



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση χαρακτηριστικών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών



Ευαγγελία Ψουρογιάννη

Επιβλέπων καθηγητής | Παναγιώτης Παπαντωνίου

Αθήνα, Ιούλιος 2024



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF SURVEYING AND GEOINFORMATICS ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

Investigation of charging characteristics of e-scooters



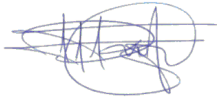

Evangelia Psourogiani

Supervisor | Panagiotis Papantoniou

Athens, July 2024

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ/ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	Παπαντωνίου Παναγιώτης (Επιβλέπων)	Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.	
2.	Δημοσθένης Παύλου	Διδάσκων ΠΑ.Δ.Α.	
3.	Μιλτιάδης Λάζογλου	Διδάσκων ΠΑ.Δ.Α.	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ευαγγελία Ψουρογιάννη του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 18391021 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα,

Ευαγγελία Ψουρογιάννη



Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω προπάντων τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την αφιέρωσή του, την βοήθειά του, τις οδηγίες του και τις γνώσεις του που οδήγησαν στην εκπόνηση της εργασίας μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ξανά τον κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, τον κ. Δημοσθένη Παύλου και την Πολιτικό Μηχανικό Παναγιώτα Σπανού για την συμβολή τους στην πρώτη μου επαφή και γνωριμία με των τομέα των συγκοινωνιακών έργων.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την αναντικατάστατη παρέα που γνώρισα κατά την διάρκεια των σπουδών μου, για όλα τα όμορφα, τα άσχημα, τις αγωνίες και τα άγχη που μοιραστήκαμε αυτά τα χρόνια αλλά και για όσα περιμένουμε να έρθουν στο επόμενο στάδιο της ζωής μας. Πιο συγκεκριμένα, θέλω να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον συμφοιτητή και φίλο μου Ιωάννη Βλάχο για την τέλεια συνεργασία που είχαμε, στην συμφοιτήτρια και φίλη μου Ειρήνη- Νεφέλη Κλαμπατσέα για το άγχος της που με κρατούσε σε εγρήγορση αυτά τα χρόνια και φυσικά στην Ελένη Τρυφωνοπούλου που έγινε μία απ' τις καλύτερές μου φίλες.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξή τους με κάθε τρόπο καθ' όλη την διάρκεια της ζωής μου, την επιμονή τους και το πείσμα τους για την αξία των σπουδών.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Βασίλη, ένα από τα πιο κοντινά μου άτομα για την στήριξη, την υπομονή και τα νεύρα που αντέχει στα ξεσπάσματά μου.

Τέλος, ευχαριστώ την αδερφή μου για την ύπαρξή της.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την ραγδαία εξάπλωση της μικροκινητικότητας τα τελευταία χρόνια, η οποία χαρακτηρίζεται από τη χρήση ηλεκτρικών σκούτερ και άλλων ηλεκτρικών οχημάτων. Η μικροκινητικότητα έχει την δυνατότητα να επιλύσει πολλά από τα προβλήματα που σχετίζονται με τις μεταφορές που αντιμετωπίζουν οι πόλεις παγκοσμίως και μπορεί ενδεχομένως να προωθήσει σημαντικές τροποποιήσεις του τρόπου μετακίνησης με χρήση ιδιωτικών οχημάτων. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα κρίσιμα ερωτήματα που δεν έχουν ακόμη απαντηθεί με πυρήνα το εξής ζήτημα: Είναι τα ηλεκτρικά πατίνια ενεργειακά αποδεκτά; Το πρόβλημα αυτό είναι ζωτικής σημασίας, διότι τα ορυκτά καύσιμα εξακολουθούν να αποτελούν την κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στον σημερινό κόσμο, άρα η αποδοτικότητα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην εξέταση του κατά πόσο μια υπηρεσία κινητικότητας είναι πραγματικά βιώσιμη.

Με βάση τα παραπάνω, ο στόχος της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει την προσέγγιση των ιδιοκτητών ηλεκτρικών πατινιών σχετικά με τα χαρακτηριστικά μπαταρίας και φόρτισης των ηλεκτρικών πατινιών μέσω μιας προσέγγισης δεδηλωμένης προτίμησης. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, διεξήχθη έρευνα με τη χρήση διαδικτυακού ερωτηματολογίου, με μέσο όρο διάρκειας συμπλήρωσης οκτώ λεπτά. Η διαδικασία συλλογής δεδομένων διήρκησε περίπου δύο μήνες, ενώ στο ερωτηματολόγιο αναφερόταν σαφώς ότι οι πληροφορίες που θα συγκεντρωθούν θα χρησιμοποιηθούν μόνο για επιστημονικούς σκοπούς και ότι θα ληφθούν υπόψη όλα τα πρωτόκολλα DGPR. Το συνολικό δείγμα αφορά 98 συμμετέχοντες. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τέσσερα μέρη: Χαρακτηριστικά κινητικότητας, γνώμες και απόψεις για τα πατίνια και τα χαρακτηριστικά μπαταρίας τους, έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης και δημογραφικά στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, το τρίτο μέρος περιείχε το πιο σημαντικό μέρος του ερωτηματολογίου, το τμήμα των δεδηλωμένων προτιμήσεων. Συγκεκριμένα, παρατέθηκαν επτά σενάρια σχετικά με πιθανές επιλογές ηλεκτρικών πατινιών. Κάθε σενάριο είχε δύο πιθανές επιλογές που διέφεραν ως προς τις εξής τρεις παραμέτρους: χρόνος φόρτισης (ώρες), αυτονομία (χιλιόμετρα), μέγιστη ταχύτητα (χιλιόμετρα/ώρα).

Στη συνέχεια, στο πλαίσιο της στατιστικής ανάλυσης, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης, από το οποίο εξήχθησαν οι συντελεστές χρησιμότητας που περιγράφουν μαθηματικά τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας των ηλεκτρικών πατινιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πιθανότητα επιλογής ενός πατινιού επηρεάζεται σημαντικά και από τα τρία πειραματικά χαρακτηριστικά, καθώς και από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, η αυτονομία και η μέγιστη ταχύτητα αποδείχθηκε ότι έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην επιλογή ενός ηλεκτρικού πατινιού από τους δυνητικούς χρήστες, ενώ η διαφορετική ηλικία και η οικονομική κατάσταση σχετίζονται επίσης σε μεγάλο βαθμό με τις προτιμήσεις του ηλεκτρικού πατινιού. Με βάση τα παραπάνω και τα συνολικά αποτελέσματα της έρευνας, μπορούν να εξαχθούν διάφορες πρακτικές συστάσεις σχετικά με την ενεργειακή απόδοση της μικροκινητικότητας γενικά, οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τους εν δυνάμει οδηγούς ηλεκτρικών πατινιών όσο και για τους φορείς χάραξης πολιτικής.

Λέξεις κλειδιά: ηλεκτρικά πατίνια, μπαταρίες, φόρτιση, ερωτηματολόγιο, ανάλυση δηλωμένης προτίμησης.

Abstract

The rapid spread of micromobility in the last years, characterized using e-scooters and other electric micromobility devices, has brought new mobility characteristics to urban planners and new infrastructure requirements to the cities. Micromobility has the potential to solve many of the transport related problems that cities worldwide are facing and can potentially promote significant modal shifts away from private motorized vehicles. However, there are some crucial questions that have yet to be answered based on the key issue: are e-scooters energy efficient? This problem is vital because fossil fuel is still the major source of electricity in today's world. Efficiency should be considered in the judgment of whether a mobility service is truly sustainable.

Based on the above, the objective of the present study is to investigate the approach of e-scooters owners on the battery/charging characteristics of e-scooters through a stated preference approach. To achieve this objective, a survey was conducted using an online questionnaire, with an average duration of completion of eight minutes. The data collection process lasted approximately two months, while it was clearly stated in the questionnaire that the information gathered will be used only for scientific reasons and all DGPR protocols will be considered. The overall sample refers to 98 participants. The questionnaire consisted of four parts: Mobility characteristics, opinions and views on s-scooters and their battery characteristics, Stated preference survey and demographics. More specifically, the third section contained the most important part of the questionnaire, the stated preference part. Seven scenarios concerning e-scooters were listed. Each scenario had two viable options which differ in three parameters: charging time (hours), autonomy (km) and maximum speed (km/h).

Then within the framework of the statistics analysis, a logistic regression model was developed, from which the utility functions, that mathematically describe the battery characteristics of e-scooters, were extracted. Results showed that the probability of choosing an e-scooter is significantly affected by all three experimental attributes as well as demographic characteristics. More specifically, autonomy and max speed proved to have a higher effect on the selection of an e-scooter by the potential users while different age and economic situation are also high correlated on the preferences of the e-scooter. Based on the above key findings and the overall research results, several practical recommendations on the energy efficiency of micromobility in general can be extracted, which are crucial both for stakeholders as well as for policy makers.

Keywords words: e-scooters, batteries, charging, questionnaire, stated preference analysis.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1:Εισαγωγή.....	11
1.1.Γενικά	11
1.1.1.Μικροκινητικότητα.....	11
1.1.2.Ηλεκτρικά πατίνια-Ιστορική αναδρομή	13
1.1.3 Χαρακτηριστικά μπαταριών	16
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	19
1.3 Μεθοδολογία	19
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	20
Κεφάλαιο 2: Υφιστάμενη κατάσταση	22
2.1 Γενικά	22
2.1.1.Νομοθετικό Πλαίσιο στην Ελλάδα.....	22
2.1.2 Καλές πρακτικές εξωτερικού	24
2.2 Συναφείς έρευνες.....	29
2.3 Σύνοψη.....	38
Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	41
3.1 Εισαγωγή	41
3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής	41
3.3 Βασικές Κατανομές.....	42
3.4 Μαθηματικά Πρότυπα.....	42
3.5 Στατιστική αξιολόγηση-Κριτήρια αποδοχής προτύπου	47
Κεφάλαιο 4: Συλλογή δεδομένων.....	50
4.1 Εισαγωγή	50
4.2 Συλλογή δεδομένων	50
4.2.1 Ερωτηματολόγιο	50
4.2.2 Σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης	52
4.2.3 Συλλογή δεδομένων.....	53
4.3 Περιγραφική ανάλυση.....	55
Κεφάλαιο 5: Ανάλυση.....	61
5.1 Γενικά	61
5.2 Κωδικοποίηση δεδομένων	61
5.3 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio	63
5.4 Κώδικας.....	63
5.5 Αποτελέσματα	68

5.6 Ανάλυση Συντελεστών.....	68
5.7. Συνάρτηση χρησιμότητας.....	71
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	73
6.1 Σύνοψη.....	73
6.2 Συμπεράσματα.....	74
6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	75
Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία.....	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	79

Κεφάλαιο 1:Εισαγωγή

1.1.Γενικά

1.1.1.Μικροκινητικότητα

Μια νέα καινοτόμος λύση που αφορά τις αστικές μεταφορές είναι η **μικροκινητικότητα**, με στόχο την δυνατότητα παροχής εναλλακτικών επιλογών για τις μεταφορές μικρών αποστάσεων εντός μίας αστικής περιοχής, και αποτέλεσμα την ελάττωση της χρήσης των ιδιωτικών μηχανοκίνητων οχημάτων. Αυτός ο τρόπος μετακίνησης έχει αναπτυχθεί με γοργούς ρυθμούς σε αρκετές πόλεις σε εθνικό επίπεδο, αποδεικνύοντας έτσι πως είναι μια δημοφιλής επιλογή μεταφοράς για πολλούς πολίτες.

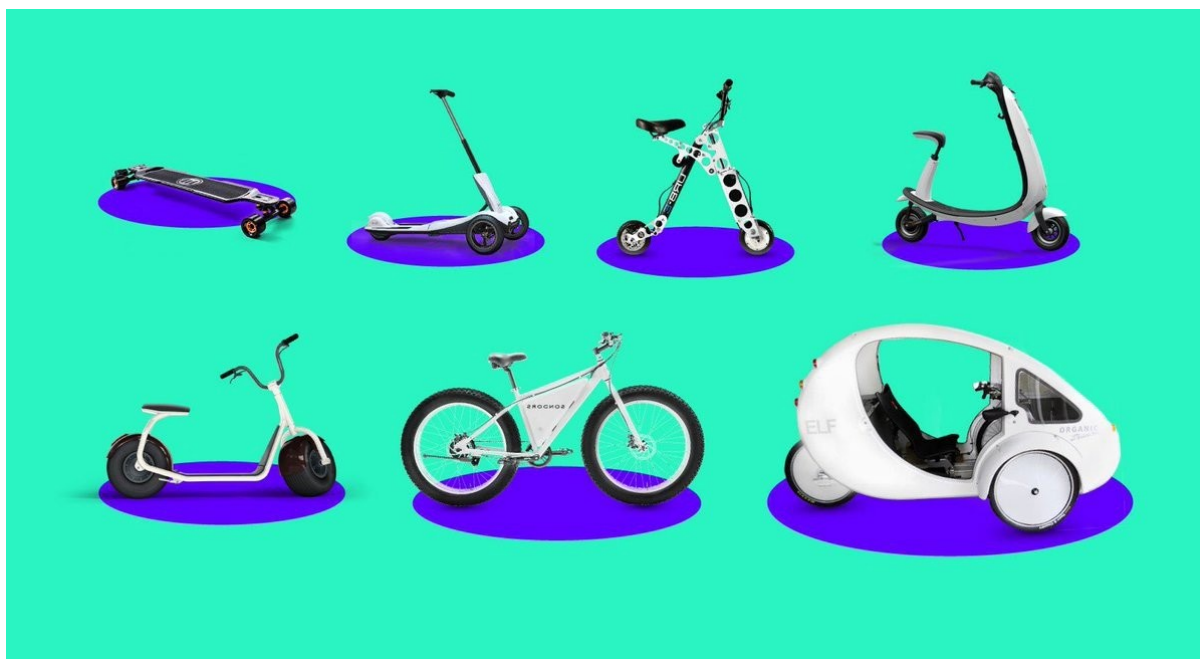
Τα οχήματα που συμπεριλαμβάνονται στο πλαίσιο της μικροκινητικότητας, λειτουργούν με ταχύτητες έως 45 χιλιόμετρα/ώρα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα ηλεκτρικά πατίνια. Καλύπτονται μικρές αποστάσεις της τάξης των 5 χιλιομέτρων περίπου, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για τις καθημερινές (και όχι μόνο) μετακινήσεις εντός αστικών περιοχών.

Τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της πανδημίας που εμφανίστηκε στον κόσμο, σημειώθηκε σημαντική απομάκρυνση των πολιτών από τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Αυτό το γεγονός, θα μπορούσε να θεωρηθεί αιτία στροφής των πολιτών προς την μικροκινητικότητα. Συνεπώς, εμφανίστηκε μια σημαντική ευκαιρία για την λήψη μέτρων που θα κάνουν το παραπάνω είδος μετακίνησης πιο ελκυστικό προς το κοινό , ενώ τελικά θα πραγματοποιηθεί και ένα μεγάλο βήμα προς την βιώσιμη αστική κινητικότητα.

Η μικροκινητικότητα θα μπορούσε να αποτελέσει σταθμό μιας πράσινης πόλης. Εξάλλου, δεν είναι λίγες οι χώρες της Ευρώπης, της Ασίας ή και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (Η.Π.Α.) που επωφελούνται απ' την εμφάνισή της κυρίως στον τομέα του περιβάλλοντος, αφού από δεδομένα είναι πλέον γνωστό πως οι ρύποι από το διοξείδιο του άνθρακα έχουν μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Επίσης, η σχέση των οχημάτων που περιλαμβάνει ο όρος της μικροκινητικότητας είναι αντιστρόφως ανάλογη με τα ιδιωτικά οχήματα, γεγονός που οδηγεί στην αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της ηχορύπανσης.

Στην Ελλάδα, μέσω του **Σχεδίου Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (Σ.Β.Α.Κ.)** , έχει αρχίσει να εφαρμόζεται η λύση της μικροκινητικότητας. Πιο συγκεκριμένα, έγινε εισαγωγή ηλεκτρικών πατινιών προς κοινή χρήση. Τα πατίνια αυτά έχουν μέγιστη ταχύτητα 25 χιλιόμετρα/ώρα , καθώς είναι και εξοπλισμένα με φρένα, φώτα και ηχητικές προειδοποιήσεις με σκοπό την επίτευξη της ασφάλειας των οδηγών. Παράλληλα, τα οχήματα αυτά προβλέπεται να μπορούν να κινηθούν τόσο στα πεζοδρόμια (με μέγιστη ταχύτητα 6 χιλιόμετρα/ώρα) , όσο και στον δρόμο (με μέγιστη ταχύτητα 50 χιλιόμετρα/ώρα). Βέβαια, αν και έχουν γίνει οι αρχικές

προσπάθειες αξιοποίησης της μικροκινητικότητας, δεν αποτελεί ακόμη αρκετά δημοφιλή τρόπο μετακίνησης.



Εικόνα 1- Μορφές Μικροκινητικότητας

Τελικά, εμφανίζεται το ζητούμενο της εύρεσης τρόπων προώθησης της μικροκινητικότητας στα αστικά κέντρα, με πρωταρχική μέριμνα την ασφάλεια. Στην έκθεση που δημοσίευσε το Διεθνές Φόρουμ Μεταφορών (ITF) τον Φεβρουάριο του 2020, προέκυψε το συμπέρασμα πως οι οδηγοί των ηλεκτρικών πατινιών ή ποδηλάτων διατρέχουν κινδύνους κατά την διάρκεια της πορείας τους σε μία οδό λόγω της διαφοράς των ταχυτήτων με τα βαριά μηχανοκίνητα οχήματα. Αντίστοιχα, υπάρχουν κίνδυνοι για τους πεζούς κατά την διάρκεια της πορείας των μέσων μικροκινητικότητας στα πεζοδρόμια, λόγω της διαφοράς των ταχυτήτων τους με τους πεζούς, διότι αν και η επιτρεπόμενη ταχύτητα στα πεζοδρόμια είναι 6 χιλιόμετρα/ώρα, μπορεί να αυξηθεί. Συνεπώς, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως απαιτείται η δημιουργία οριοθετημένων ζωνών κίνησης των μέσων μικροκινητικότητας, οι οποίες θα διαχωρίζουν από τους δρόμους κυκλοφορίας βαρειών οχημάτων ενώ παράλληλα θα εξασφαλίζουν την ασφάλεια των πεζών.

Συμπερασματικά, αν και έχουν γίνει τα αρχικά βήματα ένταξης της μικροκινητικότητας στην καθημερινότητα των ανθρώπων ανά τον κόσμο, υπάρχει έλλειψη οργάνωσης και υποδομών, με αποτέλεσμα να μην μπορεί ακόμη να θεωρηθεί δημοφιλής τρόπος μετακίνησης. Άρα, μέσω προώθησης και επίλυσης τυχόν προβλημάτων αρκετές αστικές περιοχές θα γίνουν πράσινες εφόσον θα αναπνεύσουν περιβαλλοντικά, οικονομικά αλλά και κοινωνικά.

1.1.2. Ηλεκτρικά πατίνια-Ιστορική αναδρομή

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα και στον υπόλοιπο κόσμο παρατηρούνται διασκορπισμένα στους δρόμους και στις πλατείες ηλεκτρικά πατίνια με σκοπό την εξυπηρέτηση των μετακινήσεων τόσο των κατοίκων, όσο και των τουριστών.



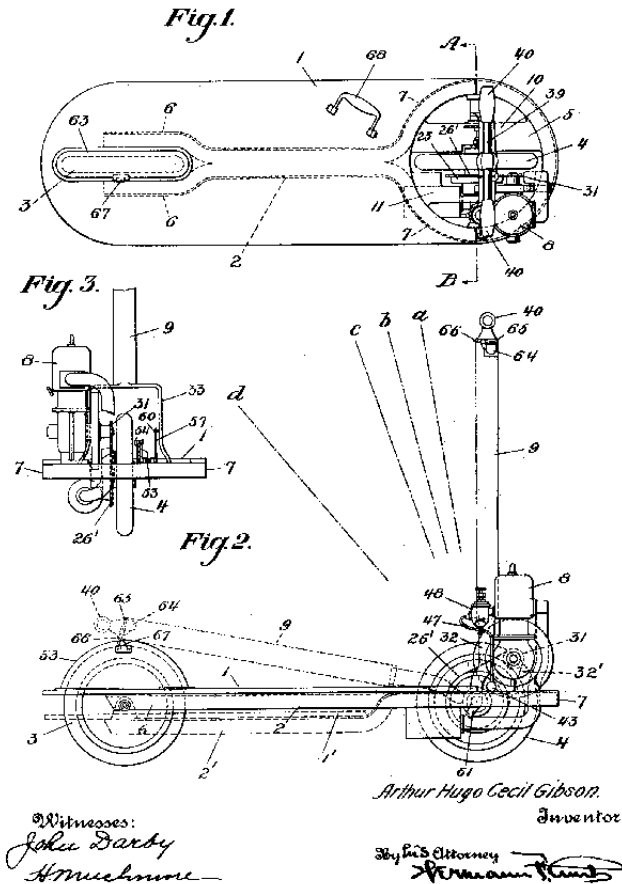
Εικόνα 2-Πρώτα ηλεκτρικά πατίνια

Όμως, τα πατίνια δεν έκαναν την πρώτη τους εμφάνιση στις πόλεις σαν ηλεκτρικά οχήματα. Εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην Αμερική, ως μηχανοκίνητα οχήματα, καθώς το 1915 χρησιμοποιήθηκαν τα Autoped από την εταιρεία Krupp (γνωστά και ως Krupproller), από τις ταχυδρομικές υπηρεσίες ώστε να είναι ταχύτερη η παράδοση της αλληλογραφίας.



Εικόνα 3 Ουάσιγκτον 1817, οι ταχυδρόμοι ήταν απ' τις πρώτες ομάδες που χρησιμοποίησαν ηλεκτρικά πατίνια.

Τα ίδια πατίνια ξεκίνησαν να κατασκευάζονται και στην Γερμανία από το 1919 έως το 1922. Η μορφή του σκελετού τους έμοιαζε με τη σημερινή. Είχε 2 ρόδες, σανίδα ισορροπίας και πηδάλιο. Από διάφορες αναφορές είναι γνωστό πως η ταχύτητα τους έφτανε μέχρι 56 χιλιόμετρα/ώρα, ενώ όταν ξεπερνούσαν την ταχύτητα των 32km/h, δεν μπορούσαν να διατηρήσουν την σταθερότητα που έπρεπε. Ύστερα, η ίδια εταιρεία ξεκίνησε να κατασκευάζει πατίνια τα οποία λειτουργούσαν με την χρήση μπαταρίας. Η αρχική ιδέα για την χρήση των πατινιών ως οχήματα προήλθε από τα παιδικά παιχνίδια που αποτελούνταν από μία ξύλινη σανίδα και έναν σωλήνα για μοχλό.



Εικόνα 4 Arthur Hugo Cecil Gibson's "Self Propelled Vehicle," patented July 25, 1916

Η ιδέα του πατινιού άρχισε να εξαπλώνεται πριν από το 1817 με τον Γερμανό Βαρόνο Karl von Drais de Sauerbrunn να φέρνει στην επιφάνεια την ιδέα του για τα δίτροχα οχήματα των οποίων η πορεία θα ελεγχόταν αποκλειστικά από τον αναβάτη τους. Στην συνέχεια αυτή η ιδέα μετατράπηκε σε ποδηλάτα, τρίκυκλα και πατίνια. Κάποιες δεκαετίες αργότερα, οι μετακινήσεις εξακολουθούσαν να γίνονται με μηχανοκίνητά και τελικά, τον 19^ο αιώνα εμφανίστηκαν οι μηχανές που τροφοδοτούνταν με μπαταρία.

Κατά την διάρκεια της περιόδου εμφάνισης των μηχανοκίνητων οχημάτων, δεν υπήρχε ακόμη Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας, καθώς τα οχήματα ήταν ελάχιστα. Ο πρώτος νόμος που θα σχετιζόταν με την κυκλοφορία τους εφαρμόστηκε το 1901 στη Νέα Υόρκη. Νόμος για την οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ εφαρμόστηκε μία δεκαετία αργότερα και τα φανάρια δημιουργήθηκαν 15 χρόνια μετά.

Βέβαια, το ηλεκτρικό πατίνι ήταν δύσκολο να ξεπεράσει τον ανταγωνισμό που προέκυψε με την δημιουργία ποδηλάτων και μοτοσυκλετών λόγω κόστους και

άνεσης. Επιπλέον, εμφανίστηκαν οικονομικά προβλήματα στις εταιρίες κατασκευής ηλεκτρικών πατινιών λόγω των κανονισμών οδικής ασφάλειας, οι οποίοι έθεταν αρκετούς περιορισμούς στους νέους χρήστες. Έτσι, τα πατίνια χάθηκαν από την επιφάνεια αλλά επέστρεψαν πάλι την δεκαετία του '90, με επένδυση αλουμινίου.

Σήμερα, τα ηλεκτρικά πατίνια έχουν γίνει μια δημοφιλής επιλογή για τις μετακινήσεις στις αστικές περιοχές. Χρησιμοποιούν ηλεκτροκινητήρες ή μπαταρία που τους παρέχει την απαραίτητη ενέργεια, με αποτέλεσμα να αποτελούν και μια εναλλακτική μέθοδο μετακίνησης, φιλική προς το περιβάλλον. Στην αγορά υπάρχουν πλέον Πολλά μοντέλα ηλεκτρικών πατινιών, με διαφορετικές προδιαγραφές για χαρακτηριστικά όπως είναι η ταχύτητα, η αυτονομία, το βάρος και η διάρκεια φόρτισης της μπαταρίας τους.

1.1.3 Χαρακτηριστικά μπαταριών

1.1.3.1. Μπαταρίες ιόντων λίθου

Τα ηλεκτρικά πατίνια χρησιμοποιούν συνήθως **επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λίθου** (Li-ion) ως πηγή ενέργειας. Όμως η τεχνολογία της μπαταρίας των ηλεκτρικών πατινιών μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή ή το μοντέλο. Τα ηλεκτρικά πατίνια ανώτερης κατηγορίας έχουν συνήθως μεγαλύτερη χωρητικότητα μπαταρίας, καθώς και μεγαλύτερη εμβέλεια.

