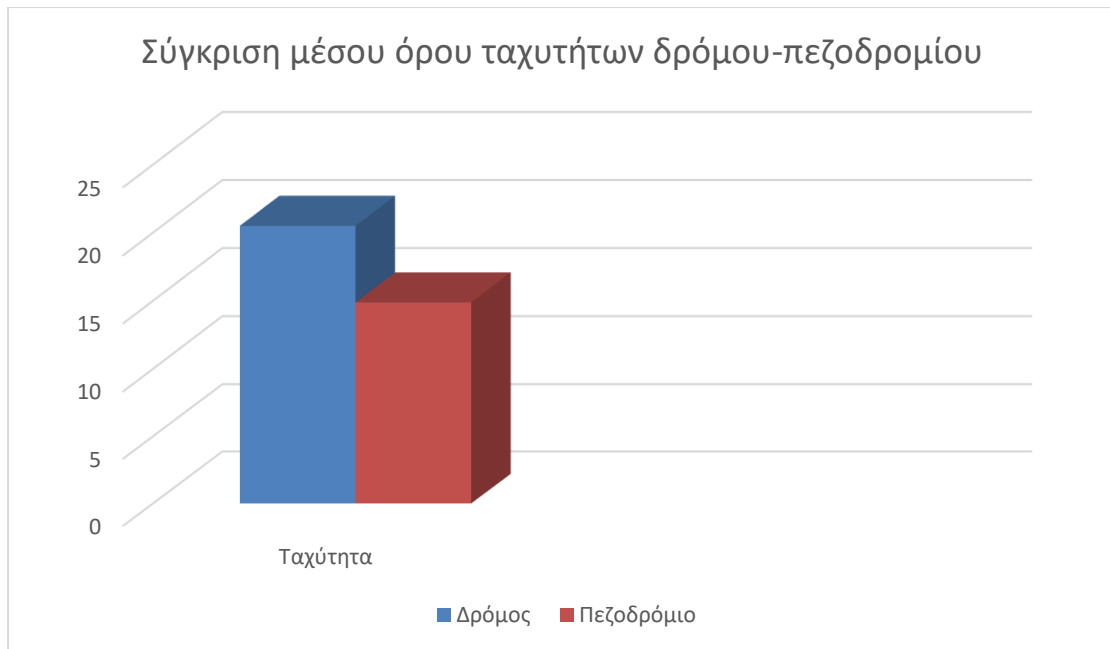
Γράφημα 4.8 Χρήση κράνους σε γυναίκες

Τα όρια ταχύτητας για τα ηλεκτρικά πατίνια σύμφωνα με τον Δήμο Αθηναίων είναι μέχρι 25 χιλιόμετρα ανά ώρα και σε πεζοδρόμια είναι μέχρι 6 χιλιόμετρα ανά ώρα (Dnews, 2025). Στα πλαίσια αυτά ερευνήθηκε κατά πόσο οι αναβάτες ηλεκτρικών πατινιών τηρούν τα όρια

ταχύτητας που έχουν θεσπιστεί. Αποδείχτηκε όπως φαίνεται παρακάτω (γράφημα 4.9) ότι οι οδηγοί που κινούνται στο δρόμο τηρούν τους κανόνες με τον μέσο όρο ταχύτητας τους να είναι 20,5 χλμ/ώρα, μικρότερο των 25 χλκ/ώρα που είναι το ανώτατο όριο. Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει για τους χρήστες που οδηγούν στα πεζοδρόμια καθώς ο μέσος όρος ταχύτητας τους είναι 14,87 χλμ/ώρα, αρκετά μεγαλύτερος από την επιτρεπτή ταχύτητα. Αυτό πιθανότητα προκαλεί πολλά προβλήματα στις αλληλεπιδράσεις τους με τους υπόλοιπους χρήστες των πεζοδρομίων, όπως πεζοί, ποδηλάτες και άτομα με ειδικές ανάγκες. Το αποτέλεσμα συνάδει και με αρκετά άρθρα και έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με την άποψη των πεζών για τα ηλεκτρικά πατίνια η οποία είναι κυρίως αρνητική καθώς τα θεωρούν επικίνδυνα και τους κάνουν να νιώθουν πιο ευάλωτοι απέναντι τους. Η διαφορά της ταχύτητας των οδηγών στο πεζοδρόμιο με αυτούς στο πεζοδρόμιο είναι 5,63 χλμ/ώρα.



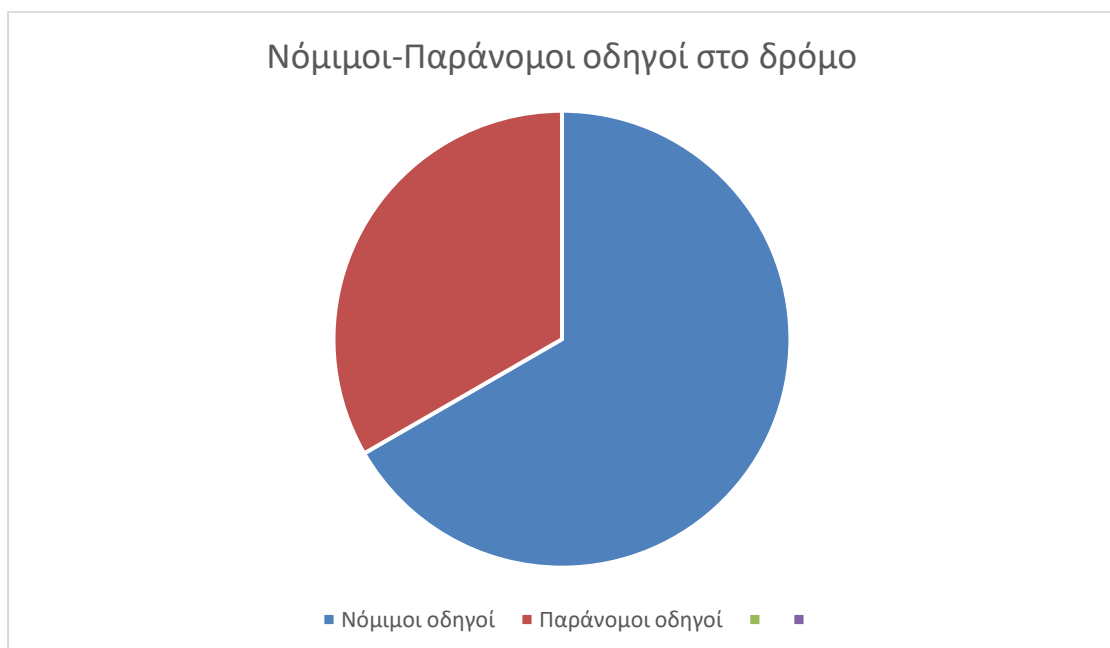
Γράφημα 4.9 Σύγκριση παράβασης ταχυτήτων δρόμου-πεζοδρομίου



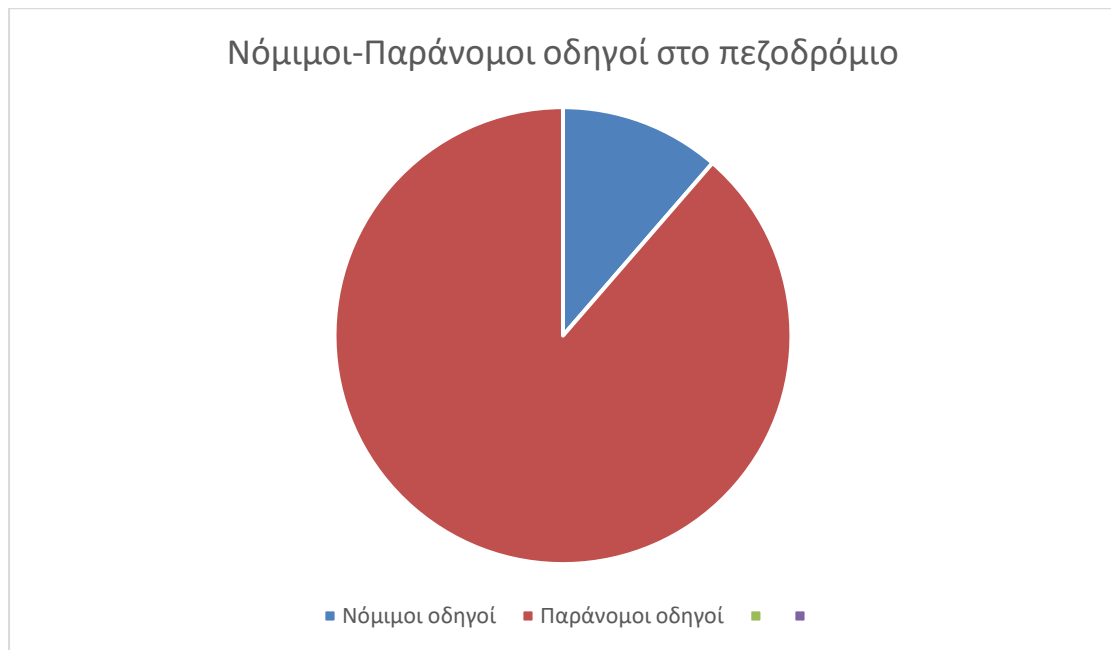
Γράφημα 4.10 Σύγκριση μέσου όρου ταχυτήτων δρόμου-πεζοδρομίου

Το ποσοστό των χρηστών ηλεκτρικών πατινιών που συμβαδίζουν με τα όρια ταχύτητας, όπως φαίνεται παρακάτω (γράφημα 4.12), είναι μόλις το 11% (5), ενώ αυτοί που κινούνται νόμιμα είναι στο 89% (39). Αυτό είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό καθώς σχεδόν μόνο το ένα δέκατο είναι νόμιμο, με τις δυσκολίες και τις εμπλοκές που θα δημιουργούν να είναι αρκετές και κρίσιμες.

