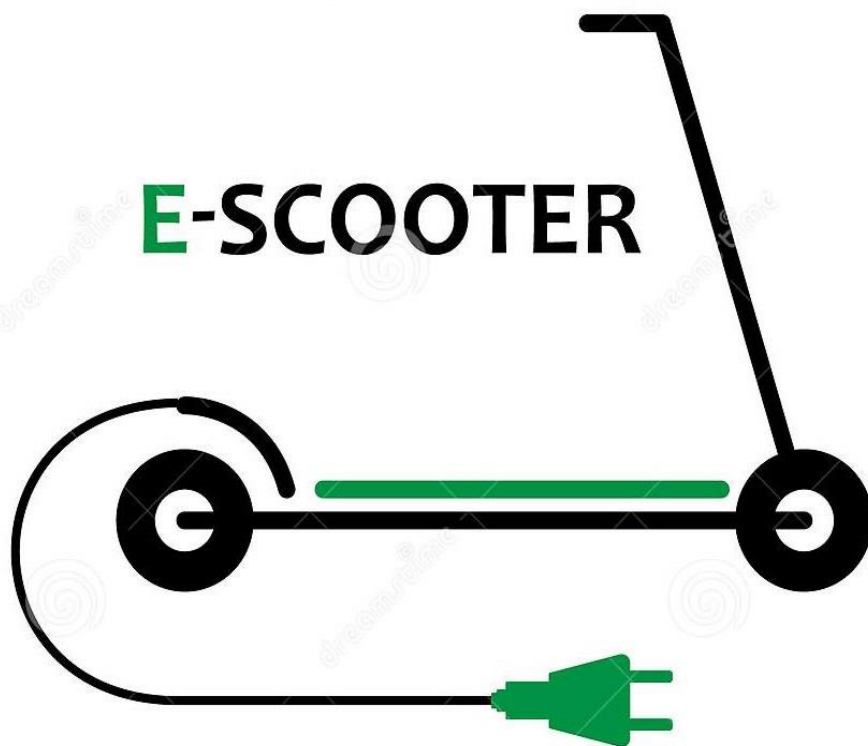




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΑΙΩΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΤΙΝΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Μαραγκουδάκης Βασίλης

Επιβλέπων Καθηγητής:
Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2020

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής μου εργασίας και συνεπώς των προπτυχιακών μου σπουδών, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της, αλλά και όλους όσους συντρόφευσαν και στήριξαν τη φοιτητική μου πορεία.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, την υποστήριξη και την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της, καθώς και για την εξαιρετική συνεργασία μας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω εξίσου θερμά την Αρμίρα Κονταξή, υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την καθοριστική συμβολή της στην ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς και για το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την υποστήριξη που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Ιούλιος 2020
Μαραγκουδάκης Βασίλης

Προτιμήσεις των Αθηναίων απέναντι στα ηλεκτρικά πατίνια

Βασίλης Μαραγκουδάκης
Επιβλέπων | Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Σύνοψη

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία τάση προώθησης υπηρεσιών ενοικίασης ποδηλάτων και δημιουργίας ποδηλατόδρομων, με στόχο τη μείωση των αέριων ρύπων και την προσφορά ενός γρήγορου τρόπου μετακίνησης μέσα στις πόλεις. Η ανάγκη αυτή ανέδειξε πρόσφατα μια νέα μορφή μετακίνησης, τα ηλεκτρικά πατίνια. **Στόχος** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση των προτιμήσεων, των Αθηναίων πολιτών απέναντι στα ηλεκτρικά πατίνια** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του μέσου μεταφοράς τους. Για τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης και υποθετικά σενάρια κόστους, χρόνου και άνεσης διαδρομής, τα οποία συμπεριελήφθησαν σε ένα ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο που απάντησαν 202 μετακινούμενοι στην Αθήνα. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης (πολυωνυμικό και διωνυμικό), τα οποία έδειξαν ότι η πιθανότητα επιλογής ηλεκτρικού πατινιού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος, τον χρόνο, την άνεση, τις απόψεις, τις συνήθειες και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Όσο ταχύτερη και οικονομικότερη είναι η μετακίνηση και όσο πιο εξοικειωμένος είναι ο ερωτώμενος με τα ηλεκτρικά πατίνια, τόσο πιθανότερο είναι να τα επιλέξει έναντι άλλων μέσων μεταφοράς.

Λέξεις-κλειδιά: Ηλεκτρικά πατίνια, δεδηλωμένη προτίμηση, λογιστική παλινδρόμηση, πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο, διωνυμικό λογιστικό μοντέλο

Preferences towards e-scooters in Athens

Vasilis Maragkoudakis

Supervisor: George Yannis, Professor, NTUA

Abstract

In modern cities, there is a trend of promoting cycle sharing schemes and developing cycle roads in order to reduce air pollution and offer a faster way to travel within city centers. Recently a new form of transportation has emerged, the e-scooter. The **objective** of this Diploma Thesis is to **investigate the preferences towards e-scooters in Athens** and to identify the most important factors affecting traveler modal choices in Athens. For the data collection, a questionnaire-based stated preference survey was carried out, including hypothetical scenarios of cost, time and comfort, answered by 202 travelers in Athens. Logistic regression models were developed (multinomial and binary), which demonstrated that the probability of choosing an e-scooter depends largely on the cost, time, comfort, attitudes, habits and the demographic characteristics of the respondents. The faster and the more economical is the trip and the more familiar is the traveler with e-scooters is, the more likely he/she is to choose them over other means of transport.

Keywords: e-scooters, stated-preference, logistic regression, multinomial logistic model, binary logistic model

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία τάση προώθησης υπηρεσιών ενοικίασης ποδηλάτων και κατασκευής ποδηλατόδρομων, με στόχο τη μείωση των αέριων ρύπων και την προσφορά ενός γρήγορου τρόπου μετακίνησης μέσα στις πόλεις. Η ανάγκη αυτή ανέδειξε πρόσφατα μια νέα μορφή μετακίνησης, τα ηλεκτρικά πατίνια. **Στόχος** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί **η διερεύνηση των προτιμήσεων, των Αθηναίων πολιτών απέναντι στα ηλεκτρικά πατίνια** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του μέσου μεταφοράς τους.

Για τον σκοπό αυτό αναζητήθηκε βιβλιογραφία σχετική με το αντικείμενο της έρευνας σε διεθνές επίπεδο. Ταυτόχρονα, αποφασίστηκε η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων να πραγματοποιηθεί μέσω **ερωτηματολογίου**, στο οποίο συμπεριελήφθησαν οκτώ σενάρια σύμφωνα με τη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης**, από τα οποία οι ερωτηθέντες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ τριών εναλλακτικών: Πατίνι, Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (MMM) και μετακίνηση ως πεζή.

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο της **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για το μέρος των σεναρίων, ενώ για τη διερεύνηση της χρήσης κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών στο άμεσο μέλλον, χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από αυτές τις αναλύσεις παρατίθενται στους πίνακες που ακολουθούν:

Μεταβλητές	Επιλογή Πατινιού			Επιλογή Πεζής Μετακίνησης		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Σταθερός όρος	-2,178	<0,01				
Χρόνος	-0,078	<0,01	0,92	-0,078	<0,01	0,92
Κόστος	-0,378	<0,01	0,69	-0,378	<0,01	0,69
Άνεση	-0,512	<0,01	0,6	-0,512	<0,01	0,6
Γυναίκα	0,571	0,014	1,77			
Αποτρεπτικός λόγος χρήσης πατινιού οι "Κακές καιρικές συνθήκες"				-1,37	<0,01	0,25
Πλεονέκτημα πατινιού η "Ευκολία στο παρκάρισμα"	1,062	<0,01	2,89	1,194	<0,01	3,3
Οικογένεια με 2 παιδιά	-1,051	0,011	0,35			
Οικογένεια με 4 παιδιά	2,104	<0,01	8,2			
Έχω χρησιμοποιήσει e-scooter	1,404	<0,01	4,07	0,617	0,027	1,85
Είμαι κάτοικος του Δήμου Αθηναίων				1,663	<0,01	5,28
Αποτρεπτικός λόγος χρήσης πατινιού η "Κακή κατασκευή των οδών κυκλοφορίας"	-0,947	<0,01	0,39	-0,849	<0,01	0,43
Δεν εργάζομαι με ελαστικό ωράριο	0,52	0,028	1,68			
Δεν εργάζομαι	-1,484	<0,01	0,23			
Σκοπεύω να χρησιμοποιήσω στο μέλλον e-scooter	1,493	<0,01	4,45	-0,578	0,014	0,56
Χρησιμοποιώ Μ.Μ.Μ. 4-10 φορές ή και >10 φορές την εβδομάδα	-1,162	<0,01	0,31			

Πίνακας 6.1: Μοντέλο επιλογής μέσου - Συναρτήσεις χρησιμότητας Πατινιού-Πεζής μετακίνησης

Μεταβλητές	Πρόθεση χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Σταθερός όρος			
Είμαι ιδιοκτήτης Ι.Χ.	-0,809	<0,01	0,45
Αποτρεπτικός λόγος χρήσης πατινιού οι "Κακές καιρικές συνθήκες"	-0,904	<0,01	0,4
Πλεονέκτημα πατινιού η "Ταχύτητα"	1,445	<0,01	4,24
Πλεονέκτημα πατινιού η "Διασκέδαση"	2,877	<0,01	17,76
Ηλικία 36-60 ή και >60 ετών	-1,702	<0,01	0,18
Χρησιμοποιώ ηλεκτρικό πατίνι 4-5 φορές το μήνα ή και σχεδόν καθημερινά	1,802	<0,01	6,06

Πίνακας 6.2: Μοντέλο πρόθεσης χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού στο άμεσο μέλλον

Τα **σημαντικότερα συμπεράσματα** που προκύπτουν μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- Οι Αθηναίοι πολίτες εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα αρνητικοί ως προς τη μετακίνηση ως πεζοί**, ωστόσο παρουσιάζουν περισσότερο θετική στάση απέναντι στα **κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια**. Ειδικότερα, όσο το κόστος και ο χρόνος μετακίνησης μειώνεται η πιθανότητα επιλογής e-scooter εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος και το κόστος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα Μ.Μ.Μ., τα οποία σε κάθε περίπτωση βρίσκονται στην κορυφή των προτιμήσεων των Αθηναίων, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τρόπους μετακίνησης.
- Η επιλογή κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού εξαρτάται κυρίως από το **κόστος, τον χρόνο και το επίπεδο άνεσης** που αυτό προσφέρει, συμπέρασμα που συμφωνεί με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Ο βασικός ανταγωνιστής των e-scooter φαίνεται να είναι τα Μ.Μ.Μ.. Ωστόσο, όσο ο χρόνος και το κόστος βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα και το επίπεδο άνεσης παραμένει υψηλό, τότε η πιθανότητα χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού βρίσκεται πολύ κοντά σε εκείνη των Μ.Μ.Μ..
- Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η **εξοικείωση** που είχαν οι ερωτηθέντες με τα ηλεκτρικά πατίνια. Εκείνοι που είχαν χρησιμοποιήσει στο παρελθόν e-scooter, διατηρούσαν μια πιο θετική στάση απέναντί τους και φάνηκε να τα επιλέγουν συχνότερα στις μετακινήσεις τους, αφού τα γνώριζαν καλά.
- Ένα μεγάλο μέρος του δείγματος διατηρεί επιφυλακτική στάση απέναντι στη χρήση ηλεκτρικού πατινιού, γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται τόσο στη **μειωμένη ασφάλεια** μετακίνησης που προσφέρει, όσο και στο **αυξημένο κόστος** του συγκριτικά με τα Μ.Μ.Μ.. Το e-scooter αποτελεί ένα νέο τρόπο μετακίνησης στο κέντρο της Αθήνας και σίγουρα θα χρειαστεί αρκετό χρόνο ώστε να ανέβει στις προτιμήσεις μετακίνησης των Αθηναίων.
- Τα στατιστικά μοντέλα έδειξαν ότι, όσο σημαντικότερη θεωρούν οι Αθηναίοι τη **διάρκεια** στις μετακινήσεις τους, τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να επιλέξουν

κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι για αυτές. Επιβεβαιώνεται δηλαδή, ο χαρακτήρας που έχουν τα e-scooter, για χρήση μικρής διάρκειας και απόστασης.