Οι μπαταρίες Li-ion χρησιμοποιούνται ευρέως για φορητές ηλεκτρονικές συσκευές και ηλεκτρικά οχήματα λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, της μεγάλης διάρκειας ζωής και του σχετικά χαμηλού βάρους τους. Η χωρητικότητα της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού πατινιού μετρείται σε βατ-ώρες (Wh) ή αμπέρ-ώρες (Ah). Ένα μέσο ηλεκτρικό πατίνι μπορεί να έχει χωρητικότητα μπαταρίας από 200 Wh για πιο μικρά, ελαφριά μοντέλα, έως 800 Wh για ηλεκτρικά πατίνια με καλύτερες προδιαγραφές. Βέβαια, κάποια ηλεκτρικά πατίνια υψηλών επιδόσεων ή μεγαλύτερης εμβέλειας μπορεί να έχουν χωρητικότητα μπαταρίας που υπερβαίνει τις 1.000 Wh.

Η απόσταση που μπορεί να διανύσει με μία μόνο φόρτιση ένα ηλεκτρικό πατίνι, δηλαδή η εμβέλειά του, εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, όπως η χωρητικότητα της μπαταρίας, η ισχύς του κινητήρα, το έδαφος και η κλίση του, ο τρόπος οδήγησης, η θερμοκρασία και το βάρος του οδηγού. Η μέση εμβέλεια των ηλεκτρικών πατινιών είναι περίπου από 16 έως 64 χιλιόμετρα. Ωστόσο, αυτοί οι αριθμοί μπορεί να διαφέρουν αισθητά με βάση τους παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Σημαντικό είναι πως η τεχνολογία των μπαταριών βελτιώνεται συνεχώς, και τα καινούρια ηλεκτρικά πατίνια μπορεί να έχουν προηγμένες μπαταρίες με αυξημένη ενεργειακή πυκνότητα, ταχύτερη φόρτιση, μεγαλύτερες αποστάσεις.

Πιο αναλυτικά, οι μπαταρίες Li-ion έχουν αρκετά πλεονεκτήματα και μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση συγκριτικά με τις μπαταρίες μόλυβδου οξέος.

Κάποια **πλεονεκτήματα** είναι τα εξής:

- Μικρό βάρος
- Υψηλότερη τάση των στοιχείων
- Μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα
- Χαμηλή αυτοεκφόρτιση
- Γρήγορη (συνήθως) επαναφόρτιση
- Αντοχή σε κυκλικές εφαρμογές & σε εφαρμογές εκκίνησης.

Χάρη στα παραπάνω, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα όπως πατίνια, αυτοκίνητα, σκάφη, σε συσκευές οικιακής χρήσης, συστήματα συναγερμών, συστήματα ασφαλείας, βιομηχανικές εφαρμογές και τηλεπικοινωνίες.

Οι μπαταρίες με ονομαστική τάση 12volt, δηλαδή την τάση όταν δεν υπάρχει φορτίο και έξοδος ρεύματος, η οποία αποτελεί και το ανώτερο όριο της τάσης εξόδου του τροφοδοτικού, περιέχουν 4 στοιχεία λιθίου 3,2volt που όταν βρίσκονται σε σύνδεση σε σειρά και είναι πλήρως φορτισμένα, δίνουν τάση εξόδου 13,20 έως 13,35volt.

Τα στοιχεία των μπαταριών αυτών, έχουν αρνητικό ηλεκτρόδιο κατασκευασμένο από λίθιο, στο οποίο κατά την εκφόρτιση γίνεται οξείδωση, δηλαδή ελευθερώνονται ηλεκτρόνια και ρέουν προς το θετικό ηλεκτρόδιο (το ρεύμα κατευθύνεται προς τους πόλους). Αντίστοιχα, κατά την φόρτιση, ελευθερώνονται ηλεκτρόνια και ρέουν προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο (το ρεύμα εισέρχεται στην μπαταρία). Αυτό αποτελεί την θετική-αρνητική πολικότητα των μπαταριών ιόντων λιθίου.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούν ιόντα λιθίου, τα οποία μετακινούνται μεταξύ της καθόδου και της ανόδου κατά την διαδικασία της φόρτισης και της εκφόρτισης αντίστοιχα και δεν περιέχουν λίθιο σε μεταλλική μορφή. Τα τρία λειτουργικά στοιχεία αυτού του είδους μπαταριών είναι:

- Το θετικό ηλεκτρόδιο
- Το αρνητικό ηλεκτρόδιο
- Ο ηλεκτρολύτης.

Κύκλοι και διάρκεια ζωής των μπαταριών ιόντων λιθίου

Το βιομηχανικό πρότυπο που αφορά στη ζωή των επαναφορτιζόμενων μπαταριών, ορίζεται συνήθως από τον αριθμό πλήρων κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης. Όμως η ζωή της μπαταρίας μπορεί να επηρεαστεί επειδή το πλήρες βάθος αποφόρτισης-επαναφόρτισης μπορεί να μειώσει την ζωή της μπαταρίας σε σύγκριση με την αθροιστική απόδοση μερικής αποφόρτισης-επαναφόρτισης σε Ah. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ζωή της μπαταρίας είναι ο ρυθμός αποφόρτισης και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Στις σύγχρονες μπαταρίες Li-ion σημαντικό ρόλο για την διάρκεια ζωής κατέχουν η εσωτερική αντίσταση και η αυτό-εκφόρτιση. Η ζωή της μπαταρίας μπορεί να παραταθεί με την αποφυγή πλήρων εκφορτίσεων καθώς και με την συχνή φόρτιση

μεταξύ των χρήσεων. Οι μπαταρίες ιόντων- λιθίου δεν έχουν μνήμη και δεν χρειάζονται περιοδικούς κύκλους πλήρους εκφόρτισης. Αν φορτίσουμε λιγότερο ένα στοιχείο, θα αποδώσει 600-1.000 κύκλους στα 4.1 volt, 1.200-2.000 κύκλους στα 4.0 volt και 2.400-4.000 κύκλους στα 3,9 volt. Όμως, αυτό έχει και την αρνητική του πλευρά, καθώς για κάθε 0,7 volt μείωσης της τάσης φόρτισης, μειώνεται κατά 10% η χωρητικότητα του στοιχείου.

Ο πολλαπλασιασμός του χρόνου ζωής της μπαταρίας (στο βάθος του κύκλου) επί την χωρητικότητα δίνει τη συνολική ενέργεια που παράχθηκε κατά τη διάρκεια της ζωής της. Έτσι μπορεί κανείς να υπολογίσει το κόστος ανά kWh της ισχύος (συμπεριλαμβανομένου του κόστους φόρτισης).

Για κάθε μείωση της τάσης αιχμής κατά 0,1 volt διπλασιάζεται ο αριθμός των κύκλων ζωής της μπαταρίας. Τα πιο πολλά στοιχεία Li-ion φορτίζονται σε 4,2 volt και συνήθως αποδίδουν 300-500 κύκλους φόρτισης- εκφόρτισης.

1.1.3.2. Μπαταρίες Μολύβδου οξέος

Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος (Lead-acid batteries) συνήθιζαν να χρησιμοποιούνται ευρέως στα ηλεκτρικά σκούτερ. Οι βασικοί λόγοι ήταν η προσιτή τους τιμή αλλά και η διαθεσιμότητά τους. Όμως, με την εξέλιξη της τεχνολογίας οι μπαταρίες αυτές άρχισαν να αντικαθίστανται σε μεγάλο βαθμό από πιο εξελιγμένους τύπους μπαταριών, όπως αυτές των ιόντων λιθίου που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Πλεονεκτήματα:

- Κόστος: Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος είναι πιο οικονομικές συγκριτικά με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου με αποτέλεσμα να είναι πιο ελκυστικές τόσο για τους αγοραστές όσο και για τον οικονομικό προϋπολογισμό.
- Διαθεσιμότητα: Εκτός από τα ηλεκτρικά σκούτερ, οι μπαταρίες μολύβδου οξέος έχουν πολλές εφαρμογές παγκοσμίως με αποτέλεσμα να είναι άμεσα διαθέσιμες.

Μειονεκτήματα:

- Βάρος
- Περιορισμένη πυκνότητα ενέργειας: Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος έχουν χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου. Δηλαδή, η ενέργεια που αποθηκεύουν συγκριτικά με το βάρος και το μέγεθός τους είναι λιγότερη. Έτσι, είναι πολύ πιθανό να χάνεται μέρος της εμβέλειας οδήγησης για τα ηλεκτρικά σκούτερ.
- Περιορισμένη διάρκεια ζωής κύκλου μπαταρίας: Υπάρχει περιορισμένος αριθμός φορτίσεων- εκφορτίσεων για μια μπαταρία μολύβδου οξέος. Αποτέλεσμα είναι με την πάροδο του χρόνου να μειώνονται η απόδοση και η χωρητικότητα της μπαταρίας.
- Συντήρηση: Αυτό το είδος μπαταρίας χρειάζεται τακτική συντήρηση και στην περίπτωση ακατάλληλης συντήρησης, μπορεί να μειωθεί η διάρκεια ζωής της.

- Περιβαλλοντικές εκτιμήσεις: Εντός μιας μπαταρίας μολύβδου οξέος περιέχονται μολύβδος και θειικό οξύ, τα οποία είναι τοξικές ουσίες, συνεπώς μη φιλικές προς το περιβάλλον.

Συμπερασματικά, οι μπαταρίες μολύβδου οξέος χρησιμοποιούνται ακόμη σε παλαιότερα ή πιο οικονομικά μοντέλα ηλεκτρικών πατινιών. Όμως, αρχίζουν να σπανίζουν αισθητά στα νεότερα μοντέλα. Ο λόγος είναι πως η τεχνολογία ιόντων λιθίου βελτιώνεται συνεχώς και γίνεται πιο προσιτή στους αγοραστές.

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Ο στόχος της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνήσει την προσέγγιση των ιδιοκτητών ηλεκτρικών πατινιών σχετικά με τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας και της φόρτισής τους. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης μέσω ερωτηματολογίου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η συλλογή δεδομένων για τις προτιμήσεις και τις απόψεις των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών σχετικά με τις διάφορες πτυχές της φόρτισης και της απόδοσης της μπαταρίας των ηλεκτρικών πατινιών.

Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη αποσκοπεί στο να απαντήσει τα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της μπαταρίας που επηρεάζουν τον χρήστη ως προς την επιλογή ηλεκτρικού πατινιού;
- Ποια η σημασία του χρόνου φόρτισης, της αυτονομίας και της μέγιστη ταχύτητα για την επιλογή ηλεκτρικού πατινιού;
- Ποιες είναι οι προτιμήσεις των διαφορετικών δημογραφικών ομάδων σχετικά με τα ηλεκτρικά πατίνια;

1.3 Μεθοδολογία

Αρχικά, έγινε η επιλογή του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ο καθορισμός του στόχου. Έπειτα, ακολούθησε η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα ηλεκτρικά πατίνια, τα χαρακτηριστικά των μπαταριών τους, καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο που βρίσκεται σε ισχύ, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες χώρες του εξωτερικού. Στην συνέχεια, συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία της βιβλιογραφίας και των απαντημένων ερωτηματολογίων. Το κυριότερο μέρος του ερωτηματολογίου ήταν τα σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των χαρακτηριστικών ενός ηλεκτρικού πατινιού. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν ο χρόνος φόρτισης, η αυτονομία και η μέγιστη ταχύτητα. Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από συνολικά 98 άτομα, μέσω μιας διαδικτυακής πλατφόρμας (Google forms).



Διάγραμμα 1. Σχηματική Απεικόνιση Δομής Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται σε 7 κεφάλαια με την εξής δομή:

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή. Αρχικά αναλύονται οι βασικές έννοιες της εργασίας, οι οποίες είναι: η μικροκινητικότητα, τα ηλεκτρικά πατίνια και τα χαρακτηριστικά των μπαταριών τους. Έπειτα περιγράφονται ο στόχος της διπλωματικής εργασίας, η μεθοδολογία, στην οποία συνέβαλε το ερωτηματολόγιο, καθώς και η δομή της.

Το **δεύτερο κεφάλαιο** αναφέρεται στην υφιστάμενη κατάσταση. Αναλύει το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα και κάποιων χωρών του εξωτερικού καθώς και τη σύνοψη της νομοθεσίας. Στην συνέχεια παρουσιάζονται συναφείς έρευνες από τη διεθνή βιβλιογραφία και η σύνοψη αυτών. Για την σύνοψη τόσο των πρακτικών εξωτερικού όσο και των ερευνών δημιουργήθηκαν συμπερασματικοί πίνακες.

Το **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζει το θεωρητικό υπόβαθρο της έρευνας. Αναφέρονται αρχικά οι βασικές έννοιες στατιστικής με σκοπό την ένταξη του αναγνώστη στο κεφάλαιο αυτό. Αμέσως μετά, αναλύονται οι βασικές κατανομές και τα μαθηματικά πρότυπα που επιλέχθηκαν για την ολοκλήρωση της εργασίας. Τέλος, περιγράφεται η στατιστική αξιολόγηση και η λειτουργία του ειδικού στατιστικού ελέγχου που θα οδηγήσουν τελικά στα αποδεκτά αποτελέσματα.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφει την μέθοδο συλλογής δεδομένων που πραγματοποιήθηκε. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ανάπτυξη ερωτηματολογίου το οποίο αναλύεται στο κεφάλαιο αυτό. Ακόμη, περιέχονται και τα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης, η επεξεργασία των στοιχείων και η κωδικοποίηση των δεδομένων.

Το **πέμπτο κεφάλαιο** αναφέρεται στα αποτελέσματα της έρευνας. Αρχικά παρατίθενται τα διαγράμματα με τους σχετικούς σχολιασμούς. Γίνεται επίσης, μέσω των μαθηματικών μοντέλων, η ανάλυση των βημάτων που ακολουθήθηκαν. Τέλος παρουσιάζονται τα μοντέλα παλινδρόμησης.

Το **έκτο κεφάλαιο** σχετίζεται με τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά αναφέρονται τα συνολικά ερευνητικά συμπεράσματα και έπειτα κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Το **έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο** παρουσιάζει την βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την συγγραφή της εργασίας.

Τέλος, παρατίθεται και το **παράρτημα** του ερωτηματολογίου.

Κεφάλαιο 2: Υφιστάμενη κατάσταση

2.1 Γενικά

2.1.1. Νομοθετικό Πλαίσιο στην Ελλάδα

Ο Ν4784/2021 ψηφίστηκε στις 16 Μαρτίου 2021 και αποτελεί μια τροποποίηση του Ν2696/1999. Ο νόμος αυτός αναφέρεται στην ένταξη των ηλεκτρικών πατινιών στην κατηγορία των **Ελαφριών Προσωπικών Ηλεκτρικών Οχημάτων (Ε.Π.Η.Ο.)**.

Ως Ε.Π.Η.Ο. ορίζεται το όχημα που κινείται με ηλεκτροκινητήρα και δεν υπάγεται στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού 858/2018/ΕΕ, του κανονισμού 168/2013/ΕΕ, της οδηγίας 2009/48/ΕΚ.

Σε αυτό το είδος οχημάτων υπάγονται τα εξής:

- Πατίνια
- Τροχοπέδιλα ή τροχοσανίδες
- Αυτοεξισορροπούμενα προσωπικά οχήματα, δηλαδή μηχανοκίνητα μονόκυκλα ή δίκυκλα οχήματα διπλής τροχιάς, που βασίζονται σε εγγενή ασταθή ισορροπία και χρειάζονται βοηθητικό σύστημα ελέγχου για να διατηρούν την ισορροπία τους.
- Ε.Π.Η.Ο. που δεν υπάγονται σε κάποια κατηγορία εκ των ανωτέρω, στα οποία συμπεριλαμβάνονται ηλεκτροκίνητα αμαξίδια ατόμων με αναπηρία, ενισχυμένα και απλά scooters και hand bikes ατόμων με αναπηρία.

Ανάλογα με την ταχύτητά τους, τα Ε.Π.Η.Ο. διακρίνονται σε:

- Οχήματα των οποίων η μέγιστη σχεδιαστική ταχύτητα δεν υπερβαίνει τα 6 χιλιόμετρα/ώρα. Τα οχήματα αυτά θεωρούνται και κυκλοφορούν ως πεζοί.
- Οχήματα των οποίων η ταχύτητα είναι από 6 έως 25 χιλιόμετρα/ώρα. Τα οχήματα αυτά θεωρούνται και κυκλοφορούν ως ποδήλατα τηρώντας τους κανόνες σήμανσης και σηματοδότησης και τις απαιτήσεις των ποδηλάτων εκτός αν ορίζεται διαφορετικά στα επιμέρους άρθρα.

Όρια ταχύτητας των Ε.Π.Η.Ο.:

Για τα Ε.Π.Η.Ο. , ανώτερο όριο ταχύτητας θεωρούνται τα 25 χιλιόμετρα/ώρα και απαγορεύεται να κυκλοφορούν σε οδούς όπου το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας των αυτοκινήτων οχημάτων υπερβαίνει τα 50 χιλιόμετρα/ώρα.

- όποιος οδηγεί Ε.Π.Η.Ο., κατά παράβαση της περ. α' της παρ. 5Α, και όποιος το θέτει σε κυκλοφορία τιμωρούνται με διοικητικό πρόστιμο σαράντα (40) και εκατό (100) ευρώ, αντίστοιχα,
- όποιος οδηγεί Ε.Π.Η.Ο. και υπερβαίνει τα 35 χιλιόμετρα/ώρα και όποιος το θέτει σε κυκλοφορία τιμωρούνται με διοικητικό πρόστιμο εκατό (100) και διακοσίων (200) ευρώ, αντίστοιχα.
- όποιος οδηγεί Ε.Π.Η.Ο., κατά παράβαση της περ. β' της παρ. 5Α, τιμωρείται με διοικητικό πρόστιμο ογδόντα (80) ευρώ.»

Απαγόρευση στάσης & στάθμευσης:

Η στάση και η στάθμευση των Ε.Π.Η.Ο. που κινούνται εντός κατοικημένων περιοχών, λιμένων ή χερσαίων ζωνών λιμένων απαγορεύονται:

- Σε διαβάσεις πεζών ή ποδηλατιστών και σε απόσταση μικρότερη των 5 μέτρων από αυτές.
- Σε απόσταση που δεν ξεπερνά τα 12 μέτρα από στάσεις αστικών, υπεραστικών, ηλεκτροκίνητων λεωφορείων και τροchioδρομικών οχημάτων.
- Σε εισόδους και εξόδους κόμβων καθώς και σε απόσταση μικρότερη των 10 μέτρων από τη νοητή προέκταση της πλησιέστερης οριογραμμής του κάθετου οδοστρώματος.
- Σε σιδηροδρομικές ή τροchioδρομικές γραμμές ή πλησίον αυτών, ώστε να παρεμποδίζεται η κίνηση των σιδηροδρομικών ή τροchioδρομικών οχημάτων
- πάνω ή κάτω από γέφυρες, εκτός αν υπάρχουν χώροι ειδικά για στάθμευση
- πάνω σε νησίδες ασφαλείας / διαχωριστικές νησίδες.
- Σε λωρίδες επιτάχυνσης/ επιβράδυνσης
- Σε σήραγγες που υποδεικνύονται από ειδικές πινακίδες (εκτός αν υπάρχουν χώροι που υποδεικνύονται συγκεκριμένα γι' αυτόν τον σκοπό)
- Σε θέσεις όπου βρίσκεται κεκλιμένο επίπεδο (ράμπα) διάβασης ατόμων με αναπηρία ή οδηγός για τυφλούς, αλλά και σε απόσταση μικρότερη από 50 εκ. εκατέρωθεν αυτών.
- Σε χώρους στάθμευσης ειδικά για άτομα με αναπηρία ή σε χώρους στάθμευσης ειδικά για συγκεκριμένο όχημα ατόμων με αναπηρία
- Σε απόσταση που δεν ξεπερνά τα 7 μέτρα πριν και μετά τις ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις.
- Σε θέση απ' την οποία ενοχλείται κάποιο όχημα, το οποίο έχει σταθμεύσει κανονικά, να εξέλθει από αυτόν τον χώρο στάθμευσης.
- Στην περίπτωση που το ελεύθερο μέρος μιας οδού που απομένει δεν είναι επαρκές για την κυκλοφορία των οχημάτων.
- Πριν και μετά την είσοδο/ έξοδο που προορίζεται για την μεταφορά ασθενών από και προς τα νοσοκομεία, τις κλινικές ή τους σταθμούς πρώτων βοηθειών.
- Αν εμποδίζεται η χρήση των χώρων στάθμευσης που χαρακτηρίζονται απ' την αντίστοιχη σήμανση.
- Σε ειδικούς χώρους στάθμευσης επιβατηγών αυτοκινήτων δημόσιας χρήσης (παραδείγματος χάρη: TAXI)
- Σε εισόδους/ εξόδους πεζοδρομίων
- Σε χώρους ειδικούς για στάθμευση ή αφετηρίες υπεραστικών/ τουριστικών λεωφορείων.
- Σε χώρους λιμένων και χερσαίας ζώνης λιμένων που χρησιμοποιούνται για την επιβίβαση/ αποβίβαση ατόμων και την φορτοεκφόρτωση σε πλοία και σκάφη.

Για τα Ε.Π.Η.Ο.:

- ως παραβάτης των διατάξεων που ρυθμίζουν τη στάθμευση θεωρείται μόνο ο οδηγός του οχήματος που καταλαμβάνεται επ' αυτοφώρω,

- σε χώρους μαζικής απόθεσης Ε.Π.Η.Ο. που παραχωρούνται προς χρήση ή ενοικίαση από εταιρείες ενοικίασης ή παραχώρησης προς χρήση, αυτοί καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 34 και στις εταιρείες παραβάτες επιβάλλεται διοικητικό πρόστιμο τριακοσίων (300) ευρώ. Αν η χρήση του χώρου συνεχίζεται και πέραν των πέντε (5) ωρών από τη βεβαίωση της παράβασης, βεβαιώνεται νέα παράβαση τριακοσίων (300) ευρώ από το ίδιο ή άλλο όργανο και μετά την πάροδο του δεύτερου πενταώρου γίνεται μεταφορά των οχημάτων κατά τα οριζόμενα στην παρ. 8, εκτός αν παρεμποδίζεται η κυκλοφορία, οπότε η μεταφορά γίνεται αμέσως.

Επιπλέον απαγορεύσεις για τα Ε.Π.Η.Ο.:

- Η ρυμούλκηση από άλλο όχημα
- Να ρυμουλκούν ή να ωθούν διάφορα αντικείμενα. (εξαιρέση αποτελούν οι οδηγοί ποδηλάτων)
- Η μεταφορά αντικειμένων τα οποία μπορεί να εμποδίζουν την οδήγηση ή να εκθέτουν σε κίνδυνο άλλους χρήστες της οδού.
- Η παράλληλη κίνηση ανά δύο ή περισσότερους οδηγούς.
- Να σύρουν μαζί τους ζώα δεμένα με λουρί.
- Η χρήση ακουστικών που είναι συνδεδεμένα με διάφορες ηχητικές συσκευές.
- Η χρήση κινητού τηλεφώνου, το οποίο δεν είναι τοποθετημένο σε ειδική θέση για ανοικτή ακρόαση.

Υποχρεώσεις για τους οδηγούς Ε.Π.Η.Ο.:

- Να κρατούν το τιμόνι και με τα δύο χέρια (εξαιρώντας την περίπτωση που δίνουν σήμα με βάση τις διατάξεις του Κώδικα).
- Να κατεβαίνουν απ' το όχημα τους και να οδηγούν βαδίζοντας όταν δημιουργείται κίνδυνος ή εμπόδιο για την κυκλοφορία των πεζών.
- Να μην μεταφέρουν επιπλέον επιβάτες στα οχήματά τους.
- Οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το όχημά τους για την εκτέλεση της εργασίας τους (παραδείγματος χάρη: μεταφορά/διανομή προϊόντων/αντικειμένων) , υποχρεούνται την νύκτα να φορούν ανακλαστικά ενδύματα (παραδείγματος χάρη: γιλέκο) με αποτέλεσμα να είναι ορατοί από όλες τις κατευθύνσεις.

2.1.2 Καλές πρακτικές εξωτερικού

Η κυβέρνηση της **Ιταλίας** διαφοροποιεί τον κώδικα οδικής κυκλοφορίας με σκοπό την μείωση των τροχαίων ατυχημάτων που οφείλονται στα ηλεκτρικά πατίνια. Η χρήση των ηλεκτρικών πατινιών άρχισε κατά την διάρκεια της πανδημίας του COVID-19, και ο αριθμός των ατυχημάτων έγινε ο τετραπλάσιος στο διάστημα ενός έτους. Μετά από το δυστύχημα ενός 13 χρόνου παιδιού, τέθηκε σε ισχύ ένα νέο νομοσχέδιο που αφορά στην χρήση ηλεκτρικού πατινιού. Ισχύουν τα εξής:

- Υποχρεωτική χρήση κράνους ασφαλείας
- Κατώτατη ηλικία 18 έτη
- Απαγόρευση χρήσης πατινιού από 2 αναβάτες

- Μέγιστη ταχύτητα τα 20 χιλιόμετρα/ώρα σε ποδηλατοδρόμους και τα 30 χιλιόμετρα/ώρα σε δρόμους
- Η στάθμευση επιτρέπεται μόνο σε προκαθορισμένα σημεία , εκτός πεζοδρομίων
- Δεν απαιτείται άδεια οδήγησης

Στη **Βιέννη**, λόγω παραπόνων των κατοίκων της πόλης για την συμπεριφορά των αναβατών των ηλεκτρικών πατινιών, το Δημοτικό Συμβούλιο της Βιέννης εφάρμοσε νέους, αυστηρότερους κανονισμούς για τα ενοικιαζόμενα ηλεκτρικά πατίνια. Οι νέοι αυτοί κανόνες θα επηρεάσουν τόσο τους φορείς ενοικίασης , όσο και τους ενοικιαστές.