Στο δρόμο είναι αρκετά πιο ενθαρρυντικά τα δεδομένα με το 66% (24) να κινούνται με νόμιμες ταχύτητες και το 33% (12) να παρανομεί (γράφημα 4.11). Δεδομένων των μεγαλύτερων ταχυτήτων και των υπολοίπων μέσων στο δρόμο όπως τα αυτοκίνητα και οι μοτοσικλέτες, είναι πολύ σημαντικό που οι οδηγοί εκεί πειθαρχούνε.



Γράφημα 4.11 Νόμιμοι-Παράνομοι οδηγοί στο δρόμο



Γράφημα 4.12 Νόμιμοι-Παράνομοι οδηγοί στο πεζοδρόμιο

5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας και Αποτελέσματα

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό εστιάζει στην εφαρμογή κατάλληλης μεθοδολογίας για την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, εστιάζοντας στα αποτελέσματα που προέκυψαν. Τα μοντέλα αφορούν στη μέση και μέγιστη ταχύτητα οδήγησης, τον ελάχιστο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση και τον ελάχιστο μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό SPSS STATISTICS στατιστικής ανάλυσης, τα μοντέλα δημιουργήθηκαν από τις βάσεις δεδομένων. Πραγματοποιήθηκαν πολλές δοκιμές για την επιλογή των κατάλληλων μοντέλων, τα οποία πληρούν όλα τα κριτήρια αποδοχής.

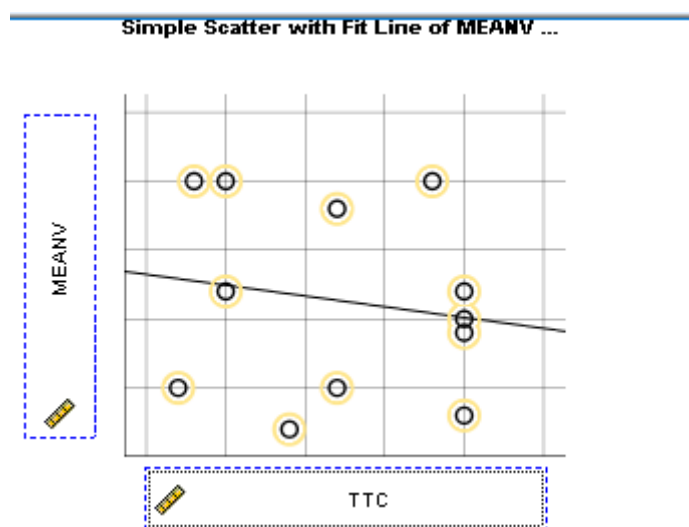
Για κάθε μοντέλο παρουσιάζονται:

- Η εξίσωση, η οποία περιλαμβάνει τα στοιχεία των μεταβλητών, μαζί με την επεξήγησή τους.
- Η στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου.

5.2 Διαγράμματα κατανομών μεταβλητών

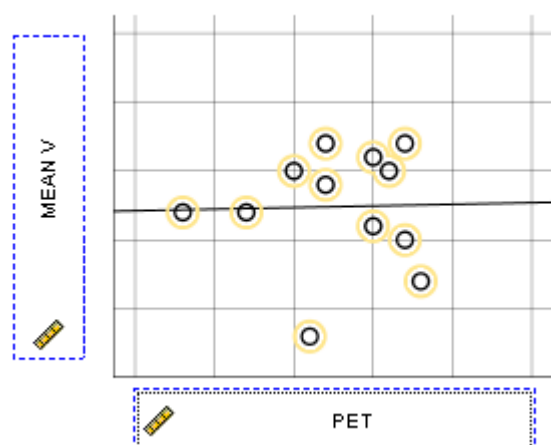
Στα πλαίσια της στατιστικής ανάλυσης που γίνεται σε αυτό το κεφάλαιο υπήρξε η ανάγκη έρευνας για συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό πραγματοποιείται με τα παρακάτω διαγράμματα διασποράς (scatter plot) με γραμμή προσαρμογής (fit line) για να οπτικοποιηθεί η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα(διάγραμμα 5.1) δεν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της μέσης ταχύτητας και του ελάχιστου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση(TTC).



Διάγραμμα 5.1 Διάγραμμα μέσης ταχύτητας MEANV-minTTC με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση

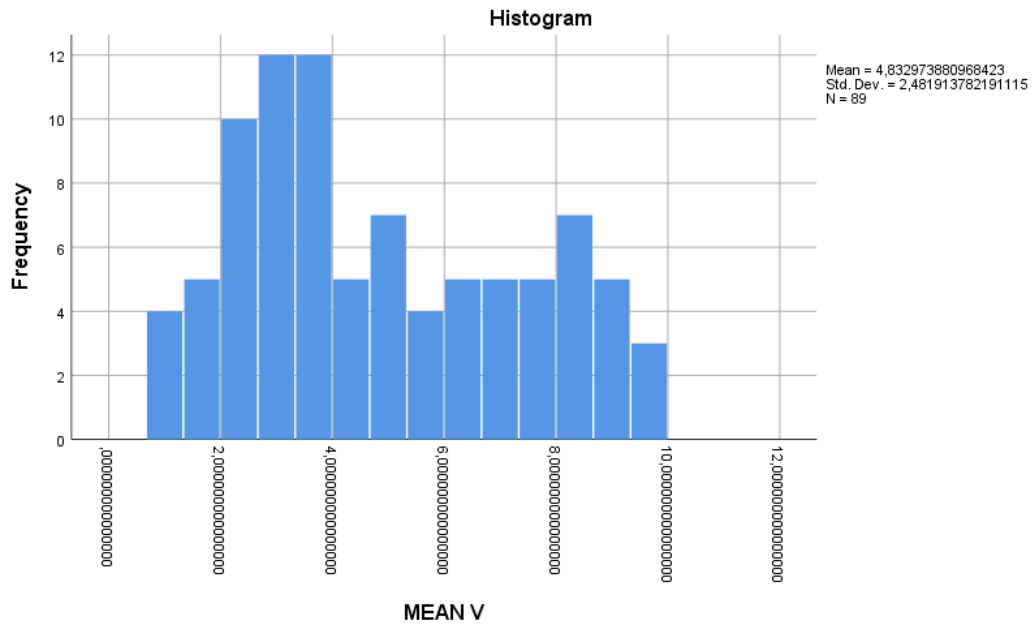
Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα(διάγραμμα 5.2) δεν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της μέσης ταχύτητας και του ελάχιστου μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων (PET).



Διάγραμμα 5.2 Διάγραμμα μέσης ταχύτητας MEANV-minPET με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση

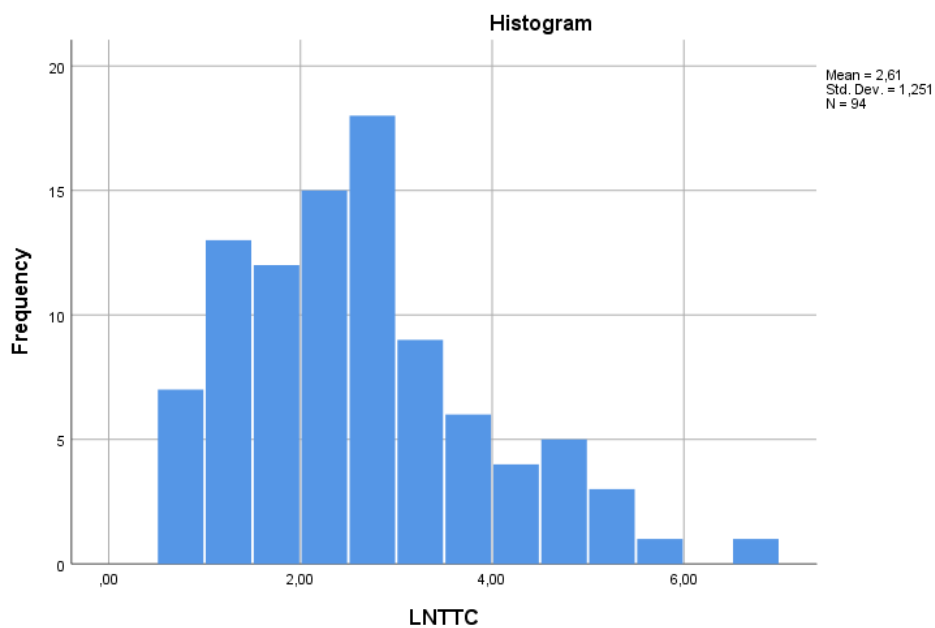
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα κατανομής της μέσης και μέγιστης ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών, του ελάχιστου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση και του ελάχιστου μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων. Τα διαγράμματα κατανομής των μεταβλητών δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο είναι διασκορπισμένες οι τιμές των δεδομένων. Δείχνουν το σχήμα της κατανομής (κανονική, πολυμορφική κτλ), την κεντρική τάση (Central Tendency) που συγκεντρώνονται οι περισσότερες τιμές, τη διασπορά (Spread/Variability) δηλαδή πόσο απλωμένες είναι οι τιμές, τις ακραίες τιμές (Outliers) που εμφανίζονται ως μεμονωμένα σημεία μακριά από τον κύριο όγκο δεδομένων και τη συχνότητα (Frequency) που στα ιστογράμματα, το ύψος της κάθε μπάρας δείχνει πόσες παρατηρήσεις εμπίπτουν σε ένα συγκεκριμένο διάστημα τιμών.

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα κατανομής της μέσης ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών(διάγραμμα 5.3).