- Η αρνητική επιρροή του κόστους και του χρόνου μετακίνησης είναι απολύτως αναμενόμενες στην επιλογή μεταφορικού μέσου και σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, **η αύξηση του κόστους και του χρόνου μετακίνησης**, έχει ως συνέπεια τη μείωση της πιθανότητας επιλογής e-scooter.
- Οι **γυναίκες** φάνηκαν να είναι περισσότερο πρόθυμες να χρησιμοποιήσουν κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι στις μετακινήσεις τους σε σχέση με τους άνδρες, που ενδεχομένως είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν μεγαλύτερα ρίσκα και να προτιμήσουν τις μοτοσυκλέτες για τις μικρο-μετακινήσεις τους.
- Οι Αθηναίοι που θεωρούν ως πλεονέκτημα των ηλεκτρικών πατινιών, την **ευκολία στο παρκάρισμα**, έχουν περίπου τριπλάσιες πιθανότητες να τα επιλέξουν στις μετακινήσεις τους. Φανερώνεται εδώ, το πρόβλημα στάθμευσης που υπάρχει στο κέντρο της Αθήνας, το οποίο αποτυπώνεται με την επιλογή μέσου μετακίνησης που δεν απαιτεί ιδιαίτερο χώρο στο παρκάρισμα.
- Εκείνοι που είχαν έως **2 παιδιά** ήταν κατά 65% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν e-scooter, ενώ εκείνοι που δήλωσαν **4 παιδιά** ήταν πολύ πιο πιθανό να επιλέξουν πατίνι αντί των Μ.Μ.Μ.. Ενδεχομένως αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, τα παιδιά εκλαμβάνουν τη μετακίνηση με πατίνι σαν μια ψυχαγωγική δραστηριότητα και η επιρροή περισσότερων παιδιών στις αποφάσεις των γονέων, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη δύο ή λιγότερων παιδιών.
- Οι Αθηναίοι που θεωρούν ως αποτρεπτικό λόγο χρήσης ηλεκτρικού πατινιού, την **κακή κατάσταση των οδών** είναι περισσότερο διστακτικοί στη χρήση τους. Αυτό το αποτέλεσμα είναι λογικό και αναμενόμενο, αφού αρκετές οδοί στο κέντρο της Αθήνας, χαρακτηρίζονται από ανωμαλίες στο οδόστρωμα και συνεπώς η οδήγηση ενός μικρού δίκυκλου μέσου, όπως το e-scooter, μπορεί να είναι δύσκολη και επικίνδυνη.
- Όσοι Αθηναίοι **δεν εργάζονται με ελαστικό ωράριο**, είναι περισσότερο πιθανό να επιλέξουν κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι. Γνωρίζοντας το καθημερινό ωράριο εργασίας του, ο μετακινούμενος μπορεί να βάλει στην καθημερινότητά του τη χρήση e-scooter, είτε για να καλύψει μία απόσταση τελευταίου μιλίου από στάση λεωφορείου-μετρό στην εργασία του, είτε για να καλύψει μια μεγαλύτερη διαδρομή.
- Αντίθετα εκείνοι που δήλωσαν ότι **δεν εργάζονται** έχουν την τάση να επιλέγουν σπανιότερα στις μετακινήσεις τους τα ηλεκτρικά πατίνια. Πιθανώς το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται εν μέρει στη μειωμένη ανάγκη για καθημερινή μετακίνηση του ερωτηθέντα και εν μέρει, στο μικρότερο εισόδημα που αυτός διαθέτει σε συνδυασμό με το σχετικά υψηλό κόστος χρήσης του ηλεκτρικού πατινιού.

- Οι Αθηναίοι πολίτες που χρησιμοποιούν **M.M.M. περισσότερο από 4 φορές** μέσα στην εβδομάδα δεν προτιμούν τα e-scooter στις μετακινήσεις τους. Αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς η συγκεκριμένη ομάδα των ερωτηθέντων, είναι συνηθισμένη σε έναν τρόπο καθημερινής μετακίνησης και δεν έχει τη διάθεση να αλλάξει την καθημερινότητά της επιλέγοντας ακριβότερα και επικινδυνότερα μέσα.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	i
Σύνοψη	iii
Abstract.....	iv
Περίληψη	v
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση	1
1.1.1 Πλεονεκτήματα	2
1.1.2 Μειονεκτήματα	3
1.1.3 Ανοικτά ζητήματα	3
1.1 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας	4
1.3 Μεθοδολογία	5
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	6
Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	8
2.1 Εισαγωγή.....	8
2.2 Συναφείς Έρευνες	8
2.2.1 Ηλεκτρικά Πατίνια	8
2.2.2 Έρευνες και αποτελέσματα	9
2.3 Σύνοψη.....	12
Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο	14
3.1 Εισαγωγή.....	14
3.2 Μαθηματικά Πρότυπα	14
3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	14
3.2.2 Πιθανοτική ανάλυση	15
3.2.3 Λογιστική Παλινδρόμηση	15
3.2.4 Σύνοψη	15
3.3 Λογιστική Παλινδρόμηση	16
3.4 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	17
3.5 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης	20
3.6 Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας - Συνάρτηση χρησιμότητας	21
Κεφάλαιο 4: Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων	23
4.1 Εισαγωγή.....	23
4.2 Συλλογή στοιχείων	23
4.2.1 Το ερωτηματολόγιο	23
4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου	23
4.2.3 Τα σενάρια	24
4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων	25
4.3 Επεξεργασία στοιχείων.....	26
4.3.1 Κωδικοποίηση δεδομένων	26
4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία	28
Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή μεθοδολογιών-αποτελέσματα	32
5.1 Εισαγωγή.....	32
5.2 Στατιστικό πρότυπο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης	32

5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio.....	32
5.2.2 Ο Κώδικας.....	34
5.2.3 Συναρτήσεις χρησιμότητας	37
5.2.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου	40
5.2.5 Αποτελέσματα	42
5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	45
5.3 Στατιστικό πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.....	50
5.3.1 Επεξεργασία δεδομένων	50
5.3.2 Ο κώδικας.....	52
5.3.3 Συνάρτηση χρησιμότητας	53
5.3.4 Στατιστικός έλεγχος μοντέλου	54
5.3.5 Αποτελέσματα	55
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα	57
6.1 Σύνοψη.....	57
6.2 Συμπεράσματα	59
6.3 Προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.....	61
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	62
Βιβλιογραφία	63
Παραρτήματα	65
Παράρτημα Α-Ερωτηματολόγιο	65
Παράρτημα Β-Ο κώδικας της ανάλυσης στο R-Studio.....	79

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Στις σύγχρονες κοινωνίες, οι μεταφορές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητας των ανθρώπων. Η τεχνολογική ανάπτυξη και το αυξημένο επίπεδο διαβίωσης, έχουν οδηγήσει σε απότομη αύξηση των μέσων μεταφοράς στους δρόμους. Αποτέλεσμα αυτού, είναι τόσο η αύξηση της εκπομπής αέριων άνθρακα, όσο και η κυκλοφοριακή συμφόρηση στους δρόμους των πόλεων. Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία τάση προώθησης υπηρεσιών ενοικίασης ποδηλάτων και κατασκευής ποδηλατόδρομων, με στόχο τη μείωση των αέριων ρύπων και την προσφορά ενός γρήγορου τρόπου μετακίνησης μέσα στις πόλεις. Η **ανάγκη** αυτή ανέδειξε πρόσφατα μια νέα μορφή μετακίνησης, τα **ηλεκτρικά πατίνια**, που φαίνεται να αποτελούν μία **λύση** στο πρόβλημα μετακίνησης του "τελευταίου μιλίου", η οποία αφορά στο τελευταίο τμήμα μετακίνησης με τα μέσα μαζικής μεταφοράς ή με αλλά μέσα (Statista, 2019). Χαρακτηριστικό παράδειγμα της νέας αυτής τάσης αποτελεί η Κίνα, όπου η παραγωγή ηλεκτρικών πατινιών εκτοξεύτηκε από 58.000 οχήματα το 1998 σε περισσότερα από 32 εκατομμύρια οχήματα το 2016 (National Bureau of Statistics 2017).

Υπάρχουν **δύο τύποι** ηλεκτρικών πατινιών (e-scooters) στην αγορά: τα **“dock-less”** και τα **“Vespa-like”** με τα πρώτα να είναι πιο δημοφιλή στις ΗΠΑ και σε άλλες δυτικές χώρες και τα δεύτερα κυρίως στην Κίνα. Ο όρος **“dock-less”** αποδίδεται στα ηλεκτρικά πατίνια που θυμίζουν ένα συνηθισμένο πατίνι με τη διαφορά ότι η κίνηση τους γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού κινητήρα και δε χρειάζεται να τοποθετηθούν σε χώρο στάθμευσης. Ο δεύτερος όρος **“Vespa-like”** αποδίδεται σε ηλεκτρικά πατίνια που έχουν τη μορφή βενζινοκίνητου μοτοποδηλάτου τύπου βέσπας. Τα **“dock-less”** διατίθενται στην Αθήνα, αποκλειστικά πλέον, από την αμερικάνικη εταιρεία ενοικίασης ηλεκτρικών πατινιών Lime, καθώς η εταιρεία Hive σταμάτησε πρόσφατα τις υπηρεσίες της στη χώρα μας.

Τα ηλεκτρικά πατίνια, είναι εφοδιασμένα με σύστημα GPS και διαθέτουν το καθένα ένα μοναδικό QR code, τον οποίο ο χρήστης μπορεί να **“σκανάρει”** μέσω εφαρμογής από το κινητό του για να ξεκλειδώσει το πατίνι. Το κόστος χρήσης ανέρχεται στο 1€ για το ξεκλείδωμα (αντίστοιχο της ταρίφας ταξί) και χρεώνονται επιπλέον 0.15€ για κάθε λεπτό χρήσης. Λειτουργούν με ηλεκτρική επαναφορτιζόμενη μπαταρία και έχουν μέση μέγιστη ταχύτητα τα 25χλμ/ώρα. Ωστόσο πρόσφατα ύστερα από ατυχήματα που σημειώθηκαν, η εταιρεία Lime μείωσε το όριο αυτό, στα 20χλμ/ώρα. Εκτός από τη δυνατότητα ενοικιάσής τους, τα e-scooter διατίθενται και για αγορά με αυτονομία μπαταρίας που κυμαίνεται στα 30-50 χιλιόμετρα ανά φόρτιση. Τα **“Vespa-like”** πατίνια εξυπηρετούν μεγαλύτερες αποστάσεις, έχουν μεγαλύτερη τελική ταχύτητα και έχουν μεγαλύτερο κόστος.

Καθώς στην Ελλάδα κυκλοφορούν μόνο “dock-less” πατίνια, η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί μόνο σε αυτά και η αναφορά σε αυτά θα γίνεται ως: ηλεκτρικά πατίνια ή e-scooter.



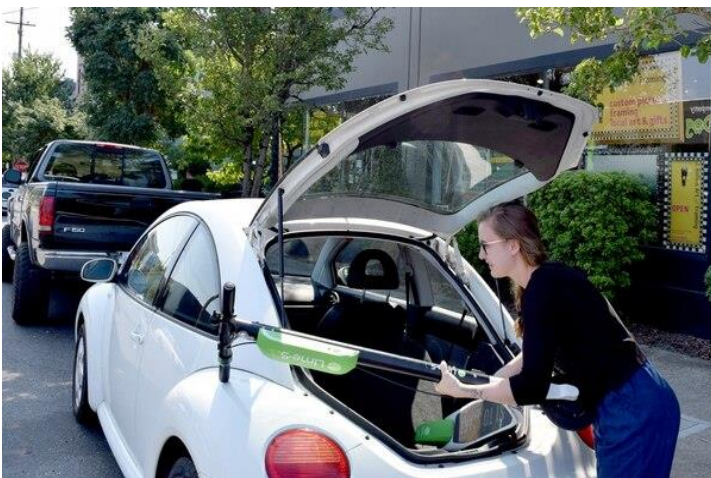
“Vespa-like”



“Dock-less”

Εικόνα 1.1: Τυπικές μορφές ηλεκτρικών πατινιών

Το μοντέλο της εταιρείας Lime στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, όπου ξεκίνησε η τάση αυτή, λειτουργεί αποκεντρωμένα με τους Lime Juicers, ιδιώτες-συνεργάτες, να περισυλλέγουν τα πατίνια με δικά τους μέσα και να τα φορτίζουν το βράδυ σπίτι τους, παίρνοντας αμοιβή από την εταιρεία.



Εικόνα 1.2: Lime Juicer

Ακολουθώντας, το πρωί τα αφήνουν πάλι στην πόλη καθώς το σύστημα της Lime δεν έχει κεντρικά σημεία παραλαβής. Τα πατίνια βρίσκονται διασκορπισμένα στην πόλη με τον χρήστη να τα ξεκλειδώνει μέσω εφαρμογής. Ακριβώς ίδιος, είναι και ο τρόπος λειτουργίας στην Αθήνα.

1.1.1 Πλεονεκτήματα

Σε πόλεις που αντιμετωπίζουν κυκλοφοριακό πρόβλημα τα **οφέλη** από τη χρήση των e-scooters είναι πολυάριθμα. Όσον αφορά στην ατομική μεταφορά, ο χρήστης αποφεύγει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και απολαμβάνει ευκολία στη στάθμευση.

Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να το πάρει μαζί του μέσα στο σπίτι, στο γραφείο ή σε κάποιο κατάστημα που επισκέπτεται, αφαιρώντας έτσι την έννοια της στάθμευσης από την εξίσωση της μετακίνησης. Είναι φθηνά, διασκεδαστικά, εύχρηστα και καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια αποτελώντας έναν οικολογικό τρόπο μετακίνησης. Επιπλέον με την εκτεταμένη χρήση τους, ανοίγει ο δρόμος για την ευρύτερη χρήση των ποδηλάτων και των ποδηλατοδρόμων και την ανάγκη για κατασκευή νέων, ειδικά στην Αθήνα όπου τέτοιοι δρόμοι πρακτικά δεν υφίσταται. Συνεπώς, τα ηλεκτρικά πατίνια αποφορτίζουν τα κέντρα των πόλεων από το κυκλοφοριακό πρόβλημα, δεν επιβαρύνουν τα αστικά περιβάλλοντα με ρύπους και θόρυβο, μειώνουν το κόστος μετακίνησης και παράλληλα εισάγουν στην καθημερινότητα του χρήστη την ηλεκτροκίνηση, πολύ πιο εύκολα και γρήγορα απ' ό,τι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

1.1.2 Μειονεκτήματα

Βέβαια, υπάρχουν και αρκετοί παράγοντες που **αποτρέπουν** τους χρήστες από την καθημερινή χρήση των e-scooters, όσα και αν είναι τα θετικά τους. Οι βασικότεροι από αυτούς είναι η απουσία υποδομών κυκλοφορίας, όπως είναι οι ποδηλατόδρομοι, η έλλειψη σεβασμού από τους άλλους χρήστες της οδού καθώς και η μειωμένη ασφάλεια που προσφέρει το ηλεκτρικό πατίνι σε σχέση με άλλα



μέσα μετακίνησης. Για εκείνους που δεν χρησιμοποιούν συχνά e-scooter αλλά και για χρήστες μεγαλύτερης ηλικίας, η μειωμένη άνεση, η μεγάλη κλίση των δρόμων καθώς και οι κακές καιρικές συνθήκες μπορούν να αποτελέσουν αποτρεπτικούς παράγοντες επιλογής τους.