Οι νέοι κανονισμοί είναι οι εξής:

- Απαγορεύεται η στάθμευση στα πεζοδρόμια
- Μέγιστη ταχύτητα τα 20 χιλιόμετρα/ώρα
- Κατώτατη ηλικία 12 έτη
- Δεν είναι υποχρεωτικό το κράνος ασφαλείας
- Απαγορεύεται η χρήση πατινιού από 2 αναβάτες
- Δεν απαιτείται άδεια οδήγησης

Η **Γερμανία** αποτελεί σήμερα την δεύτερη μεγαλύτερη αγορά παγκοσμίως για την ενοικίαση ηλεκτρικών πατινιών, μετά τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Σύμφωνα με μια πρόσφατη έρευνα, αποδείχτηκε ότι το 15% των ανθρώπων στη Γερμανία άνω των 16 ετών , χρησιμοποιούν ηλεκτρικά πατίνια συστηματικά. Το 45% έχει δικό τους ηλεκτρικό πατίνι , ενώ το 55% νοικιάζει από τις εταιρείες ενοικίασης.

- Κατώτατη ηλικία 14 έτη
- Απαγορεύεται η χρήση πατινιού από 2 αναβάτες
- Δεν απαιτείται άδεια οδήγησης
- Μέγιστη ταχύτητα 20 χιλιόμετρα/ώρα
- Δεν είναι υποχρεωτικό το κράνος ασφαλείας
- Χρήση ηλεκτρικών πατινιών μόνο σε δρόμους και όχι σε πεζοδρόμια

Στην **Ισπανία**, αναγνωρίζονται πλέον τα ηλεκτρικά πατίνια ως οχήματα προσωπικής κινητικότητας από τον Γενικό Διευθυντή Μεταφορών της χώρας. Αυτό συνεπάγεται πως πρέπει να λειτουργούν με βάση τους ίδιους κανόνες με αυτούς που ισχύουν για τα αυτοκίνητα. Τα ηλεκτρικά πατίνια είναι ευρέως γνωστά στην Ισπανία και χρησιμοποιούνται από ανθρώπους όλων των ηλικιών. Όμως, οι οδηγοί δημιουργούν όλο και περισσότερα προβλήματα στην κυκλοφορία, καθώς αναπτύσσουν ταχύτητες σε πεζοδρόμους, δεν φορούν κράνος ασφαλείας και γενικότερα δεν σέβονται τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.).

Οι κανονισμοί, λοιπόν, που ισχύουν στην Ισπανία για τα ηλεκτρικά πατίνια είναι οι εξής:

- Δεν απαιτείται άδεια οδήγησης
- Το ελάχιστο όριο ηλικίας είναι 16 έτη
- Απαγορεύεται η χρήση πατινιού από 2 αναβάτες
- Απαγορεύεται η οδήγηση σε πεζοδρόμια
- Η στάθμευση επιτρέπεται μόνο σε καθορισμένες θέσεις στάθμευσης

- Δεν επιτρέπονται σε υπεραστικούς δρόμους, αυτοκινητοδρόμους, διαβάσεις αυτοκινητοδρόμων και αστικές σήραγγες.
- Δεν απαιτείται κράνος ασφαλείας
- Αναλογεί ένα πρόστιμο σε κάθε παράβαση των κανονισμών
- Ανώτατο όριο ταχύτητας τα 30 χιλιόμετρα/ώρα

Στην **Δανία**, και συγκεκριμένα στην Κοπεγχάγη διατίθενται ηλεκτρικά πατίνια στους δημόσιους χώρους από διάφορους κατασκευαστές.

- Κατώτερο όριο ηλικίας 15 έτη (με συνοδεία ενηλίκου)
- Απαραίτητη η χρήση κράνους ασφαλείας
- Απαγορεύεται η οδήγηση σε πεζοδρόμους ή σε σημεία που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από πεζούς
- Απαγορεύεται η χρήση ηλεκτρικού πατινιού από 2 αναβάτες
- Ανώτατο όριο ταχύτητας τα 20 χιλιόμετρα/ώρα
- Στάθμευση υποχρεωτικά σε σημείο που δεν εμποδίζει την κυκλοφορία των οχημάτων ή των πεζών
- Δεν είναι υποχρεωτική η κατοχή άδειας κυκλοφορίας

Στην **Ολλανδία**, οι αρχές ασχολούνται με το ζήτημα της ένταξης των ηλεκτρικών πατινιών στην κυκλοφορία. Προφανώς, εφαρμόζουν και τους ευρωπαϊκούς κανόνες. Το Άμστερνταμ αποτελεί μια πόλη που οι περισσότεροι κάτοικοί του χρησιμοποιούν ως μέσο μεταφοράς το ποδήλατο. Οι ποδηλατοδρόμοι είναι πολυσύχναστες οδοί, που το κράτος αναγκάστηκε να μειώσει τα μέσα κυκλοφορίας. Τα ηλεκτρικά πατίνια, λοιπόν, μπορούν να κυκλοφορούν μόνο πάνω στις οδούς. Ισχύουν τα εξής:

- Κατώτερο όριο ηλικίας 16 έτη
- Μέγιστη ταχύτητα τα 25 χιλιόμετρα/ώρα
- Υποχρεωτική ασφάλιση
- Η πρόσβαση επιτρέπεται μόνο κατά μήκος των οδών.

Η δημοτικότητα των ηλεκτρικών πατινιών αυξάνεται εξαιτίας της αύξησης της τιμής των καυσίμων αλλά και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Αποτελούν έναν προσιτό τρόπο μετακίνησης κυρίως για τους νέους. Όμως, στο **Ηνωμένο Βασίλειο**, υπάρχει ακόμη κάποια σύγχυση σχετικά με την νομιμότητα των ηλεκτρικών πατινιών. Οι κανόνες που πρέπει να τηρούνται είναι οι εξής:

- Απαγορεύεται η οδήγηση σε πεζοδρόμια ή ποδηλατοδρόμους
- Απαιτείται άδεια οδήγησης
- Απαιτείται ασφάλιση του οχήματος και φορολογούνται
- Δεν απαιτείται η χρήση κράνους ασφαλείας
- Μέγιστη ταχύτητα τα 15 χιλιόμετρα/ώρα
- Απαγορεύεται η χρήση ηλεκτρικού πατινιού από 2 αναβάτες
- Κατώτερο όριο ηλικίας τα 18 έτη

Στη **Μάλτα**, εμφανίζονται τα e-kickscooters, τα οποία κατασκευάζονται με στόχο να χρησιμοποιηθούν σαν πατίνια με ηλεκτροκινητήρα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της μικροκινητικότητας, ισχύουν τα εξής:

- Η ταχύτητα που παράγουν δεν θα ξεπερνά τα 20 χιλιόμετρα/ώρα

- Η χρήση τους θα είναι περιορισμένη σε συγκεκριμένες διαδρομές
- Ο ιδιοκτήτης θα πρέπει να έχει στην κατοχή του έγγραφο αναγνώρισης πινακίδας
- Ο ιδιοκτήτης θα πρέπει να έχει στην κατοχή του άδεια κυκλοφορίας
- Κατώτερο όριο ηλικίας είναι τα 16 έτη
- Απαραίτητες οι βασικές γνώσεις του Κ.Ο.Κ. μέσω μιας θεωρητικής εξέτασης
- Επιτρέπεται η στάθμευση σε πεζοδρόμια αλλά όχι σε σημεία που εμποδίζουν την κυκλοφορία των πεζών
- Σε περίπτωση παράβασης του νόμου το πρόστιμο μπορεί να φτάσει και τα 1000€
- Απαιτείται η χρήση κράνους ασφαλείας

Το **Ισραήλ** πρόκειται για μια χώρα με μεγάλα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης κυρίως στα κατοικημένα αστικά κέντρα. Τα ηλεκτρικά πατίνια, λοιπόν, αποτέλεσαν μια λύση για τους οδηγούς εφόσον χάρη στο μέγεθός τους είναι πιο εύκολο να γλιτώνουν το μποτιλιάρισμα στις οδούς των πόλεων. Τα ατυχήματα βέβαια που παρουσιάστηκαν εν καιρώ ήταν πολλά, οπότε ορίστηκε από το κράτος ένα νομικό πλαίσιο που ορίζει τα εξής:

- Υποχρεωτική χρήση κράνους ασφαλείας
- Κατώτερο όριο ηλικίας τα 16 έτη
- Απαιτείται άδεια οδήγησης ή κατάλληλη εκπαίδευση για τους μη κατόχους άδειας οδήγησης
- Απαγορεύεται η χρήση ηλεκτρικού πατινιού από 2 αναβάτες
- Απαγορεύεται η χρήση ακουστικών και κινητού τηλεφώνου

Στον πίνακα 1 φαίνονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά της νομοθεσίας που ισχύουν για τις 10 χώρες που επιλέχθηκαν, τα οποία είναι τα εξής:

- Χρήση κράνους ασφαλείας
- Μέγιστο όριο ταχύτητας
- Κατοχή ή μη άδειας οδήγησης
- Κατώτερο όριο ηλικίας
- Στάθμευση ή μη σε πεζοδρόμια
- Αριθμός επιτρεπόμενων αναβατών στο ηλεκτρικό πατίνι.

Πίνακας 1-Νομοθεσία των χωρών περιληπτικά

α/α	Χώρα ή Πόλη	Χρήση κράνους ασφαλείας	Όριο ταχύτητας (km/h)	Κατοχής άδειας οδήγησης	Κατώτερο όριο ηλικίας	Στάθμευση σε πεζοδρόμια	Μόνο ένας αναβάτης
1	Ελλάδα	Ναι	25	Όχι	16	Ναι	Ναι
2	Ιταλία	Ναι	20	Όχι	18	Όχι	Ναι
3	Αυστρία	Όχι	20	Όχι	12	Όχι	Ναι
4	Γερμανία	Όχι	20	Όχι	14	Όχι	Ναι
5	Ισπανία	Όχι	30	Όχι	16	Όχι	Ναι
6	Δανία	Ναι	20	Όχι	15	Όχι	Ναι
7	Ολλανδία	-	25	-	16	Όχι	Ναι
8	Ηνωμένο Βασίλειο	Όχι	15	Ναι	18	Όχι	Ναι
9	Μάλτα	Ναι	20	Ναι	16	Ναι	Ναι
10	Ισραήλ	Ναι	-	Ναι	16	-	Ναι

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 1:

- Η χρήση κράνους ασφαλείας είναι υποχρεωτική στις μισές περίπου χώρες.
- Το όριο ταχύτητας είναι μεταξύ 15 και 30 χιλιομέτρα/ώρα.
- Στις περισσότερες χώρες δεν απαιτείται κατοχή άδειας οδήγησης.
- Η χώρα με το κατώτερο όριο ηλικίας είναι η Αυστρία (12 έτη), ενώ γενικότερα φαίνεται πως κατά βάση δεν απαιτείται ενηλικίωση για την οδήγηση ηλεκτρικού πατινιού.
- Κατά κύριο λόγο απαγορεύεται η στάθμευση στα πεζοδρόμια.
- Σε όλες τις χώρες είναι υποχρεωτικό να υπάρχει μόνο ένας αναβάτης στο ηλεκτρικό πατίνι.

2.2 Συναφείς έρευνες

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρατεθούν κάποιες επιστημονικές έρευνες που σχετίζονται με την μικροκινητικότητα και τις μπαταρίες των οχημάτων αυτών. Προφανώς, έχει γίνει κατά βάση επιλογή δίκυκλων ηλεκτρικών οχημάτων όπως είναι και τα ηλεκτρικά πατινία. Σε συνέχεια της παράθεσης των περιλήψεων αυτών των επιστημονικών άρθρων, παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας και τέλος κάποια συνολικά συμπεράσματα.

Solar photovoltaic generation for charging shared electric scooters, 2022.

Rui Zhu, Dániel Kondor, Cheng Cheng, Xiaohu Zhang, Paolo Santi, Man Sing Wong, Carlo Ratti

Η παρούσα έρευνα διερευνά τη χρήση ηλιακής ενέργειας για τη φόρτιση ηλεκτρικών πατινιών. Ένας νέος τρόπος μετακίνησης είναι η κοινή χρήση των ηλεκτρικών πατινιών. Όμως, έχουν περιορισμένη χωρητικότητα μπαταρίας με αποτέλεσμα να απαιτούν συχνή φόρτιση. Άρα, το λειτουργικό τους κόστος είναι αρκετά υψηλό και έτσι εμποδίζεται η βιωσιμότητα της υπηρεσίας. Με σκοπό, λοιπόν, την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος έγινε η εξής μελέτη που προτείνει την ηλιακή φόρτιση των ηλεκτρικών πατινιών με την χρήση ενός δικτύου κοινής χρήσης σε πραγματικό χρόνο. Αυτό, θα έχει ως αποτέλεσμα την μεγιστοποίηση της δυνατότητας κοινής χρήσης ηλεκτρικών πατινιών, καθώς και την ελαχιστοποίηση της συνολικής απόστασης διαδρομής. Πιο αναλυτικά, προσομοιώνεται το ωριαίο ηλιακό δυναμικό με βάση ένα τρισδιάστατο μοντέλο ηλιακής ακτινοβολίας, έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά όταν εγκαθίστανται φωτοβολταϊκές μονάδες στους χώρους στάθμευσης. Αυτό θα επιτρέπει την ηλιακή φόρτιση όταν ο πίνακας προέλευσης – προορισμού των διαδρομών κοινής χρήσης ηλεκτρικών πατινιών ομαδοποιείται και σχετίζεται με τους σταθμούς φόρτισης. Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη Σιγκαπούρη, το σύστημα ηλιακής φόρτισης που προτάθηκε χρειάζεται μόνο 1-3 μέτρα φωτοβολταϊκών μονάδων σε κάθε σταθμό και το 24%-67% από το σύνολο των ηλεκτρικών πατινιών για την υποστήριξη περίπου όλων των πραγματικών διαδρομών. Έτσι, μειώθηκαν κατά 98% οι διαδρομές που πραγματοποιούνται για φόρτιση. Από το σύστημα υποστηρίζεται επιπλέον, πως το 90% της κινητικότητας θα λειτουργεί για τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες ημέρες χωρίς ηλιακή φόρτιση. Αυτό αναδεικνύει την ανθεκτικότητα του συστήματος αλλά και αποτελεί έμπνευση για την προώθηση της ηλιακής φόρτισης σε περισσότερες χώρες παγκοσμίως.

Estimation of the state-of-charge of lead–acid batteries used in electric scooters,2005.

Chyuan-Yow Tseng, Chiu-Feng Lin

Η παρακάτω έρευνα αναφέρεται στην αναγκαιότητα του να γνωρίζει ο οδηγός ενός ηλεκτρικού πατινιού την υπολειπόμενη ποσότητα της μπαταρίας (μολύβδου- οξέος) και το ποσό της ωφέλιμης χωρητικότητας , μέσω μιας ένδειξης της κατάστασης φόρτισης (SoC) της μπαταρίας. Έτσι, θα υπάρχει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη από τον οδηγό προς το όχημά του και δεν θα υπάρχει το ενδεχόμενο ο οδηγός να βρεθεί σε κάποιο αδιέξοδο με ένα μη λειτουργικό όχημα. Ως βασική ιδέα, αυτή η μελέτη χρησιμοποιεί την εξαγωγή ενός μαθηματικού μοντέλου το οποίο θα περιγράφει την τάση της μπαταρίας σε συνάρτηση με το ρεύμα εκφόρτισης και το βάθος εκφόρτισης. Ο προσδιορισμός των παραπάνω παραμέτρων γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Έπειτα, γίνεται η εκτίμηση της SoC μέσω της μεθόδου Newton- Raphson (N-R). Μέσω αυτού του αλγορίθμου επιτρέπεται η προσαρμογή της εκτιμώμενης κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας σε περίπτωση αλλαγής της συμπεριφοράς της. Η επαλήθευση της αποτελεσματικότητας αυτής της μεθόδου γίνεται με την χρήση δεδομένων από δοκιμές πεδίου, οι οποίες λαμβάνονται από την οδήγηση ενός ηλεκτρικού σκούτερ σε διαφορετικές μεταξύ τους διαδρομές. Τελικά, τα αποτελέσματα δείχνουν πως η μέθοδος αυτή βελτιώνει την ακρίβεια στην εκτίμηση της κατάστασης φόρτισης της μπαταρίας.

A mulTi-noRmalization mUlti-distance aSsessmentT (TRUST) approach for locating a battery swapping station for electric scooters,2021.

Ali Ebadi Torkayesh ^a, Muhammet Deveci ^b

Η έρευνα που ακολουθεί αναφέρεται στην δημιουργία σταθμών ανταλλαγής μπαταριών. Λόγω της αύξησης της χρήσης των ηλεκτρικών σκούτερ, έχουν αρχίσει να δημιουργούνται προκλήσεις σχετικά με την δημιουργία σταθμών ανταλλαγής μπαταριών (BSS) στις κατοικημένες περιοχές αστικών περιοχών με μεγάλο πληθυσμό. Εντούτοις, ο εντοπισμός ενός τέτοιου σταθμού σε μια μεγάλη πόλη είναι ένα πρόβλημα με πολλές διαστάσεις, το οποίο χρειάζεται αξιόπιστα εργαλεία για την αποτελεσματική του αντιμετώπιση. Η συγκεκριμένη έρευνα αποτελεί ένα νέο ισχυρό εργαλείο λήψης αποφάσεων που αφορά στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια βιωσιμότητας.

Η προσέγγιση που προτάθηκε εφαρμόζει μια διαδικασία πολλαπλής κανονικοποίησης, χρησιμοποιώντας τρεις τεχνικές γραμμικής, λογαριθμικής και κανονικοποίησης βάσει περιορισμών, οι οποίες ενσωματώνονται μέσω ενός τελεστή συνάθροισης. Στην συνέχεια χρησιμοποιούνται κάποια μέτρα απόστασης για τον προσδιορισμό της απόστασης των εναλλακτικών λύσεων από την αρνητική ιδανική λύση ώστε να υπολογιστεί η τελική βαθμολογία. Τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης προσέγγισης είναι η εξέταση ενός αλγορίθμου πολλαπλής κανονικοποίησης για την ελαχιστοποίηση της υποκειμενικότητας στα κανονικοποιημένα δεδομένα, η εξέταση της τεχνικής κανονικοποίησης βάσει περιορισμών για την διασφάλιση συγκεκριμένων προτύπων και η αξιοποίηση

τεσσάρων μέτρων απόστασης μέσω μιας διαδικασίας δύο σταδίων για τον προσδιορισμό μιας σχετικής βαθμολογίας απόστασης. Για να αποδειχθεί η επιτευξιμότητα και η δυνατότητα εφαρμογής της νέας προσέγγισης, βρίσκεται σε διερεύνηση μια πραγματική μελέτη εντοπισμού ενός BSS στην Κωνσταντινούπολη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πιο καλή εναλλακτική λύση είναι το Μπεγιουγλου για τον εντοπισμό σταθμού ανταλλαγής μπαταριών για ηλεκτρικά σκούτερ.

Compliance to eco-riding recommendations on an E-scooter: Effects on energy consumption and user acceptance,2023

Dominik Muehlbacher^a, Sebastian Will^a, Nora Merkel^a, Nicole Perterer^b, Sara Mlakar^c, Michael Haller^d, Martin Perterer^e

Η έρευνα στην συνέχεια αναφέρει πως η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί σκοπό των συστημάτων υποβοήθησης οικολογικής οδήγησης στα ηλεκτρικά δίκυκλα. Όμως, μεγάλο ρόλο στην αποτελεσματικότητα αυτών των συστημάτων παίζει η συμπεριφορά των αναβατών. Έτσι, μέσω της συγκεκριμένης έρευνας αξιολογείται ένα σύστημα υποβοήθησης οικολογικής οδήγησης, το οποίο παρέχει συστάσεις για την αναγεννητική πέδηση και την τροχοδρόμηση, σχετικά με την συμμόρφωση, τα αποτελέσματα μεταφοράς, την κατανάλωση ενέργειας και την αποδοχή.

Οι 31 συμμετέχοντες έπρεπε να ολοκληρώσουν μια δοκιμαστική πορεία που περιείχε αυτοκινητόδρομο, αγροτικούς δρόμους και αστική οδήγηση σε έναν ειδικά κατασκευασμένο προσομοιωτή E-scooter. Επιλέχθηκε ένας προσδιορισμός μελέτης μεταξύ των υποκειμένων με τρεις ομάδες για τον προσδιορισμό των πιθανών επιδράσεων:

- -Κατάσταση ελέγχου χωρίς καμία βοήθεια
- -Βασική κατάσταση με συστάσεις που ενεργοποιούνται από δεδομένα που βασίζονται στο όχημα ή στο χάρτη
- -Ολοκληρωμένη κατάσταση με συστάσεις που βασίζονται σε δεδομένα που βασίζονται στο όχημα, στο χάρτη και σε δεδομένα που βασίζονται στο όχημα προς τα πάντα.

Εξαιτίας των πολλών αισθητήρων, η ολοκληρωμένη κατάσταση έλαβε περισσότερες συστάσεις από τη βασική κατάσταση. Οι αναβάτες της βασικής και της ολοκληρωμένης κατάστασης δεν έλαβαν συστάσεις στο τελευταίο τμήμα της δοκιμαστικής διαδρομής, με σκοπό να εκτιμηθούν οι πιθανές επιπτώσεις μεταφοράς. Σχετικά με τους αναβάτες που είχαν βοήθεια, διαπιστώθηκε ότι οδηγούν πιο αργά και πλέουν πιο συχνά από την ομάδα ελέγχου. Το ίδιο, βέβαια, ισχύει και για τα τμήματα χωρίς συστάσεις οδήγησης. Σαν σύνολο, οι αναβάτες με βοήθεια φαίνεται να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια στα τμήματα με συστάσεις για παράπλευρη οδήγηση (βασική κατάσταση: 18,2%, λιγότερη κατανάλωση ενέργειας: 12,8%), και σε τμήματα χωρίς κάποια βοήθεια οικολογικής οδήγησης (βασική κατάσταση: 9,5%, συνολική κατάσταση: 8,2%). Η βασική και η ολοκληρωμένη κατάσταση φαίνεται να έχουν συγκρίσιμη συμπεριφορά οδήγησης και να μην διαφέρουν ως προς την κατανάλωση ενέργειας, συνεπώς η συχνότητα των συστάσεων δεν επηρεάζει την απόδοση. Τελικά, και οι τρεις τύποι συστάσεων αξιολογούνται ως θετικοί από όλους

τους συμμετέχοντες. Με βάση τα αποτελέσματα, επιβεβαιώνεται το όφελος της οικολογικής υποβοήθησης οδήγησης για τα ηλεκτροκίνητα δίκυκλα σε ό,τι αφορά στην ενεργειακή απόδοση και έτσι παρέχονται και ενδείξεις για το σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων.

(Non-)leaking of electric scooter batteries dumped for more than a year in a freshwater pond,2022.

Stefan Trapp, Marie Christine Laursen, Frieda Hammershøi Petersen

Η παρούσα εργασία διερευνά τις διαρροές μπαταριών ηλεκτρικών σκούτερ. Στην δύση, τα ηλεκτρικά πατίνια γίνονται δημοφιλή και αποτελούν μια νέα επιλογή κινητικότητας. Νεοσύστατες εταιρείες νοικιάζουν ηλεκτρικά πατίνια σε μεγάλες πόλεις, όπως το Παρίσι, την Κοπεγχάγη και άλλες. Όμως, συχνά τα πατίνια καταστρέφονται και πετιούνται στα επιφανειακά ύδατα. Γεννιέται, λοιπόν, μια ανησυχία για ένα νέο είδος ρύπανσης των υδάτων από τις διαρροές των μπαταριών τους. Δύο μπαταρίες πατινιών (ιόντων λιθίου) πετάχτηκαν σε τεχνητές λίμνες για πάνω από ένα χρόνο. Οι συγκεντρώσεις των Li, Mn, Co, Ni & Cu στον νερό της λίμνης αναλύθηκαν αρκετές φορές σε διάστημα 16 μηνών. Ως αποτέλεσμα, φάνηκε πως στις λίμνες με τις μπαταρίες, τα επίπεδα χαλκού στο νερό ήταν αυξημένα, όπως και τα επίπεδα νικελίου. Οι συγκεντρώσεις λιθίου και τα επίπεδα Co ήταν απλώς ελαφρώς υψηλότερες. Το Mn ήταν χαμηλότερο σε λίμνες με μπαταρία από ό,τι στους ελέγχους. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως λιγότερο από το 1% των τοξικών μετάλλων Ni, Co & Cu που ήταν αποθηκευμένα στην μπαταρία, συλλέχθηκε από τις λίμνες που έγινε η δοκιμή και οι ποσότητες αυτές μπορούν να εξηγηθούν από τη διάβρωση των συνδέσεων και του χαλύβδινου εγκιβωτισμού των μπαταριών. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα μαγγανίου στις λίμνες. Το συμπέρασμα ήταν πως οι μπαταρίες είναι καλά σφραγισμένες ως προς την διαρροή και η αραιώση σε φυσικά υδάτινα σώματα θα ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο για τους υδρόβιους οργανισμούς. Όμως, προτείνεται η γρήγορη απομάκρυνση των μπαταριών που πετιούνται σε ποτάμια και λίμνες διότι καμία σφράγιση δεν θα μπορούσε να είναι μόνιμη.

Numerical analysis of an energy storage system based on a metal hydride hydrogen tank and a lithium-ion battery pack for a plug-in fuel cell electric,2023.