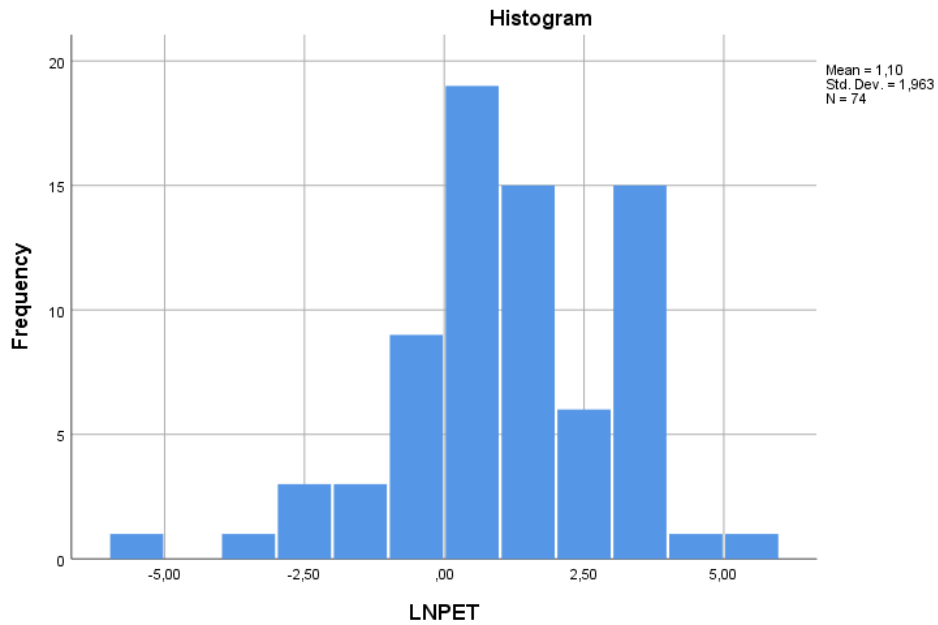
Διάγραμμα 5.3 Διάγραμμα κατανομής μέσης ταχύτητας

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα κατανομής ελαχίστου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση των ηλεκτρικών πατινιών(διάγραμμα 5.4).

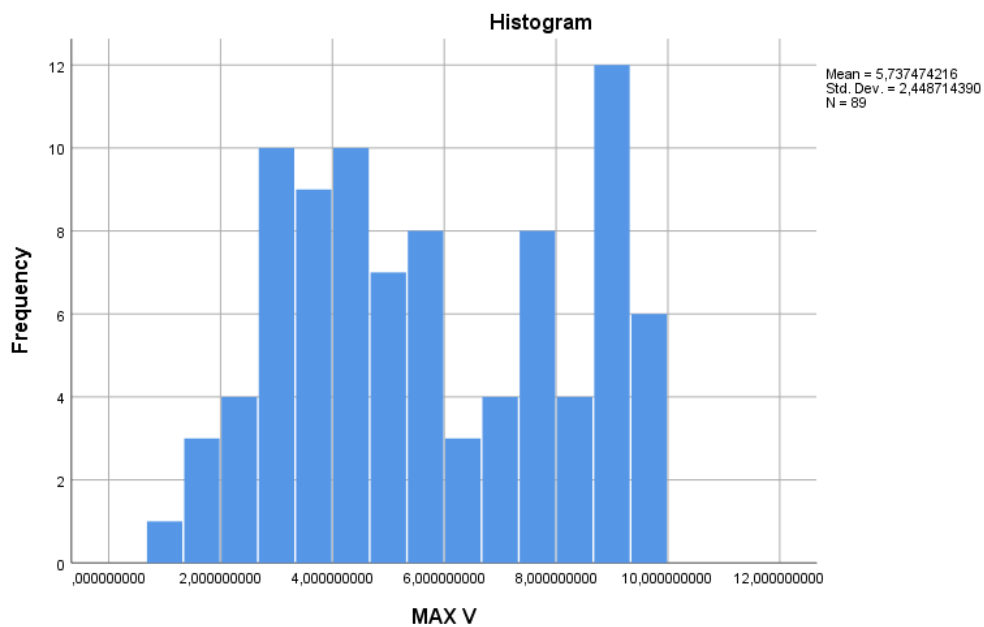


Διάγραμμα 5.4 Διάγραμμα κατανομής ελάχιστου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση

Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα κατανομής ελάχιστου χρόνου μεταξύ διελεύσεων των ηλεκτρικών πατινιών(διάγραμμα 5.5).

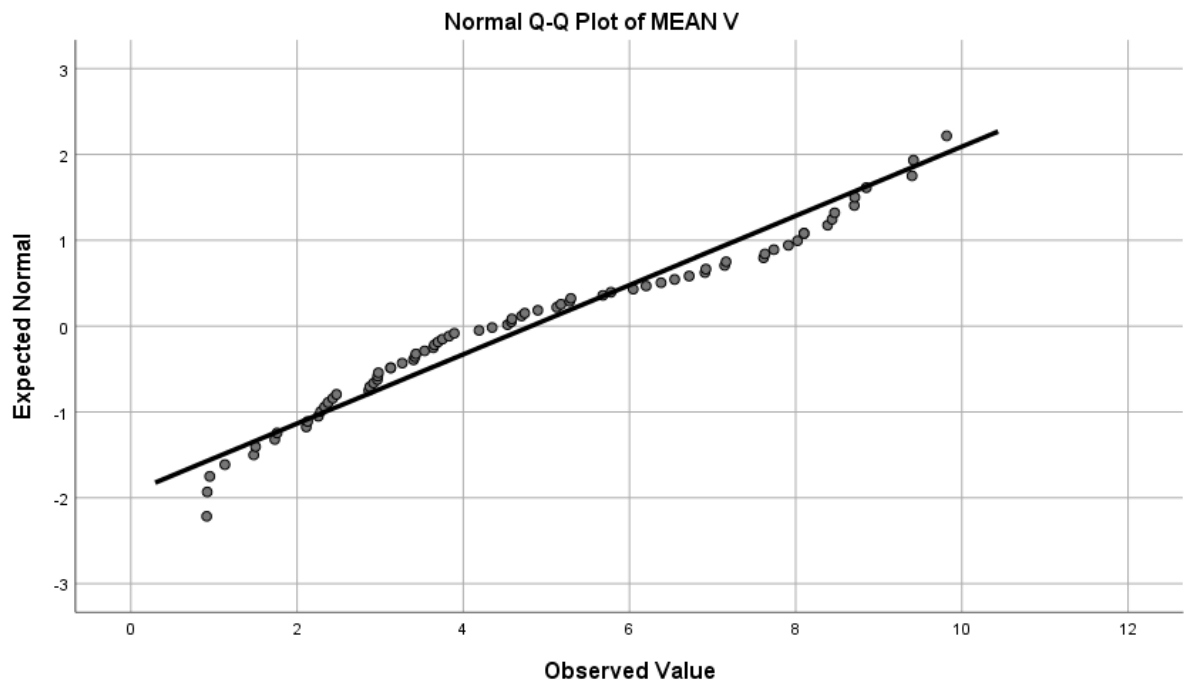


Διάγραμμα 5.5 Διάγραμμα κατανομής ελάχιστου χρόνου μεταξύ διελεύσεων



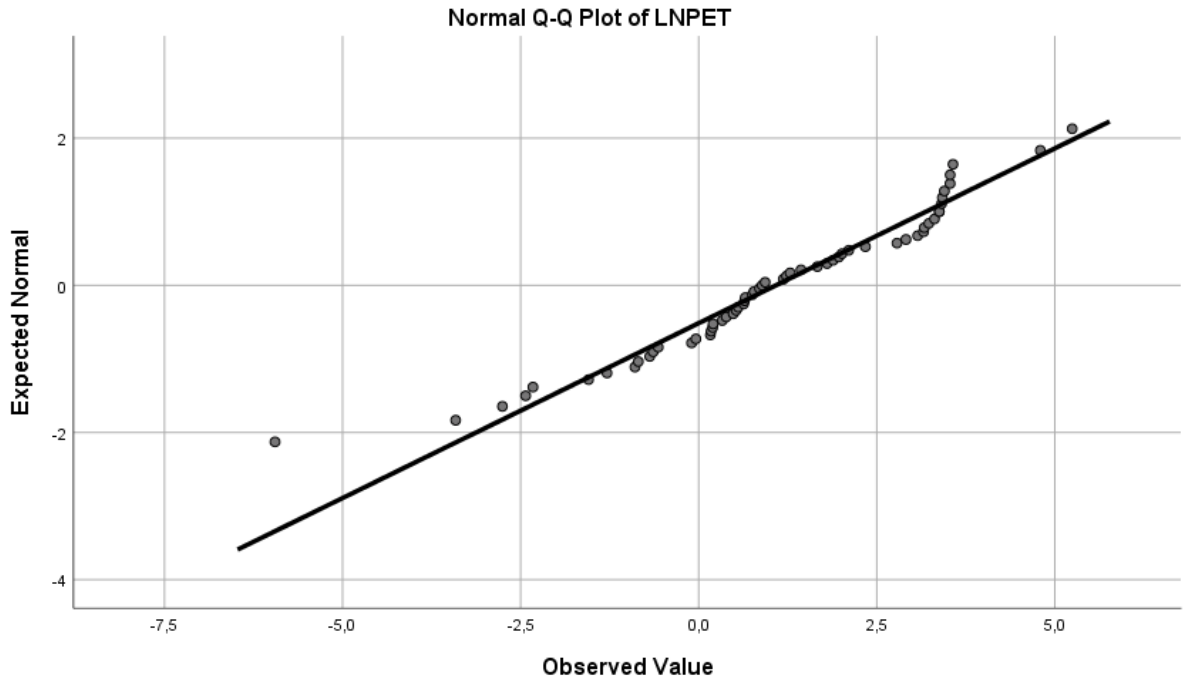
Διάγραμμα 5.6 Διάγραμμα κατανομής μέγιστης ταχύτητας

Όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (γράφημα 5.7) η μέση ταχύτητα ακολουθεί κανονική κατανομή καθώς όλες οι τιμές αυτής της μεταβλητής είναι πολύ κοντά στη διαγώνιο γραμμή.