Εικόνα 1.3: Χρήση e-scooter σε κακές καιρικές συνθήκες

1.1.3 Ανοικτά ζητήματα

Ιδιαίτερο **σημείο προσοχής** αποτελεί η **έλλειψη ρυθμιστικού πλαισίου** γύρω από τη χρήση των ηλεκτρικών πατινιών. Δεν απαιτούν την κατοχή άδειας οδήγησης, ασφάλισης ή καταβολή τελών κυκλοφορίας. Έτσι, γίνονται μεν προσίτα σε όλους, όμως αυξάνουν τον κίνδυνο λανθασμένης χρήσης τους από μη κατάλληλους οδηγούς. Η συντριπτική πλειοψηφία των αναβατών δεν φορούν προστατευτικό κράνος και σε αρκετές περιπτώσεις δεν τηρούν τον Κ.Ο.Κ..

Επίσης πολλοί είναι εκείνοι που επιλέγουν να κινούνται πάνω σε πεζοδρόμια, δημιουργώντας πρόβλημα στους πεζούς. Οι **ενοικιαστές e-scooter** συχνά επιδεικνύουν **ακατάλληλη οδηγική συμπεριφορά**, οι οποίοι σε μεγάλο βαθμό είναι ανήλικοι αλλά και τουρίστες. Ως αποτέλεσμα, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει ορισμένους κανόνες γύρω από τα ηλεκτρικά πατίνια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Γαλλία, όπου η οδήγηση σε πεζοδρόμιο απαγορεύεται και τιμωρείται με αυστηρά πρόστιμα και έχουν οριστεί συγκεκριμένοι χώροι στάθμευσης για e-scooter και ένα ετήσιο τέλος στις διαχειρίστριες εταιρείες. Ωστόσο δεν έχει δημιουργηθεί ακόμα ένα ολοκληρωμένο ρυθμιστικό πλαίσιο γύρω από τη χρήση τους.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω τα ηλεκτρικά πατίνια είναι συνδεδεμένα με την πιθανότητα **ατυχημάτων**. Στην περίπτωση κάποιου ατύχηματος, η ευθύνη θα αποδοθεί κατά πάσα πιθανότητα σε εκείνον που προκάλεσε το ατύχημα. Η εταιρεία που ενοικιάζει τα πατίνια ή ο οδηγός μπορεί να θεωρηθούν υπεύθυνοι για έναν τραυματισμό. Το οξύμωρο είναι ότι δεν απαιτείται ασφάλεια αστικής ευθύνης για να χρησιμοποιήσει κανείς ένα e-scooter. Έχοντας ταχύτητα 20 χιλιόμετρα ανά ώρα ένα ατύχημα με ηλεκτρικό πατίνι μπορεί να προκαλέσει σημαντικά τραύματα στους εμπλεκόμενους. Τα ατυχήματα που έχουν συμβεί, έχουν προκαλέσει από ελαφρούς τραυματισμούς μέχρι και θάνατο. Το πρώτο θανατηφόρο ατύχημα καταγράφηκε το Σεπτέμβριο του 2018 στην Καλιφόρνια, ενώ συνέβη τέτοιο ατύχημα και στην Ελλάδα το Σεπτέμβριο του 2019 στη Χίο.

1.1 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση των προτιμήσεων, των Αθηναίων πολιτών απέναντι στα ηλεκτρικά πατίνια** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του μέσου μεταφοράς τους.

Πιο συγκεκριμένα θα διερευνηθεί το κατά πόσο είναι διατεθειμένοι να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρικό πατίνι, σε σύγκριση με άλλα ήδη υπάρχοντα μέσα μεταφοράς (Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ), Πεζή) ή και να μην μετακινηθούν, και θα προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά που κρίνονται σημαντικά σε τέτοια οχήματα.

Για τον σκοπό αυτό θα αναπτυχθούν **μαθηματικά μοντέλα**, μέσω των οποίων θα εντοπιστεί η επιρροή του κόστους, του χρόνου και της ασφάλειας στην επιλογή ενός e-scooter αλλά και άλλων χαρακτηριστικών των ερωτηθέντων, όπως η ηλικία, το οικογενειακό εισόδημα και τα χαρακτηριστικά μετακίνησής τους.

Τελικός στόχος είναι τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από αυτή τη Διπλωματική Εργασία να φανούν χρήσιμα σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, ώστε να διαχειριστούν αυτή τη νέα τεχνολογική εξέλιξη με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και με τα βέλτιστα αποτελέσματα.

1.3 Μεθοδολογία

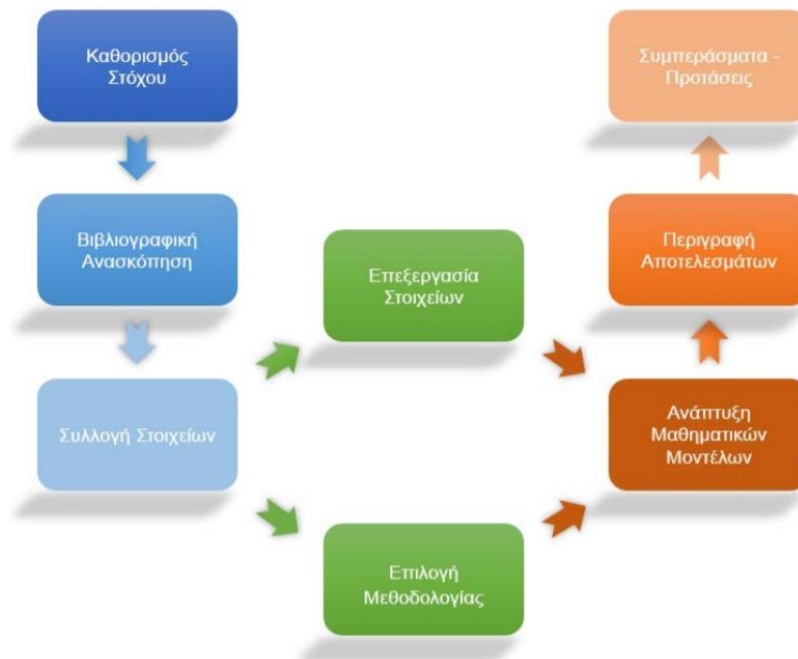
Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου της.

Αρχικά σε πρώτο στάδιο, πραγματοποιήθηκε ο καθορισμός του αντικειμένου προς εξέταση καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκε εκτενής **βιβλιογραφική ανασκόπηση** για την εύρεση ερευνών, διεθνών και μη, με σκοπό την απόκτηση μιας ολοκληρωμένης εικόνας γύρω από το θέμα και την εμβάθυνση στο ευρύτερο πεδίο των ηλεκτρικών πατινιών.

Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων αποφασίστηκε να γίνει μέσω **ερωτηματολογίου** βασισμένο στη **μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε συγκοινωνιακές έρευνες τέτοιου είδους. Μέσα από μια σειρά σύντομων και εύκολα κατανοητών ερωτήσεων καταγράφηκαν οι προτιμήσεις και οι απόψεις των ερωτηθέντων για τα ηλεκτρικά πατίνια και τις μετακινήσεις τους γενικότερα. Συμπεριελήφθησαν επίσης, οκτώ σενάρια μετακίνησης με μεταβλητές το κόστος, τον χρόνο και την ασφάλεια έχοντας τρεις εναλλακτικές προτάσεις: ηλεκτρικό πατίνι, MMM, πεζή. Συνολικά, **συγκεντρώθηκαν 202 ερωτηματολόγια** από μετακινούμενους διαφόρων κοινωνικό-οικονομικών χαρακτηριστικών. Η συλλογή έγινε μέσω διαδικτυακής συμπλήρωσης (google forms), αλλά και χειρόγραφα σε κόσμο που περίμενε σε στάσεις λεωφορείων στην περιοχή της Καλλιθέας.

Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των ερωτηματολογίων, τα στοιχεία κωδικοποιήθηκαν κατάλληλα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού προγράμματος ανάλυσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε (R Studio). Αναπτύχθηκαν δύο τύποι στατιστικών μοντέλων. Η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) χρησιμοποιήθηκε για το μέρος των σεναρίων του ερωτηματολογίου, με εξαρτημένη μεταβλητή την επιλογή του μέσου μετακίνησης (Ηλεκτρικό πατίνι, M.M.M., Πεζή) και ανεξάρτητες μεταβλητές το κόστος, τον χρόνο και την άνεση. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), με την οποία βρέθηκαν οι μεταβλητές που επηρεάζουν σημαντικά την απόφαση επιλογής χρήσης ή όχι ενός ηλεκτρικού πατινιού στο μέλλον.

Με βάση αυτά τα δύο μοντέλα ακολούθησε η διαδικασία της **αξιολόγησης και ερμηνείας** των αποτελεσμάτων, η οποία οδήγησε στην εξαγωγή των συμπερασμάτων για το βαθμό επιρροής της εκάστοτε μεταβλητής στην επιλογή του ηλεκτρικού πατινιού. Τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν στη **διατύπωση προτάσεων** για την αντιμετώπιση του ζητήματος, αλλά και για τη συνέχιση της έρευνας στο συγκεκριμένο πεδίο.



Εικόνα 1.4: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής αναφοράς του περιεχομένου του εκάστοτε κεφαλαίου της.

Στο **κεφάλαιο 1**, το οποίο είναι **εισαγωγικό**, γίνεται μία σύντομη παρουσίαση των ηλεκτρικών πατινιών, ως προς τα γενικά χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο λειτουργίας τους. Παρατίθενται επίσης τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση τους σε ένα αστικό περιβάλλον, καθώς και ορισμένα ανοικτά ζητήματα που αιωρούνται γύρω από το πλαίσιο λειτουργίας τους. Έπειτα περιγράφεται το αντικείμενο και ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και τίθενται τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας και η σύνοψη της δομής της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 2**, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από εκτενή **βιβλιογραφική ανασκόπηση** ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο και με μεθοδολογίες παρεμφερείς με αυτή που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την Διπλωματική Εργασία. Τέλος, αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών, τα οποία και αξιολογούνται με βάση τη συμβολή τους στο αντικείμενο και τη μεθοδολογία της παρούσας έρευνας.

Στο **κεφάλαιο 3**, που αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο**, αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη Διπλωματική Εργασία και ειδικότερα της μεθόδου δεδομένης προτίμησης. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια εκ βάθους ανάλυση των στατιστικών μοντέλων που επιλέχθηκαν για να υποστηρίξουν αυτή τη μεθοδολογία, καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται.

Στο **κεφάλαιο 4**, παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα Α, το **ερωτηματολόγιο** στο οποίο βασίστηκε η Διπλωματική Εργασία και το σκεπτικό πίσω από την κατασκευή του. Τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου απεικονίζονται σχηματικά με κατάλληλα διαγράμματα, τα οποία συνοδεύονται από τον απαραίτητο σχολιασμό. Ακόμη, περιλαμβάνεται η κωδικοποίηση των στοιχείων του ερωτηματολογίου και η προετοιμασία τους, ώστε να γίνει δυνατή η χρήση τους από το στατιστικό πρόγραμμα της R.

Στο **κεφάλαιο 5**, αναλύονται τα τελικά μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από τις δύο στατιστικές μεθόδους που εφαρμόστηκαν, καθώς και τα ενδιάμεσα βήματα που οδήγησαν σε αυτά. Μετά από την αξιολόγηση τους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν τόσο από τα μαθηματικά μοντέλα όσο και από το ερωτηματολόγιο γενικότερα.

Στο **κεφάλαιο 6**, παρατίθενται συνοπτικά τα συμπεράσματα της Διπλωματικής Εργασίας, ενώ παράλληλα τονίζεται η χρησιμότητά τους. Τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις που περιλαμβάνουν τον τρόπο αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της έρευνας για την περαιτέρω μελέτη του τομέα των ηλεκτρικών πατινιών.

Στο τέλος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας παρατίθενται οι **βιβλιογραφικές αναφορές** και τα παραρτήματα, η παρουσίαση των οποίων συμβαδίζει με όλα τα διεθνή πρότυπα.

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα διεθνών ερευνών, των οποίων το αντικείμενο παρουσιάζει συνάφεια με τα υπό μελέτη ζητήματα, όπως αυτά παρουσιάστηκαν συνοπτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο.

2.2 Συναφείς Έρευνες

Ο τομέας των ηλεκτρικών πατινιών αποτελεί τα τελευταία χρόνια σημαντική πηγή για τη δημοσίευση πλήθους ερευνών σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας τους, όσων αφορά το τεχνολογικό κομμάτι, αλλά και για τις πιθανές κοινωνικές και συγκοινωνιακές επιπτώσεις που μπορούν επιφέρουν με την ευρεία χρήση τους.

2.2.1 Ηλεκτρικά Πατίνια

Για να διευκολυνθεί η συμφόρηση και να μειωθούν άλλα αρνητικά αποτελέσματα των μεταφορών με μηχανοκίνητα μέσα, οι πόλεις έχουν αρχίσει να επανεξετάζουν τα μεταφορικά τους συστήματα, επιδιώκοντας να προωθήσουν το περπάτημα καθώς και (κοινόχρηστες μορφές) ποδηλασίας και χρήσης ηλεκτρικών πατινιών (**Chan and Shaheen, 2012; Shaheen and Cohen, 2019; Shaheen et al., 2016; Shoup, 2006**). Τα e-scooter αποτελούν την πιο πρόσφατη προσθήκη στις ευκαιρίες για κινητικότητα στις πόλεις, η οποία χαρακτηρίζεται επίσης από συναισθηματικές τιμές, δηλαδή ένα στοιχείο παιχνιδιού που φαίνεται να έχει σημαντική απήχηση στους μετακινούμενους (**BCG: Boston Consulting Group, 2019**). Η BCG χαρακτηρίζει τα ηλεκτρικά πατίνια ως ένα φθηνό, βολικό και ευέλικτο τρόπο μετακίνησης μέσα στις πόλεις, ο οποίος συνδυάζει το στοιχείο της διασκέδασης ανεξαρτήτως ηλικίας. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αποδεικνύουν τα θετικά αποτελέσματα της λειτουργίας των e-scooter στις πόλεις, όπως η ελευθέρωση θέσεων στάθμευσης (**Fang et al., 2018**), η πιθανή αντικατάσταση ορισμένων χρήσεων των αυτοκινήτων από το ηλεκτρικό πατίνι (**Smith and Schwieterman, 2018**) και η λιγότερη ρύπανση (εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και ηχορύπανση) που επιφέρει στο περιβάλλον (**Hollingsworth et al. 2019**). Ακόμη οι **Shunhua Bai & Junfeng Jiao (2020)** αναφέρονται στο μερίδιο της αγοράς που κατέλαβαν τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια από τις υπηρεσίες κοινοχρησίας ποδηλάτων, εξ αιτίας της περισσότερο ευέλικτης τιμολόγησης των e-scooter, ιδιαίτερα σε μικρού μήκους διαδρομές.