Paolo Di Giorgio^a, Giovanni Di Ilio^a, Elio Jannelli^a, Fiorentino Valerio Conte^b

Η παρούσα εργασία διερευνά την απόδοση ενός υβριδικού συστήματος αποθήκευσης ενέργειας που αποτελείται από μια δεξαμενή μεταλλικού υδριδίου για την αποθήκευση υδρογόνου και μια μπαταρία ιόντων λιθίου, ειδικά σχεδιασμένη για να αντικαταστήσει τη συμβατική μπαταρία σε ένα ηλεκτρικό σκούτερ με κυψέλες καυσίμου στην πρίζα. Στόχος είναι να αξιοποιηθεί η ενδόθερμη απορρόφηση υδρογόνου στα υδρίδια μετάλλων με σκοπό την παροχή ψύξης στη συστοιχία μπαταριών κατά τη λειτουργία. Η ανάλυση αυτή, πραγματοποιήθηκε αριθμητικά με την χρήση ενός μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων που αναπτύχθηκε ώστε να εκτιμηθούν οι δυνατότητες θερμικής διαχείρισης της προτεινόμενης λύσης κάτω από

αληθινές συνθήκες λειτουργίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το υβριδικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας είναι αποτελεσματικά ικανό να ελέγχει παθητικά την θερμοκρασία της συστοιχίας μπαταριών και ταυτόχρονα να ενισχύει την ενεργειακή πυκνότητα αποθήκευσης στο όχημα. Η μέγιστη αύξηση θερμοκρασίας των μπαταριών είναι 12 °C όταν η θερμική διαχείριση παρέχεται από την απορρόφηση υδρογόνου στα υδρίδια μετάλλων, σε αντίθεση με την τιμή των 30 °C που λαμβάνεται για την ίδια περίπτωση χωρίς θερμική διαχείριση. Επιπλέον, το υβριδικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας παρέχει το 16% της συνολικής μάζας υδρογόνου που χρειάζεται η συστοιχία κυψελών καυσίμου κατά την λειτουργία, κάτι που οδηγεί στην σημαντική ενίσχυση της ικανότητας αποθήκευσης υδρογόνου επί του οχήματος.

Mechanical–electrochemical modeling of Li-ion battery designed for an electric scooter,2006.

Siddique A. Khateeb^a, Mohammed M. Farid^b, J. Robert Selman^a, Said Al-Hallaj^a

Ένα μακροσκοπικό ηλεκτροχημικό-μηχανικό μοντέλο για την πρόβλεψη των διαφόρων απαιτήσεων ισχύος ενός ηλεκτρικού σκούτερ και άλλων εξόδων, όπως οι απαιτήσεις ρεύματος και τάσης της μπαταρίας ιόντων λιθίου για έναν τυχαία δημιουργούμενο κύκλο οδήγησης, αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό Simulink που βασίζεται στο Matlab. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα πραγματικών δοκιμών πεδίου μιας εμπορικής μπαταρίας μολύβδου- οξέος, η οποία χρησιμοποιείται σε ένα συγκεκριμένο ηλεκτρικό σκούτερ. Αυτά τα αποτελέσματα, έδωσαν τελικά μια ρεαλιστική εικόνα της δυναμικής απόδοσης μιας εννοιολογικής συστοιχίας μπαταριών ιόντων λιθίου σε ένα τυπικό μοτίβο οδήγησης. Βέβαια, πρέπει και να επιβεβαιωθούν και σε μια πραγματική δοκιμή πεδίου.

What is the value of swappable batteries for a shared e-scooter service?,2022.

Fabien Leurent

Η έρευνα παρακάτω αναφέρεται στις ανταλλασσόμενες μπαταρίες των ηλεκτρικών σκούτερ. Στο συγκεκριμένο άρθρο υπάρχει μια οικονομική θεωρία για αυτές τις μπαταρίες με σκοπό την παραγωγή κοινόχρηστων ηλεκτρικών σκούτερ (S3). Μοντελοποιούνται οι λειτουργίες ανταλλαγής μπαταριών και ο νόμος φθοράς των μπαταριών ανάλογα με το βάθος εκφόρτισης που ενεργοποιεί την επόμενη ανταλλαγή. Στο μοντέλο αυτό, ο ημερήσιος αριθμός επαναγεμισμάτων και το κόστος ανταλλαγής ανά γέμισμα αποτελούν τις βασικές μεταβλητές καθώς συνδέουν την εφαρμογή στο πεδίο και τις λειτουργίες εφοδιαστικής ανταλλαγής με τις άλλες λειτουργίες παραγωγής του αποθέματος μπαταριών, του αποθέματος σκούτερ, της φόρτισης ενέργειας, της συντήρησης του στόλου και του εμπορίου. Έτσι, η συνολική "στρατηγική επαναπλήρωσης" αλληλεπιδρά με τις αντίστοιχες πολιτικές απογραφής μπαταριών και σκούτερ. Η μαθηματική βελτιστοποίηση της συνάρτησης κόστους παραγωγής αντιμετωπίζεται σε τέσσερα στάδια, βελτιστοποιώντας διαδοχικά:

- (i) τις περιόδους ανταλλαγής,
- (ii) τον στόχο DoD,
- (iii) την ενεργειακή χωρητικότητα της μπαταρίας (BEC),

(iv) το σώμα του σκούτερ όσον αφορά τη διάρκεια ζωής και τον ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας.

Καθορίζονται χαρακτηριστικές εξισώσεις για καθένα απ' τα παραπάνω καθώς και δύο σύνολα προδιαγραφών, σταθερής ελαστικότητας και γραμμικής προσέγγισης, για τον νόμο φθοράς της μπαταρίας, την τιμή της και την τιμή του σκούτερ. Σε μια αριθμητική μελέτη, αποδεικνύεται ότι το κόστος \$/μονάδα τροφοδοτούμενης ενέργειας είναι μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερο από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας εκτός δικτύου.

Thermal management of Li-ion battery with phase change material for electric scooters: experimental validation,2005

Siddique A. Khateeb^a, Shabab Amiruddin^a, Mohammed Farid^b, J. Robert Selman^a, Said Al-Hallaj^a

Η συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται στα αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου σχεδιασμένης για εφαρμογή σε ηλεκτρικά σκούτερ. Εξετάστηκαν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι απαγωγής θερμότητας:

- Ψύξη με φυσική συναγωγή
- Παρουσία μήτρας μεταφοράς θερμότητας από αφρό αλουμινίου
- Χρήση υλικού αλλαγής φάσης (PCM)
- Συνδυασμός αφρού αλουμινίου & PCM.

Το PCM χρησιμοποιήθηκε για την μείωση της αύξησης της θερμοκρασίας των κυψελών ιόντων λιθίου καθώς και να δημιουργηθεί ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας στη μονάδα μπαταρίας. Με την χρήση αφρού αλουμινίου υψηλής θερμικής αγωγιμότητας στα κενά μεταξύ των κυψελών μειώνει την άνοδο της θερμοκρασίας των κυψελών ιόντων λιθίου, όμως είναι ανεπαρκής όταν λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η χρήση συνδυασμού αφρού αλουμινίου με PCM, προκαλεί έντονη πτώση της θερμοκρασίας (περίπου 50%) σε σχέση με την πρώτη περίπτωση χωρίς θερμική διαχείριση. Έχει επίσης ομοιόμορφη κατανομή εντός της μονάδας μπαταρίας, η οποία είναι σημαντική για την αποδοτική απόδοση των χρησιμοποιούμενων κυψελών. Τελικά, τα εργαστηριακά αποτελέσματα μοντελοποιήθηκαν με την βοήθεια ενός δισδιάστατου μοντέλου που λαμβάνει υπόψη τους τέσσερις διαφορετικούς τρόπους διάχυσης θερμότητας. Επιπλέον, επιτεύχθηκε καλή συμφωνία μεταξύ των προσομοιώσεων και των πειραματικών αποτελεσμάτων.

Design and simulation of a lithium-ion battery with a phase change material thermal management system for an electric scooter,2004.

Siddique A Khateeb^a, Mohammed M Farid^b, J.Robert Selman^a, Said Al-Hallaj^a

Η παρακάτω έρευνα αναφέρεται στο σχεδιασμό μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου που χρησιμοποιεί ένα νέο σύστημα θερμικής διαχείρισης υλικού αλλαγής φάσης (PCM). Τα παθητικά συστήματα θερμικής διαχείρισης με χρήση PCM μπορούν να ελέγχουν τις εξάρσεις της θερμοκρασίας και να διατηρούν την ομοιομορφία της θερμοκρασίας στις μπαταρίες ιόντων λιθίου χωρίς τη χρήση ενεργών εξαρτημάτων ψύξης, όπως ανεμιστήρα, φυσητήρα ή αντλία που συναντώνται στα συστήματα ψύξης αέρα/υγρού. Έτσι, τα πλεονεκτήματα ενός συμπαγούς, ελαφρού και ενεργειακά αποδοτικού συστήματος μπορούν να επιτευχθούν με αυτή τη μορφή συστήματος

θερμικής διαχείρισης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται για μια υπομονάδα μπαταρίας ιόντων λιθίου , η οποία αποτελείται από εννέα κυψέλες ιόντων λιθίου και περιβάλλονται από PCM με σημείο τήξης 41-44°C. Μελετήθηκε η χρήση αφρού αλουμινίου σε PCM και πτερυγίων προσαρτημένων στη μονάδα μπαταρίας, ώστε να ξεπεραστεί η χαμηλή θερμική του αγωγιμότητα και ο χαμηλός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας σε φυσική συναγωγή. Διακρίνονται τα συγκριτικά αποτελέσματα της απόδοσης του PCM παρουσία αφρού αλουμινίου και πτερυγίων αλουμινίου. Η προσομοίωση στη μονάδα μπαταρίας γίνεται για θερινές αλλά και χειμερινές συνθήκες. Επιπλέον, μελετήθηκε και η επίδραση της ψύξης με αέρα στην μπαταρία ιόντων λιθίου. Μέσω αυτών των αποτελεσμάτων, το PCM μπορεί να χαρακτηριστεί ως δυνητικός υποψήφιος για την επίλυση της θερμικής διαχείρισης σε εφαρμογές ηλεκτρικών οχημάτων γενικότερα.

A novel pythagorean fuzzy multi-criteria decision-making methodology for e-scooter charging station location-selection,2022.

Ertugrul Ayyildiz

Η συγκεκριμένη μελέτη σχετίζεται με τον τρόπο προσδιορισμού της θέσης των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών. Μεγάλη σημασία για τον προσδιορισμό αυτών των θέσεων έχει η βιωσιμότητα, η οποία είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για μια έξυπνη πόλη. Για να επιλυθεί το πρόβλημα, αναπτύσσεται μια νέα μεθοδολογία λήψης ασαφών ομαδικών αποφάσεων τριών σταδίων πυθαγόρειου τύπου. Πρώτο βήμα είναι η αξιολόγηση των εμπειρογνομώνων , οι οποίοι πιθανώς να έχουν διαφορετική εμπειρία και επίπεδο γνώσης. Έπειτα, επισημαίνονται τα κριτήρια απ' τις διάφορες γνώμες και απ' την βιβλιογραφική ανασκόπησης. Τα βάρη αυτών των κριτηρίων υπολογίζονται με την μέθοδο Pythagorean Fuzzy Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis (PF-SWARA). Τέλος, προτείνεται η Pythagorean Fuzzy COmbinative Distance-based Assessment (PF-CODAS) για την αξιολόγηση εναλλακτικών θέσεων. Διεξάγεται μια πραγματική μελέτη της περίπτωσης στην Κωνσταντινούπολη και παρατίθενται πολιτικές και διαχειριστικές επιπτώσεις στους υπεύθυνους για την λήψη αποφάσεων. Βάση των αποτελεσμάτων, σημαντικοί για τον καθορισμό της θέσης των σταθμών είναι οι οικονομικοί παράγοντες.

How to choose the optimal single-track vehicle to move in the city? Electric scooters study case,2020

Bartłomiej Kizielewicz^a, Larisa Dobryakova^a

Στην μελέτη αυτή εξετάζεται το πρόβλημα της επιλογής βέλτιστων τρόπων αστικών μεταφορών. Το πρόβλημα αυτό επηρεάζει κυρίως το περιβάλλον. Οι κύριοι τρόποι αστικών μετακινήσεων χρησιμοποιούν ενέργεια που παράγει καυσαέρια, οπότε προκαλούνται έντονοι ατμοσφαιρικοί ρύποι. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας , συνεπώς κάποια στιγμή θα εξαντληθούν. Σαν λύση, θα μπορούσε να είναι η αντικατάστασή τους με οχήματα πράσινης ενέργειας, φιλικά προς το περιβάλλον, όπως είναι τα ηλεκτρικά πατινία. Λόγω του μεγάλου εύρους τους όμως, διαφέρουν και σημαντικά μεταξύ τους και

είναι αναγκαίο να γίνεται η επιλογή ενός ηλεκτρικού πατινιού με βέλτιστο τρόπο για τον εκάστοτε οδηγό. Η πόλη, με την αύξηση της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων θα αποκτήσει μεγάλα οικονομικά και περιβαλλοντικά κέρδη. Τα παραπάνω αποτέλεσαν και το κίνητρο για την ανάληψη της παρούσας έρευνας. Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Characteristic Objects Method (COMET) για τον προσδιορισμό του μοντέλου αξιολόγησης των ηλεκτρικών πατινιών για τη βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων. Αυτή η προσέγγιση έχει ένα σπάνιο χαρακτηριστικό στις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων (MCDA), δηλαδή είναι ανθεκτική στο παράδοξο της αντιστροφής της κατάταξης και είναι εύκολη στη χρήση από έναν εμπειρογνώμονα. Αποτελεί μια τεχνική που χρησιμοποιεί απλό και αποτελεσματικό τρόπο επίλυσης προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Για το συγκεκριμένο πρόβλημα, έγινε επιλογή ενός εμπειρογνώμονα, ο οποίος κάνοντας συγκρίσεις ανά ζεύγη χαρακτηριστικών αντικειμένων, προσδιόρισε το μοντέλο. Έπειτα, έγινε χρήση του μοντέλου για την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια κατάταξη των εξεταζόμενων ηλεκτρικών πατινιών. Μετά τον προσδιορισμό του μοντέλου μπορεί να αξιολογηθεί ένα επόμενο σύνολο εναλλακτικών λύσεων, κάτι που είναι αρκετά σημαντικό λόγω της συνεχούς ανάπτυξης των νέων τεχνολογιών.

Are shared electric scooters energy efficient? 2021.

Yuxuan Wang^a, Jiaming Wu^b, Kequan Chen^a, Pan Liu^a

Ανά τον κόσμο, τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια γνωρίζουν μεγάλη άνθιση καθώς θεωρούνται μια βιώσιμη υπηρεσία κινητικότητας. Πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με τις διαδρομές των πατινιών, τους κινδύνους και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όμως λίγες είναι οι μελέτες που ασχολήθηκαν με την ενεργειακή τους απόδοση. Στην συγκεκριμένη μελέτη έγινε συλλογή των λειτουργικών δεδομένων των e-scooters από έναν σημαντικό πάροχο στο Γκέτεμποργκ για να φανερωθεί η απόδοση της ενεργειακής απόδοσης των e-scooters σε πραγματικές περιπτώσεις. Αρχικά, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο πολλαπλής λογαριθμικής παλινδρόμησης με σκοπό την εξέταση της ενεργειακής κατανάλωσης μεμονωμένων διαδρομών και των παραγόντων που την επηρεάζουν. Με το μοντέλο παλινδρόμησης, προτείνεται ένα πλαίσιο προσομοίωσης Monte Carlo για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε διάφορα σενάρια, λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση ενέργειας που σχετίζεται με το ταξίδι αλλά και την απώλεια ενέργειας σε κατάσταση αδράνειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ένα ποσοστό της τάξεως 40% της ενέργειας της μπαταρίας των ηλεκτρικών πατινιών χανόταν σε αδρανή κατάσταση, κυρίως λόγω του σχετικά χαμηλού ποσοστού (0,83) χρήσης των ηλεκτρικών πατινιών. Αν ο μέσος ρυθμός χρήσης πέσει κάτω από 0,5, η σπατάλη ενέργειας μπορεί να φτάσει και το 53%. Τέλος, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα που βρήκε εφαρμογή στο πεδίο με σκοπό να φανεί ο τρόπος που μπορεί να γίνει η βέλτιστη ενσωμάτωση των δημόσιων μεταφορών με τα ηλεκτρικά πατίνια από πλευρά ενεργειακής απόδοσης.

Investigating the technical, economic, and environmental performance of electric vehicles in the real-world: A case study using electric scooters, 2011

Justin D.K. Bishop^a, Reed T. Doucette^b, Daniel Robinson^c, Barnaby Mills^c, Malcolm D. McCulloch^b

Η παρακάτω μελέτη παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας μικρής κλίμακας δοκιμής ηλεκτρικών σκούτερ στην Οξφόρδη του Ηνωμένου Βασιλείου. Τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν εξοπλισμένα με δορυφορικούς καταγραφείς δεδομένων παγκόσμιου εντοπισμού και μετρητές ενέργειας για την καταγραφή της χρήσης τους κατά τη διάρκεια της ημέρας και των καθεστώτων φόρτισης. Οι ώρες που πιθανόν οδηγούνταν τα σκούτερ ήταν: 9:00, 12:45 και 17:15, ενώ φόρτιζαν στις 10:15-10:40. Η ομαλοποιημένη ενεργειακή χρήση τους από το δίκτυο ήταν 0,10-1 kWh/km. Το συνολικό κόστος χρήσης τους (ηλεκτρική ενέργεια και αντικατάσταση μπαταρίας) ήταν κατά 24% περίπου μεγαλύτερο από την καλύτερη σε πωλήσεις βενζινοκίνητη μοτοσυκλέτα και 1,7 φορές πιο μικρό από το καλύτερο σε πωλήσεις αυτοκίνητο. Τα ηλεκτρικά σκούτερ έχουν κατανάλωση 2,9 ή 6,1 φορές λιγότερη από την βενζινοκίνητη μοτοσυκλέτα ή το αυτοκίνητο αντίστοιχα. Επιπλέον, το ηλεκτρικό σκούτερ μπορεί να επιτύχει μηδενικές εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (αέριο του θερμοκηπίου, GHG) όταν χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Κατά την διάρκεια του 2008 υπήρχαν στο Ηνωμένο Βασίλειο 247.000 μοτοσυκλέτες στον στόλο οχημάτων, ίδιου μεγέθους με τα δοκιμαστικά σκούτερ. Η ανάλογη αύξηση του μεγέθους του στόλου των ηλεκτρικών οχημάτων θα απέτρεπε 0,60 δισεκατομμύρια χιλιόμετρα αυτοκινήτων ή μοτοσυκλετών και 54-110 kt σχετικών αερίων του θερμοκηπίου. Ο στόλος θα απαιτούσε 59 GWh, ή 0,015% της συνολικής ετήσιας παραγωγής με χρονικά μετατοπισμένη, μέγιστη ζήτηση 250 MW, ή 0,44% της μέγιστης εθνικής ζήτησης των 58 GW.

Comparative environmental assessment of different battery technologies used for electric vehicles,2023.

Amrut P. Bhosale ^{a,b}, Kaveri Bodke ^a, Anjali Babhulkar ^a, Shivpriya Amale ^a, Sachin A. Mastud ^a, Amol B. Chavan ^b

Η εργασία που ακολουθεί αναλύει την στροφή του κόσμου προς την ηλεκτροκίνηση εξαιτίας της αύξησης της τιμής των καυσίμων. Βέβαια, όταν εξετάζεται ο πλήρης κύκλος ζωής ενός ηλεκτρικού οχήματος, δεν είναι ακόμη εξακριβωμένες οι συνθήκες βάσει των οποίων η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων αποδεικνύεται δυνητικά φιλική προς το περιβάλλον. Η μπαταρία, λοιπόν, αποτελεί ένα απ' τα κύρια στοιχεία που συμβάλλουν στις εκπομπές σε ένα ηλεκτρικό όχημα. Επίσης, με σκοπό να μειωθούν οι εκπομπές από την πηγή ενέργειας της μπαταρίας, πρέπει να μελετηθούν από περιβαλλοντική άποψη διαφορετικές χημικές ουσίες που περιέχει. Οπότε, η συγκεκριμένη εργασία δείχνει μια συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής διαφορετικών μπαταριών με εφαρμογή σε αυτοκίνητα σύμφωνα με το σενάριο του ινδικού μείγματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια ανάλυση "από το λίκνο στο μνήμα" και για τις δύο χημικές κατηγορίες μπαταριών με τη μεθοδολογία ReCiPe, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πολύκροτο ζήτημα των βιώσιμων μεταφορών. Το αποτέλεσμα καταδεικνύει τις εκπομπές σε διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων. Περαιτέρω, προτείνεται καλύτερη τεχνολογία μπαταριών σε διαφορετικές κατηγορίες επιπτώσεων για τους δικαιούχους αυτής της μελέτης.

Επιπλέον, για λόγους σύγκρισης, το παρόν άρθρο αποκαλύπτει επίσης τις εκπομπές και για τις δύο μπαταρίες υπό διαφορετικό ενεργειακό μείγμα.

18 - Lead–acid batteries for E-bicycles and E-scooters,2017

J. Garche ¹, P.T. Moseley ²

Η έρευνα που ακολουθεί αναφέρεται στις μπαταρίες μολύβδου-οξέως που χρησιμοποιούν τα ηλεκτρικά δίκυκλα.

Έχει ήδη αναπτυχθεί ραγδαία η αγορά ηλεκτρικών ποδηλάτων και σκούτερ λόγω της χαμηλής ισχύος. Τέτοιου είδους οχήματα ικανοποιούν τη ζήτηση για μεταφορές με χαμηλό κόστος αλλά και μειωμένη περιβαλλοντική ρύπανση. Οι παγκόσμιες ετήσιες πωλήσεις E2W το 2012 ήταν περίπου 38.000.000, απ' τις οποίες η Κίνα αντιπροσωπεύει τα 33.000.000.

Η εμβέλεια τους καθορίζεται κατά βάση από την μπαταρία. Έχουν δοκιμαστεί οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου, νικελίου-υδριδίου μετάλλου, μολύβδου-οξέος και ιόντων λιθίου, αλλά η πλειοψηφία των μπαταριών E2W είναι είτε μολύβδου-οξέος είτε ιόντων λιθίου. Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος είναι κυρίως σχεδιασμού απορροφητικού γυαλιού (AGM), αν και χρησιμοποιούνται ορισμένοι τύποι gel. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (LIBs) είναι φωσφορικός σίδηρος λιθίου τύπους νικελίου, κοβαλτίου και αλουμινίου (NCA) ή οξειδίου του μαγγανίου λιθίου. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν πολύ υψηλότερη ειδική ενέργεια και επομένως παρέχουν υψηλότερη εμβέλεια, αλλά έχουν σημαντικά υψηλότερο κόστος.

Το πλεονεκτήματα των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι η μεγαλύτερη εμβέλεια ή/και το χαμηλότερο βάρος. Αυτό έχει οδηγήσει σε ώθηση των καταναλωτών σε ποσοστό σχεδόν 100% στην αγορά E2W στις ανεπτυγμένες χώρες. Βέβαια, στην Κίνα οι καταναλωτές προτιμούν σε ποσοστό 90% μπαταρίες μολύβδου-οξέως. Είναι σχεδόν απίθανο μελλοντικά να γίνει μετατόπιση από μπαταρίες μολύβδου-οξέος σε μπαταρίες ιόντων λιθίου εξαιτίας του ασφάλιστρου κόστους.

2.3 Σύνοψη

Οι παραπάνω έρευνες συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2-Σύνοψη Χαρακτηριστικών Επιστημονικών Ερευνών

a/a	Τίτλος	Χρονολογία	Είδος χρήσης	Μέσο	Ανάλυση	Είδος ανάλυσης	Τρόπος Φόρτισης	Έμφαση	Είδος Μπαταρίας
1	Solar photovoltaic generation for charging shared electric scooters	2022	Κοινόχρηστο	Πατίνι	Ναι	Πείραμα	φωτοβολταϊκά	Οικολογία	
2	Estimation of the state-of-charge of lead–acid batteries used in electric scooters	2005	Ιδιωτικό			Μαθηματικό μοντέλο			Μολύβδου Οξέος
3	A multi-normalization multi-distance assessment (TRUST) approach for locating a battery swapping station for electric scooters	2021	Κοινόχρηστο	Σκούτερ	Ναι	Μαθηματικό μοντέλο	Σταθμοί εναλλαγής Μπαταριών	Βιωσιμότητα	
4	Compliance to eco-riding recommendations on an E-scooter: Effects on energy consumption and user acceptance	2023	Ιδιωτικό	Δίκυκλα (γενικά;)	Ναι	Πείραμα		Οικολογία	
5	(Non-)leaking of electric scooter batteries dumped for more than a year in a freshwater pond	2022	Κοινόχρηστο	Πατίνι	Ναι	Πείραμα		Οικολογία	Ιόντων λιθίου
6	Numerical analysis of an energy storage system based on a metal hydride hydrogen tank and a lithium-ion battery pack for a plug-in fuel cell electric	2023	Ιδιωτικό		Ναι	Μαθηματικό μοντέλο	Υβριδικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας	Οικολογία	Ιόντων λιθίου
7	Mechanical–electrochemical modeling of Li-ion battery designed for an electric scooter	2006	Ιδιωτικό	Σκούτερ		Προσομοίωση			Ιόντων λιθίου
8	What is the value of swappable batteries for a shared e-scooter service?	2022	Κοινόχρηστο	Πατίνι	Ναι	Μαθηματικό μοντέλο	Ανταλλασσόμενες μπαταρίες		
9	Thermal management of Li-ion battery with phase change material for electric scooters: experimental validation	2005	Ιδιωτικό		Ναι	Πείραμα			Ιόντων λιθίου
10	Design and simulation of a lithium-ion battery with a phase change material thermal management system for an electric scooter	2004	Ιδιωτικό		Ναι	Προσομοίωση			Ιόντων λιθίου
11	A novel pythagorean fuzzy multi-criteria decision-making methodology for e-scooter charging station location-selection	2022	Ιδιωτικό		Ναι	Μαθηματικό μοντέλο	Σταθμοί φόρτισης	Βιωσιμότητα	
12	How to choose the optimal single-track vehicle to move in the city? Electric scooters study case	2020	Ιδιωτικό	Πατίνια	Ναι			Οικολογία	
13	Are shared electric scooters energy efficient?	2021	Ιδιωτικό	Πατίνια	Ναι	Μαθηματικό μοντέλο		Ενεργειακή απόδοση	
14	Investigating the technical, economic and environmental performance of electric vehicles in the real-world: A case study using electric scooters	2011	Ιδιωτικό	Σκούτερ		Πείραμα	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	Σύγκριση με βενζινοκίνητα οχήματα	
15	Comparative environmental assessment of different battery technologies used for electric vehicles	2023		Οχήματα (γενικά;)				Οικολογία	

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, προκύπτουν τα εξής σχόλια:

- Οι περισσότερες έρευνες είναι μετά το 2020. Αυτό είναι λογικό, καθώς η έντονη εξάπλωση των ηλεκτρικών πατινιών και γενικότερα της ηλεκτροκίνησης έγινε τα τελευταία χρόνια.
- Σχετικά με το είδος χρήσης, το 25% των μελετών διερευνά τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά οχήματα, ενώ το υπόλοιπο 75% τα ιδιωτικά.
- Όλες έρευνες βασίζονται σε στατιστικές αναλύσεις.
- Δίνεται εξαιρετικά μεγάλη έμφαση στο περιβάλλον και στην οικολογία. Πολλές έρευνες διερευνούν πώς τα ηλεκτρικά πατίνια μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών διάφορων ρύπων.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνών μελετά οχήματα που λειτουργούν με μπαταρίες ιόντων - λιθίου. Το γεγονός αυτό πράγματι έχει νόημα εφόσον είναι πιο εξελιγμένες μπαταρίες με περισσότερα θετικά από τις μπαταρίες μολύβδου οξέος.
- Κάποιες έρευνες εξετάζουν καινοτόμες προσεγγίσεις, όπως η χρήση ηλιακής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών πατινιών, με σκοπό τη μείωση του λειτουργικού κόστους και την αύξηση της βιωσιμότητας των υπηρεσιών μικροκινητικότητας.