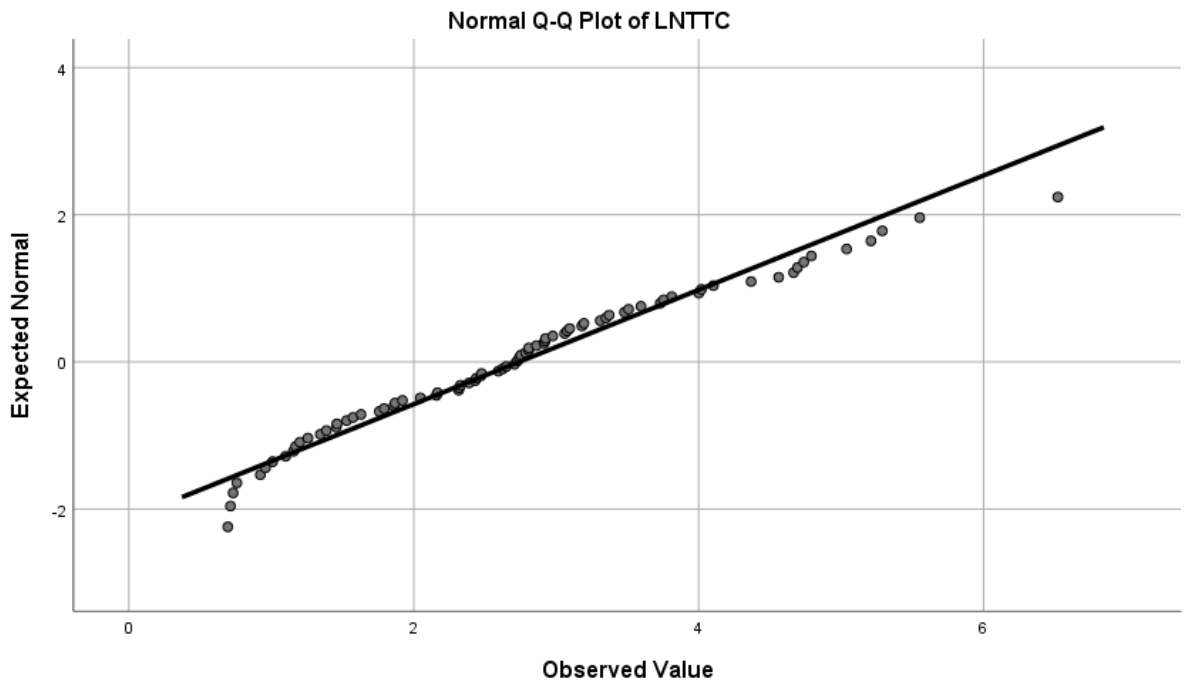
Διάγραμμα 5.7 Διάγραμμα κατανομής της μέσης ταχύτητας

Όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (γράφημα 5.8) ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (TTC) ακολουθεί λογαριθμική κανονική κατανομή καθώς όλες του οι τιμές με εξαίρεση λίγες να ακολουθούν τη διαγώνιο γραμμή.



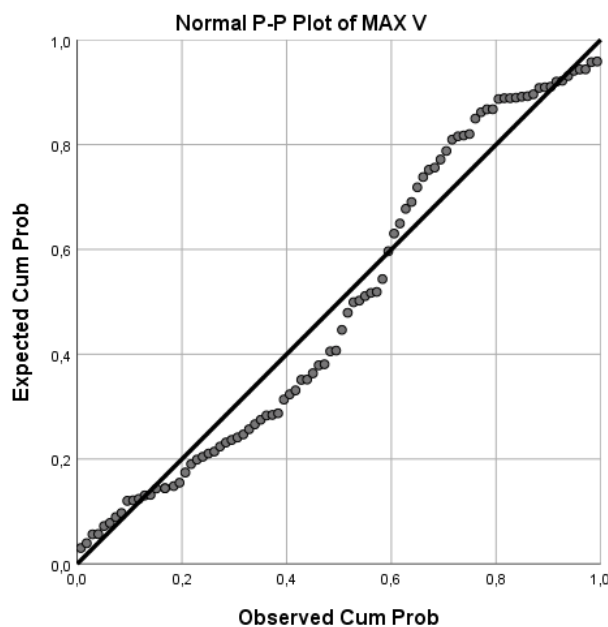
Διάγραμμα 5.8 Διάγραμμα κατανομής του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση

Όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα(γράφημα 5.9) ο χρόνος μέχρι την εισβολή (PET) ακολουθεί λογαριθμική κανονική κατανομή επειδή όλες οι τιμές είναι κοντά στη διαγώνιο γραμμή.



Διάγραμμα 5.9 Διάγραμμα κατανομής του χρόνου μέχρι την εισβολή

Παρακάτω φαίνεται η κατανομή που ακολουθεί η μέγιστη ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών(διάγραμμα 5.10) όπου όπως φαίνεται ακολουθεί κανονική κατανομή γιατί οι τιμές συμμορφώνονται με τη κανονικότητα δηλαδή είναι κοντά στην διαγώνιο γραμμή .



Διάγραμμα 5.10 Διάγραμμα κατανομής της μέσης ταχύτητας

5.3 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης (MEANV)

5.3.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{MeanV} = 5,423 - 1,649 (\Delta\text{ΡΟΜΟΣ}) - 1,301 (\Phi\text{ΥΛΟ}) + 0,897 (\text{ΚΡΑΝΟΣ})$$

Όπου

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

MeanV : Μέση ταχύτητα οδήγησης (m/s) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές :

ΔΡΟΜΟΣ : Οδήγηση σε δρόμο ή σε πεζοδρόμιο | Δρόμος = 1, Πεζοδρόμιο = 0

(διακριτή μεταβλητή)

ΦΥΛΟ : Φύλο οδηγού, άνδρα η γυναίκα | Άνδρας : 1, Γυναίκα : 0

(διακριτή μεταβλητή)

ΚΡΑΝΟΣ : Χρήση κράνους | Ναι : 1, Όχι : 0

(διακριτή μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του του Sig. είναι μικρότερες από 0,05 εκτός από μία που είναι 0,067. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	5,423	,4831	4,477	6,370	126,053	1	,000
[ΔΡΟΜΟΣ=0]	-1,649	,4766	-2,583	-,715	11,971	1	,001
[ΔΡΟΜΟΣ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[ΦΥΛΛΟ=0]	-1,301	,6190	-2,514	-,088	4,419	1	,036
[ΦΥΛΛΟ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[ΚΡΑΝΟΣ=0]	,897	,4889	-,061	1,855	3,365	1	,067
[ΚΡΑΝΟΣ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	4,918 ^b	,7331	3,672	6,586			

Dependent Variable: MEAN V

Model: (Intercept), ΔΡΟΜΟΣ, ΦΥΛΛΟ, ΚΡΑΝΟΣ

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.1 Πίνακας παραμέτρων μέσης ταχύτητας

Η οδήγηση στο πεζοδρόμιο μειώνει τη μέση ταχύτητα κίνησης των ηλεκτρικών πατινιών. Στο πεζοδρόμιο δεν επιτρέπεται η ανάπτυξη τόσο μεγάλων ταχυτήτων όπως στο δρόμο και δεν υπάρχει ο χώρος και η κατάλληλη υποδομή για να γίνει κάτι τέτοιο.

Η γυναίκες οδηγοί κινούνται με μικρότερες ταχύτητες από τους άνδρες οδηγούς, οπότε όταν στο συντελεστή του φύλου χρησιμοποιείται η γυναίκα η μέση ταχύτητα μειώνεται. Γενικά και υπόλοιπα μέσα ο άνδρες παρατηρείται σύμφωνα με έρευνες ότι παραδοσιακά τρέχουν

περισσότερο και λόγω της περισσότερης εμπειρίας που συνήθως έχουν αλλά και λόγω νοοτροπίας. Οπότε είναι λογικό αποτέλεσμα.

Η χρήση κράνους μειώνει την μέση ταχύτητα των χρηστών ηλεκτρικών πατινιών. Αυτό συνεπάγεται ότι η μη χρήση κράνους οδηγεί σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Το δεδομένο αυτό θα μπορούσε να συνδέεται με την ανθρώπινη ανευθυνότητα καθώς και η μη χρήση κράνους και η αύξηση ταχύτητας σε οχήματα μικροκινητικότητας που είναι ευάλωτα απέναντι σε οχήματα και μοτοσυκλέτες αποτελεί επικίνδυνη συμπεριφορά.