Ωστόσο, τα μειονεκτήματα που αποκαλύφθηκαν από τους ερευνητές σε άλλες μελέτες, περιλαμβάνουν την ανεπαρκή εκπαίδευση ασφάλειας από τις ιδιωτικές εταιρείες και ως εκ τούτου τους τραυματισμούς χρηστών που προέκυψαν (**Allem and Majmundar, 2019; Trivedi et al., 2019**). Επιπλέον άλλες έρευνες θέτουν προς

αμφισβήτηση τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης με τη χρήση e-scooter, καθώς παρατηρήθηκε ότι σε αρκετές περιπτώσεις επιλέγονται έναντι του περπατήματος (**Portland Bureau of Transportation 2018; Denver CaCo, 2019**). Επίσης, σκεπτικοί παρουσιάζονται ορισμένοι μελετητές και ως προς τον οικολογικό χαρακτήρα των e-scooter. Οι **Joseph Hollingsworth, Brenna Copeland and Jeremiah X Johnson (2019)** ανακάλυψαν σε έρευνά τους, πως αν και τα ηλεκτρικά πατίνια δεν επιβαρύνουν άμεσα το περιβάλλον, η ρύπανση από την περισυλλογή και φόρτιση των πατινιών το βραδύ και ακολούθως τη διαμοίρασή τους στην πόλη το πρωί, είναι μεγαλύτερη (ανά χιλιόμετρο) από τη μετακίνηση με λεωφορείο ή με μοτοσυκλέτα. Τέλος οι **Hardt & Bogenberger (2019)**, επισημαίνουν την περιορισμένη ικανότητα μεταφοράς αποσκευών με e-scooter.

2.2.2 Έρευνες και αποτελέσματα

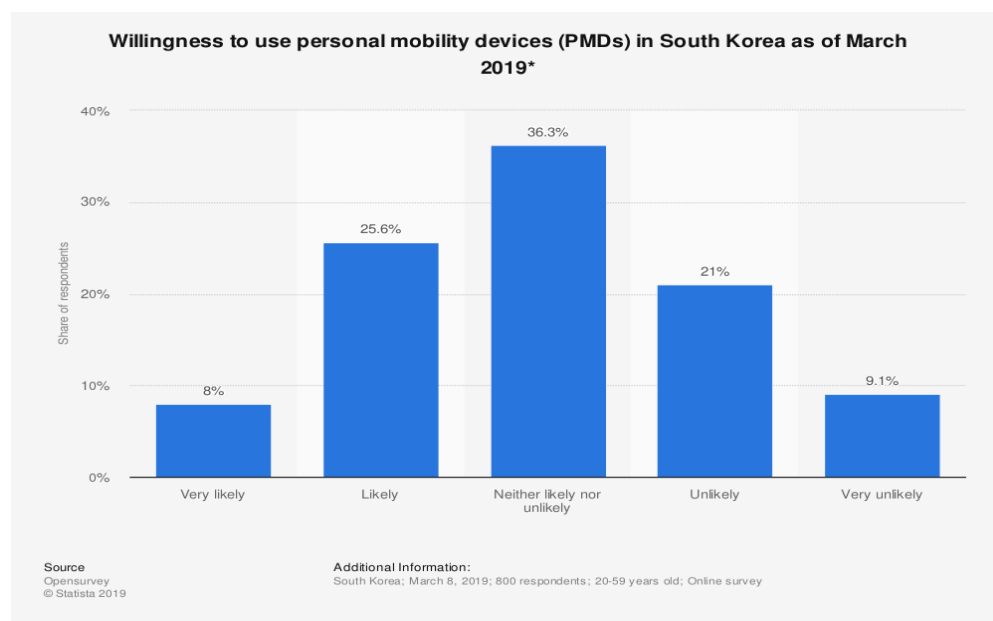
Το σύστημα της αυτοκινητοβιομηχανίας αντιστέκεται στις αλλαγές, καθώς έχει αναπτυχθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες και σε ορισμένες χώρες για περισσότερο από έναν αιώνα (**Norton, 2008**). Τα ηλεκτρικά σκούτερ, εκτός των άλλων, ανταγωνίζονται και με το αυτοκίνητο όσον αφορά τον χώρο που καταλαμβάνουν, την ταχύτητα, την ασφάλεια και την άνεση, κατά τη μετακίνηση μέσα στις πόλεις. Δεδομένου ότι οποιαδήποτε καινοτομία αντιμετωπίζεται γενικά με καχυποψία από το εκάστοτε σύστημα λειτουργίας, η εφαρμογή της απαιτεί μια προσεκτική στρατηγική ενσωμάτωσης, ιδιαίτερα τη στιγμή που απειλεί τις υπάρχουσες δομές ισχύος. Οι συγκοινωνιολόγοι που επιθυμούν να εισάγουν τα ηλεκτρικά σκούτερ στους τρόπους μετακίνησης στην πόλη τους, θα πρέπει να γνωρίζουν τις προκλήσεις που θα βρουν μπροστά τους, τόσο σε επίπεδο υποδομών όσο και σε κοινωνικό-πολιτικό επίπεδο.

Πολύ καθοριστικό ρόλο στην αποδοχή αυτού του νέου μέσου μεταφοράς, από το κοινό, παίζουν τα μέσα ενημέρωσης. Ενώ τα συστήματα ενοικίασης e-scooter είναι γενικά εύκολο να εφαρμοστούν, μια πληθώρα αρνητικών αναφορών από όλο τον κόσμο μαρτυρούν τη σημαντική αναστάτωση που προκαλείται από τα ηλεκτρικά πατίνια (**CNN, 2018**). Τη στιγμή που η ακαδημαϊκή κοινότητα, όσον αφορά τη συζήτηση ένταξης των e-scooter στις πόλεις, εστιάζει την προσοχή της στην έλλειψη υποδομών φόρτισης, στη μειωμένη ασφάλεια μετακίνησης και στις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, αναφορές από παγκόσμιες εφημερίδες (**Guardian, 2019**) φαίνεται να υποδηλώνουν ότι η κοινή γνώμη είναι η πιο σημαντική πρόκληση για αυτόν τον τρόπο μεταφοράς.

Σε έρευνα στο Μόναχο, των **Cornelius Hardt & Klaus Bogenberger (2018)**, δόθηκαν ηλεκτρικά πατίνια σε 38 συνολικά συμμετέχοντες, οι οποίοι τα ένταξαν στην καθημερινότητά τους για ένα διάστημα 56 ημερών. Από τις καταχωρήσεις στο ημερολόγιο ταξιδιού του κάθε οχήματος, φάνηκε ότι τα πατίνια χρησιμοποιούνταν ιδιαίτερα για μετακινήσεις αναψυχής, αλλά και σε ορισμένες περιπτώσεις για επαγγελματικούς σκοπούς εντός της πόλης. Αυτοί οι σκοποί ταξιδιού αντιπροσωπεύουν μια ευκαιρία να καθιερωθούν τα e-scooter ως μία εναλλακτική επιλογή των αυτοκινήτων, καθώς οι λόγοι χρήσης τους είναι παρόμοιοι. Οι

περισσότεροι από τους συμμετέχοντες συνέχισαν να χρησιμοποιούν ηλεκτρικό πατίνι μετά το πέρας της έρευνας, ωστόσο το 40% δεν το ενσωμάτωσε ξανά στις μετακινήσεις του. Η ανάλυση ταξιδιού, σε συνδυασμό με τις απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με την πρόθεση χρήσης ηλεκτρικών πατινιών, τόσο πριν όσο και μετά από την έρευνα, φανερώνει ότι τα ταξίδια αναψυχής και ένα σημαντικό μέρος των επαγγελματικών διαδρομών είναι δυνατόν να καλυφθούν με e-scooter.

Η έρευνα του **Won So** που δημοσιεύτηκε από το **OpenSurvey (April 4, 2019)** παρουσιάζει την πρόθεση χρήσης οχημάτων ατομικής μετακίνησης, όπως είναι το ηλεκτρικό πατίνι. Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων έδειξαν ότι το 36.3% των ερωτηθέντων διατηρούν ουδέτερη πρόθεση χρήσης, μόλις το 8% είχε πολύ θετική στάση απέναντι στη χρήση ενός τέτοιου οχήματος και το 25.6% θεώρησε πιθανό να μετακινηθεί με αυτόν τον τρόπο. Αντίθετα, το 9.1% των συμμετεχόντων θεώρησε εντελώς απίθανο να χρησιμοποιήσει όχημα ατομικής μετακίνησης και το 21% απάντησε πως είναι μάλλον απίθανο να μετακινηθεί με αυτόν τον τρόπο. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν διαδικτυακή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Νότιο Κορέα το Μάρτιο του 2019. Συνολικά συγκεντρώθηκαν 800 ερωτηματολόγια και η ηλικία των συμμετεχόντων είχε διακύμανση από 20 έως 59 χρονών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα αυτής την έρευνας.



Πίνακας 2.1: Προθυμία χρήσης συσκευών ατομικής μετακίνησης

Μια άλλη έρευνα των **Cherry & Cervero (2007)** αφορά την ανάλυση χρήσης ηλεκτρικών ποδηλάτων και σκούτερ, η οποία μπορεί σήμερα να επεκταθεί και να δώσει χρήσιμες πληροφορίες και για τα e-scooter. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας δείχνουν ότι τα άτομα που διαθέτουν εκπαίδευση και εισόδημα άνω του μέσου όρου είναι πολύ θετικά στην ενσωμάτωση των δύο παραπάνω μέσων μεταφοράς στην καθημερινότητά τους. Τα οχήματα αυτά είναι πιο προσιτά για τη συγκεκριμένη δημογραφική ομάδα και ταυτόχρονα υπήρχαν πολλές περιπτώσεις

όπου τα άτομα τα επέλεγαν ως ένα “δεύτερο όχημα” στο νοικοκυριό τους. Οι κύριοι λόγοι για αυτήν την αλλαγή στις μεταφορικές συνήθειες των ατόμων ήταν η ταχύτητα, η ευκολία στάθμευσης, το οικονομικό κόστος λειτουργίας σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα και η αποφυγή χρήσης των κορεσμένων συστημάτων μαζικής μεταφοράς στις πόλεις τους.

Μία ακόμη πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα πραγματοποιήθηκε διαδικτυακά στην Ελλάδα το 2019 από την **Xiaomi**, εταιρεία κατασκευής e-scooter. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν συνολικά 139 χρήστες e-scooter η συντριπτική πλειοψηφία των οποίων μετακινείται με αυτά καθημερινά, κυρίως από και προς την εργασία τους. Το 81.3% των ερωτηθέντων είναι ιδιοκτήτες e-scooter, αλλά πιθανόν περιστασιακά να χρησιμοποιούν και τα ενοικιαζόμενα e-scooters, ενώ από το υπόλοιπο 18.7%, ορισμένοι δήλωσαν πως έχουν ήδη ποδήλατο ή ηλεκτρικό ποδήλατο και ενδιαφέρονται για την απόκτηση e-scooter. Σχεδόν 2 στους 3 δεν χρησιμοποιούν ενοικιαζόμενα e-scooters, μόλις το 2.2% τα χρησιμοποιεί καθημερινά, ενώ σχεδόν 1 στους 3 τα χρησιμοποιεί έστω μια φορά το μήνα. Στατιστικό που δείχνει πως οι τακτικοί χρήστες προτιμούν να κατέχουν ένα e-scooter, παρά να χρησιμοποιούν ενοικιαζόμενα, ενώ οι υπόλοιποι τα χρησιμοποιούν περιστασιακά, για να καλύψουν έκτακτες ανάγκες μετακίνησης.

Το 76.3% των ιδιοκτητών e-scooter το χρησιμοποιούν σχεδόν καθημερινά, έχοντας αντικαταστήσει με αυτό τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς, ενώ το 22.9% το χρησιμοποιεί τουλάχιστον μια φορά τη βδομάδα. Όσον αφορά το είδος των μετακινήσεών τους, 2 στους 3 πηγαίνουν στη δουλειά τους με αυτό, το 56% το χρησιμοποιεί για λόγους αναψυχής, και το 51% για άλλες καθημερινές μετακινήσεις τους. Ένα άκρως ενδιαφέρον στατιστικό, όμως, αφορά το "προφίλ μετακίνησης" των χρηστών e-scooters. Το 50.4% δήλωσε πως αν δεν είχε το e-scooter, θα έκανε τις διαδρομές του με ΙΧ, το 20% έχει αντικαταστήσει τη χρήση ΜΜΕ με αυτό, το 11.5% το επιλέγει αντί μοτοσυκλέτας/σκούτερ και το 9,4% θα έκανε τις διαδρομές του με τα πόδια, ενώ το 6.5% έχει αντικαταστήσει το ποδήλατό του. Μόλις το 1.4% των κατόχων θα χρησιμοποιούσε ταξί για τις μετακινήσεις του αν δεν είχε το e-scooter, δείχνοντας ξεκάθαρα πως το νέο ατομικό μέσο μετακίνησης δεν είναι ανταγωνιστικό απέναντι στα ταξί. Επίσης, ουσιαστικά κάθε 1 στα 2 e-scooters αντικαθιστά ένα ΙΧ στην πόλη όπου χρησιμοποιείται, αποδεικνύοντας το σημαντικό όφελος που προσφέρει στην πόλη, σε επίπεδο κυκλοφοριακής συμφόρησης, καυσαερίων και ό,τι αυτά συνεπάγονται.