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια περιγραφή στο θεωρητικό στατιστικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο βασίστηκε η μεθοδολογική ανάλυση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται και οι βασικές μέθοδοι ανάλυσης βάσει των οποίων έγινε η επεξεργασία των δεδομένων. Η μέθοδος αυτή είναι η πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση. Τα τελικά αποτελέσματα, θα αξιολογηθούν με βάση κάποια κριτήρια αποδοχής μεθόδων.

3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

Ο όρος **πληθυσμός** (population) απευθύνεται στο σύνολο των παρατηρήσεων ενός χαρακτηριστικού που αναφέρεται στη στατιστική έρευνα. Είναι, δηλαδή, ένα σύνολο πλήρων καθορισμένων στοιχείων. Ο πληθυσμός μπορεί να είναι είτε πραγματικός, είτε θεωρητικός.

Ο όρος **δείγμα** (sample) απευθύνεται σε κάποιο υποσύνολο του πληθυσμού. Λόγω του ότι οι ιδιότητες του πληθυσμού είναι δύσκολο να καταγραφούν, το μεγαλύτερο ποσοστό των στατιστικών ερευνών βασίζεται σε δείγματα. Το κάθε στοιχείο του δείγματος ανήκει και στον πληθυσμό, αλλά το αντίστροφο δεν ισχύει. Αν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό για τον πληθυσμό, τότε τα **συμπεράσματα** που θα προκύψουν από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ακρίβεια ικανοποιητική.

Ο όρος **μεταβλητές** (variables) απευθύνεται στα χαρακτηριστικά εκείνα που πρόκειται να μετρηθούν ώστε να καταγραφούν σε ένα σύνολο ατόμων. Οι 2 κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι μεταβλητές είναι οι εξής:

1. **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables): Οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές ανήκουν σε διαφορετικές μεταξύ τους κατηγορίες. Χρησιμοποιώντας αριθμούς για την παράσταση των τιμών μιας τέτοιας μεταβλητής γίνεται για συμβολικούς λόγους καθώς δεν έχει την έννοια της μέτρησης. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας μεταβλητής είναι το φύλο.
2. **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables): Οι μεταβλητές που έχουν αριθμούς για τιμές με την σημασία της μέτρησης. Ένα παράδειγμα τέτοιας μεταβλητής είναι η ηλικία. Επίσης, οι μεταβλητές αυτές χωρίζονται στις 2 παρακάτω κατηγορίες:
 - a. **Διακριτές μεταβλητές** (ordinal): Οι μεταβλητές αυτές μπορούν να πάρουν μόνο διακεκριμένες τιμές. Ένα παράδειγμα είναι ο αριθμός των μελών μιας οικογένειας.
 - b. **Συνεχείς μεταβλητές** (scale): Οι μεταβλητές αυτές μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή ενός συνεχούς διαστήματος. Ένα παράδειγμα είναι η ταχύτητα.

3.3 Βασικές Κατανομές

Στην επιστήμη της Στατιστικής, όταν ο σκοπός είναι να μελετηθούν διάφορα στατιστικά μεγέθη, απαιτείται να είναι γνωστή η μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές τους. Οι βασικότερες κατανομές παρατίθενται παρακάτω:

Κανονική Κατανομή

Μια από τις βασικότερες κατανομές πιθανότητας που σχετίζεται με τις συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή Gauss. Χρησιμοποιείται με σκοπό την προσέγγιση αθροισμάτων τυχαίων μεταβλητών όλων των κατανομών. Πιο αναλυτικά, μια συνεχής τυχαία μεταβλητή x θεωρείται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή με παραμέτρους m, s ($-\infty < m < +\infty, s > 0$) και γράφεται ως εξής αν έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας την:

$$f(x | m, s^2) = \frac{e^{-\frac{(x-m)^2}{2*s^2}}}{\sqrt{2 * \pi * s^2}}$$

Κατανομή Poisson

Για την περιγραφή εντελώς τυχαίων διακριτών γεγονότων, η πιο κατάλληλη κατανομή είναι η Κατανομή Poisson. Μια τυχαία μεταβλητή x θεωρείται ότι ακολουθεί την κατανομή αυτή με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), $\lambda = m = s^2$, και γράφεται $X \sim P(\lambda)$, αν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$P(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$

Η κατανομή Poisson, αναφέρεται στον αριθμό των συμβάντων ορισμένου χωρικού ή χρονικού διαστήματος. Επιπροσθέτως, είναι η καταλληλότερη για την ανάπτυξη μοντέλων τα οποία σχετίζονται με φαινόμενα τα οποία εμφανίζονται σπάνια, με ανεξάρτητες μεταξύ τους εμφανίσεις.

Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

Μία από τις σημαντικότερες μορφές κατανομών που χρησιμοποιείται στην οδική ασφάλεια είναι και η αρνητική διωνυμική κατανομή. Χρησιμοποιείται όταν η διακύμανση των στοιχείων του δείγματος είναι μεγαλύτερη από τον μέσο όρο. Αυτό μπορεί να συμβεί σε φαινόμενα που εμφανίζουν **περιοδικές μεταβλητές**. Μια τυχαία μεταβλητή x θεωρείται ότι ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρους k, p και γράφεται $X \sim NB(k, p)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$P(x) = \binom{x+k-1}{x} * p^k * (1-p)^x$$

3.4 Μαθηματικά Πρότυπα

Γραμμική Παλινδρόμηση

Ανάλυση παλινδρόμησης είναι ο τομέας της στατιστικής που εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή παραπάνω μεταβλητών, με σκοπό να επιτρέπεται η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες.

Η μεταβλητή της οποίας η τιμή θα προβλεφθεί ονομάζεται **εξαρτημένη μεταβλητή**, ενώ η μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής, ονομάζεται **ανεξάρτητη μεταβλητή**. Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι τυχαία και προκύπτει από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία και παίρνει καθορισμένες τιμές. Η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων είναι απαραίτητη ώστε να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή οδηγεί σε μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής.

Το μαθηματικό μοντέλο τελικά, βοηθάει στην ανάπτυξη εξισώσεων οι οποίες περιγράφουν τη σχέση ανάμεσα στις εξαρτημένες και τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης του εκάστοτε μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει διακριτές ή συνεχείς τιμές.

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Η απλή γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί την απλούστερη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης. Περιέχει μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή x και μία εξαρτημένη μεταβλητή y , η οποία προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του x . Η τιμή y_i της y , για κάθε τιμή x_i της x , εκφράζεται μέσω της σχέσης:

$$y_i = a + b * x_i + \varepsilon_i$$

Ουσιαστικά, στην παλινδρόμηση γίνεται αναζήτηση των παραμέτρων a , b που εκφράζουν με τον βέλτιστο τρόπο τη γραμμική εξάρτηση της μεταβλητής y από την x . Το κάθε ζεύγος αυτών των τιμών (a,b) ορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση, η οποία εκφράζεται γεωμετρικά από μια ευθεία γραμμή.

Με σκοπό να γίνει η ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται κάποιες υποθέσεις:

- Οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής x είναι αδιαμφισβήτητα γνωστές.
- Η εξάρτηση της y από τη x είναι γραμμική.
- Η μέση τιμή του σφάλματος της παλινδρόμησης είναι μηδέν για κάθε τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής x και η διασπορά του είναι σταθερή.

Οι υποθέσεις αυτές αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Γι' αυτό το λόγο σε τέτοια προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται η υπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

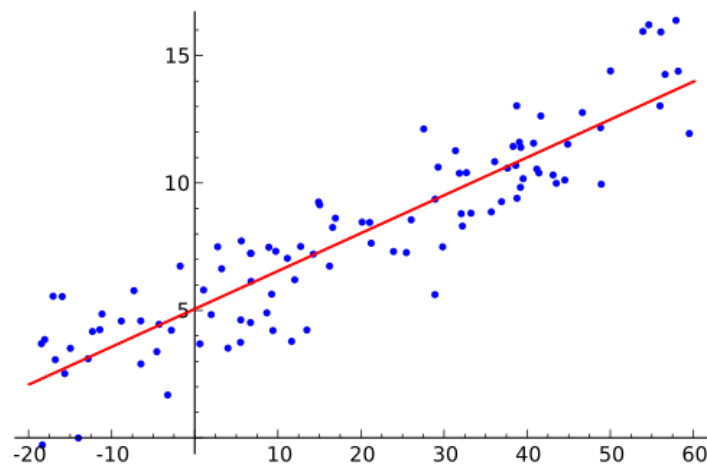
Όταν η εξαρτημένη μεταβλητή y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές, γίνεται αναφορά στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Η σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών έχει την εξής μορφή:

$$y_i = b_0 + b_1 * x_{1_i} + b_2 * x_{2_i} + \dots + b_n * x_{n_i} + \varepsilon_i$$

Ισχύουν οι ίδιες υποθέσεις με αυτές της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα παραπάνω και διαφορετικό στοιχείο μεταξύ της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με την απλή γραμμική παλινδρόμηση είναι να γίνει έλεγχος για το αν είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Χρειάζεται επίσης, εξασφάλιση για το αν παρουσιάζεται γραμμική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή μπορεί να εκτιμηθεί μέσω κάποιας άλλης, προκύπτει πρόβλημα συγγραμικότητας.

Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων

Η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Με βάση αυτή τη μέθοδο, προσδιορίζοντας τους συντελεστές b_i , απεικονίζεται μια προσεγγιστική ευθεία η οποία συνδέει τις τιμές της μεταβλητής y , δοθέντων των τιμών της μεταβλητής x . Η ευθεία αυτή ονομάζεται ευθεία παλινδρόμησης της y πάνω στη x . Το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των δύο σημείων από την ευθεία πρέπει να είναι ελάχιστο.



Εικόνα 5-Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

Λογιστική Παλινδρόμηση

Σε περιπτώσεις όπως στη συγκεκριμένη έρευνα, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει διακριτές τιμές, εφαρμόζεται το στατιστικό μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης (logistic regression). Συχνά εντοπίζεται σε Συγκοινωνιακές μελέτες οι οποίες έχουν στόχο να προβλεφθεί η επίδραση ορισμένων ανεξάρτητων μεταβλητών ενός γεγονότος μέσω ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, ο στόχος του μοντέλου είναι να υπολογιστεί η πιθανότητα επιλογής ενός εκ των δύο διαθέσιμων τύπων ηλεκτρικού πατινιού με βάση κάποια χαρακτηριστικά τους (χρόνος φόρτισης, αυτονομία, μέγιστη ταχύτητα), και να παρουσιαστεί ο τρόπος και σε ποιον βαθμό οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν την εξαρτημένη.

Στη λογιστική παλινδρόμηση η εξαρτημένη μεταβλητή είναι κατηγορική και δίτιμη. Για αυτήν εξετάζουμε τα ποσοστά εμφάνισης των δύο κατηγοριών σε σχέση με τις ανεξάρτητες μεταβλητές- παράγοντες. Επειδή σκοπός είναι να εκτιμηθεί η πιθανότητα εμφάνισης ενός συμβάντος, συνεπάγεται ότι οι τιμές που θα πρέπει να προκύπτουν από το γραμμικό υπόδειγμα περιέχονται στο διάστημα [0,1].

Άρα, υποθέτουμε ότι η μεταβλητή ακολουθεί διωνυμική κατανομή και ότι η σύνδεση της πιθανότητας εμφάνισης του γεγονότος p_i συνδέεται με το γραμμικό υπόδειγμα μέσω της link function:

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Όπου:

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right), \text{ ο λογάριθμος του λόγου σχετικής πιθανότητας.}$$

Απολογαριθμίζοντας, προκύπτει ότι η πιθανότητα της κατηγορίας της εξαρτημένης μεταβλητής θα είναι:

$$p_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k}}$$

Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης η εκτίμηση των συντελεστών πραγματοποιείται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood method) αντί της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων.

Η ερμηνεία τους, όμως, δεν προκύπτει με τον ίδιο τρόπο όπως στη γραμμική παλινδρόμηση και θα πρέπει να γίνει τροποποίηση, ώστε να εκφραστούν με την κατάλληλη μορφή, δηλαδή e^{β} . Τα περισσότερα προγράμματα στον πίνακα των συντελεστών εμφανίζουν και την σχέση e^{β} . Κάθε συντελεστής εκφράζει τη μεταβολή του λογαρίθμου της σχετικής πιθανότητας για μια μνάδα αύξησης της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Το στατιστικό μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν δύο εναλλακτικές επιλογές με την ανάπτυξη διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης (binary model), αλλά και στην περίπτωση όπου υπάρχουν περισσότερες από δύο ενδεχόμενες επιλογές γίνεται με το πολυωνυμικό μοντέλο πρόβλεψης (multinomial model).

Ως συνάρτηση χρησιμότητας για τη λογιστική παλινδρόμηση ορίζεται η σχέση :

$$U_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Όπου

- U_i : η συνάρτηση χρησιμότητας του συμβάντος i
- $x_1 \dots x_n$: οι αυτόνομες μεταβλητές του προβλήματος
- a_0 : ο σταθερός όρος που αντιπροσωπεύει την επιρροή των παραγόντων που δεν περιλαμβάνονται στο μαθηματικό μοντέλο
- $a_1 \dots a_n$: οι συντελεστές των μεταβλητών

Η σχέση με την οποία υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος i είναι :

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{1 + e^{U_i}}$$

Συνεπώς, η πιθανότητα να μην πραγματοποιηθεί το ενδεχόμενο i είναι από το αποτέλεσμα $1 - P_i$.

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας συναντάται η έννοια του λόγου των πιθανοτήτων. Πρόκειται για ένα κλάσμα που στον αριθμητή είναι η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός ενώ στον παρονομαστή είναι η πιθανότητα να μην συμβεί. Όπως προαναφέρθηκε, εάν P είναι η πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός και $1-P$ είναι η πιθανότητα να μην συμβεί τότε ο λόγος των πιθανοτήτων δίνεται ως εξής : $\frac{P}{1-P}$

Η λογαριθμική μορφή του λόγου αυτού που χρησιμοποιείται συχνότερα δίνεται από τη σχέση:

$$\text{logit}(P) = \log_e \frac{P}{1-P} = \beta_0 + \beta_1x_1 + \dots + \beta_nx_n$$

Όταν οι πιθανότητες > 1 , τότε οι πιθανότητες αυξάνονται.

Όταν οι πιθανότητες είναι < 1 , τότε οι πιθανότητες μειώνονται.

3.5 Στατιστική αξιολόγηση-Κριτήρια αποδοχής προτύπου

Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης:

Με δύο τρόπους μπορεί να γίνει καταγραφή της συμπεριφοράς και των χαρακτηριστικών ενός δείγματος του πλυσίματος που επιλέγεται για να λάβει μέρος σε μια έρευνα.

Μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους συλλογής δεδομένων, χάρη στην απλότητά του, είναι αυτή του ερωτηματολογίου. Αυτό μπορεί να αποτελείται από διάφορους τύπους. Για παράδειγμα μπορεί να είναι σε ηλεκτρονική μορφή ή έντυπη, να περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ερωτήσεων και κατάλληλων διατυπώσεων σε συνάρτηση με τους σκοπούς που έχει θέσει ο ερευνητής.

Ως πρώτη τεχνική καταγραφής των απόψεων του κοινού χρησιμοποιείται η μέθοδος των δηλωμένων προτιμήσεων. Μέσω αυτής της μεθόδου, καταγράφονται οι προτιμήσεις από ένα δείγμα του πληθυσμού για κάποιο θέμα που ενδιαφέρει τον ερευνητή. Προκειμένου να αναλυθούν οι προτιμήσεις του δείγματος, χρησιμοποιούνται κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα. Η μέθοδος είναι καταλληλότερη για καταστάσεις που δεν αποτελούν παρόν θέμα, αλλά είναι πιθανό να αποτελέσουν προκύψουν στο μέλλον.

Η δεύτερη τεχνική για τη συγκέντρωση στοιχείων σχετικά με ένα θέμα που έχει τεθεί ονομάζεται μέθοδος της αποκαλυπτόμενης προτίμησης. Η ειδοποιός διαφορά αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι καταγράφονται οι συμπεριφορές των στάσεων του κοινού απέναντι σε εναλλακτικές επιλογές που έχουν ήδη εφαρμοστεί και για το λόγο αυτό προτιμάται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου στόχος είναι η εξαγωγή μοντέλων της ζήτησης.

Ωστόσο, η μέθοδος αυτή σε ορισμένες περιπτώσεις βρίσκεται σε μειονεκτική θέση.

- Είναι δυνατόν να υπάρχει υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στις κύριες μεταβλητές καθιστώντας τη συνέχιση της ανάλυσης ανενεργή
- Δυσκολία εξέτασης όλων των μεταβλητών που εισάγονται στην έρευνα εξαιτίας της περιορισμένης ευελιξίας των δεδομένων
- Επίσης, δεν ισχύει για καταστάσεις που δεν βρίσκονται στο προσκήνιο στο παρόντα χρόνο

Από την άλλη πλευρά, η Μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο συχνά διότι:

- Επιτρέπει την τοποθέτηση ενός ευρέος φάσματος μεταβλητών στο πεδίο της έρευνας
- Ο μελετητής καθορίζει τη βάση και τα στοιχεία με τα οποία θα αντιμετωπιστεί το κοινό, με αποτέλεσμα η μέθοδος αυτή να είναι πιο ελεγχόμενη

- Παρουσιάζει χαμηλότερο κόστος, καθώς μέσω της κατάλληλης οργάνωσης των περιεχόμενων, ο ερευνητής εξασφαλίζει καλύτερη κατανόηση για το προφίλ των ερωτηθέντων από τις πολλαπλές απαντήσεις τους

Ωστόσο, χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις έρευνες που εφαρμόζουν μόνο αυτή την μέθοδο, καθώς είναι πιθανό οι απαντήσεις των ερωτηθέντων να μην αντιστοιχούν στις πραγματικές τους συνήθειες.

Κριτήρια αποδοχής προτύπου

Ένα αναπτυσσόμενο μοντέλο για να θεωρείται αποδεκτό πρέπει απαραίτητα να πληροί κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών βι της εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης αποτελούν κάποια από τα βασικότερα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση ενός μοντέλου.

Με βάση τα παραπάνω, ο εκάστοτε ερευνητής θα μπορεί να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της έρευνας αλλά και να αξιολογήσει τα αποτελέσματα. Αν αυτό συμβεί με επιτυχία, τότε η στατιστική ανάλυση έχει ολοκληρωθεί. Αν όχι, η στατιστική ανάλυση πρέπει να συνεχιστεί ώσπου να οδηγήσει σε αποτελέσματα τα οποία θα επαληθεύουν επιτυχώς όλους τους στατιστικούς ελέγχους.

Συνάρτηση Χρησιμότητας

Ως συνάρτηση χρησιμότητας για τη λογιστική παλινδρόμηση ορίζεται ο γραμμικός συνδυασμός των ανεξάρτητων μεταβλητών. Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας, χρησιμοποιείται ο λόγος των πιθανοτήτων (odds ratio), που είναι το κλάσμα της πιθανότητας να συμβεί ένα γεγονός προς την πιθανότητα να συμβεί.

Αν ο λόγος των πιθανοτήτων είναι μεγαλύτερος του 1, τότε η πιθανότητα εμφάνισης του γεγονότος αυξάνεται.

Αν ο λόγος αυτός είναι μικρότερος του 1, τότε η πιθανότητα μειώνεται.

Η λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορα πεδία για την πρόβλεψη αποτελεσμάτων και για την κατανόηση σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών.

Η μορφή της συνάρτησης είναι η εξής:

$$U_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Όπου:

- U_i : η συνάρτηση χρησιμότητας του συμβάντος i
- $x_1 \dots x_n$: οι αυτόνομες μεταβλητές του προβλήματος
- a_0 : ο σταθερός όρος που αντιπροσωπεύει την επιρροή των παραγόντων που δεν περιλαμβάνονται στο μαθηματικό μοντέλο

- $\alpha_1 \dots \alpha_n$: οι συντελεστές των μεταβλητών

Η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος i υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{1 + e^{U_i}}$$

Άρα, η πιθανότητα να μην πραγματοποιηθεί το ενδεχόμενο i είναι από το αποτέλεσμα $1 - P_i$.

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων μιας έρευνας, χρησιμοποιούμε συχνά την έννοια του λόγου των πιθανοτήτων. Ο λόγος των πιθανοτήτων είναι ένας αριθμός που προκύπτει από τη διαίρεση της πιθανότητας να συμβεί ένα γεγονός με την πιθανότητα να μην συμβεί αυτό το γεγονός. Συγκεκριμένα, αν P είναι η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός και $1-P$ είναι η πιθανότητα να μην συμβεί, τότε ο λόγος των πιθανοτήτων εκφράζεται ως:

$$\frac{P}{1-P}$$

Η λογαριθμική μορφή του λόγου αυτού που χρησιμοποιείται συχνότερα δίνεται από τη σχέση:

$$\text{logit}(P) = \log_e \frac{P}{1-P} = \beta_0 + \beta_1 \chi_1 + \dots + \beta_n \chi_n$$

Όταν οι πιθανότητες > 1 , τότε οι πιθανότητες αυξάνονται.

Όταν οι πιθανότητες είναι < 1 , τότε οι πιθανότητες μειώνονται

Κεφάλαιο 4: Συλλογή δεδομένων

4.1 Εισαγωγή

Όπως παρουσιάζεται στα προηγούμενα κεφάλαια, στόχος είναι να αναπτυχθεί η διερεύνηση σχετικά με κάποια χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών πατινιών, τα οποία είναι:

- Ο χρόνος φόρτισης (σε ώρες)
- Η αυτονομία (σε χιλιόμετρα)
- Η μέγιστη ταχύτητα (σε χιλιόμετρα ανά ώρα)

Με σκοπό, λοιπόν, την επίτευξη αυτού του στόχου, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο αναφερόταν αποκλειστικά σε χρήστες ηλεκτρικών πατινιών. Οι χρήστες αυτοί διέφεραν μεταξύ τους ως προς την ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, το εισόδημα, το επάγγελμα και άλλα χαρακτηριστικά. Το ερωτηματολόγιο ουσιαστικά, βασίζεται σε σενάρια προτίμησης δεδηλωμένων απαντήσεων, ήταν ανώνυμο και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν τηρούσαν τις προδιαγραφές GTPR περί προσωπικών δεδομένων.

Έπειτα από την επεξεργασία των συλλεχθέντων απαντήσεων, με την χρήση του λογισμικού R-Studio, προσδιορίστηκε καλύτερα ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ο οποίος ήταν τα χαρακτηριστικά επιλογής ηλεκτρικού πατινιού.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν ο τρόπος συλλογής των δεδομένων και η επεξεργασία αυτών. Επίσης, θα παρουσιαστούν οι συγκεντρωτικοί πίνακες και τα διαγράμματα που προέκυψαν μέσω της στατιστικής ανάλυσης.

4.2 Συλλογή δεδομένων

4.2.1 Ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική εργασία αποτελείται από 4 ενότητες, με συνολικά 23 ερωτήσεις. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε από 98 άτομα και ο χρόνος που χρειαζόταν για την συμπλήρωσή του της τάξεως των 6 λεπτών. Το χρονικό διάστημα που αφιερώθηκε στην συλλογή δεδομένων ήταν περίπου οκτώ εβδομάδες, Μάιος-Ιούνιος 2023.

Επίσης, στο ερωτηματολόγιο αναφέρθηκε ξεκάθαρα πως οι τελικές πληροφορίες που θα συγκεντρώνονταν, θα χρησιμοποιούνταν μόνο για επιστημονικούς σκοπούς.