5.4 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου ελάχιστου λογαριθμικού χρόνου μέχρι τη σύγκρουση (LnTTC)

5.4.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{LnTTC} = 1,33 - 1,447 (\text{ΔΡΟΜΟΣ}) - 0,34 (\text{ΙΔΙΟΚ}) + 1,564 (\text{NearMissTTC})$$

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

LnTTC : Λογαριθμικός ελάχιστος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (sec) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές :

ΔΡΟΜΟΣ : Οδήγηση σε δρόμο ή σε πεζοδρόμιο | Δρόμος = 1, Πεζοδρόμιο = 0

(διακριτή μεταβλητή)

ΙΔΙΟΚ : Ιδιόκτητο ή ενοικιαζόμενο ηλεκτρικό πατίνι | Ιδιόκτητο : 1, Ενοικιαζόμενο : 0

(διακριτή μεταβλητή)

NearMissTTC : Παραλίγο ατύχημα (TTC κάτω από 2 sec) | Ναι : 1, Όχι : 0

(διακριτή μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.2) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του του Sig. είναι μικρότερες από 0,05 εκτός από μία που είναι λίγο πιο μεγάλη 0,056. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο

εμπιστοσύνης 90%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,330	,3322	,679	1,982	16,045	1	,000
[ΔΡΟΜΟΣ=0]	-,447	,1778	-,796	-,099	6,328	1	,012
[ΔΡΟΜΟΣ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[ΔΙΟΚ/ΕΝΟΙΚ=0]	-,340	,1777	-,689	,008	3,662	1	,056
[ΔΙΟΚ/ΕΝΟΙΚ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Near Miss PET=0]	1,564	,3039	,968	2,160	26,490	1	,000
[Near Miss PET=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	,646 ^b	,0979	,480	,869			

Dependent Variable: LNTTC

Model: (Intercept), ΔΡΟΜΟΣ, ΔΙΟΚ/ΕΝΟΙΚ, Near Miss PET

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.2 Πίνακας παραμέτρων λογαριθμικού ελάχιστου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση

Στο πεζοδρόμιο μειώνεται ο ελάχιστος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση. Το εύρημα αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί καθώς οι χρήστες του πεζοδρομίου, πεζοί, ποδηλάτες, άνθρωποι με κινητικά προβλήματα κινούνται με χαμηλές ταχύτητες οπότε το ηλεκτρικό πατίνι που πηγαίνει πιο γρήγορα συνεχώς μειώνει το χρόνο μέχρι τη σύγκρουση από τον προπορευόμενο πεζό.

Τα ανοικιαζόμενα ηλεκτρικά πατίνια οδηγούν σε χαμηλότερους χρόνους μέχρι τη σύγκρουση. Το παραπάνω δεδομένο έρχεται να υποστηρίξει την βιβλιογραφική ανασκόπηση στην οποία οι χρήστες ανοικιαζόμενων ηλεκτρικών πατινιών είναι πιο αδιάφοροι για το μέσο αλλά και δεν είναι ενημερωμένοι για την οδική συμπεριφορά που πρέπει να έχουν. Με αποτέλεσμα να έρχονται πιο κοντά στα προπορευόμενα όχημα και να μην κρατάνε αποστάσεις δημιουργώντας πιθανές εμπλοκές και ατυχήματα

Τα παραλίγο ατυχήματα προφανώς συνεπάγεται αύξηση του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση. Υπάρχει πλήρης συσχέτιση των δύο μεταβλητών καθώς οι συνθήκες που εκφράζονται σαν παραλίγο ατυχήματα είναι οι περιπτώσεις που ο ελάχιστος χρόνος μέχρι τη σύγκρουσή είναι κάτω από δυο δευτερόλεπτα.

5.5 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου ελάχιστου λογαριθμικού μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων (LnPET)

5.5.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{LnPET} = 0,93 - 0,932 (\text{ΙΔΙΟΚΤ}) - 1,332 (\text{ΠΑΡΑΒΑΤΙΚΟΙ})$$

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

LnPET : Λογαριθμικός ελάχιστος μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων (sec) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές :

ΙΔΙΟΚΤ : Ιδιόκτητο ή ενοικιαζόμενο ηλεκτρικό πατίνι | Ιδιόκτητο : 1, Ενοικιαζόμενο : 0

(διακριτή μεταβλητή)

ΠΑΡΑΒΑΤΙΚΟΙ : Παραβατικές συμπεριφορές οδηγών | Ναι : 1, Όχι : 0

(διακριτή μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του του Sig. είναι μικρότερες από 0,05 εκτός από μία που είναι 0,076. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	,093	,7323	-1,342	1,529	,016	1	,898
[ΔΙΟΚ/ΕΝΟΙΚ=0]	-,932	,4300	-1,775	-,089	4,699	1	,030
[ΔΙΟΚ/ΕΝΟΙΚ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[ΠΑΡΑΒΑΤΙΚΟΙ=0]	1,332	,7497	-,138	2,801	3,156	1	,076
[ΠΑΡΑΒΑΤΙΚΟΙ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	3,094 ^b	,5121	2,237	4,280			

Dependent Variable: LNPEΤ

Model: (Intercept), ΔΙΟΚ/ΕΝΟΙΚ, ΠΑΡΑΒΑΤΙΚΟΙ

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.3 Πίνακας μεταβλητών λογαριθμικού ελάχιστου μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων

Τα ενοικιαζόμενα ηλεκτρικά πατίνια μειώνουν τον ελάχιστο μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων. Στην παρούσα περίπτωση, σημαντικό παράγοντα παίζει η τάση των οδηγών ενοικιαζόμενων ηλεκτρικών πατινιών προς την παραβατικότητα. Αυτό προκύπτει και από τη βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την παρούσα διπλωματική εργασία με τους χρήστες των ενοικιαζόμενων πατινιών να μην ακολουθούν τον κώδικα οδικής κυκλοφορίας με προέκταση αυτά να αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες και να συντελούν στην απομείωση του χρόνου ΡΕΤ.

Οι χρήστες με παραβατικές συμπεριφορές αυξάνουν τον ελάχιστο μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων. Γενικά, στις βιντεοσκοπημένες καταγραφές που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, παρατηρήθηκε οι χρήστες κινητού τηλεφώνου ή οι οδηγοί που είχαν στον πατίνι τους και δεύτερο αναβατή περιορίζαν την ταχύτητα τους είτε επειδή οδηγούσαν με ένα χέρι είτε επειδή είχαν περισσότερο βάρος και ο χειρισμός του πατινιού ήταν πιο δύσκολος. Αυτό εξηγεί το παραπάνω αποτέλεσμα.

5.5.2 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{LnPET} = 1,595 - 0,996 (\text{ΚΡΑΝΟΣ})$$

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

LnPET : Λογαριθμικός ελάχιστος μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων (sec) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές :

KPANOΣ : Χρήση κράνους | Ναι : 1, Όχι : 0

(διακριτή μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι η τιμή του του Sig. είναι μικρότερη από 0,05. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	1,598	,3374	,936	2,259	22,414	1	,000
[KPANOΣ=0]	-,996	,4298	-1,838	-,153	5,366	1	,021
[KPANOΣ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	3,188 ^b	,5277	2,305	4,410			

Dependent Variable: LNPET

Model: (Intercept), KPANOΣ

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.4 Πίνακας μεταβλητών λογαριθμικού ελάχιστου μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων

Η μη χρήση κράνους μειώνει τον ελάχιστο μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων. Στη προκειμένη περίπτωση, παίζει σημαντικό παράγοντα η παραβατική συμπεριφορά του χρήστη που πιθανότατα οδηγεί και στην ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων με συνέπεια την ελάττωση του ελάχιστου μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων.

5.6 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου μέγιστης ταχύτητας (Maxv)

5.6.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{MaxV} = 6,255 - 1,363 (\text{ΦΥΛΟ}) + 0,952 (\text{ΚΡΑΝΟΣ}) - 1,554 (\text{ΔΡΟΜΟΣ})$$

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

MaxV : Μέγιστη ταχύτητα οδήγησης (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές :

ΔΡΟΜΟΣ : Οδήγηση σε δρόμο ή σε πεζοδρόμιο | Δρόμος = 1, Πεζοδρόμιο = 0

(διακριτή μεταβλητή)

ΦΥΛΟ : Φύλο οδηγού, άνδρα η γυναίκα | Άνδρας : 1, Γυναίκα : 0

(διακριτή μεταβλητή)

ΚΡΑΝΟΣ : Χρήση κράνους | Ναι : 1, Όχι : 0

(διακριτή μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.3) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του του Sig. είναι μικρότερες από 0,05. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Parameter Estimates							
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test		
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.
(Intercept)	6,255	,4755	5,323	7,188	173,046	1	,000
[ΦΥΛΛΟ=0]	-1,363	,6094	-2,557	-,168	5,000	1	,025
[ΦΥΛΛΟ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[ΚΡΑΝΟΣ=0]	,952	,4813	,008	1,895	3,911	1	,048
[ΚΡΑΝΟΣ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[ΔΡΟΜΟΣ=0]	-1,554	,4691	-2,474	-,635	10,973	1	,001
[ΔΡΟΜΟΣ=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
(Scale)	4,766 ^b	,7104	3,558	6,383			

Dependent Variable: MAX V

Model: (Intercept), ΦΥΛΛΟ, ΚΡΑΝΟΣ, ΔΡΟΜΟΣ

a. Set to zero because this parameter is redundant.

b. Maximum likelihood estimate.

Πίνακας 5.5 Πίνακας μεταβλητών μέγιστης ταχύτητας

Οι γυναίκες προκαλούν μείωση της μέγιστης ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών. Γενικά παρατηρείται και από τη βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε ότι οι άνδρες κινούνται με αρκετά μεγαλύτερες ταχύτητες. Οπότε έχει λογική το παραπάνω εύρημα.

Η μη χρήση κράνους αυξάνει τη μέγιστη ταχύτητα των πατινιών. Το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται με την παραβατική συμπεριφορά οπότε υπάρχει η τάση πέρα του να μην χρησιμοποιείται κράνος ασφαλείας στους χρήστες να υπάρχει και αύξηση της ταχύτητας.

Η κίνηση στο πεζοδρόμο μειώνει τη μέγιστη ταχύτητα των πατινιών. Στην προκειμένη περίπτωση το συμπέρασμα είναι εύλογο καθώς τα ηλεκτρικά πατίνια κινούνται με χαμηλότερες ταχύτητες στα πεζοδρόμια καθώς εκ των πραγμάτων δεν γίνεται ούτε και επιτρέπεται να κινούνται εκεί πιο γρήγορα από ότι κινούνται στους δρόμους.

6. Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη Έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις κυκλοφοριακές εμπλοκές σε αστικές οδούς αξιοποιώντας δεδομένα από καταγραφές βίντεο με ηλεκτρικά πατίνια που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες της έρευνας. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων που περιγράφουν τις κυκλοφοριακές εμπλοκές όπως η μέση ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών, ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση πατινιών με πεζούς ή οχήματα (TTC) και ο μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων ηλεκτρικών πατινιών με πεζούς ή οχήματα (PET).

Οι μετρήσεις στο πεδίο διήρκησαν συνολικά 19 ώρες σε κεντρικό αστικό οδικό άξονα (Μέγαρο Μουσικής) με τη χρήση κινητού τηλεφώνου στηριγμένο σε ένα τρίποδο 1,5 μέτρο από τη στάθμη του εδάφους. Στη συνέχεια οι καταγραφές που περιείχαν ηλεκτρικά πατίνια έπρεπε να επεξεργαστούν κατάλληλα για να εισαχθούν στον αλγόριθμο που έχει υλοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής (Ventura, et al., 2025) Για να είναι έτοιμα για τον αλγόριθμο οι καταγραφές κόπηκαν σε τετράλεπτα με πεντάλεπτα βίντεο περιέχοντας τα διερχόμενο ηλεκτρικό πατίνι περίπου στο μέσο του χρόνου του βίντεο καθώς αυτές ήταν οι απαιτήσεις του για να μπορεί να εξάγει ασφαλή και αξιόπιστα αποτελέσματα.

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τον αλγόριθμο, υποβλήθηκαν στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης SPSS Statistics. Ακολούθησε η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων με την εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης και λογαριθμικής παλινδρόμησης, με σκοπό την πρόβλεψη της ταχύτητας, του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση και του μεταγενέστερου χρόνου μεταξύ διελεύσεων. Πραγματοποιήθηκε πλήθος ελέγχων για την αξιοπιστία των μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία τελικά εγκρίθηκαν και υιοθετήθηκαν.

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα

Για την εξαγωγή των συμπερασμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το προηγούμενο κεφάλαιο. Σε συνδυασμό με τα μαθηματικά μοντέλα και τη σχετική επιρροή μεταξύ των μεταβλητών, διατυπώνονται τα παρακάτω συμπεράσματα.

- Η οδήγηση σε δρόμο αποτελεί παράγοντα αύξησης της μέσης ταχύτητας των ηλεκτρικών πατινιών, σε σχέση με την οδήγηση σε πεζοδρόμιο. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στο το πατίνι έχει αρκετά μεγαλύτερο επιτρεπτό όριο ταχύτητας, έχει πιο ανοιχτό χώρο και πιο πρόσφορο έδαφος για ανάπτυξη ταχύτητας καθώς έχει

άσφαλο και όχι πλακάκια που συχνά σπασμένα. Ακόμα είναι πιθανό τα πατίνια να παρασύρονται από τους ρυθμούς ταχύτητας των υπολοίπων μέσων που μετακινούνται στο δρόμο.

- Οι άνδρες οδηγοί ηλεκτρικών πατινιών αναπτύσσουν αρκετά μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με τις γυναίκες. Βάσει στατιστικών δεδομένων, τα αυξημένα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα των ανδρών οδηγών ενδέχεται να συνεπάγονται μεγαλύτερη εξοικείωση με το οδικό δίκτυο. Παράλληλα, διερευνάται αν η σωματική διάπλαση των γυναικών επηρεάζει την ταχύτητα απόκρισης κατά τον χειρισμό του πατινιού.
- Η μη χρήση κράνους φαίνεται να συσχετίζεται με την αύξηση της ταχύτητας των πατινιών. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί καθώς οι χρήστες που δεν φοράνε κράνος είτε δεν είναι σωστά ενημερωμένοι για τις υποχρεώσεις τους είτε δεν συμμορφώνονται με τους κανόνες που έχουν θεσπιστεί οπότε έχουν τάση προς παραβατικές συμπεριφορές με αποτέλεσμα να μην τηρούν και τα όρια ταχύτητας. Οι συμπεριφορές αυτές μπορούν να συνδυαστούν και με τη μη χρήση του απαραίτητου εξοπλισμού για την ασφάλεια των οδηγών και με την επικίνδυνη οδήγηση.
- Ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (TTC) από το προπορευόμενο όχημα μειώνεται όταν ηλεκτρικό πατίνι είναι ενοικιαζόμενο και όχι ιδιόκτητο. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται η πιθανότητα σύγκρουσης με πεζούς ή οχήματα και ότι η οδήγηση κρίνεται πιο επικίνδυνη. Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει (Dozza , 2025) ότι οι χρήστες ενοικιαζόμενων πατινιών είναι πιο ανεύθυνοι ως προς την ταχύτητα. Ακόμα, υποστηρίζεται ότι αυτό κάνει του οδηγούς να νιώθουν μικρότερη ευθύνη για αυτά επειδή δεν είναι δικά τους, όπως και στα ενοικιαζόμενα αυτοκίνητα, και δεν τους ενδιαφέρει τόσο αν θα προκαλέσουν ζημιά με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε επικίνδυνες οδηγικές συμπεριφορές.
- Στο πεζοδρόμιο το ηλεκτρικό πατίνι παρατηρείται ότι μειώνει το χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (TTC). Ο λόγος που είναι πιθανό να συμβαίνει αυτό είναι επειδή στο πεζοδρόμιο που κινούνται οι πεζοί περπατάνε με πολύ μικρή ταχύτητα ενώ τα πατίνια τρέχουν με ταχύτητα πάνω από τα επιτρεπτά όρια οπότε αυτό μπορεί αυξάνει τις πιθανότητες κυκλοφοριακών εμπλοκών.
- Το παραλίγο ατύχημα (Near miss TTC) προφανώς σχετίζεται με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (TTC). Ο λόγος είναι επειδή το παραλίγο ατύχημα αντιστοιχεί εξ' ορισμού με χρόνο μέχρι τη σύγκρουση κάτω από 2 δευτερόλεπτα.
- Τα ενοικιαζόμενα ηλεκτρικά πατίνια μειώνουν το μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (PET) σε αντίθεση με τα ιδιόκτητα. Αυτό συμβαίνει πιθανότατα επειδή οι χρήστες των ενοικιαζόμενων πατινιών αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες οπότε και καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις σε μικρότερο χρόνο.

- Οι οδηγοί που δεν κάνουν χρήση κράνους μειώνουν το μεταγενέστερο χρόνο μεταξύ διελεύσεων (PET) συγκριτικά με αυτούς που φοράνε. Το παραπάνω εύρημα έχει μία λογική ερμηνεία όπως και με την ταχύτητα που προαναφέρθηκε και υπάγεται στις ανεύθυνες συμπεριφορές των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σε σχέση με αυτούς των ιδιόκτητων.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Η εκτενής επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, σε συνδυασμό με την παρούσα διπλωματική εργασία, ανέδειξαν σημαντικά ερευνητικά κενά και περιορισμούς στον τομέα που αφορά τις επιπτώσεις των κυκλοφοριακών εμπλοκών που αφορούν τα ηλεκτρικά πατίνια. Η συστηματική διερεύνηση αυτών των εντοπισθέντων ελλείψεων κρίνεται επιτακτική. Για τον σκοπό αυτό, διατυπώνονται συγκεκριμένες προτάσεις για μελλοντικές μελέτες, με στόχο την πληρέστερη κατανόηση και την ολοκληρωμένη προσέγγιση του εν λόγω ζητήματος, οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες όπως φαίνεται παρακάτω.

Εξοπλισμός και Συμπεριφορά Αναβάτη

- **Υποχρεωτική Χρήση Κράνους:** Το κράνος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας προστασίας από σοβαρούς τραυματισμούς στο κεφάλι (Observatory, 2023) και όπως διαπιστώθηκε στη παρούσα διπλωματική εργασία μόνο ένας στους τρεις κάνει χρήση του.
- **Προστατευτικός Εξοπλισμός:** Πολύ σημαντική είναι η χρήση γιλέκου ή ρούχων με ανακλαστικά στοιχεία για αυξημένη ορατότητα, ειδικά το βράδυ κάτι που δεν τηρεί κανείς σύμφωνα με τις μετρήσεις στο πεδίο αυτής της έρευνας.
- **Εκπαίδευση και Πιστοποίηση:** Εισαγωγή βασικής εκπαίδευσης για τους νέους χρήστες και καθορισμός κατώτατου ορίου ηλικίας (συνήθως τα 16 έτη).
- **Τήρηση ΚΟΚ:** Φαινόμενα που παρατηρήθηκαν κατά τη βιντεοσκόπηση του υλικού και θα πρέπει να εκλείψουν ήταν η χρήση κινητού τηλεφώνου, ακουστικών και δύο επιβατών ανά ηλεκτρικό πατίνι(δικάβαλο). Επίσης η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ που συμβαίνει πολύ συχνά σύμφωνα με έρευνες σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες, ιδιαίτερα τις βραδινές ώρες είναι επιτακτική ανάγκη να σταματήσει.

Τεχνικές Βελτιώσεις Οχήματος

- **Περιορισμός Ταχύτητας:** Εργοστασιακός περιορισμός στα **25 km/h** (ή 20 km/h σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες) για το οποίο είναι υπεύθυνες οι εταιρίες ενοικίασης ηλεκτρικών πατινιών αλλά και οι εταιρίες που πουλάνε σε ιδιώτες (Ημερίσια, 2025) (Carson, et al., 2024) καθώς δεν τηρούνται καθόλου τα όρια ταχυτήτων που έχουν θεσπιστεί όπως αποδείχτηκε και στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- **Βελτιωμένα Συστήματα Πέδησης:** Ύπαρξη δύο ανεξάρτητων φρένων (εμπρός και πίσω) για αποτελεσματικότερο σταμάτημα.