Όσον αφορά τη συμπεριφορά των οδηγών ηλεκτρικών πατινιών στο οδικό δίκτυο, οι **Jay Todd, David Krauss & Amber Dunning (2019)** πραγματοποίησαν σχετική έρευνα. Η μεθοδολογία που ακολούθησαν ήταν η βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της ημέρας σε οικιστικές και οικονομικές περιοχές στη Βενετία, στο Λος Άντζελες και στη Σάντα Μόνικα. Οι βασικές συμπεριφορές που καταγράφηκαν ήταν οι εξής: οδήγηση στο δρόμο, οδήγηση στο πεζοδρόμιο, οδήγηση σύμφωνα με την οδική κυκλοφορία, οδήγηση αντίθετα στην οδική κυκλοφορία και χρήση κράνους. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι η πλειοψηφία των οδηγών δεν έκανε χρήση κράνους, συμπεριφορά που θεωρείται μη ασφαλής ή επικίνδυνη. Κράνος χρησιμοποίησε μόλις το 10.9% των οδηγών. Το 6.8%

των παρατηρήσεων κινήθηκε αντίθετα με τη φορά της κυκλοφοριακής ροής, ενώ το 22.4% των οδηγών οδήγησε στο πεζοδρόμιο. Τα ευρήματα αυτά είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά και τονίζουν την ανάγκη για εκπαίδευση ασφάλειας από τις διαχειρίστριες εταιρίες, καθώς και τη δημιουργία ρυθμιστικού πλαισίου γύρω από τη λειτουργία των ηλεκτρικών πατινιών.

Τέλος έχει πραγματοποιηθεί έρευνα σχετική με τα ατυχήματα που συνδέονται με τη χρήση ηλεκτρικών πατινιών (**Trivedi, 2019**). Τα ευρήματα αυτής της μελέτης περιλαμβάνουν 249 ασθενείς που παρουσιάστηκαν σε τμήμα επειγόντων περιστατικών με τραυματισμούς που σχετίζονται με τη χρήση e-scooter σε περίοδο ενός έτους. Το 10.8% των περιπτώσεων ήταν μετακινούμενοι ηλικίας μικρότερης των 18 ετών και μόλις το 4.4% των τραυματιών χρησιμοποιούσε προστατευτικό κράνος. Οι πιο συνήθεις τραυματισμοί ήταν, τραυματισμοί στο κεφάλι (40.2%), κατάγματα (31.7%) και τραυματισμοί των μαλακών μορίων του σώματος (27.2%). Τα συμπεράσματα αυτής της έρευνας δείχνουν ότι οι τραυματισμοί που σχετίζονται με τη χρήση ηλεκτρικού πατινιού είναι συνήθεις, με διαφορετική σοβαρότητα, και δείχνουν χαμηλή υπακοή στους νόμους όσο αφορά την ηλικία οδήγησης και τη χρήση κράνους.

2.3 Σύνοψη

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία τα ηλεκτρικά πατίνια είναι ένας **καινοτόμος και ταχεία εξελισσόμενος τρόπος μετακίνησης** με τη δυναμική να μειώσει την κυκλοφοριακή συμφόρηση, να προσφέρει οικονομική και ευχάριστη μετακίνηση στους χρήστες και να αποτελέσει μια καλή εναλλακτική για τις μικρές διαδρομές με αυτοκίνητο μέσα στις πόλεις. Πολλοί μελετητές επισημαίνουν τα θετικά αποτελέσματα που θα είχε η προσθήκη των e-scooter στα κέντρα των πόλεων, ωστόσο αρκετοί είναι και εκείνοι που κρατούν **επιφυλακτική στάση** απέναντί τους, καθώς αμφισβητούν τον οικολογικό χαρακτήρα τους και τη θετική συνεισφορά τους στην αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας.

Δεδομένου ότι κάθε καινοτομία αντιμετωπίζεται με καχυποψία από το κοινό, σημαντικό ρόλο στην αποδοχή τους παίζουν τα **μέσα ενημέρωσης** τα οποία έχουν κάνει πληθώρα αρνητικών αναφορών σχετικά με τα ηλεκτρικά πατίνια. Επιπλέον ο κυρίαρχος ρόλος που κατέχουν τα αυτοκίνητα στις μετακινήσεις των ατόμων αποτελεί μια ακόμη πρόκληση για την αποδοχή των e-scooter.

Σε έρευνες όπου δόθηκαν **ηλεκτρικά πατίνια για χρήση** στους συμμετέχοντες, φάνηκε ότι η πλειοψηφία συνέχισε να τα χρησιμοποιεί στην καθημερινότητά της και μετά το πέρας της μελέτης, γεγονός πολύ ευοίωνο για το μέλλον αυτού του νέου τρόπου μεταφοράς. Σε έρευνες πρόθεσης χρήσης e-scooter φάνηκε ότι η κοινή γνώμη είναι διχασμένη, καθώς το 36.3% ήταν ουδέτερο, το 33.6% είχε θετική στάση απέναντί τους και το 30.1% φάνηκε αρνητικό.

Οι συχνοί και σχεδόν **καθημερινοί χρήστες** e-scooter προτιμούν να έχουν το δικό τους όχημα για τις μετακινήσεις τους και έχουν αντικαταστήσει με αυτό τα

υπόλοιπα μέσα μεταφοράς. Επί το πλείστον φάνηκε πως το Ι.Χ. ήταν το μέσο που αντικαταστάθηκε και ακολούθως τα μέσα μαζικής μεταφοράς και οι μοτοσυκλέτες. Όσον αφορά στη **συμπεριφορά των οδηγών** ηλεκτρικών πατινιών στο οδικό δίκτυο, ένα πολύ μικρό ποσοστό χρησιμοποιεί προστατευτικό κράνος στις μετακινήσεις του, αρκετοί οδηγούν παράνομα πάνω σε πεζοδρόμιο, ενώ υπάρχουν περιπτώσεις αν και λίγες όπου οι οδηγοί κινούνται αντίθετα με τη φορά της κυκλοφοριακής ροής. Με βάση τα παραπάνω είναι προφανές ότι η χρήση e-scooter συνδέεται με **ατυχήματα και τραυματισμούς**, με πιο συνηθισμένους τους τραυματισμούς στο κεφάλι, τα κατάγματα και τους τραυματισμούς των μαλακών μορίων του σώματος.

Κεφάλαιο 3: Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** στο οποίο στηρίχθηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Πιο συγκεκριμένα, θα γίνει αναφορά στις δύο βασικές μεθόδους ανάλυσης που αναπτύχθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων, δηλαδή στην **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression) και στην **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression). Τέλος, θα γίνει ανάλυση των κριτηρίων αποδοχής των παραπάνω μεθόδων και της μεθόδου με την οποία έγινε η συλλογή των δεδομένων.

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

Ο κλάδος της στατιστικής που εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να καθίσταται δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Ο όρος **εξαρτημένη** μεταβλητή αφορά εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος **ανεξάρτητη** αποδίδεται στη μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία αλλά “καθοδηγείται” από την εξαρτημένη μεταβλητή. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μία στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης.

3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) υπολογίζει τη συνάρτηση χρησιμότητας κάποιου γεγονότος σε σχέση με παράγοντες που το επηρεάζουν καταλήγοντας σε ένα γραμμικό μαθηματικό πρότυπο. Με βάση αυτό το μαθηματικό πρότυπο υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης του γεγονότος (πρότυπο πρόβλεψης πιθανότητας).

Η εκτίμηση των παραμέτρων στην γραμμική παλινδρόμηση πραγματοποιείται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων**, έτσι ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των τιμών που έχουν παρατηρηθεί από αυτές που έχουν υπολογιστεί να είναι το ελάχιστο.

Σε αυτό το μοντέλο, προϋπόθεση αποτελεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι συνεχής και να ακολουθεί την **κανονική κατανομή**.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία η εξαρτημένη μεταβλητή (χρήση ή όχι ηλεκτρικού πατινιού) λαμβάνει διακριτές τιμές (ναι, όχι) και ως εκ τούτου δεν μπορεί να αναλυθεί με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

3.2.2 Πιθανοτική ανάλυση

Το μοντέλο της **πιθανοτικής ανάλυσης** (probit analysis) μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει διακριτές ή συνεχείς τιμές. Ο υπολογισμός της συνάρτησης χρησιμότητας, η οποία διέπεται από μια γραμμική σχέση, αλλά και της πιθανότητας πραγματοποιείται με ανάλογο τρόπο όπως και στη γραμμική παλινδρόμηση.

Για την υλοποίηση της πιθανοτικής ανάλυσης απαιτείται ο **μετασχηματισμός των ανεξάρτητων μεταβλητών** σε πιθανότητες, με τιμές από 0 έως και 1. Πρέπει να δοθεί προσοχή ωστόσο, στη διατήρηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την εξαρτημένη ακόμα και μετά τον μετασχηματισμό.

Το μοντέλο της πιθανοτικής ανάλυσης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο όσο αφορά την χρήση του και για αυτό το λόγο επιλέχθηκε να μην χρησιμοποιηθεί εν τέλει στην παρούσα Διπλωματική Εργασία

3.2.3 Λογιστική Παλινδρόμηση

Σε αντίθεση με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής, το μοντέλο **λογιστικής παλινδρόμησης** (logistic regression) χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **διακριτή** (όπως για παράδειγμα η επιλογή χρήσης ή όχι ενός ηλεκτρικού πατινιού). Με τη λογιστική παλινδρόμηση αναπτύσσεται ένα **μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης** της πιθανότητας επιλογής ενός εναλλακτικού σεναρίου (Pindyck & Rubinfeld, 1991) και εκφράζεται ο τρόπος και το μέγεθος της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή αυτή. Συναντάται συχνά σε συγκοινωνιακές έρευνες, στις οποίες ζητείται η πρόβλεψη της επιρροής ορισμένων χαρακτηριστικών στην επιλογή ενός γεγονότος.

3.2.4 Σύνοψη

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψιν της ανάγκης και τους στόχους της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προκύπτουν τα εξής:

- Η **γραμμική παλινδρόμηση** δεν καλύπτει τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αφού η εξαρτημένη μεταβλητή δεν είναι συνεχής.
- Η **πιθανοτική ανάλυση** καλύπτει τις προϋποθέσεις γενικά, αλλά απορρίπτεται εξαιτίας της πολυπλοκότητας της και του χρόνου που θα απαιτούσε.

- Η **λογιστική παλινδρόμηση**, συνεπώς, επιλέχθηκε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων με σκοπό την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου πρόβλεψης της επιλογής του κοινού.

3.3 Λογιστική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην ανάπτυξη του **διωνυμικού μοντέλου πρόβλεψης** (binary model), όπου τα πιθανά ενδεχόμενα είναι δύο, όσο και για την ανάπτυξη προτύπου με περισσότερες εναλλακτικές επιλογές - **πολυωνυμικού μοντέλου πρόβλεψης** - (multinomial model). Η λειτουργία της μεθόδου είναι ίδια και για τις δύο περιπτώσεις. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία θα εξετάσει και τα δύο μοντέλα. Με το διωνυμικό μοντέλο αναλύεται η ερώτηση “Σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο άμεσο μέλλον τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια;” με πιθανές απαντήσεις “ναι” ή “όχι” και με το πολυωνυμικό πρότυπο αναλύονται τα σενάρια, όπου οι επιλογές είναι “Ηλεκτρικό Πατίνι”, “Μ.Μ.Μ.” και “Πεζή”.

Η **συνάρτηση χρησιμότητας** της λογιστικής παλινδρόμησης δίνεται από τη σχέση:

$$U_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n$$

- U_i , η συνάρτηση χρησιμότητας του γεγονότος i
- $x_1 \dots x_n$, οι μεταβλητές του προβλήματος
- α_0 , η σταθερά που αντιπροσωπεύει την επιρροή των παραγόντων που δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μεταβλητές στο μαθηματικό μοντέλο
- $\alpha_1 \dots \alpha_n$, οι συντελεστές των μεταβλητών

Η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το γεγονός i δίνεται από τη σχέση:

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

Εύκολα προκύπτει ότι η πιθανότητα να μην πραγματοποιηθεί το γεγονός i δίνεται από τη σχέση $1 - P_i$.

Μια άλλη έννοια που αξίζει να αναλυθεί μιας και έχει χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία είναι αυτή του **λόγου πιθανοτήτων** (odds ratio). Πρόκειται για ένα κλάσμα στον αριθμητή του οποίου βρίσκεται η πιθανότητα να συμβεί το γεγονός και στον παρονομαστή η πιθανότητα να μην συμβεί. Αν, λοιπόν, P ορίσουμε την πιθανότητα να συμβεί το γεγονός και $1 - P$ την πιθανότητα να μην συμβεί, τότε η αναλογία είναι $P/(1 - P)$. Αυτός ο λόγος χρησιμοποιείται κυρίως στη λογαριθμική της μορφή ως εξής:

Για παράδειγμα, οι πιθανότητες να είναι νικητής ένας παίκτης τένις είναι $0.5/0.5=1$ αφού η πιθανότητα για νίκη είναι 50 τοις εκατό και η πιθανότητα ήττας είναι επίσης 50 τοις εκατό, καθώς δεν υπάρχει ισοπαλία στο άθλημα αυτό. Γενικά:

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

- Όταν $\text{odds} > 1$ οι πιθανότητες αυξάνονται
- Όταν $\text{odds} < 1$ οι πιθανότητες μειώνονται

3.4 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Τα **κριτήρια** βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση ενός μαθηματικού προτύπου μετά τη διαμόρφωσή του είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών β_i της εκάστοτε εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου καθώς και το σφάλμα της εξίσωσης.

❖ Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών

Θετικό πρόσημο του συντελεστή β_i συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντιθέτως, αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Επιπλέον, θα πρέπει να ερμηνεύεται λογικά και η τιμή του συντελεστή, καθώς αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά β_i μονάδες.