Αρχικά υπήρχε μια περιγραφή της έρευνας με στόχο να εντάξει το κοινό στο θέμα της, και τον ουσιαστικό σκοπό της Διπλωματικής εργασίας. Η περιγραφή αναγράφεται παρακάτω:

*<<Η έρευνα με το παρακάτω ερωτηματολόγιο εκτελείται στο πλαίσιο Διπλωματικής Εργασίας του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, με θέμα τη **Διερεύνηση χαρακτηριστικών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών.***

Οι απαντήσεις θα αναλυθούν από τους ερευνητές και οποιαδήποτε παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει σε αθροιστική μορφή χωρίς να αποκαλύπτεται η ταυτότητα των ερωτώμενων.

Το ερωτηματολόγιο δεν έχει εμπορικούς σκοπούς και τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν, θα χρησιμοποιηθούν για επιστημονικές έρευνες και εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου διαρκεί περίπου 6 λεπτά.>>

Η **πρώτη ενότητα** αναφέρεται στα **χαρακτηριστικά μετακίνησης** των ερωτηθέντων. Για παράδειγμα, υπάρχουν ερωτήσεις όπως αν έχουν στην κατοχή τους δίπλωμα οδήγησης, ποιος είναι ο χρόνος μιας μετακίνησής τους, ποιος είναι ο λόγος μετακίνησής τους.

Η **δεύτερη ενότητα** σχετίζεται με τις **απόψεις του κοινού για τα ηλεκτρικά πατίνια και την διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους**. Οι ερωτήσεις της ενότητας αυτής αναφέρονται ξεχωριστά στο ηλεκτρικό πατίνι του κάθε χρήστη. Έχουν σχέση με την διάρκεια φόρτισης του ηλεκτρικού πατινιού, την αυτονομία του, την διάρκεια φόρτισης σε ώρες. Επίσης, υπάρχουν και 2 ερωτήσεις οι οποίες αποτελούνται από διάφορες παραμέτρους που έχουν σχέση με την επιλογή της σημαντικότητας του ηλεκτρικού πατινιού στις μετακινήσεις, καθώς και με το πόσο ευχαριστημένοι είναι οι οδηγοί τους.

Η **τρίτη ενότητα** αποτελείται από 7 διαφορετικά σενάρια. Για κάθε ένα από αυτά, οι ερωτηθέντες θα πρέπει να επιλέξουν τα χαρακτηριστικά ηλεκτρικών πατινιών που προτιμάνε μεταξύ 2 επιλογών (επιλογή 1 , επιλογή 2). Οι παράμετροι της κάθε επιλογής είναι 3 (χρόνος φόρτισης, αυτονομία και μέγιστη ταχύτητα). Μέσω αυτής της ενότητας , ουσιαστικά, θα προκύψουν τα τελικά αποτελέσματα της έρευνας.

Στην **τέταρτη ενότητα**, οι ερωτήσεις παραπέμπουν στα **δημογραφικά χαρακτηριστικά** των ερωτηθέντων. Υπάρχουν ερωτήσεις που απαντούν στο φύλο, στην ηλικία, στο επάγγελμα, στο επίπεδο σπουδών και στο ετήσιο οικογενειακό εισόδημα. Τα στοιχεία αυτά εξυπηρετούν στον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος αλλά και στη χρήση τους στο μαθηματικό μοντέλο που θα αναπτυχθεί, καθώς και στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

4.2.2 Σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης

Τα σενάρια της τρίτης ενότητας του ερωτηματολογίου, στηρίχτηκαν σε 3 παραμέτρους:

- Χρόνος φόρτισης (ώρες)
- Αυτονομία (χιλιόμετρα)
- Μέγιστη ταχύτητα (χιλιόμετρα/ ώρα).

Η ακολουθία των σεναρίων και ο σχεδιασμός των πινάκων με τα δεδομένα των παραμέτρων, επιλέχθηκαν προσεκτικά με σκοπό να γεννηθεί προβληματισμός στους ερωτηθέντες της έρευνας. Είναι πολύ σημαντική η προσεκτική αξιολόγηση των δεδομένων των σεναρίων και η αποφυγή βιαστικής συμπλήρωσης των απαντήσεων. Αυτός είναι και ο λόγος που στα σενάρια δεν υπήρχαν προφανείς απαντήσεις.

Πίνακας 3- Δεδομένα σεναρίων ερωτηματολογίου

Χαρακτηριστικά	Επίπεδα
Χρόνος φόρτισης	2
	5
	8
Αυτονομία	20
	40
	80
Μέγιστη ταχύτητα	30
	50
	80

Στην περιγραφή του τρίτου σεναρίου εμφανιζόταν το εξής κείμενο:

<<Παρακάτω υπάρχουν ερωτήσεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού πατινιού που θα επιλέγατε. Παρακαλείστε να επιλέξετε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις για κάθε σενάριο, καθώς τα χαρακτηριστικά του κάθε σεναρίου διαφέρουν ανάλογα με το χρόνο φόρτισης, την αυτονομία και την μέγιστη ταχύτητα.>>

Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 7) εμφανίζεται η ενδεικτική μορφή των σεναρίων. Στο τέλος αυτού του τεύχους παρατίθεται ολόκληρο το ερωτηματολόγιο με τα 7 σενάρια που χρησιμοποιήθηκαν.

Σενάριο 2

	Επιλογή 1	Επιλογή 2
Χρόνος φόρτισης(ώρες)	5	8
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	40	80
Μέγιστη ταχύτητα	50	30

Ποια χαρακτηριστικά θα επιλέγατε για το Σενάριο 2; *

Επιλογή 1

Επιλογή 2

Εικόνα 6-Ενδεικτικό σενάριο ερωτηματολογίου

4.2.3 Συλλογή δεδομένων

Η συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία αξιοποίησε την επιστήμη της Στατιστικής για την ανάλυσή της. Σκοπός είναι ο αριθμός του δείγματος να είναι ικανοποιητικός ώστε να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα της έρευνας. Το μέγεθος του δείγματος ήταν 80 ερωτηματολόγια. Το δείγμα οφείλει να έχει χαρακτηριστικά που να ταυτίζονται με αυτά του πληθυσμού από τον οποίο έχει προκύψει. Έτσι, επιτυγχάνεται και η αντιπροσωπευτικότητά του.

Ο πληθυσμός της παρούσας έρευνας αποτελούνταν από χρήστες ηλεκτρικών πατινιών αποκλειστικά.

Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 6) απεικονίζεται το εξώφυλλο του ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε μέσω της ιστοσελίδας Google Forms.



Διερεύνηση χαρακτηριστικών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών

Η έρευνα με το παρακάτω ερωτηματολόγιο εκτελείται στο πλαίσιο Διπλωματικής Εργασίας του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, με θέμα τη **Διερεύνηση χαρακτηριστικών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών**.

Οι απαντήσεις θα αναλυθούν από τους ερευνητές και οποιαδήποτε παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει σε αθροιστική μορφή χωρίς να αποκαλύπτεται η ταυτότητα των ερωτώμενων.

Το ερωτηματολόγιο δεν έχει εμπορικούς σκοπούς και τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν, θα χρησιμοποιηθούν για επιστημονικές έρευνες και εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

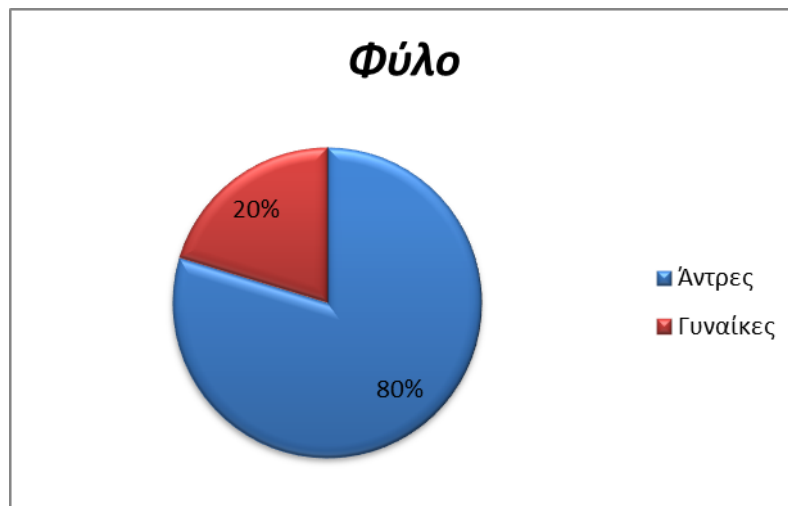
Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου διαρκεί περίπου 6 λεπτά.

Εικόνα 7-Εξώφυλλο ερωτηματολογίου

4.3 Περιγραφική ανάλυση

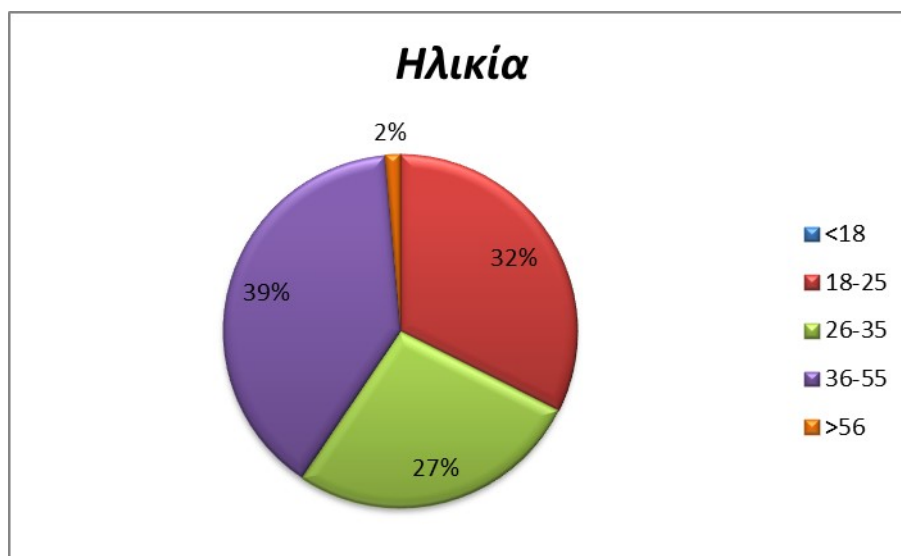
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά στοιχεία που προέκυψαν από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου. Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων του δείγματος, τα στατιστικά στοιχεία παρουσιάζονται σε μορφή πίτας και διαγραμμάτων.

Τα γραφήματα που ακολουθούν απεικονίζουν τα **δημογραφικά χαρακτηριστικά** του δείγματος:



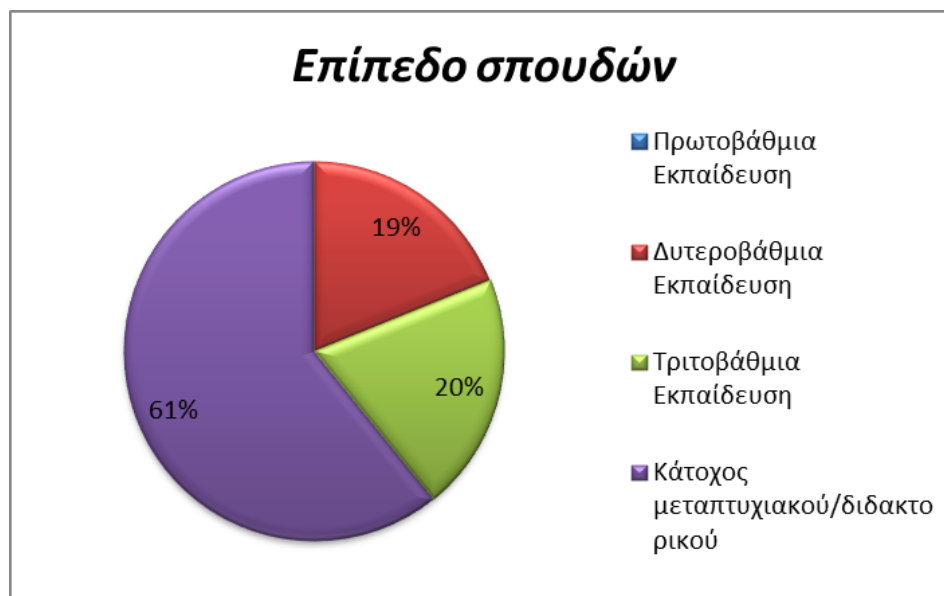
Εικόνα 8: Κατανομή του δείγματος σχετικά με το φύλο

Στο παραπάνω γράφημα βλέπουμε την κατανομή του **φύλου** που προέκυψε από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου. Το 20% αποτελείται από γυναίκες, ενώ το 80% από άντρες. Συνεπώς, το δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό αλλά παίρνουμε το συμπέρασμα πως οι άντρες οδηγοί ηλεκτρικών πατινιών είναι περισσότεροι.



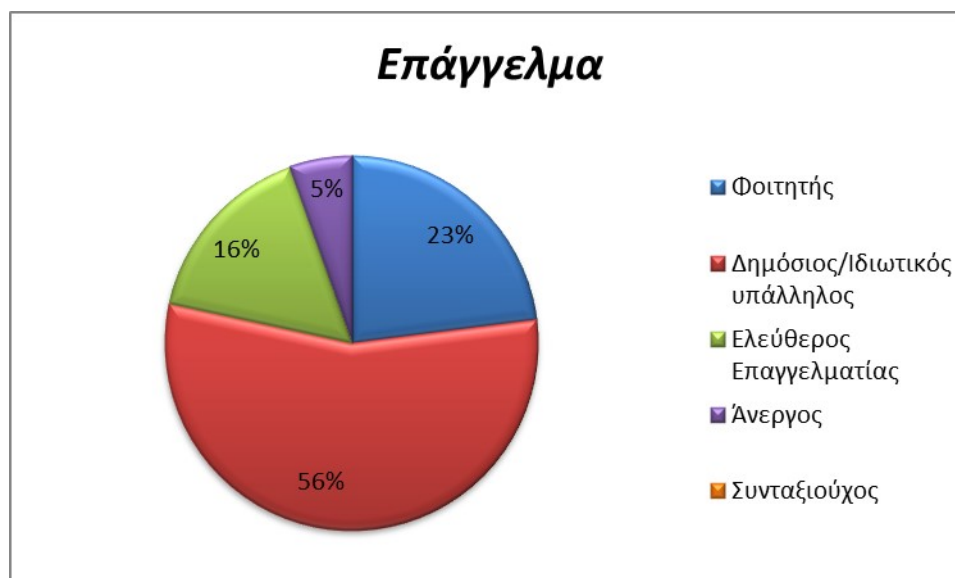
Εικόνα 9: Κατανομή του δείγματος σχετικά με την ηλικία

Η παραπάνω κατανομή αναφέρεται στην **ηλικία** των ερωτηθέντων του ερωτηματολογίου. Παρατηρούμε αρχικά πως δεν υπάρχουν οδηγοί ηλεκτρικών πατινιών μικρότεροι από 18 ετών. Το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος (39%) είναι της ηλικιακής ομάδας των 36-55 ετών.



Εικόνα 10: Κατανομή του δείγματος σχετικά με το επίπεδο σπουδών

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται το γράφημα που σχετίζεται με το **επίπεδο σπουδών** των ερωτηθέντων. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού/διδασκτικού τίτλου.



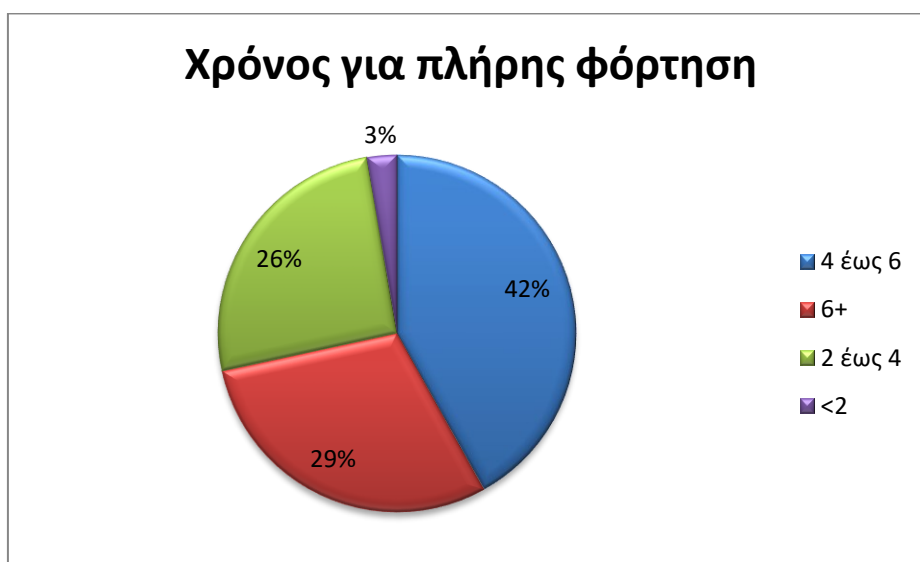
Εικόνα 11: Κατανομή του δείγματος σχετικά με το επάγγελμα

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την ποσοστιαία κατανομή των ερωτηθέντων σχετικά με το **επάγγελμα** τους. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών είναι της τάξεως του 56% και αποτελείται από δημόσιους/ ιδιωτικούς υπαλλήλους. Αξίζει επίσης να σημειωθεί πως δεν είναι μικρό το ποσοστό των φοιτητών.



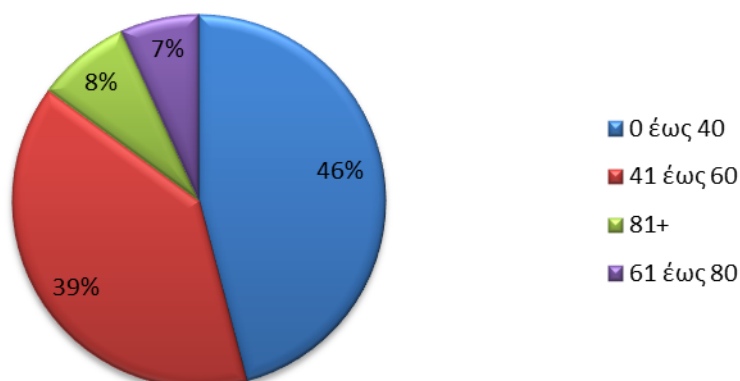
Εικόνα 12: Κατανομή του δείγματος σχετικά με το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται το **ετήσιο οικογενειακό εισόδημα** των ερωτηθέντων. Το μεγαλύτερο ποσοστό ανήκει στην κατηγορία με ετήσιο οικογενειακό εισόδημα της τάξεως '10.000€-30.000€'.



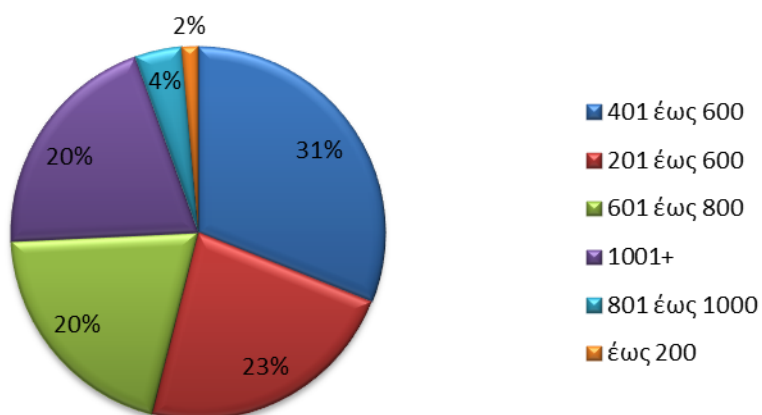
Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται τα ποσοστά των ερωτηθέντων ως προς τον χρόνο που απαιτούν τα ηλεκτρικά τους πατίνια **για μια πλήρης φόρτιση**. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των πατινιών χρειάζεται 4 έως 6 ώρες για την ολοκλήρωση μίας φόρτισης.

Αυτονομία ηλεκτρικού πατινιού



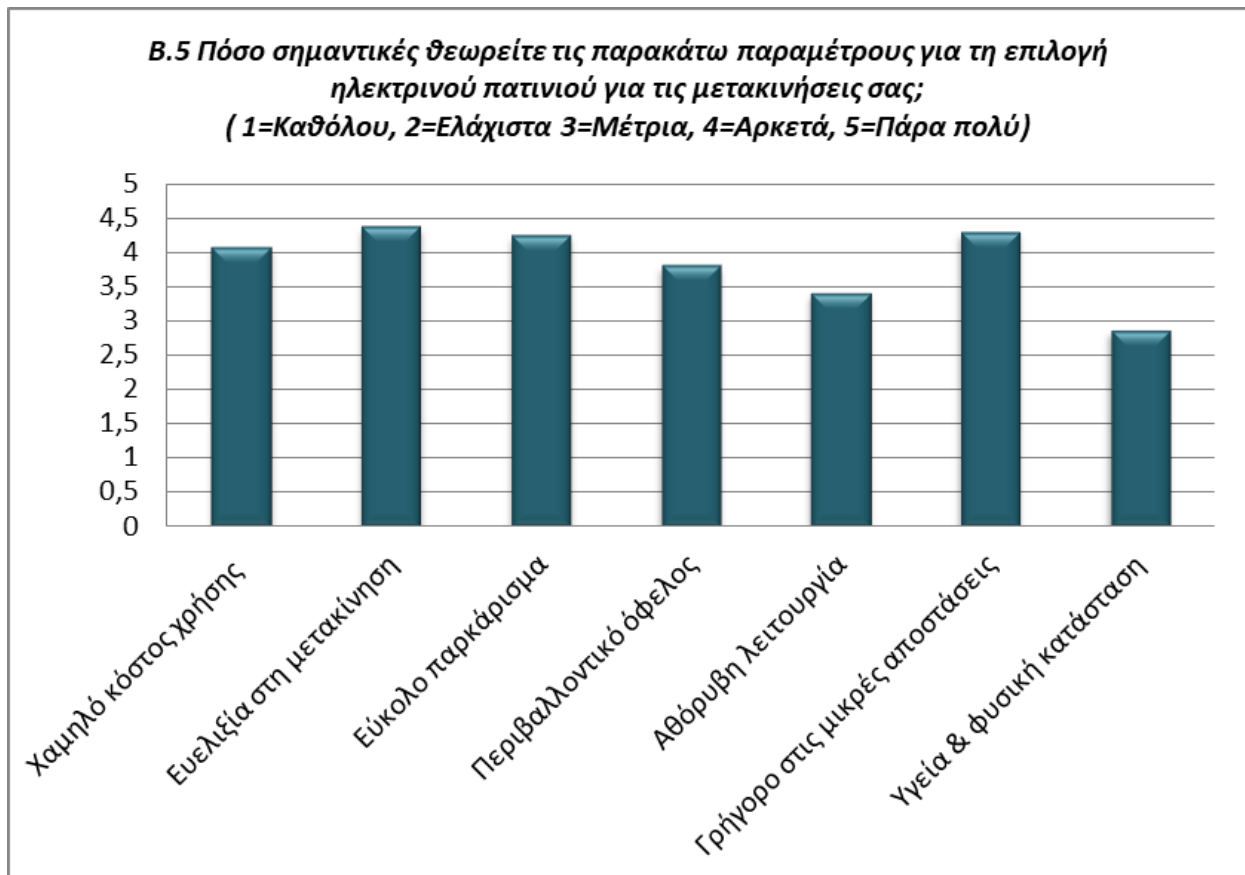
Σχετικά με την **αυτονομία** των ηλεκτρικών πατινιών, όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, τα αποτελέσματα δείχνουν πως οι περισσότεροι έχουν πατίνια με αυτονομία που φτάνει μέχρι τα 40 km.

Χρήματα για την αγορά



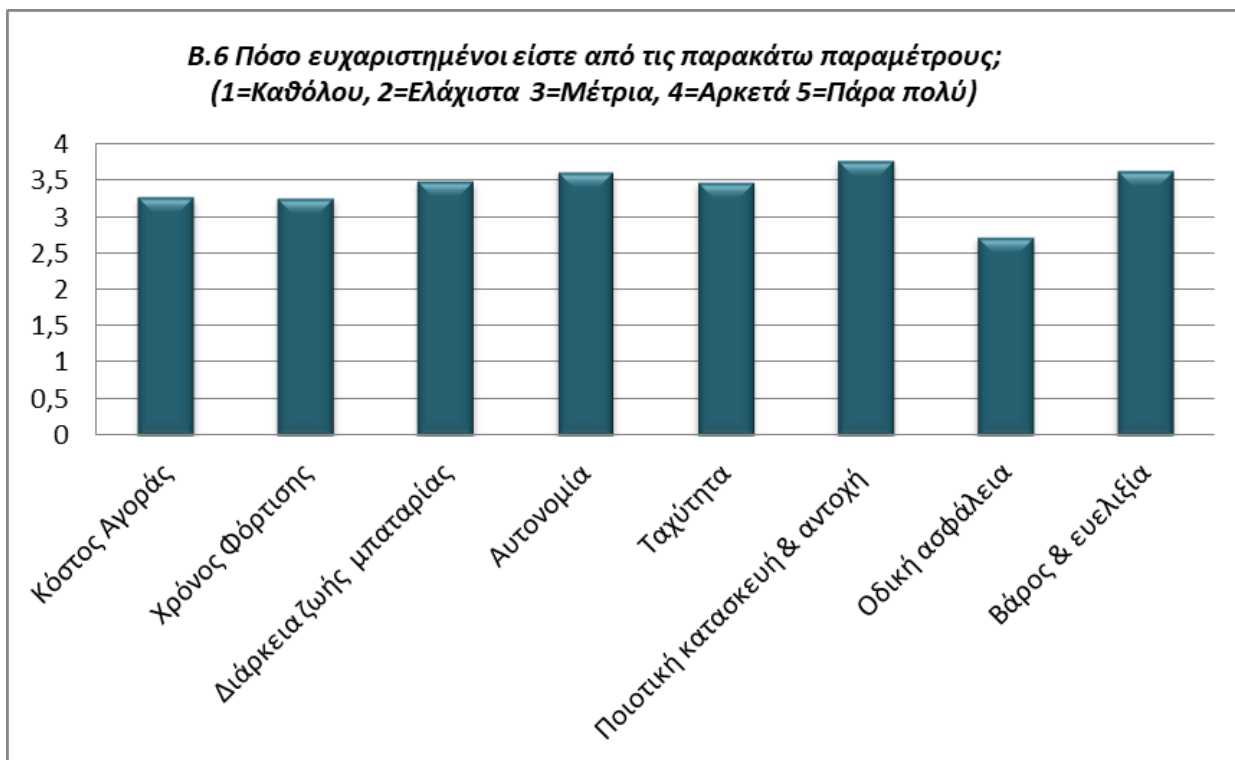
Τέλος, παρουσιάζεται το διάγραμμα που αναφέρεται στα **χρήματα** που διέθεσαν οι ερωτηθέντες **για την αγορά** του ηλεκτρικού τους πατινιού. Παρατηρείται πως το μεγαλύτερο ποσοστό (31%) διέθεσε από 401 έως 600 ευρώ για την αγορά. Επίσης, σημαντικό είναι πως μόνο ένα ποσοστό της τάξεως του 2% έχει αγοράσει πατίνι που κοστίζει έως 200 ευρώ.