- **Μεγαλύτεροι Τροχοί:** Χρήση τροχών με διάμετρο τουλάχιστον 12 ιντσών (30,5 cm) για καλύτερη απορρόφηση των ανωμαλιών του οδοστρώματος.
- **Φωτισμός και Φλας:** Υποχρεωτικά φώτα μπροστά/πίσω και δείκτες αλλαγής κατεύθυνσης (φλας) για να γίνονται αντιληπτές οι προθέσεις του οδηγού.

Υποδομές και Κανονισμοί

- **Διαχωρισμός από Πεζούς:** Αυστηρή απαγόρευση κίνησης στα πεζοδρόμια και δημιουργία αποκλειστικών λωρίδων μικροκινητικότητας.
- **Geo-fencing:** Χρήση τεχνολογίας για αυτόματη μείωση της ταχύτητας σε πολυσύχναστες περιοχές ή πεζόδρομους.
- **Υποχρεωτική Ασφάλιση:** Εφαρμογή ασφάλισης αστικής ευθύνης για την κάλυψη ζημιών προς τρίτους, μέτρο που ήδη συζητείται έντονα στην Ελλάδα.
- **Καθορισμένοι Χώροι Στάθμευσης:** Δημιουργία ειδικών ζωνών στάθμευσης για να μην εμποδίζεται η κυκλοφορία των πεζών και των ΑμεΑ κάτι που έχει βάλει σε άμεση προτεραιότητα ο Δήμος Αθηναίων.

6.4 Περαιτέρω έρευνα

Η εκτενής επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, σε συνδυασμό με την παρούσα διπλωματική εργασία, ανέδειξαν σημαντικά ερευνητικά κενά και περιορισμούς στον τομέα που αφορά τις επιπτώσεις των κυκλοφοριακών εμπλοκών που αφορούν τη μικροκινητικότητα και συγκεκριμένα τα ηλεκτρικά πατίνια. Η συστηματική διερεύνηση αυτών των εντοπισθέντων ελλείψεων κρίνεται επιτακτική. Για τον σκοπό αυτό, διατυπώνονται συγκεκριμένες προτάσεις για μελλοντικές μελέτες, με στόχο την πληρέστερη κατανόηση και την ολοκληρωμένη προσέγγιση του εν λόγω ζητήματος.

- Διαμόρφωση πειράματος, στο οποίο θα συμμετέχουν εθελοντές, στα κράνη ασφαλείας των οποίων θα έχουν τοποθετηθεί μικρές κάμερες με σκοπό την καταγραφή της τροχιάς (trajectory) που ακολουθούν στο δρόμο, το αν κινούνται σε νόμιμα πλαίσια και υπακούν τους κανόνες που έχουν θεσπιστεί και τις οδικές τους συμπεριφορές. Αυτά τα δεδομένα είναι πολύ σημαντικά και δεν ήταν εύκολο να εντοπιστούν με την καταγραφή κινητού τηλεφώνου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- Διερεύνηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ηλεκτρικών πατινιών στην Αθήνα και το κατά πόσο συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών CO₂.
- Διαμόρφωση ερωτηματολογίου για τους χρήστες ηλεκτρικών πατινιών, με τις ερωτήσεις να αφορούν τις χιλιομετρικές αποστάσεις που διανύουν, τα είδη των

δρομολογίων που τα χρησιμοποιούν (μετακίνηση στη δουλειά, βόλτες, κοινωνικές υποχρεώσεις) και τις προτιμήσεις τους για το αν κινούνται περισσότερο στο δρόμο ή στο πεζοδρόμιο

- Μελέτη για ειδικές λωρίδες αποκλειστικής χρήσης ηλεκτρικών πατινιών ή διαμόρφωση ξεχωριστής λωρίδας στους ποδηλατοδρόμους με ταυτόχρονη χρήση κατάλληλου ερωτηματολογίου για το κατά πόσο θα ένοιωθαν περισσότερη ασφάλεια και θα αύξανε τον αριθμό των οδηγών τους.

7. Βιβλιογραφία

Anon., 2022. Gov.UK. [Online]
Available at: <https://www.gov.uk/government/statistics/reported-road-casualties-great-britain-e-scooter-factsheet-2021/reported-road-casualties-great-britain-e-scooter-factsheet-2021>

Anon., 2024. Fortune Greece. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.fortunegreece.com/article/posoi-thanatoi-katagrafikan-se-distiximata-stous-evropaikous-dromous-me-ilektrika-patinia-kai-monokikla/>

Anon., 2025. The Guardian. [Online]
Available at: <https://www.theguardian.com/world/2025/jun/04/e-scooter-injury-toll-revealed-in-study-just-tip-of-the-iceberg-in-australia-doctors-warn>

Anon., 2025. Voria.GR. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.voria.gr/article/dimos-thessalonikis-23-atyhimata-me-patinia-kai-pano-apo-600-parabaseis-2025-i-kanonistiki>

Anon., n.d. USA TODAY. [Online]
Available at: <https://eu.usatoday.com/story/news/nation/2025/08/04/e-scooter-safety/85347698007/>

Apurv, K., Tian, R. & Sherony, R., 2021. Detection of E-scooter Riders in Naturalistic Scenes. 28 November.

Apurv, K., Tian, R. & Sherpny, R., 2021. Detection of E-scooter Riders in Naturalistic Scenes. November.

Carson, J., Jost, G. & Meinero, M., 2024. IMPROVING THE ROAD SAFETY OF E-SCOOTERS. s.l.:s.n.

Challas, S., 2024. GoCar. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.gocar.gr/news/feed/46842,Hlektrika-Patinia-trakaroy-n-alkool.html>

Chen, D. et al., 2024. Performance Evaluation of Real-Time Object Detection for Electric Scooters.

Dnews, 2025. Ηλεκτρικά πατίνια στην Αθήνα: Πού θα απαγορεύεται η κυκλοφορία και η στάθμευση. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.dnews.gr/eidhseis/ellada/553483/ilektrika-patinia-stin-athina-poy-tha-apagoreyetai-i-kykloforia-kai-i-stathmefsi#:~:text=%CE%A4%CE%B9%20%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9%20%CE%BF%20%CE%9A%CE%9F%CE%9A%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%2>

[Πρόσβαση 2025].

Dozza , M., 2025. CHALMERS. [Online]
Available at: <https://www.chalmers.se/en/current/news/m2-e-scooter-crashes-mainly-caused-by-reckless-driving/>

Gkatzias, A., 2020. *Δεδομένα και προοπτικές της μικροκινητικότητας στην Ελλάδα με έμφαση στα e-scooters και μελέτη περίπτωσης στη Θεσσαλονίκη.* Thessaloniki: s.n.

Gossling, S., 2020. Integrating e-scooters in urban transportation: Problems, policies, and the prospect of system change.

Hardinghaus, M., Oostendorp, R., Leschik, C. & Zhang, M., 2021. E-Scooters appear on bike infrastructure: users and usage, conflicts and coexistence with cycling.

Hartz, et al., 2025. *Deutsches Ärzteblatt.* [Online]
Available at: <https://di.aerzteblatt.de/int/archive/article/244018>

Hayashi, H., Oka, N., Kamezaki, M. & Sugano , S., 2020. Development of a Situational Awareness Estimation Model Considering Traffic Environment for Unscheduled Takeover Situations. October.

Hermawan, K. & Le, D.-T., 2022. Examining Factors Influencing the Use of Shared Electric Scooters.

Karaziou, D., 2025. *LIFO.* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.lifo.gr/stiles/optiki-gonia/ti-tha-ginei-epiteloys-me-ta-ilektrika-patinia-stin-athina>

Kegalle, H. N., Hettiachchi, D., Chan, J. & Sanderson, M., 2025. Watch Out! E-scooter Coming Through!: Multimodal Sensing of MixedTraffic Use and Conflicts Through Riders' Ego-centric Views. March.

Kim, C., Yu, S. & Lee, K. Y., 2024. Development of an Electric Scooter Photo Recognition System Using YOLO..

Kjaerup, M., Skov, M. B. & Van Berkel, N., 2021. E-Scooter Sustainability – A Clash of Needs, Perspectives, and Experiences. August.

Korosidis, I. & Chatzipanagiotou, P., 2022. Thessaloniki: s.n.

Losada, A. et al., 2025. Extracting Parameters of Vulnerable Road Users' Behavior from Video Observation for Modeling of Urban Microsimulation. September.

Observatory, E. U. M., 2023. *ETSC and PACTS set out safety recommendations for e-scooters and their riders.* [Online]
Available at: https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/etsc-and-pacts-set-out-safety-recommendations-e-scooters-and-their-riders-2023-03-03_en

Pauopoulos, V., 2006. *Εισαγωγή στη Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων με το SPSS for Windows.* s.l.:s.n.