❖ Ελαστικότητα

Η **ελαστικότητα** αποτελεί δείκτη ο οποίος αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Για γραμμικά μοντέλα και **συνεχείς μεταβλητές** η ελαστικότητα εκφράζεται ως εξής:

$$\left(\frac{\Delta_y}{\Delta_x} \right) * \left(\frac{X}{Y} i \right) = \beta_i * \left(\frac{X}{Y} i \right)$$

Για **διακριτές μεταβλητές** χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η **ψευδοελαστικότητα** υπολογίζεται μέσω της παρακάτω μαθηματικής σχέσης:

$$E_{xivk}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^I e^{\beta_{ixn}}}{\sum_{i=1}^I e^{\Delta(\beta_{ixn})}} - 1$$

Όπου:

- I , το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_{ik} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου v
- $\Delta(\beta_{ik})$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{ik} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- β_{ik} , η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{ik} έχει τιμή 0
- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{ik}

❖ Στατιστική σημαντικότητα

Σημαντικός έλεγχος για την αξιολόγηση του προτύπου είναι ο **έλεγχος t-test** (κριτήριο t κατανομής Student). Μέσω του δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή η επιλογή των μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο τελικό πρότυπο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$t_{stat} = \frac{\beta_i}{s.e}$$

Όπου $s.e$ το τυπικό σφάλμα (standard error).

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι η μείωση του τυπικού σφάλματος επιφέρει αύξηση του συντελεστή t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t κατά απόλυτη τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που παρατίθεται στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t για το εκάστοτε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Βαθμοί Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
80	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t της Κατανομής Student

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή $t=1,7$, επομένως προκύπτει ότι για να συμπεριληφθεί κάποια μεταβλητή στο μοντέλο θα πρέπει να έχει συντελεστή t μεγαλύτερο του 1,7 κατά απόλυτη τιμή, έτσι ώστε να κρίνεται στατιστικά σημαντική. Στα μοντέλα **λογιστικής παλινδρόμησης** ισχύει ότι και σε αυτά της γραμμικής παλινδρόμησης, με διαφορά ότι αντί για το t -test χρησιμοποιείται το Wald test. Το συγκεκριμένο test ορίζεται και λειτουργεί ακριβώς όπως και το t -test, οπότε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή του Wald θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 για τις μεταβλητές του μοντέλου.

❖ Το κριτήριο του R^2

Η συνολική ποιότητα του μοντέλου ελέγχεται με τον συντελεστή προσαρμογής και ως κριτήριο καλής προσαρμογής χρησιμοποιείται ο **συντελεστής R^2** . Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας μιας μεταβλητής από μια άλλη και

λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο πιο κοντά στο 1 βρίσκεται η τιμή του R^2 , τόσο πιο ισχυρή είναι η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Συνήθως, η τιμή του R^2 , δεν ξεπερνά το 0.45. Ως εκ τούτου, εάν η τιμή του συντελεστή βρίσκεται πάνω από 0.2 θεωρείται στις περισσότερες περιπτώσεις αποδεκτή.

❖ Συντελεστής προσαρμογής R^2 Hosmer-Lemeshow test

Ο συντελεστής R^2 χρησιμοποιείται ως δείκτης αξιολόγησης της ποιότητας του προτύπου καθώς αποτελεί κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

Όπου:

$$SSR = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

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

Ο συντελεστής R^2 εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X , ενώ λαμβάνει τιμές από 0 έως και 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Αποδεκτές θεωρούνται οι τιμές του R^2 που είναι πάνω από 0,2 ενώ συνήθως δεν ξεπερνούν το 0,45. Για την αξιολόγηση των μοντέλων **λογιστικής παλινδρόμησης** εφαρμόζεται και ο στατιστικός έλεγχος Hosmer-Lemeshow test (Hosmer & Lemeshow, 2000), ο οποίος θεωρείται πιο αξιόπιστος από το συντελεστή R^2 λόγω της πιθανής μη γραμμικότητας των αναλύσεων. Πολλές φορές εισάγεται ως σημαντικότητα του ελέγχου μία συγκεκριμένη τιμή την οποία ο έλεγχος πρέπει να υπερβεί, και για το επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή ορίζεται στο 0,05.

❖ Συσχέτιση παραμέτρων

Στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης οι ανεξάρτητες μεταβλητές οφείλουν να είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή να μην υπάρχει μεταξύ τους **συσχέτιση** (correlation). Αν δύο μεταβλητές, είναι μεταξύ τους συσχετισμένες δηλαδή έχουν correlation μεγαλύτερο από 0.4, δεν μπορεί να βρεθεί με ακρίβεια η επιρροή τους στο μοντέλο.

❖ Μέγιστη πιθανοφάνεια

Η **μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας** (Likelihood Ratio Test - LRT) αποτελεί ένα κριτήριο για την εκτίμηση της στατιστικής εμπιστοσύνης των μεταβλητών ενός μοντέλου. Σκοπός είναι να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια και αυτό μπορεί να συμβεί όταν ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας L είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Μοντέλα με πολλές μεταβλητές αποδεικνύονται πιο σύνθετα και απαιτείται ένα κριτήριο, με το οποίο να αποφασίζεται εάν η μείωση του λογαρίθμου πιθανοφάνειας αντισταθμίζεται από την αύξηση της πολυπλοκότητας του μοντέλου.

Αυτό το κριτήριο είναι το **κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (LRT)**, το οποίο δίνεται από τη σχέση:

$$LRT = -2(L_{(b)} - L_{(0)}) > \chi^2_{b0,05}$$

Όπου:

- $L_{(0)}$, ο λογάριθμος πιθανοφάνειας χωρίς τις μεταβλητές
- $L_{(b)}$, ο λογάριθμος πιθανοφάνειας του μοντέλου με τις μεταβλητές
- Η τιμή του κριτηρίου χ^2 για b βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5 τοις εκατό.

Αν ισχύει η παραπάνω ανισότητα, τότε το μοντέλο με τις μεταβλητές είναι **στατιστικά προτιμότερο** από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές.

❖ Το κριτήριο πληροφoρίας του Ακάικε

Το Akaike Information Criterion (AIC) είναι ένας εκτιμητής της σχετικής ποιότητας των στατιστικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Με δεδομένο ένα σύνολο μοντέλων που ερμηνεύουν κάποια δεδομένα, το AIC υπολογίζει την ποιότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα. Έτσι το AIC παρέχει ένα μέσο για την επιλογή του μοντέλου που ερμηνεύει καλύτερα τα εκάστοτε δεδομένα.

3.5 Μέθοδοι δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης

Για την καταγραφή των απόψεων του κοινού χρησιμοποιούνται ουσιαστικά δύο τεχνικές: η **μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference) και η **μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης** (revealed preference).

Η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης** έχει ως σκοπό την **καταγραφή των προτιμήσεων** μέρους του πληθυσμού σχετικά με κάποιο ζήτημα και την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου για την περιγραφή αυτών των προτιμήσεων. Λειτουργεί καλύτερα απέναντι σε κάποια μελλοντική υποθετική κατάσταση, η οποία δεν εφαρμόζεται σήμερα.

Η πλέον εύκολη μέθοδος για τη συλλογή αυτών των στοιχείων είναι το **ερωτηματολόγιο** (Bates, 1988). Η μορφή, η έκταση, και η διατύπωση του ερωτηματολογίου επαφίεται στην ευχέρεια του ερευνητή, αλλά πρέπει να συνάδει και με το αντικείμενο και τους στόχους της έρευνας.

Από την άλλη, η **μέθοδος αποκαλυπτόμενης προτίμησης** καταγράφει τη συμπεριφορά και την άποψη του κοινού πάνω σε εναλλακτικές επιλογές που εφαρμόζονται ήδη και συνεπώς αποτελεί το καταλληλότερο εργαλείο για την εξαγωγή μοντέλων σχετικά με τη ζήτηση.

Παρουσιάζει, ωστόσο, τα εξής μειονεκτήματα (Kroes & Sheldon, 1988):

- Δυσκολία στην εξέταση όλων των μεταβλητών που ενδιαφέρουν την έρευνα λόγω απουσίας επαρκούς ευελιξίας των δεδομένων.
- Συχνή εμφάνιση συσχετισμών μεταξύ επεξηγηματικών μεταβλητών, όπως χρόνος ταξιδιού και κόστος, που καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό των συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου.
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την εκτίμηση της ζήτησης σε καταστάσεις που δεν υφίστανται.

Για τους παραπάνω λόγους η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης άρχισε να κερδίζει έδαφος στην συγκοινωνιακή έρευνα. Τα πλεονεκτήματά της αρκετά:

- Είναι περισσότερο εύκολο να ελεγχθεί, αφού ο ερευνητής είναι εκείνος που ορίζει τις συνθήκες που αξιολογούν οι ερωτηθέντες.
- Είναι περισσότερο ευέλικτη καθώς είναι εφικτή η αντιμετώπιση ενός μεγαλύτερου εύρους μεταβλητών.
- Εφαρμόζεται με μικρότερο κόστος, αφού κάθε άτομο προσφέρει πολλαπλές παρατηρήσεις για παραλλαγές στις επεξηγηματικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν τον ερευνητή.

Από την άλλη πλευρά, σημαντικό **μειονέκτημα** της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης αποτελεί το γεγονός ότι οι ερωτηθέντες είναι πιθανό να μη πράξουν αυτό το οποίο δήλωσαν. Για αυτό τον λόγο, τα αποτελέσματα σε έρευνες που βασίζονται αποκλειστικά σε αυτή τη μέθοδο οφείλουν να αξιολογηθούν προσεκτικά.

Ωστόσο, οι περισσότερες εφαρμογές της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης στη συγκοινωνιακή έρευνα έχουν σκοπό την εκτίμηση της σχετικής χρησιμότητας, αντί του υπολογισμού συγκεκριμένων τιμών (Roberts et al, 1986). Σε αυτό το πλαίσιο οι μέθοδοι δεδηλωμένης προτίμησης έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμες και υπό αυτές τις συνθήκες, η όποια πιθανότητα για υπό ή υπερεκτιμήσεις δεν είναι σχετική.

Εν τέλει, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία **επιλέγεται** η χρήση της μεθόδου **δεδηλωμένης προτίμησης**.

3.6 Θεωρία στοχαστικής χρησιμότητας - Συνάρτηση χρησιμότητας

Στο πλαίσιο μιας έρευνας δεδηλωμένης προτίμησης τα πρότυπα των διακριτών επιλογών είναι εξατομικευμένα πρότυπα (disaggregate models), αφού εξετάζονται οι προτιμήσεις μεμονωμένων ατόμων και όχι πληθυσμού, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των ατόμων και των εναλλακτικών επιλογών. Το σύνολο στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι δυνατές διακριτές επιλογές ονομάζεται **σύνολο επιλογών** (choice set) και αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Τα σύνολα επιλογών διαχωρίζονται σε καθολικά (universal choice set), τα οποία περιέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές, και τα μειωμένα σύνολα (reduced choice set), τα οποία περιέχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες στο κάθε άτομο.

Ως **συνάρτηση χρησιμότητας** ορίζεται ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου από τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε εναλλακτικής επιλογής. Για κάθε εναλλακτική i του συνόλου επιλογών C_n , ορίζεται μια συνάρτηση χρησιμότητα του ατόμου n ως εξής:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

Όπου:

- $V_{in} = \beta_i X_{in}$, β_i το διάνυσμα των συντελεστών και X_{in} το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών.
- ε_{in} , το στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας της εναλλακτικής.

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής υπολογίζεται ως εξής:

$$P_n(i/C) = P(U_{in} > U_{ij}) \forall j \in C, i \neq j$$

Βασική προϋπόθεση της θεωρίας της στοχαστικής χρησιμότητας αφορά στο γεγονός ότι τα σφάλματα ε_{in} του συνόλου των επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μία κοινή κατανομή. Ανάλογα με τη μορφή της κατανομής προκύπτουν και διάφορες μορφές της εξίσωσης της πιθανότητας. Η πιο συνηθισμένη παραδοχή είναι ότι τα σφάλματα ακολουθούν την κανονική κατανομή ή την κατανομή Gumbel, οπότε προκύπτουν και τα δύο πιο διαδεδομένα πρότυπα διακριτών επιλογών: τα πιθανοτικά (probit) και τα λογιστικά (logit) πρότυπα, αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 4: Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1.2, στόχος της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση των προτιμήσεων, των Αθηναίων πολιτών, προς τα ηλεκτρικά πατίνια** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του μέσου μεταφοράς τους.

Για τη συλλογή των στοιχείων επιλέχθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης, μέσω ενός κατάλληλα σχεδιασμένου **ερωτηματολογίου**. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση, ώστε να εξεταστεί η σημαντικότητά τους.

4.2 Συλλογή στοιχείων

4.2.1 Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο χωρίζεται σε **τέσσερις ενότητες** καλύπτοντας συνολικά 34 ερωτήσεις, όπως φαίνεται στο **Παράρτημα Α**. Αποτελείται από 4 σελίδες (μπρος-πίσω) και ο χρόνος συμπλήρωσης είναι κατά μέσο όρο 5 λεπτά, χρόνος αποδεκτός για έρευνες πεδίου. Η συλλογή των περισσότερων ερωτηματολογίων έγινε υπό μορφή διαδικτυακής έρευνας, ενώ 26 από αυτά συμπληρώθηκαν χειρόγραφα από ερωτηθέντες που περίμεναν σε στάσεις λεωφορείων στην περιοχή της Καλλιθέας. Συνολικά συλλέχθηκαν **202 ερωτηματολόγια**, αριθμός ικανοποιητικός για τέτοιου είδους έρευνες, προκειμένου τα αποτελέσματα από την ανάλυσή τους να θεωρούνται αξιόπιστα.