Στην συνέχεια παρατίθενται κάποια ακόμη διαγράμματα με σημαντικά στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων.



Εικόνα 13

Στην εικόνα 13 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα που περιγράφει τις απαντήσεις των ερωτηθέντων σχετικά με την **σημαντικότητα κάποιων παραμέτρων ως προς την επιλογή ηλεκτρικού πατινιού σαν μέσο μετακίνησης**. Η λιγότερη σημαντική παράμετρος φαίνεται να είναι η υγεία & φυσική κατάσταση, ενώ οι πιο σημαντικές είναι η ευελξία στην μετακίνηση, το εύκολο παρκάρισμα, καθώς και το γεγονός πως είναι γρήγορο στις μικρές αποστάσεις.



Εικόνα 14

Στην εικόνα 14 απεικονίζεται το ιστόγραμμα που περιγράφει **πόσο ευχαριστημένοι είναι οι χρήστες ηλεκτρικών πατινιών από κάποιες παραμέτρους των πατινιών τους**. Για τους ερωτηθέντες όλες οι παράμετροι είναι σημαντικές, με λιγότερο σημαντική την οδική ασφάλεια και ιδιαίτερη έμφαση στην αυτονομία, την ποιοτική κατασκευή & αντοχή, αλλά και το βάρος & ευελιξία.

Κεφάλαιο 5: Ανάλυση

5.1 Γενικά

Για την ανάλυση, οργάνωση και προεπεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν μέσω του ερωτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel. Στη συνέχεια, για τη στατιστική επεξεργασία, ειδικά για την περιγραφή των σεναρίων και τη μοντελοποίηση των δεδομένων, εφαρμόστηκε το μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης, με τη βοήθεια του λογισμικού R-Studio. Αφού ολοκληρώθηκε η αρχική επεξεργασία, αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα μέσω επαναληπτικών διαδικασιών, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στους στατιστικούς ελέγχους, οι οποίοι είναι καθοριστικοί για την αξιοπιστία των μοντέλων.

5.2 Κωδικοποίηση δεδομένων

Ως στόχος ορίστηκε η στατιστική ανάλυση με πολυωνυμική και διωνυμική παλινδρόμηση μέσω του προγράμματος **R-studio**. Για την επίτευξη της εισαγωγής των δεδομένων στο παραπάνω πρόγραμμα έπρεπε να γίνει η **κωδικοποίηση των δεδομένων**. Αρχικά, λοιπόν, έπρεπε να δημιουργηθεί ένας πίνακας **Excel**, σπουδαίου την πρώτη γραμμή περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου σε μια σύντομη μορφή, ενώ οι απαντήσεις έχουν γραφτεί μετά από κωδικοποίηση με μορφή αριθμών.

Η πρώτη γραμμή περιέχει τις εξής στήλες:

- Η **πρώτη στήλη** του πίνακα ονομάζεται **“Nr”** και περιλαμβάνει τον **αύξοντα αριθμό του κάθε ερωτηθέντα**. Σε κάθε ερωτηθέντα αντιστοιχούν 7 γραμμές, οι οποίες προκύπτουν από τον αριθμό των σεναρίων που περιέχει το ερωτηματολόγιο. Αυτό απαιτείται για την καλύτερη ανάγνωση μέσω του προγράμματος Excel. Αυτές οι 7 γραμμές για κάθε ερωτηθέντα έχουν τα ίδια στοιχεία ανά στήλη με εξαίρεση τις στήλες που αφορούσαν τις απαντήσεις των σεναρίων. Άρα, προκύπτουν συνολικά 519 στοιχεία στην στήλη “Nr”.
- Η **δεύτερη στήλη** του πίνακα ονομάζεται **“ID”** και περιέχει τον αύξοντα αριθμό των επτά σεναρίων για τον κάθε ερωτηθέντα (1,2,3,4,5,6,7).
- Η **τρίτη στήλη** του πίνακα ονομάζεται **“Choice”** σχετίζεται με την επιλογή του κάθε ερωτηθέντα για το κάθε σενάριο, με κωδικοποιημένες επιλογές (Δηλαδή, το 1 αναφέρεται στην πρώτη επιλογή και το 2 στην δεύτερη).

Πίνακας 4-Κωδικοποιημένες απαντήσεις των δύο πρώτων ερωτηθέντων

Nr	ID	Choice	Time1	Time2	Autonomy1	Autonomy2	Speed1	Speed2
1	1	1	5	2	80	40	30	50
1	2	2	5	8	40	80	50	30
1	3	2	2	8	20	40	15	30
1	4	2	8	5	80	80	50	30
1	5	1	5	8	80	40	30	50
1	6	1	5	5	40	20	30	50
1	7	2	8	2	40	20	15	30
2	1	1	5	2	80	40	30	50
2	2	2	5	8	40	80	50	30
2	3	1	2	8	20	40	15	30
2	4	1	8	5	80	80	50	30
2	5	1	5	8	80	40	30	50
2	6	2	5	5	40	20	30	50
2	7	1	8	2	40	20	15	30

Επεξήγηση σεναρίων:

- Time1, Time2: οι χρόνοι φόρτισης που έχουμε για κάθε πατίνι 2,5,8 h
- Autonomy1, Autonomy2: η αυτονομία του κάθε πατινιού 20, 40,80 km
- Speed1, Speed2: η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει το πατίνι 15, 30, 50 km/h
- Driving_licence, Main_mobility's_reason, Average_ride_time...: η κωδικοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

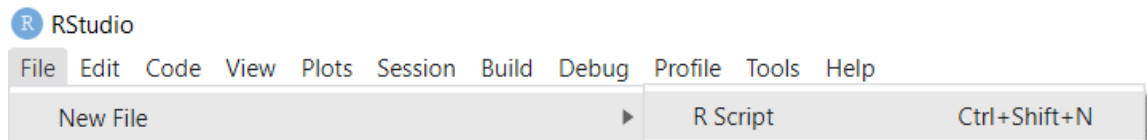
Σχετικά με την κωδικοποίηση των απαντήσεων έχουν ακολουθηθεί οι επόμενοι κανόνες:

- Στις ερωτήσεις όπου οι πιθανές απαντήσεις ήταν Ναι ή Όχι, στο Excel θα εμφανίζονται ως Όχι = 0 και Ναι = 1.
- Στις ερωτήσεις όπου οι πιθανές απαντήσεις ήταν περισσότερες από δύο, τότε η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στον αριθμό 1, η δεύτερη στον αριθμό 2, κ.λ.π.

5.3 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio

Η εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό R-studio αποτελεί ένα πολύ σημαντικό βήμα που προηγείται προφανώς, της ανάλυσης και της μοντελοποίησης των δεδομένων. Με αυτό τον τρόπο θα εξασφαλίσουμε την ακεραιότητα και την ορθότητα των αποτελεσμάτων.

Αρχικά, θέτοντας σε λειτουργία το λογισμικό με σκοπό την έναρξη της ανάλυσης των δεδομένων ανοίγουμε ένα νέο script:



Εικόνα 14-File>New File> R Script

5.4 Κώδικας

install.packages("mlogit")

Γίνεται εγκατάσταση του πακέτου “mlogit” στο περιβάλλον R-studio. Το συγκεκριμένο πακέτο επιτρέπει την εκτέλεση λογιστικών μοντέλων στο R, με σκοπό να μπορεί να επιτευχθεί η ανάλυση δεδομένων με πολυωνυμικά μοντέλα.

install.packages("readxl")

Γίνεται εγκατάσταση του πακέτου “readxl” διότι περιέχει τις λειτουργίες για την ανάγνωση και την εισαγωγή των δεδομένων από Excel αρχεία στο R-studio. Αυτό το πακέτο χρησιμοποιείται για την εισαγωγή δεδομένων από διάφορες πηγές.

install.packages("dfidx")

Γίνεται εγκατάσταση του πακέτου “dfidx”, το οποίο παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για την δημιουργία και διαχείριση δεικτών σε πλαίσιο πολυμεταβλητών αναλύσεων. Το πακέτο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάλυση δεδομένων όταν απαιτείται δημιουργία δεικτών για πολυμεταβλητές με διαφορετικά επίπεδα

library(dfidx) -library(readxl) -library(mlogit)

Χρησιμοποιώντας τα πακέτα που προαναφέρθηκαν σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη “library()”, επιτυγχάνεται η προετοιμασία και η ανάλυση δεδομένων μέσω σύγχρονων στατιστικών μεθόδων στο περιβάλλον R-studio.

Master Table1 <-read_excel("C:\Users\admin\OneDrive\Documente\DT")

Αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για να διαβαστούν τα αρχεία από το Excel. Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτηση “read_excel” του πακέτου “readxl” χρησιμοποιείται για την ανάγνωση του αρχείου Excel με όνομα: “Master_Table1” (αρχείο με τις κωδικοποιημένες απαντήσεις του ερωτηματολογίου), το οποίο βρίσκεται στην συγκεκριμένη θέση στον υπολογιστή: C:\Users\admin\OneDrive\Documente\DT .

Αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται στην μεταβλητή `Master_Table1`, η οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση.

file.exists("C:\Users\admin\OneDrive\Documente\DT")

Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για την εξακρίβωση της ύπαρξης των εκάστοτε αρχείων στο φάκελο που έχει οριστεί. Η συνάρτηση αυτή θα επιστρέψει "True" ή "False" ανάλογα με την ύπαρξη ή μη του αρχείου αντίστοιχα. Πρόκειται για ένα προαιρετικό βήμα αλλά χρήσιμο καθώς επιτυγχάνεται η επαλήθευση.

RDATA1=Master Table1

Με αυτή την εντολή αναθέτονται τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στην μεταβλητή "`Master_Table1`", σε μια καινούρια μεταβλητή με το όνομα "`RDATA1`". Με αυτό τον τρόπο διευκολύνονται η διαχείριση και η οργάνωση στο περιβάλλον ανάλυσης του R-studio.

Προσθήκη στήλης με τη μεταβλητή `Choiceid` και εμφάνιση των δεδομένων:

RDATA1\$Choiceid <- 1:nrow(RDATA1)

Με αυτόν τον τρόπο προστίθεται μια νέα στήλη με το όνομα `Choiceid` στη μεταβλητή `RDATA1`. Με την μεταβλητή `1:nrow(RDATA1)`, δημιουργείται μια ακολουθία αριθμών που αντιστοιχεί στον αριθμό των γραμμών του πίνακα και τελικά, προσδιορίζοντας μοναδικά την κάθε γραμμή του πίνακα με ένα μοναδικό `Choiceid`.

View(RDATA1)

Με την συνάρτηση αυτή θα ανοίξει στο περιβάλλον του R-studio ένα παράθυρο στο οποίο θα εμφανιστούν τα δεδομένα, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την οπτική επισκόπηση του περιεχομένου του πίνακα `RDATA1`.

str(RDATA1)

Με την χρήση της συνάρτησης `str` θα προβληθεί η δομή του πίνακα δεδομένων `RDATA1`, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με τους τύπους δεδομένων των στηλών και την πρώτη ενδεικτική καταχώρηση της κάθε στήλης.

Φόρτωση της βιβλιοθήκης `readxl` και ανάγνωση δεδομένων από το Excel:

library(readxl)

Γίνεται φόρτωση του πακέτου `readxl`, το οποίο απαιτείται για την ανάγνωση δεδομένων από αρχεία Excel.

read_excel("C:\Users\admin\OneDrive\Documente\DT")

Αυτή η εντολή χρησιμοποιείται για να διαβαστούν τα αρχεία από το Excel. Πιο συγκεκριμένα, η συνάρτηση "`read_excel`" του πακέτου "`readxl`" χρησιμοποιείται για την ανάγνωση του αρχείου Excel με όνομα: "`Master_Table1`", το οποίο βρίσκεται στην συγκεκριμένη θέση στον υπολογιστή: `C:\Users\admin\OneDrive\Documente\DT`. Αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται στην μεταβλητή `Master_Table1`, η οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση.

head(Master_Table1)

Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται για την εμφάνιση των πρώτων γραμμών του πίνακα Master_Table1, επιτρέποντας έτσι την επισκόπηση των αρχικών δεδομένων και την επιβεβαίωση της ορθότητας της ανάγνωσης.

Συσχέτιση

Χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη `dfidx` για τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης Pearson μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, επιτρέποντας τον έλεγχο της γραμμικής σχέσης μεταξύ τους, γεγονός που είναι κρίσιμο για την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των δεδομένων.

RDATA1_numeric <- RDATA1[,sapply(RDATA1, is.numeric)]

Επιλογή αριθμητικών μεταβλητών από τον πίνακα δεδομένων: Επιλέγει όλες τις αριθμητικές μεταβλητές από τον πίνακα δεδομένων RDATA1. Η συνάρτηση `sapply` εφαρμόζει τη συνάρτηση `is.numeric` σε κάθε στήλη του πίνακα RDATA. Έτσι, οι στήλες που είναι αριθμητικές επιλέγονται και αποθηκεύονται στη μεταβλητή RDATA1_numeric.

cor(RDATA1_numeric, method = c("pearson"))

Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης Pearson: Η εντολή αυτή χρησιμοποιεί την συνάρτηση `cor` για να υπολογίσει τον πίνακα συσχέτισης μεταξύ των αριθμητικών μεταβλητών που περιλαμβάνονται στη μεταβλητή RDATA1_numeric. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson μετράει τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών.

cor(RDATA1[,unlist(lapply(RDATA1, is.numeric))])

Εναλλακτικός τρόπος επιλογής αριθμητικών μεταβλητών και υπολογισμός συσχέτισης: Με αυτή την εντολή, η συνάρτηση `lapply` εφαρμόζει τη συνάρτηση `is.numeric` σε κάθε στήλη του πίνακα RDATA1, και η συνάρτηση `unlist` μετατρέπει το αποτέλεσμα σε `logical.vector` (απλό λογικό διάνυσμα). Έπειτα, οι αριθμητικές στήλες του πίνακα RDATA1 επιλέγονται και υποβάλλονται στη συνάρτηση `cor` για τον υπολογισμό του συντελεστή συσχέτισης Pearson.

Πολυωνυμική Λογιστική Παλινδρόμηση:

Μέσω αυτών των εντολών θα εξασφαλιστεί η σωστή προετοιμασία των δεδομένων για την εκτέλεση πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, παρέχοντας τα απαιτούμενα βήματα για τη μετατροπή, επισκόπηση και αποθήκευση των δεδομένων στο λογισμικό R-Studio.

install.packages("dfidx")

Εγκατάσταση του πακέτου dfidx: Το πακέτο αυτό είναι απαραίτητο για την διαχείριση δεδομένων σε μορφή που είναι κατάλληλη για την ανάλυση πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

RDATA11 <- dfidx(RDATA1, shape = "wide", choice = "Choice", varying = 4:9, sep = "", idx = list(c("Choiceid", "Nr")), idnames = c("chid", "alt"))

Μετασχηματισμός δεδομένων σε μορφή long: Αυτή η εντολή χρησιμοποιεί τη συνάρτηση dfidx για να μετατρέψει τα δεδομένα από μορφή "wide" σε μορφή "long". Είναι μια κρίσιμη μετατροπή αν θέλουμε να επιτευχθεί η εκτέλεση πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

- `shape = "wide"`: Με την επιλογή `shape="wide"` το αρχικό σύνολο δεδομένων RDATA1 μετατρέπεται από μία γραμμή ανά σενάριο (1 γραμμή ανά κατάσταση επιλογής), σε μία γραμμή ανά εναλλακτική επιλογή (1 γραμμή ανά εναλλακτική επιλογή) λαμβάνοντας τον χαρακτηρισμό TRUE ή FALSE ανάλογα με την επιλογή κάθε ερωτώμενου.
- `choice = "Choice"`: ορίζει τη μεταβλητή (Choice) που εκφράζει την επιλογή των ερωτηθέντων μεταξύ των διαθέσιμων επιλογών.
- `varying = 4:9`: δείχνει ότι οι μεταβλητές από την 4η έως την 9η στήλη του αρχείου RDATA1 αποτελούν τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα σενάρια.
- `idx = list(c("Choiceid", "Nr"))`: Καθορίζει την μεταβλητή που αντιπροσωπεύει κάθε απάντηση, δηλαδή κάθε ερωτώμενο.
- `idnames = c("chid", "alt")`: Καθορίζει τα ονόματα των νέων μεταβλητών.

View(RDATA11)

Επισκόπηση των τροποποιημένων δεδομένων: Με την χρήση αυτής της εντολής ανοίγει ένα παράθυρο που προβάλλει τα τροποποιημένα δεδομένα στη μεταβλητή RDATA11. Με αυτή την επισκόπηση επιβεβαιώνεται η ορθότητα της μετατροπής των δεδομένων.

write.csv(RDATA11, file = "RDATA11.csv", row.names = FALSE)

Αποθήκευση των τροποποιημένων δεδομένων σε αρχείο CSV: Με αυτή την εντολή τα δεδομένα της μεταβλητής RDATA11 αποθηκεύονται σε αρχείο CSV με όνομα "RDATA11.csv". Η επιλογή `row.names=FALSE` επιβεβαιώνει πως οι αριθμοί των γραμμών δεν θα συμπεριληφθούν στο αρχείο CSV, άρα η περαιτέρω ανάλυση και χρήση των δεδομένων θα διευκολυνθεί.

Μετατροπή και Επισκόπηση Δεδομένων

View(RDATA11)

str(RDATA11)

Επισκόπηση των δεδομένων: Με την εισαγωγή και χρήση αυτών των εντολών επιτρέπεται η επισκόπηση και κατανόηση της δομής των δεδομένων. Η εντολή View(RDATA11) ανοίγει ένα παράθυρο προβολής των δεδομένων, ενώ η εντολή str(RDATA11) εμφανίζει τη δομή των δεδομένων συμπεριλαμβανομένων των τύπων δεδομένων για κάθε στήλη.

str(RDATA11)

Επισκόπηση της δομής των τροποποιημένων δεδομένων: Αυτή η εντολή επιβεβαιώνει ότι οι μεταβλητές έχουν είναι στην σωστή μορφή.

Εκτέλεση Πολυωνυμικής Λογιστικής Παλινδρόμησης

library("Formula")

Εγκατάσταση και φόρτωση της βιβλιοθήκης Formula: Η φόρτωση αυτής της βιβλιοθήκης είναι απαραίτητη για τη δημιουργία και διαχείριση φορμών πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

MLR1 <- mlogit(Choice ~ Time + Autonomy + Speed , data = RDATA11)

Εκτέλεση του μοντέλου: Έτσι, εκτελείται το μοντέλο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση mlogit. Η φόρμα του μοντέλου προσδιορίζει πως η Choice είναι η εξαρτημένη μεταβλητή ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι μεταβλητές των σεναρίων (Time-Autonomy-Speed).

summary(MLR1)

Επισκόπηση των αποτελεσμάτων: Με αυτή την εντολή εμφανίζεται μια αναλυτική περίληψη των αποτελεσμάτων του μοντέλου, περιλαμβάνοντας τους συντελεστές παλινδρόμησης, τα στατιστικά σημαντικότητας και άλλες κρίσιμες πληροφορίες που επιτρέπουν την αξιολόγηση της ποιότητας του μοντέλου αλλά και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Εφόσον στην συγκεκριμένη έρευνα το δείγμα έχει χωριστεί με βάση την ηλικιακή ομάδα, όσα έχουν αναφερθεί σχετικά με την ανάλυση για το Master Table 1, θα γίνουν με αντίστοιχο τρόπο για τα Master Table 2 και Master Table 3.

5.5 Αποτελέσματα

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, διεξάγονται τα αποτελέσματα που αφορούν τις προτιμήσεις των χρηστών ηλεκτρικών πατινιών. Αυτά σχετίζονται με τρεις μεταβλητές, οι οποίες είναι:

- ο χρόνος
- η αυτονομία
- η ταχύτητα

Οι τρεις αυτές μεταβλητές που επιλέχθηκαν διακρίνονται για την υψηλή στατιστική τους σημασία και την χαμηλή μεταξύ τους συσχέτιση. Έτσι, υπάρχει η σιγουριά πως η κάθε μια από αυτές τις μεταβλητές συμβάλλει ανεξάρτητα στην εξήγηση της εξαρτημένης μεταβλητής. Επίσης, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ορθολογική ερμηνεία της επίδρασης κάθε μεταβλητής εφόσον απαιτείται τα αποτελέσματα της ανάλυσης να είναι κατανοητά και λογικά. Έτσι, για την συγκεκριμένη μελέτη θα προκύψουν σημαντικές πληροφορίες.

5.6 Ανάλυση Συντελεστών

Στο πλαίσιο της εργασίας αναπτύχθηκαν 3 διαφορετικά μοντέλα:

- για το σύνολο του δείγματος
- για την ηλικιακή κατηγορία 36 – 55 ετών
- για νέους έως 35 ετών

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα είναι οι εξής:

Ανεξάρτητη μεταβλητή	Περιγραφή	Τιμές
Χρόνος	Χρόνος που απαιτείται για την πλήρης φόρτιση του πατινιού.	2, 5, 8
Αυτονομία	Τα χιλιόμετρα που μπορεί να διανύσει το όχημα με μία φόρτιση.	20, 40, 80
Ταχύτητα	Η ταχύτητα που μπορεί να φτάσει το όχημα.	30, 50, 80

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πρώτου μοντέλου:

Πίνακας 5-Μεταβλητές Μοντέλου MLR1

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
(Intercept)	0.0331049	0.0971090	0.3409	0.7331756
Time	-0.1147955	0.0313862	-3.6575	0.0002547***
Autonomy	0.0271274	0.0060626	4.4745	7.658e-06 ***
Speed	0.0415280	0.0086412	4.8058	1.541e-06 ***

Χρόνος Φόρτισης:

Ο χρόνος φόρτισης έχει αρνητικό συντελεστή, δηλαδή, όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος φόρτισης, τόσο λιγότερο προτιμάται το πατίνι από τον χρήστη.

Αυτονομία:

Η αυτονομία έχει θετικό συντελεστή. Αυτό σημαίνει πως όσο μεγαλύτερη είναι η αυτονομία, τόσο περισσότερο προτιμάται από τον χρήστη.

Ταχύτητα:

Η ταχύτητα έχει θετικό συντελεστή. Όπως και με την αυτονομία, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ταχύτητας, τόσο προτιμότερη είναι από τον χρήστη.

Το επόμενο στατιστικό μοντέλο αφορά την ηλικιακή κατηγορία 36-55

Πίνακας 6-Μεταβλητές Μοντέλου MLR2

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)
(Intercept)	0.078561	0.572820	0.1371	0.890914
Time	-0.050581	0.050419	-1.0032	0.315764
Autonomy	0.029340	0.010079	2.9111	0.003601 **
Speed	0.036027	0.014366	2.5078	0.012150 *
Low cost of use	0.235349	0.117891	1.9963	0.045897
Health & fitness	-0.160850	0.108633	-1.4807	0.138694
Road safety	-0.220719	0.146877	-1.5027	0.132904

- Οι μεταβλητές με σημαντικά αποτελέσματα (χαμηλά p-values) είναι οι "Autonomy", "Speed" και "Low cost of use", καθώς έχουν p-values μικρότερα του 0.05.
- Ο χρόνος φόρτισης δεν είναι σημαντικός σε αυτό το μοντέλο (p-value > 0.05).

Χρόνος φόρτισης:

Ο συντελεστής του χρόνου φόρτισης (Time) της μπαταρίας των ηλεκτρικών πατινιών (Time) έχει αρνητικό πρόσημο, οπότε και σε αυτό το μοντέλο όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος φόρτισης, τόσο λιγότερο προτιμάται από τον χρήστη.

Αυτονομία:

Ο συντελεστής της αυτονομίας (Autonomy) ενός ηλεκτρικού πατινιού έχει θετικό συντελεστή. Ομοίως, όσο μεγαλύτερη είναι η αυτονομία τόσο περισσότερο προτιμάται από τον χρήστη.

Ταχύτητα:

Ο συντελεστής της ταχύτητας (Speed) έχει θετικό πρόσημο. Συνεπώς, ο χρήστης θα επιλέξει το πατίνι που μπορεί να επιλέξει την μεγαλύτερη ταχύτητα.

Χαμηλό κόστος χρήσης:

Ο συντελεστής για το χαμηλό κόστος χρήσης (Low cost of use) έχει θετική τιμή. Δηλαδή, το χαμηλό κόστος χρήσης των ηλεκτρικών πατινιών είναι μια σημαντική παράμετρος για την επιλογή του συγκεκριμένου οχήματος.