- Sestakovskis, R., 2023. Computer Vision-Based Dangerous Riding Behaviors Detection. June.
- Siebert, F. W. et al., 2023. Computer vision-based helmet use registration for e-scooter riders – The impact of the mandatory helmet law in Copenhagen. December.
- Skiannis, D., 2025. <https://getelectric.gr/episimo-to-elliniko-ilektriko-skoyter-noos-specs-kai-times/>. *Getelectirc*, May.
- Streubel, . S., Verroust, A., Resende, P. & de Beaucorps, P., 2017. *ReSearchGate*. [Online] Available at: https://www.researchgate.net/figure/The-Post-Encroachment-Time-PET_fig3_317596681
- Subramanyam, R. P., Naik, A. & Suresh, M. A., 2023. Accident Prediction on E-Bikes Using Computer Vision. *IEEE Xplore*.
- Ventura, R. et al., 2025. Using computer vision and street-level videos for pedestrian-vehicle tracking and behaviour analysis. *Transportation Research interdisciplinary Perspectives*.
- Yuan, Y. & Zhu, L., 2026. Shared electric scooter energy consumption modeling and influencing factor analysis.
- Δήμος Αθηναίων, 2025. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.cityofathens.gr/synantisi-dimarchoy-athinaion-chari-doyka-4-etaireies-ilektrikon-patinion/>
- Ε. ν., 2025. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.ertnews.gr/eidiseis/ellada/neoi-kanonismoi-gia-ta-ilektrika-patinia-stin-athina-pou-epitrepetai-kai-pou-oxi-i-kykloforia-tous-ta-oria-taxytitas-kai-i-stathmeysi-xartis/>
- Ημερίσια, 2025. *Νέοι κανόνες για τα ηλεκτρικά πατίνια στην Αθήνα - Τι αλλάζει*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://www.imerisia.gr/koinonia/118592_neoi-kanones-gia-ta-ilektrika-patinia-stin-athina-ti-allazei

Παράρτημα

Μέση ταχύτητα	Ελάχιστος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση	Ελάχιστος μεταγενέστερος χρόνος μεταξύ διελεύσεων	Φύλο	Κράνος	Ηλικία	Ιδιοκτήτης/Ενοικιαστής	Παραβατικοί	Δρόμος/Πεζοδρόμιο
2,332	11,4	35,5	1	1	1	1	0	1
8,469	2,00		1	1	1	1	0	0
7,63	13,38		1	1	1	1	0	1
2,283	6,48	3,429	1	1	1	1	0	1
0,949	120,4		0	1	1	1	0	1
	679,3		1	0	1	1	0	1
4,701	106,2		1	0	0	1	0	1
5,68	4,307	1,391	1	1	1	1	0	0
7,912	7,735	1,903	1	1	1	1	0	0
8,711	4	1,924	1	0	0	0	0	0
9,417	41,68	1,623	1	0	1	1	1	1
6,919	18,43	1,177	1	0	1	0	0	1
5,175	6	1,189	1	0	0	0	1	0
3,639	16,57	0,032	1	0	1	1	0	0
2,372	16,2	2,124	1	1	1	1	0	0
3,534	2,077	0,002	0	0	0	0	0	0
			1	0	0	0	1	1
			1	0	1	0	0	1
			0	0	1	0	0	1
			1	1	0	1	0	0
			1	0	1	1	0	1
			1	0	1	1	0	1
			1	1	1	1	0	0
	182,9		1	0	0	0	0	1
4,189	6,431		1	0	1	0	0	1
3,892	36,39	0,212	0	0	1	1	0	1
3,598	5,350	9,672	1	1	1	1	0	1
			1	0	1	0	0	1
			1	1	0	1	0	0
			1	0	0	0	0	1
4,087	11,79	1,553	1	1	0	1	0	1
3,517	48,73	6,541	1	0	0	1	0	0
2,285	10,8	1,743	1	0	0	0	0	0
			1	1	1	1	0	1
2,560	18,81	7,236	1	0	1	0	0	0
			1	0	1	0	0	1
3,695	2,133	0,502	1	1	1	1	1	0

			1	0	1	1	0	1
0,919	2,04	121,0	0	0	1	0	0	0
1,501	17,47		1	0	1	1	0	0
3,8	6,370	0,511	0	1	1	1	0	1
8,438	6,825	0,408	1	1	1	1	0	0
9,4	21,68	0,527	1	0	1	1	0	1
5,28	3,222	0,097	1	0	1	0	1	0
1,929	14,36	3,661	1	1	0	1	0	0
4,739	11,37	0,904	1	1	1	1	0	1
5,295	3,176	10,38	0	0	1	1	1	0
6,2	78,85	31,46	1	1	1	1	0	1
6,543	5,8	2,541	1	0	1	0	0	1
7,145	16,55	23,48	1	0	1	1	0	1
	3,006		1	0	1	0	0	0
	11,83		0	0	1	0	0	0
3,653	18,63	0,428	0	0	1	0	0	1
6,38	11,89	0,088	1	0	1	0	0	1
2,874	29,11	0,276	1	0	0	1	1	0
2,533	6,731	1,488	1	1	1	1	0	0
2,11	24,03	4,204	1	1	1	1	0	0
3,4	45,19	1,224	1	0	1	0	0	0
	114,1		1	1	1	1	0	1
	257,6		0	1	1	1	0	1
6,045	54,62	2,347	1	0	1	1	0	1
	95,67		1	1	1	1	0	1
4,578	18,56	25,29	1	0	1	0	0	0
2,92	2,742	30,25	1	0	0	1	0	0
5,872	3,012	4,153	1	1	1	1	0	0
4,584	22,06		0	0	1	0	0	0
3,828	3,836	3,281	1	0	0	1	0	0
1,478	55,61		0	1	1	1	0	1
5,124	3,32	23,72	1	1	1	1	0	1
5,333	3,591	0,611	0	0	1	1	0	0
4,532			0	0	0	1	0	0
2,474	4,612	0,063	1	0	1	1	0	0
8,1			1	0	1	1	0	1
8,1			1	0	1	1	0	1
8,85	2,517	34,12	1	0	1	1	0	1
5,578	3,378	4,467	0	0	1	0	0	1
4,897	19,60	27,38	0	1	1	1	0	0
1,759	14,98	0,96	1	1	1	1	0	1
2,255	60,50	7,480	1	0	0	0	0	1
9,817	14,14		1	0	1	0	0	1
8,022	8,726	0,566	1	0	1	0	0	1
6,718	198,0	189,3	1	0	1	0	0	0
3,534	13,59	23,62	1	1	1	1	0	0

7,163	109,2	3,309	1	0	1	0	0	0
1,732	8,663	18,34	1	1	1	1	0	0
3,310	7,663	3,661	1	1	1	1	0	0
2,861	13,80		1	0	1	0	0	0
7,613	10,15	1,692	1	1	1	1	0	1
3,126	15,31	29,30	0	0	1	1	0	0
3,126	15,31	29,30	1	0	1	1	0	0
2,967	15,68	1,471	1	0	1	1	0	0
5,776	28,47		1	0	1	0	0	1
7,736	24,39	2,174	0	0	1	0	0	0
3,418	27,35	1,878	1	1	1	1	0	0
2,978	2,607	2,436	1	0	1	1	0	0
8,693	46,33	2,870	1	1	1	1	0	1
2,969	42,69	1,740	0	0	1	0	0	0
	10,25		1	1	1	1	0	1
0,912	154,2		1	1	1	0	0	0
2,126	4,287	5,287	1	0	1	0	0	1
2,429	4,820	1,216	1	0	1	1	0	0
3,749	33,36	21,60	1	1	1	1	0	0
1,131	15,52	16,18	1	1	1	1	0	0
			1	0	1	1	0	0
4,347	32,41	34,08	1	1	1	1	0	1
3,265	5,102	7,150	0	1	1	1	0	0
3,429	21,30		1	1	1	1	0	1
			1	1	1	1	0	1
8,384	10,12	8,226	1	0	1	0	0	1
8,706	10,89	30,56	1	1	1	1	0	0
6,908	3,514	6,061	1	0	1	0	0	1
			1	0	1	0	0	1
2,737	2,023	4,542	1	0	1	0	0	0
6,473	5,238	4,269	1	0	1	0	0	1
8,100	6,789	7,040	1	0	0	1	0	0
9,300	8,355	33,81	1	0	1	1	0	1
3,848	4,486	1,647	1	1	1	1	0	0
7,445	8,396	0,637	1	0	0	0	0	1
2,166	8,149	0,315	0	0	1	0	0	0
			1	0	1	1	0	1
2,193	3,746	0,488	1	0	1	0	0	0
2,947	11,68	8,868	1	0	1	0	0	0
2,982	6,492	1,353	1	0	1	0	0	0

Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων

Μέγιστη Ταχύτητα	Παραλίγο ατύχημα	Μέγιστη Ταχύτητα	Παραλίγο ατύχημα	Μέγιστη Ταχύτητα	Παραλίγο ατύχημα
4,317	0		0	6,530	0
9,532	1	4,978	0	7,669	0
8,673	0	5,143	0	7,929	0
3,784	0	4,872	0	9,154	0
2,547	0				0
	0				0
5,785	0			3,653	0
6,842	0	4,971	0	6,932	0
8,437	0	3,984	0	3,170	0
9,178	0	6,856	0	4,002	0
9,589	0		0	3,700	0
7,954	0	4,623	0	4,325	0
6,314	0				0
4,866	0	4,7889	1		0
3,754	0			7,412	0
4,785	1	1,845	1		0
		2,432	0	5,823	0
		5,32	0	4,651	1
		8,743	0	6,655	0
		9,586	0	5,134	0
		7,534	0	5,834	0
		2,9731	0	1,854	0

		5,713	0	5,984	0
6,678	0	8,731	0	4,194	0
5,731		3,126	0	5,591	0
3,237	0	3,126	0		
8,694		4,965	0	8,998	0
8,793		7,129	0	8,706	0
8,982	1	8,376	0	7,380	0
7,859	0	4,124	0		
5,389	0	4,258	1	3,865	1
2,253	0	8,693	0	7,274	0
2,897	0	3,578	0	9,954	0
9,917	0		0	9,337	0
8,245	0	1,426	0	4,048	0
8,440	0	2,985	0	7,915	0
4,600	0	3,120	0	2,863	0
8,965	0	4,532	0		
2,153	0	1,131	0	2,852	0
4,756	0			3,926	0
3,429	0	4,347	0	3,966	0

Πίνακας αποτύπωσης μέγιστων ταχυτήτων και κρίσιμων χρόνων για σύγκρουση