4.2.2 Τα μέρη του ερωτηματολογίου

Η **πρώτη ενότητα** του ερωτηματολογίου αποτελείται από ερωτήσεις που αφορούν την οδηγική εμπειρία, τις συνήθειες, τις απαιτήσεις των ερωτηθέντων για τις μετακινήσεις τους αλλά και την οικειότητα που έχουν με τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια. Με αυτόν τον τρόπο οι ερωτηθέντες εισάγονται σταδιακά στο κλίμα και στη φιλοσοφία της έρευνας απαντώντας σε ερωτήσεις, οι οποίες αργότερα θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στη **δεύτερη ενότητα** εξετάζεται η άποψη που έχουν οι ερωτηθέντες για τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια. Πιο συγκεκριμένα, καλούνται να επιλέξουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των e-scooters, που αυτοί θεωρούν σημαντικότερα.

Στην **τρίτη ενότητα** απαντάται το σημαντικότερο μέρος του ερωτηματολογίου που θα χρησιμοποιηθεί εκτενώς στις αναλύσεις και περιλαμβάνει τρεις ερωτήσεις .

Στην πρώτη ερώτηση ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει σχετικά με το κόστος χρήσης των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών, ανάμεσα σε 4 επιλογές (ακριβό, κανονικό, φθινό, δεν γνωρίζω).

Στην δεύτερη ερώτηση παρουσιάζεται για πρώτη φορά στον ερωτώμενο το ενδεχόμενο της χρήσης ή όχι ενός κοινόχρηστου e-scooter στο άμεσο μέλλον. Στο σημείο αυτό, ο ερωτώμενος καλείται να αποφασίσει, με βάση των όσων προηγήθηκαν και της εικόνας που διαμόρφωσε για το θέμα, για το αν θα χρησιμοποιούσε στο άμεσο μέλλον ένα κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι.

Στην τρίτη ερώτηση εισάγονται 8 διαφορετικά σενάρια για μία υπόθεση διαδρομής 15 λεπτών (3 χιλιομέτρων) στο κέντρο της Αθήνας, όπου το συνηθισμένο κόστος μετακίνησης με αυτοκίνητο είναι 10 ευρώ (συμπεριλαμβάνοντας το κόστος αγοράς, συντήρησης και στάθμευσης) ή 5 ευρώ με ταξί. Ζητείται η επιλογή μεταξύ τεσσάρων εναλλακτικών προτάσεων (Πατίνι, Μ.Μ.Μ., Πεζή, Κανένα από τα προηγούμενα) με βάση τρεις παραμέτρους (χρόνος, κόστος και άνεση).

Στην **τέταρτη** και τελευταία ενότητα της έρευνας περιλαμβάνονται ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των ερωτηθέντων. Ζητούνται στοιχεία όπως είναι το φύλο, η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, η οικογενειακή κατάσταση και το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα. Η καταγραφή των παραπάνω κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών χρησιμεύει:

- Στον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος.
- Στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων συνδυαζόμενα με τις απαντήσεις στην τρίτη ενότητα και
- Στη χρήση κάποιων χαρακτηριστικών, στο μαθηματικό μοντέλο που θα αργότερα θα αναπτυχθεί.

4.2.3 Τα σενάρια

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονται τα **σενάρια** της υποθετικής διαδρομής. Ζητείται από τους ερωτηθέντες η επιλογή μεταξύ τεσσάρων εναλλακτικών προτάσεων (Πατίνι, Μ.Μ.Μ., Πεζή, Κανένα από τα προηγούμενα) με βάση τρεις παραμέτρους (χρόνος, κόστος και άνεση). Συνολικά, παρουσιάζονται οκτώ διαφορετικά σενάρια που αφορούν μια υποθετική διαδρομή 15 λεπτών (3 χιλιομέτρων) στο κέντρο της Αθήνας, όπου το συνηθισμένο κόστος μετακίνησης με αυτοκίνητο είναι 10 ευρώ (περιλαμβάνοντας το κόστος αγοράς, συντήρησης και στάθμευσης) ή 5 ευρώ με ταξί.

Η επιλογή των σεναρίων και των τιμών των παραμέτρων ακολούθησε έναν **σχεδιασμό** που στόχο είχε να προβληματίσει τον ερωτηθέμενο, ώστε να σκεφτεί πριν συμπληρώσει την απάντηση του. Με τον τρόπο αυτό, κανένα σενάριο δεν είχε προφανή απάντηση και σαν αποτέλεσμα, προέκυψαν σε κάθε ερωτηματολόγιο

διαφορετικές μεταξύ τους απαντήσεις, οι οποίες δίνουν περισσότερες πληροφορίες κατά τη στατιστική ανάλυση.

Για την οπτική παρουσίαση των σεναρίων αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η μορφή που παρουσιάζεται στην εικόνα 4.1, ενώ δεν παρουσιάστηκαν προβλήματα στην ανάγνωση ή την κατανόησή τους. Το σύνολο των σεναρίων παρατίθεται στο Παράρτημα Α στο τέλος αυτού του τεύχους.

(Διαδρομή 5)	ΠΑΤΙΝΙ	M.M.M.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	10	20	35	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	4	0,5	0	
ΑΝΕΣΗ	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	

Εικόνα 4.1: Η διαδρομή 5 που χρησιμοποιήθηκε στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου.

4.2.4 Συλλογή ερωτηματολογίων

Η επιστήμη της στατιστικής είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο που βρίσκει εφαρμογή σε πολλά επιστημονικά πεδία. Η επιτυχία της οφείλεται στο ότι από την εξέταση ενός μικρού αλλά επαρκούς τμήματος του συνόλου, που ονομάζεται δείγμα, εξάγει ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα που αντιπροσωπεύουν ολόκληρο το σύνολο. Συνεπώς όσο καταλληλότερο είναι το δείγμα που θα εξεταστεί από τον μελετητή, τόσο πιο αντιπροσωπευτικά και **αξιόπιστα** θα είναι τα αποτελέσματα για ολόκληρο τον πληθυσμό.

Η καταλληλότητα του δείγματος εξαρτάται από το εάν αυτό πληροί ή όχι ορισμένες προϋποθέσεις, που σύμφωνα με τον P.Kotler οι βασικότερες είναι:

1. Το δείγμα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά από τον κατάλληλο **πληθυσμό**. Έτσι για παράδειγμα, σε μια έρευνα γύρω από την αποδοχή ενός νέου τεχνολογικά μέσου μεταφοράς στην Ελλάδα θα πρέπει να επιλεγεί από έναν πληθυσμό ελλήνων επιβατών και οδηγών. Ωστόσο, στην περίπτωση των ηλεκτρικών πατινιών, όπου το δίπλωμα οδήγησης δεν είναι απαραίτητο για τη χρήση τους, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή του πληθυσμού.
2. Το **μέγεθος** του δείγματος έχει μεγάλη σημασία και πιο συγκεκριμένα όσο πιο μεγάλο είναι, τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα της έρευνας. Στο πλαίσιο αυτής της Διπλωματικής Εργασίας συγκεντρώθηκαν 202 απαντημένα ερωτηματολόγια, ικανοποιητικός αριθμός για τη φύση της συγκεκριμένης έρευνας.
3. Η επιλογή του δείγματος πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε αυτό να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού ως προς τα χαρακτηριστικά του. Για παράδειγμα, εδώ που ο πληθυσμός ήταν Έλληνες και συγκεκριμένα Αθηναίοι πολίτες, το δείγμα έπρεπε να αποτελείται από άτομα με ποικίλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά. Έτσι, στο τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου που περιέχει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, δόθηκε ιδιαίτερη

προσοχή ώστε να αποτελείται το δείγμα από άτομα που ανήκουν σε όλες τις αναφερόμενες κατηγορίες, με όσο το δυνατό λογικότερες αναλογίες. Στην εικόνα 4.1 δίνεται ένα απόσπασμα της μορφής του διαδικτυακού ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε με τη βοήθεια της εφαρμογής Google Forms.

B.1 Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών (μπορείτε να επιλέξετε συνδυασμό απαντήσεων); *

- ☐ Ταχύτητα
- ☐ Κόστος
- ☐ Ευκολία στο παρκάρισμα
- ☐ Οικολογικός τρόπος μετακίνησης
- ☐ Δεν καθυστερούν λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης
- ☐ Προβλέψιμοι χρόνοι μετακίνησης
- ☐ Μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή ή αλλαγή διαδρομής
- ☐ Είναι διασκεδαστικά
- ☐ Άλλο

Εικόνα 4.1: Παράδειγμα ερώτησης πολλαπλής επιλογής σε περιβάλλον Google Forms

4.3 Επεξεργασία στοιχείων

4.3.1 Κωδικοποίηση δεδομένων

Γνωρίζοντας εκ των προτέρων ότι θα γίνει χρήση του προγράμματος **R-Studio** για την στατιστική ανάλυση με πολυωνυμική και διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση αντίστοιχα, ξεκίνησε η κωδικοποίηση των δεδομένων με τη μορφή αριθμών, προκειμένου να είναι αντιληπτά από το πρόγραμμα ανάλυσης. Δημιουργήθηκε έτσι ένας **πίνακας Excel** (Master Table), στο οποίο όμως δεν ήταν συμπληρωμένα όλα τα “κελιά”, καθώς ορισμένες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου δεν ήταν υποχρεωτικές προς απάντηση, ενώ υπήρχαν αρκετές στήλες με πληροφορίες που τελικώς δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Η πρώτη στήλη ήταν η “Nr” στην οποία φαινόταν ο αύξων αριθμός του κάθε ερωτηθέντα. Καθώς στην τρίτη ενότητα του ερωτηματολογίου υπήρχαν 8 σενάρια, για την καλύτερη ανάγνωση και χρήση του excel, σε κάθε “Nr” αντιστοιχούσαν 8 σειρές. Αυτές οι σειρές είχαν τα ίδια στοιχεία ανά στήλη για κάθε σειρά, με διαφορές μόνο στις στήλες που αφορούσαν τις απαντήσεις των σεναρίων.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Nr	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Cost1	Cost2	Cost3	Comfort1	Comfort2	Comfort3	LICENSE	EXP	IX	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO	TYPE_METRO
2	1	1	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1
3	1	2	1	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1
4	1	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1
5	1	4	1	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1
6	1	5	1	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1
7	1	6	1	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1
8	1	7	1	15	20	35	2	1	0.01	2	2	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1
9	1	8	1	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1
10	3	1	2	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
11	3	2	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0
12	3	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
13	3	4	2	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0
14	3	5	2	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
15	3	6	1	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0
16	3	7	2	15	20	35	2	1	0.01	2	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
17	3	8	2	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0
18	4	1	2	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0
19	4	2	3	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0
20	4	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0
21	4	4	1	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0
22	4	5	3	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0
23	4	6	3	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0
24	4	7	2	15	20	35	2	1	0.01	2	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0
25	4	8	2	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0
26	5	1	2	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	1	4	0	1	1	0
27	5	2	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	0	1	4	0	1	1	0
28	5	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	0	1	4	0	1	1	0
29	5	4	1	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	0	1	4	0	1	1	0
30	5	5	2	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	1	4	0	1	1	0
31	5	6	2	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	0	1	4	0	1	1	0
32	5	7	2	15	20	35	2	1	0.01	2	2	1	0	1	0	1	4	0	1	1	0
33	5	8	1	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	0	1	4	0	1	1	0
34	6	1	3	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1
35	6	2	3	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1
36	6	3	3	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1

Εικόνα 4.2: Μέρος του αρχείου Excel που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio

Η πρώτη γραμμή περιέχει τις στήλες:

- Nr, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2 οι απαντήσεις του 2^{ου} ερωτηθέντα έχουν διαγραφεί, καθώς δεν πληρούσαν τις προϋποθέσεις για ανάλυση.
- ID, ο αριθμός του εκάστοτε σεναρίου της τρίτης ενότητας
- Choice, η επιλογή μίας εκ των τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων, με 1=πατίνι, 2=Μ.Μ.Μ., 3=πεζή, και 4=κανένα από τα προηγούμενα.
- Time1, Time2, Time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου μετακίνησης για το πατίνι, τα Μ.Μ.Μ., και για τη μετακίνηση ως πεζή αντίστοιχα
- Cost1, Cost2, Cost3, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το πατίνι, τα Μ.Μ.Μ. και για τη μετακίνηση ως πεζή αντίστοιχα. Εδώ να **σημειωθεί** ότι το Cost3, που αναφέρεται στο κόστος μετακίνησης ως πεζή, είναι πρακτικά μηδενικό. Όμως, εξ αιτίας προβλημάτων που προέκυψαν αργότερα κατά την ανάλυση των δεδομένων στην R-Studio, αποφασίστηκε το Cost3 να πάρει την τιμή 0,01€ προκειμένου να είναι δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων.
- Comfort1, Comfort2, Comfort3, η τιμή της μεταβλητής της άνεσης για το πατίνι, τα Μ.Μ.Μ. και τη μετακίνηση ως πεζή αντίστοιχα, όπου 1=Υψηλή και 2=Χαμηλή
- LICENSE, EXP ..., η κωδικοποίηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

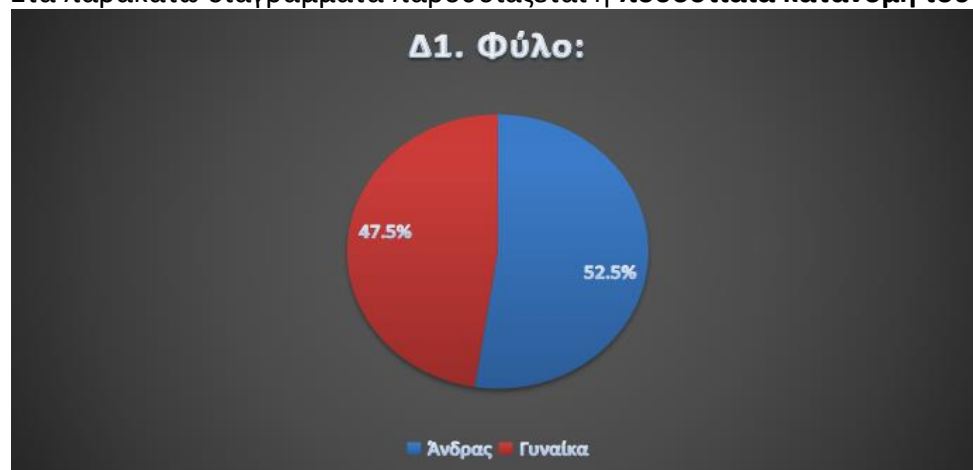
Μερικές παρατηρήσεις σχετικά με τη διαδικασία της κωδικοποίησης παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν δύο, για παράδειγμα μεταξύ Ναι ή Όχι, η κωδικοποίηση στο Excel αντιστοιχεί σε Ναι=0 και Όχι=1. Σε ερωτήσεις, στις οποίες οι απαντήσεις ήταν άνω των δύο, η πρώτη απάντηση αντιστοιχεί στο 1, η δεύτερη απάντηση στο 2, και ούτω καθεξής.
- Οι ερωτήσεις, στις οποίες δεν έχει δοθεί απάντηση, απεικονίζονται με κενό στο αντίστοιχο κελί τους στο Excel.