Υγεία & Φυσική κατάσταση:

Ο συντελεστής για την υγεία και την φυσική κατάσταση έχει αρνητική τιμή. Συνεπώς, οι χρήστες ηλεκτρικών πατινιών που θεωρούν σημαντική τη χρήση του πατινιού για λόγους υγείας και φυσικής κατάστασης δεν το επιλέγουν

Πίνακας 7-μεταβλητές Μοντέλου MLR3

	Estimate	Error	z-value	Pr(> z)
	Std.			
(Intercept)	0.1513638	0.2838290	0.5333	0.5938313
Time	-0.1814326	0.0433406	-4.1862	2.836e-05
Autonomy	0.0292163	0.0080214	3.6423	0.0002702
Speed	0.0517565	0.0114796	4.5085	6.527e-06
Main mobility's reason	0.2249221	0.1047078	2.1481	0.0317064
Average ride time	-0.1902587	0.0636155	-2.9908	0.0027829

Χρόνος Φόρτισης:

Ο συντελεστής για τον χρόνο φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών (Time) έχει αρνητικό πρόσημο. Είναι, δηλαδή, μια μεταβλητή για την οποία οι χρήστες προτιμούν τις μικρότερες τιμές. Με άλλα λόγια, οι χρήστες προτιμούν πατίνια με μικρότερο χρόνο φόρτισης.

Αυτονομία:

Ο συντελεστής για την αυτονομία του ηλεκτρικού πατινιού (Autonomy) έχει θετικό πρόσημο. Συνεπώς, οι χρήστες προτιμούν πατίνια με μεγαλύτερη αυτονομία.

Ταχύτητα:

Ο συντελεστής που αφορά στην ταχύτητα των ηλεκτρικών πατινιών έχει θετικό πρόσημο. Άρα, ο χρήστης προτιμάει να επιλέγει πατίνι που μπορεί να αναπτύξει μεγαλύτερη ταχύτητα.

Κύριος λόγος μετακίνησης:

Ο κύριος λόγος μετακίνησης ως συντελεστής έχει θετικό πρόσημο. Εξηγώντας αυτό θα μπορούσαμε να πούμε πως ο χρήστης θα επιλέξει το ηλεκτρικό πατίνι ανάλογα με τον λόγο μετακίνησής του.

Μέσος χρόνος μιας τυπικής διαδρομής:

Ο συντελεστής που αντιπροσωπεύει το **μέσο χρόνο μιας τυπικής διαδρομής** (Average ride time) έχει αρνητικό πρόσημο. Αναλύοντας αυτό, συμπεραίνουμε ότι ο χρήστης επιλέγει το ηλεκτρικό πατίνι για πιο μικρές διαδρομές.

Πριν γίνει η επιλογή των συγκεκριμένων μεταβλητών δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στα εξής χαρακτηριστικά τους:

- Υψηλή στατιστική σημασία
- Χαμηλή συσχέτιση μεταξύ τους
- Τελική ορθολογική ερμηνεία της επίδρασής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή.

5.7. Συνάρτηση χρησιμότητας

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις για τα τρία μοντέλα, δημιουργήθηκαν τρεις συναρτήσεις χρησιμότητας που σχετίζονται με τις επιλογές των σεναρίων. Οι μεταβλητές που την αποτελούν επιλέχθηκαν μετά από αρκετές δοκιμές. Σκοπός ήταν να βρεθεί ο καταλληλότερος συνδυασμός μεταβλητών ώστε το εκάστοτε μοντέλο να έχει μια στατιστικά σημαντική συνάρτηση.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ο λόγος ύπαρξης τριών μοντέλων είναι διότι το αρχικό δείγμα χωρίστηκε με βάση την ηλικιακή ομάδα. Το πρώτο μοντέλο (MLR1) αποτελείται από το σύνολο του δείγματος. Το δεύτερο μοντέλο (MLR2) αποτελείται από τις ηλικιακές ομάδες: 36-55 & >56. Το τρίτο μοντέλο (MLR3) αποτελείται από τις ηλικιακές ομάδες: <18 , 18-25 & 26-35.

Οι τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας U_1, U_2, U_3 είναι οι εξής:

$$U_1 = 0,0331049 - 0,1147955 * \text{Time} + 0,0271274 * \text{Autonomy} + 0,0415280 * \text{Speed}$$

$$U_2 = 0.078561 - 0.050581 * (\text{Time}) + 0.029340 * (\text{Autonomy}) + 0.36027 * (\text{Speed}) + 0.235349 * (\text{Low Cost of Use}) - 0.160850 * (\text{Health \& Fitness}) - 0.220719 * (\text{Road Safety})$$

$$U_3 = 0,1513638 - 0.1814326 * (\text{Time}) + 0.0292163 * (\text{Autonomy}) + 0.0517565 * (\text{Speed}) + 0.2249221 * (\text{Main mobility's reason}) - 0.1902587 * (\text{Average ride time})$$

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη

Γενικά, η χρήση ηλεκτρικών πατινιών αυξάνεται ραγδαία ως εναλλακτική μορφή αστικής μετακίνησης. Αποτελούν την λύση για την μείωση της χρήσης των ιδιωτικών οχημάτων καθώς συμβάλλουν στη βιώσιμη αστική κινητικότητα.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εστιάζει στην αναδυόμενη τάση της μικροκινητικότητας και συγκεκριμένα στη χρήση ηλεκτρικών πατινιών για αστικές μετακινήσεις. Βασικός στόχος είναι η ανάλυση των χαρακτηριστικών των μπαταριών τους.

Οι μπαταρίες ιόντων-λιθίου είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά πατίνια λόγω της υψηλότερης ενεργειακής τους πυκνότητας και της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους σε σχέση με τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος.

Σχετικά με το νομοθετικό πλαίσιο, γίνεται ανάλυση της ελληνικής νομοθεσίας σχετικά με την μικροκινητικότητα και τα ηλεκτρικά πατίνια, αλλά γίνεται και σύγκριση με τις καλές πρακτικές άλλων χωρών

Η παρούσα Διπλωματική είχε ως στόχο να **αξιολογήσει τα χαρακτηριστικά της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού πατινιού** μέσω της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης.

Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων πραγματοποιήθηκε μέσω της χρήσης ερωτηματολογίου, το οποίο δημιουργήθηκε στην πλατφόρμα Google Forms και απαντήθηκε ηλεκτρονικά αποκλειστικά από χρήστες ηλεκτρικού πατινιού. Τα τελικά δεδομένα επεξεργάστηκαν και κωδικοποιήθηκαν μέσω του προγράμματος Excel.

Στην συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική τους ανάλυση με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R. Τελικά, παράχθηκαν κάποια μαθηματικά μοντέλα.

Τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν με την μέθοδο της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης είναι τα παρακάτω:

$$U1 = -0,1147955 * \text{Time} + 0,0271274 * \text{Autonomy} + 0,0415280 * \text{Speed}$$

$$U2 = -0.050581 * (\text{Time}) + 0.029340 * (\text{Autonomy}) + 0.36027 * (\text{Speed}) + 0.235349 * (\text{Low Cost of Use}) + (-0.160850) * (\text{Health \& Fitness}) + (-0.220719) * (\text{Road Safety})$$

$$U3 = -0.1814326 * (\text{Time}) + 0.0292163 * (\text{Autonomy}) + 0.0517565 * (\text{Speed}) + 0.2249221 * (\text{Main mobility's reason}) + (-0.1902587) * (\text{Average ride time})$$

6.2 Συμπεράσματα

Τα βασικά **συμπεράσματα** που διεξήχθη από την παρούσα έρευνα είναι πως οι χρήστες ηλεκτρικών πατινιών προτιμούν πατίνια με μικρό χρόνο φόρτισης, μεγάλη αυτονομία και μεγάλη ταχύτητα.

Ο χρήστης ηλεκτρικού πατινιού είναι λογικό να θέλει μικρότερο **χρόνο φόρτισης** της μπαταρίας του για διάφορους λόγους. Αρχικά, με μικρότερο χρόνο φόρτισης, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν το πατίνι πιο συχνά χωρίς μεγάλη αναμονή. Επιπλέον, η γρήγορη φόρτιση συνεπάγεται και γρήγορες και άμεσες μετακινήσεις χωρίς καθυστερήσεις. Τέλος, αρκετά σημαντικός παράγοντας είναι ο οικονομικός. Όσο λιγότερο χρόνο κάνει η μπαταρία ενός ηλεκτρικού πατινιού να φορτίσει, τόσο χαμηλότερο θα είναι και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η φόρτισή του.

Όσον αφορά στην **αυτονομία** του ηλεκτρικού πατινιού, το συμπέρασμα που προέκυψε από τα μοντέλα ήταν πως οι χρήστες προτιμούν μεγάλες τιμές. Εξηγώντας αυτό, μεγαλύτερη αυτονομία συνεπάγεται με περισσότερη διάρκεια χρήσης και ευελιξία στις μετακινήσεις, δηλαδή μεγαλύτερες ή περισσότερες διαδρομές με μία μόνο φόρτιση χωρίς την ύπαρξη ανησυχίας για την επόμενη φόρτιση.

Ο τρίτος βασικός συντελεστής της παραπάνω έρευνας είναι η **ταχύτητα**. Το συμπέρασμα που βγήκε από τα μοντέλα ήταν πως οι χρήστες προτιμούν την μεγαλύτερη ταχύτητα για το ηλεκτρικό τους πατίνι. Μία ταχύτερη μετακίνηση σημαίνει εξοικονόμηση χρόνου, ιδιαίτερα για τις καθημερινές τους μετακινήσεις. Επίσης, ένα πατίνι που μπορεί να αναπτύξει μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με κάποια άλλα, θα μπορεί να ενσωματωθεί πιο εύκολα στην κυκλοφορία των οδών. Δηλαδή, δεν θα δημιουργεί καθυστερήσεις στα άλλα οχήματα.

Οι παραπάνω συντελεστές, καθιστούν τα **πατίνια** αρκετά **ελκυστικά** και **πρακτικά** για καθημερινή χρήση, κυρίως σε **αστικές περιοχές** όπου ο χρόνος συνήθως είναι περιορισμένος.

Βρέθηκε επίσης, πως οι χρήστες των ηλεκτρικών αξιολογούν ως σημαντικό το **χαμηλό κόστος χρήσης** τους. Η μείωση των εξόδων για μετακίνηση συμβάλλει σημαντικά στην μείωση των συνολικών εξόδων του ατόμου. Έτσι, τα πατίνια καθίστανται μια οικονομικά αποδοτική λύση σε σχέση με άλλα μέσα μεταφοράς. Πιο αναλυτικά, το χαμηλό κόστος χρήσης περιλαμβάνει μειωμένα έξοδα για την αγορά καυσίμων καθώς και ελάχιστη ανάγκη για συντήρηση και επισκευές, ασφάλιση ή ακόμα και στάθμευση.

6.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά φόρτισης και τις προτιμήσεις των χρηστών των ηλεκτρικών πατινιών, αναδείχθηκαν σημαντικά ευρήματα σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα, την ασφάλεια και την βιωσιμότητα της μικροκινητικότητας. Ωστόσο για να μεγιστοποιηθεί η θετική επίδραση των ηλεκτρικών πατινιών στις αστικές μετακινήσεις, προτείνονται κάποιες συστάσεις.

Αρχικά, είναι απαραίτητη η βελτίωση των υποδομών. Ως υποδομές εννοούνται κάποιες ειδικές ζώνες κυκλοφορίας για τα ηλεκτρικά πατίνια (και ποδήλατα) με σκοπό την διασφάλιση των αναβατών αλλά και των πεζών. Εκτός από αυτές τις ζώνες πολύ χρήσιμοι θα ήταν και κατάλληλοι φωτεινοί σηματοδότες που θα αφορούν αποκλειστικά τα μέσα αυτά, αλλά και ο κανονισμός θέσεων στάθμευσης. Πολύ σημαντικό θα ήταν επίσης, η επέκταση των σταθμών φόρτισης και των σημείων ανταλλαγής μπαταριών για να διευκολυνθεί η χρήση τους σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Επιπλέον, πολύ σημαντικό βήμα για την ενίσχυση της μικροκινητικότητας θα ήταν η εφαρμογή κατάλληλων νομοθετικών ρυθμίσεων. Θα μπορούσαν να υιοθετηθούν αυστηροί κανονισμοί από την Πολιτεία, όπως για παράδειγμα η χρήση κράνους ασφαλείας και ο καθορισμός μέγιστης ταχύτητας.

Σημαντικό ρόλο παίζει και η τεχνολογική ανάπτυξη η οποία θα μπορούσε να αφορά την ενσωμάτωση προηγμένων συστημάτων ασφαλείας των ηλεκτρικών πατινιών όπως αισθητήρες ανίχνευσης εμποδίων.

Τέλος, σχετικά με το περιβάλλον καλό θα ήταν να γίνονται συνεχείς έρευνες που θα αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα και την βιωσιμότητα των ηλεκτρικών πατινιών, αλλά και την εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την χρήση και την απόρριψη των μπαταριών καθώς και την ανάπτυξη στρατηγικών ανακύκλωσης.

Μελλοντικές μελέτες σχετικά με τα ηλεκτρικά πατίνια θα μπορούσαν να αφοσιωθούν στη διερεύνηση εναλλακτικών τύπων μπαταριών οι οποίες ίσως μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένη ενεργειακή αποδοτικότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Επίσης, θα μπορούσε να εξεταστεί η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών πατινιών (π.χ. ηλιακή ενέργεια) αλλά και να αναπτυχθούν καινοτόμες μέθοδοι που μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα. Αρκετά αποτελεσματική θα ήταν η ανάπτυξη ερευνών που θα αφορούν στη συμπεριφορά των χρηστών και στους παράγοντες που επηρεάζουν τις επιλογές τους. Τέλος, μεγάλη βαρύτητα εξακολουθούν να έχουν η ισχύουσα νομοθεσία και οι υποδομές, άρα και οι προτάσεις για την βελτίωση αυτών.

Κεφάλαιο 7: Βιβλιογραφία

- ❖ Zhu, R., Kondor, E., Cheng, C., Zhang, X., Santi, P. Wong, M. Ratti V. (2022), Solar photovoltaic generation for charging shared electric scooters, Applied Energy, Volume 313
- ❖ Tseng, C-Y., Lin, C-F., (2005). Estimation of the state-of-charge of lead–acid batteries used in electric scooters, Journal of Power Sources, Volume 147, Issues 1–2
- ❖ Torkayesh, A., Deveci, M.,(2021)A multi-normalization multi-distance assessment (TRUST) approach for locating a battery swapping station for electric scooters, Sustainable Cities and Society, Volume 74
- ❖ Muehlbacher, D., Will, S., Merkel, N., Perterer, N., Mlakar, S., Haller, M., Perterer, M., (2023) Compliance to eco-riding recommendations on an E-scooter: Effects on energy consumption and user acceptance, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, Volume 20
- ❖ Trapp, S., Laursen, M., Petersen, F., (2022) (Non-)leaking of electric scooter batteries dumped for more than a year in a freshwater pond, Science of The Total Environment, Volume 806, Part 3
- ❖ Giorgio, P., Ilio, G., Jannelli, E., Conte, F., (2023) Numerical analysis of an energy storage system based on a metal hydride hydrogen tank and a lithium-ion battery pack for a plug-in fuel cell electric scooter, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 48, Issue 9
- ❖ Siddique A. Khateeb, Mohammed M. Farid, J. Robert Selmán, Al-Hallaj, S., (2006) Mechanical–electrochemical modeling of Li-ion battery designed for an electric scooter, Journal of Power Sources, Volume 158, Issue 1
- ❖ Leurent, F., (2022) What is the value of swappable batteries for a shared e-scooter service?, Research in Transportation Business & Management, Volume 45, Part C
- ❖ Khateeb, S., Amiruddin, S., Farid, M., Selmán, R., Al-Hallaj, S., (2005) Thermal management of Li-ion battery with phase change material for electric scooters: experimental validation, Journal of Power Sources, Volume 142, Issues 1–2
- ❖ Khateeb, S., Farid, M., Selmán, R., Al-Hallaj, S., (2004) Design and simulation of a lithium-ion battery with a phase change material thermal management system for an electric scooter, Journal of Power Sources, Volume 128, Issue 2

- ❖ Ayyildiz, E., (2022) A novel pythagorean fuzzy multi-criteria decision-making methodology for e-scooter charging station location-selection, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 111
- ❖ Kizielewicz, B., Dobryakova, L., (2020) How to choose the optimal single-track vehicle to move in the city? Electric scooters study case, Procedia Computer Science, Volume 176
- ❖ Wang, Y., Wu, J., Chen, K., Liu, P., (2021) Are shared electric scooters energy efficient?, Communications in Transportation Research, Volume 1,
- ❖ Bishop, J., Doucette, R., Robinson, D., Mills, B., McCulloch, M., (2011) Investigating the technical, economic and environmental performance of electric vehicles in the real-world: A case study using electric scooters, Journal of Power Sources, Volume 196, Issue 23
- ❖ Bhosale, A., Bodke, K., Babhulkar, A., Amale, S., Mastud, S., Chavan, S., (2023) Comparative environmental assessment of different battery technologies used for electric vehicles, Materials Today: Proceedings, Volume 72, Part 3
- ❖ Moseley, G., (2017) 18 - Lead-acid batteries for E-bicycles and E-scooters, Editor(s): Jürgen Garche, Eckhard Karden, Patrick T. Moseley, David A.J. Rand, Lead-Acid Batteries for Future Automobiles, Elsevier

Ιστοσελίδες:

- ❖ <https://www.envinow.gr/post/%CE%B2%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B7-%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%81%CE%BF-%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1>
- ❖ <https://highways.dot.gov/public-roads/spring-2021/02>
- ❖ <https://www.smithsonianmag.com/history/motorized-scooter-boom-hit-century-dockless-scooters-180971989/>
- ❖ <https://www.mixanitouxronou.gr/ki-omos-ypirchan-ilektrika-patinia-prin-apo-100-chronia-ta-chrisimopoiouisan-oi-feministries-oi-symmories-kai-oi-dimosies-ypiresies/>
- ❖ <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/49403/%CE%A4%CE%BF%20%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%>

[CE%BA%CF%8C%20%CE%A0%CE%B1%CF%84%CE%AF%CE%BD%CE%B9%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%B7%20%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%AE%20%CF%84%CE%BF%CF%85%20%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CF%80%CF%8C%CE%BB%CE%B7%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%91%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1%CF%82.pdf?sequence=1](#)

- ❖ <https://www.amperorio.gr/index.php/el/tecnica-themata-syssvreurtn/item/351-mpataries-ionton-lithiou-typoi-kai-xriseis.html>
- ❖ <https://www.taxheaven.gr/law/4784/2021>
- ❖ <https://getelectric.gr/dystychima-me-patini-stin-italia-fernei-allagi-nomothesias/>
- ❖ <https://ukscooter.co.uk/countries/austria/vienna/>
- ❖ <https://www.thelocal.de/20220913/explained-the-rules-for-riding-an-e-scooter-in-germany>
- ❖ <https://www.healthplanspain.com/blog/spain-news/1407-spain-updates-traffic-laws-for-e-scooters-including-large-fines.html>
- ❖ <https://nordicwheelers.com/rules-for-e-scooters-in-copenhagen/>
- ❖ <https://www.visitcopenhagen.com/copenhagen/planning/rules-when-driving-e-scooter>
- ❖ <https://futararide.com/electric-scooter-laws-europe/>
- ❖ https://nought.tech/blogs/journal/are-e-scooters-legal-in-the-uk?gclid=Cj0KcQjw1_SkBhDwARIsANbGpFtiU1l1Cp0T0rINMw7TeT-layVom7-eXJAC-1EoAmr4U6l1uV4fMJ4aAloCEALw_wcB
- ❖ <https://lovinmalta.com/lifestyle/living-in-malta/transport-malta-official-reminds-people-of-rules-for-e-scooters/>
- ❖ <https://www.transport.gov.mt/land/vehicles/registering-and-licensing-a-motor-vehicle/registering-and-licensing-an-e-kickscooter-4345>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

<<Διερεύνηση χαρακτηριστικών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών>>



Η έρευνα με το παρακάτω ερωτηματολόγιο εκτελείται στο πλαίσιο Διπλωματικής Εργασίας του τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, με θέμα τη [Διερεύνηση χαρακτηριστικών φόρτισης ηλεκτρικών πατινιών](#).

Οι απαντήσεις θα αναλυθούν από τους ερευνητές και οποιαδήποτε παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει σε αθροιστική μορφή χωρίς να αποκαλύπτεται η ταυτότητα των ερωτώμενων.

Το ερωτηματολόγιο δεν έχει εμπορικούς σκοπούς και τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν, θα χρησιμοποιηθούν για επιστημονικές έρευνες και εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου διαρκεί περίπου 6 λεπτά

A. Χαρακτηριστικά μετακίνησης

A.1 Έχετε ηλεκτρικό πατίνι;

- Ναι
- Όχι

A.2 Έχετε δίπλωμα οδήγησης για ΙΧ/μηχανή;

- Ναι
- Όχι

A.3 Ποιος είναι ο κύριος λόγος μετακίνησής σας με το ηλεκτρικό πατίνι;

- Εργασία
- Εκπαίδευση
- Διασκέδαση
- Προσωπικές υποχρεώσεις

A.4 Ποιος είναι ο μέσος χρόνος μιας τυπικής διαδρομής σας με ηλεκτρικό πατίνι (min);

- <15
- 16 - 30
- 31 - 60
- >60

A.5 Συνδυάζετε την μετακίνησή σας με το ηλεκτρικό πατίνι με κάποιο Μέσο Μαζικής Μεταφοράς;

- Όχι
- Με Λεωφορείο
- Με Μετρό/ Ηλεκτρικό
- Με Προαστιακό
- Με Τραμ

B. Απόψεις για τα ηλεκτρικά πατίνια & τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους

B.1. Θα προτείνατε σε άλλους να αγοράσουν ηλεκτρικό πατίνι;

- Ναι
- Όχι

B.2. Πόσο χρόνο χρειάζεται η μπαταρία του ηλεκτρικού σας πατινιού για να αποκτήσει πλήρη φόρτιση (ώρες);

- <2
- 2-4
- 4-6
- 6+

B.3. Ποια είναι η αυτονομία του ηλεκτρικού σας πατινιού (km);

- 0 - 40
- 41 - 60
- 61 - 80
- 81 +

B.4. Πόσα χρήματα διαθέσατε για την αγορά του ηλεκτρικού σας πατινιού (€);

- Έως 200
- 201-400
- 401-600
- 601-800
- 801-1000
- Από 1001€ και άνω

B.5 Πόσο σημαντικές θεωρείτε τις παρακάτω παραμέτρους για τη επιλογή ηλεκτρικού πατινιού για τις μετακινήσεις σας;
(1=Καθόλου, 2=Ελάχιστα 3=Μέτρια, 4=Αρκετά 5=Πάρα πολύ)

	1	2	3	4	5
1. Χαμηλό κόστος χρήσης					
2. Ευελιξία στη μετακίνηση					
3. Εύκολο παρκάρισμα					
4. Γρήγορο στις μικρές αποστάσεις					
5. Περιβαλλοντικό όφελος					
6. Αθόρυβη λειτουργία					
7. Υγεία & φυσική κατάσταση					

B.6 Πόσο ευχαριστημένοι είστε από τις παρακάτω παραμέτρους;
(1=Καθόλου, 2=Ελάχιστα 3=Μέτρια, 4=Αρκετά 5=Πάρα πολύ)

	1	2	3	4	5
1. Κόστος αγοράς					
2. Χρόνος φόρτισης					
3. Διάρκεια ζωής της μπαταρίας					
4. Αυτονομία (km)					
5. Ταχύτητα					
6. Ποιότητα κατασκευής & αντοχή					
7. Οδική Ασφάλεια					
8. Βάρος και ευελιξία					

Γ. Επιλογή διαδρομής

Παρακάτω υπάρχουν ερωτήσεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού πατινιού που θα επιλέγατε. Παρακαλείστε να επιλέξετε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις για κάθε σενάριο, καθώς τα χαρακτηριστικά του κάθε σεναρίου διαφέρουν ανάλογα με το χρόνο φόρτισης, την αυτονομία και την μέγιστη ταχύτητα.

Σενάριο 1^ο

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	5	2
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	80	40
Μέγιστη ταχύτητα	30	50

Σενάριο 2^ο

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	5	8
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	40	80
Μέγιστη ταχύτητα	50	30

Σενάριο 3^ο

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	2	8
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	20	40
Μέγιστη ταχύτητα	15	30

Σενάριο 4^ο

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	8	5
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	80	80
Μέγιστη ταχύτητα	50	30

Σενάριο 5^ο

	E1	E3
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	5	8
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	80	40
Μέγιστη ταχύτητα	30	50

Σενάριο 6^ο

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	5	5
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	40	20
Μέγιστη ταχύτητα	30	50

Σενάριο 7^ο

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	8	2
Αυτονομία (χιλιόμετρα)	40	20
Μέγιστη ταχύτητα	15	30

Διακύμανση τιμών

	E1	E2
Χρόνος φόρτισης (ώρες)	2 -5 - 8	2 -5 - 8
Αυτονομία (λεπτά)	20 – 40 – 80	20 – 40 - 80
Μέγιστη ταχύτητα	15 – 30 – 50	15 – 30 – 50

Δ. Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Δ.1 Φύλο:

- Άνδρας
- Γυναίκα

Δ.2 Ηλικία:

- < 18
- 18 – 25
- 26 – 35
- 36 – 55
- > 56

Δ.3. Επίπεδο σπουδών

- Πρωτοβάθμια εκπαίδευση
- Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
- Τριτοβάθμια εκπαίδευση
- Κάτοχος μεταπτυχιακού / διδακτορικού

Δ.4 Επάγγελμα:

- Φοιτητής
- Δημόσιος / Ιδιωτικός υπάλληλος
- Ελεύθερος επαγγελματίας
- Άνεργος
- Συνταξιούχος

Δ.5 Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα

- < 10.000 €
- 10.001 € – 30.000 €
- > 30.000 €