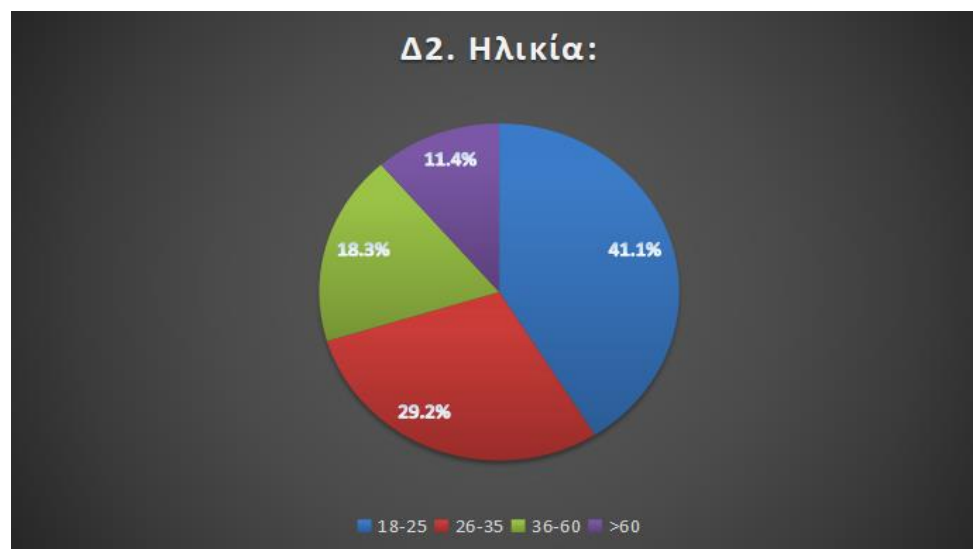
4.4 Συγκεντρωτικά στοιχεία

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται συγκεντρωτικά τα **σημαντικότερα** και **πιο ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία** με τη μορφή πινάκων σχετικά με το δείγμα της έρευνας, και την απόκρισή του στην ερώτηση χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού στο άμεσο μέλλον.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η **ποσοστιαία κατανομή του δείγματος**:



Διάγραμμα 4.1: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά φύλο



Διάγραμμα 4.2: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά ηλικία



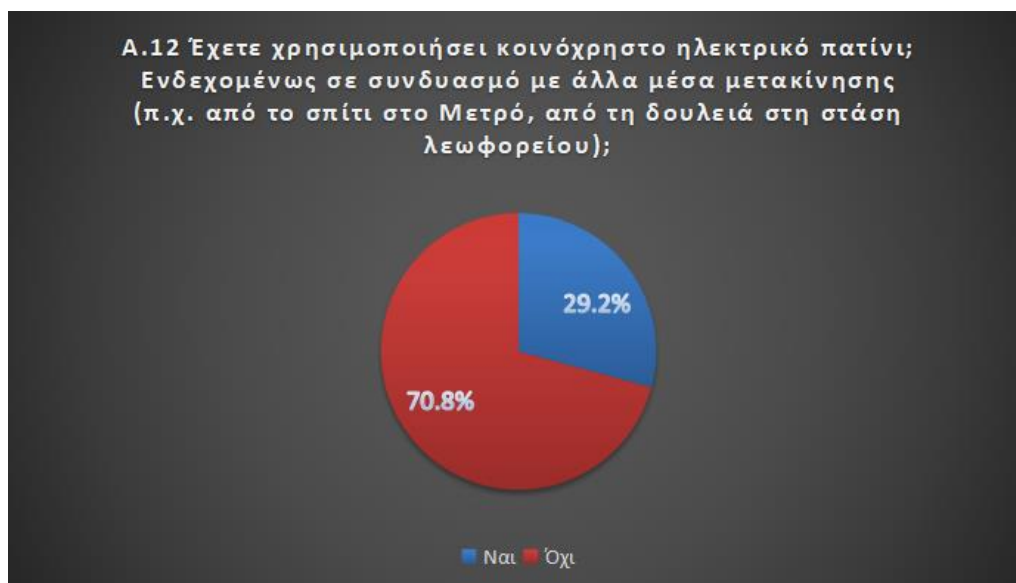
Διάγραμμα 4.3: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά οικογενειακό εισόδημα



Διάγραμμα 4.4: Ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανά μορφωτικό επίπεδο

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι ερωτηθέντες ήταν **στην πλειοψηφία τους νέοι** έως 35 ετών, με **υψηλό μορφωτικό επίπεδο** επιπέδου ΑΕΙ ή ΤΕΙ/ΙΕΚ, και η κατανομή του φύλου είναι ισομοιρασμένη.

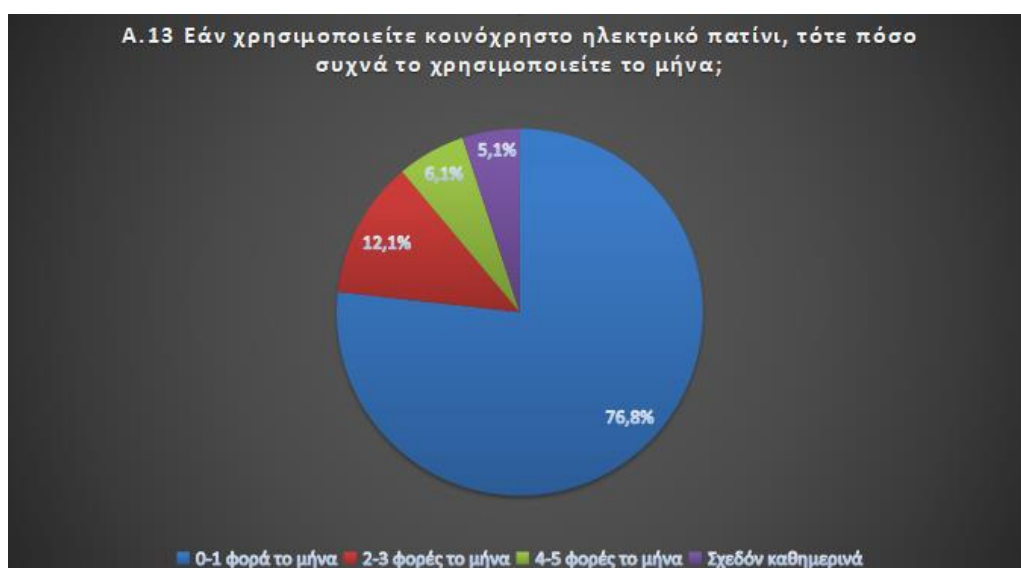
Στη συνέχεια παρατίθεται μερικά εξίσου σημαντικά στατιστικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου.



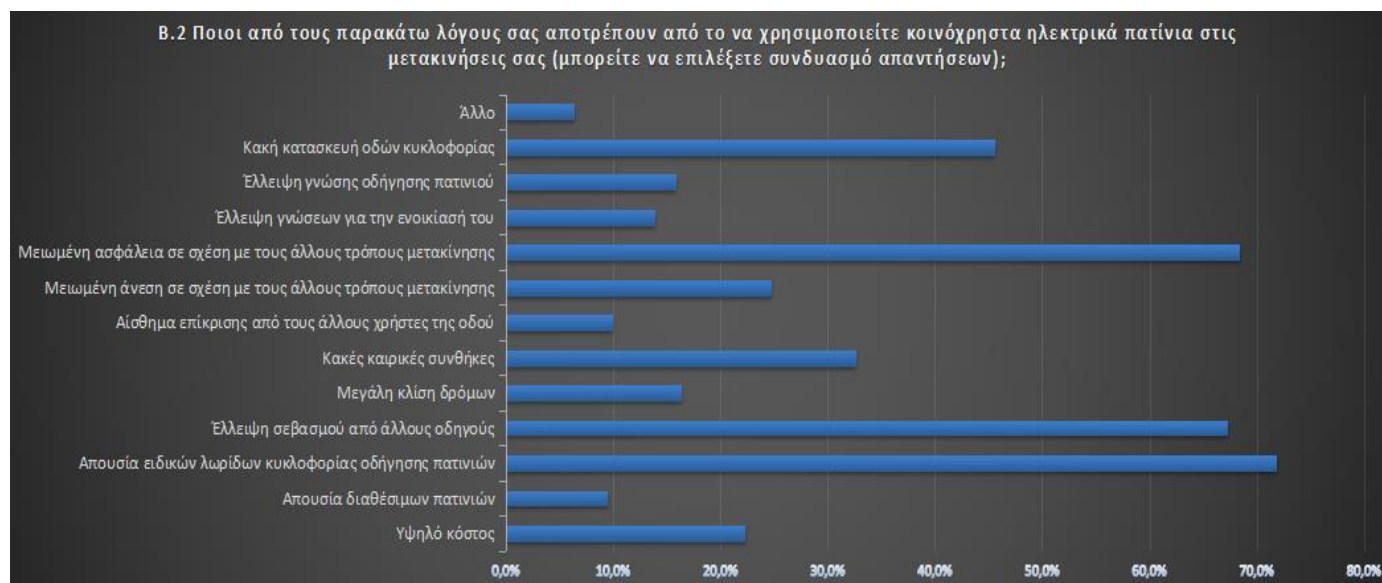
Διάγραμμα 4.5: Ποσοστιαία κατανομή χρήσης κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών



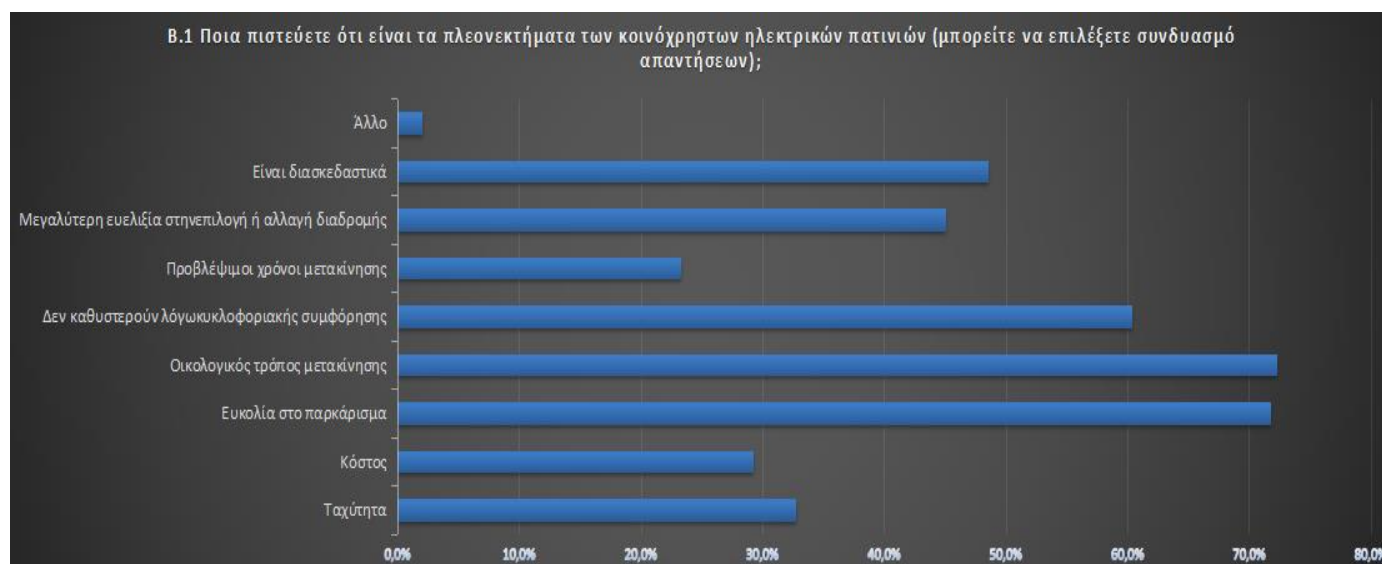
Διάγραμμα 4.6: Ποσοστιαία κατανομή μελλοντικής χρήσης κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών



Διάγραμμα 4.7: Ποσοστιαία κατανομή μηνιαίας χρήσης κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών



Διάγραμμα 4.8: Ποσοστιαία κατανομή μειονεκτημάτων κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών



Διάγραμμα 4.9: Ποσοστιαία κατανομή πλεονεκτημάτων κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών

Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή μεθοδολογιών-αποτελέσματα

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η αναλυτική περιγραφή της **μεθοδολογίας** που ακολουθήθηκε, καθώς και η παρουσίαση των **αποτελεσμάτων** της Διπλωματικής αυτής Εργασίας.

Όπως αναφέρθηκε στο 4^ο κεφάλαιο, μετά τη συλλογή των στοιχείων και την επεξεργασία τους σε πρόγραμμα excel, ακολούθησε η **στατιστική τους επεξεργασία**, η οποία έγινε με τη μέθοδο της λογιστικής παλινδρόμησης και συγκεκριμένα με χρήση του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου για το κομμάτι των σεναρίων και με χρήση του διωνυμικού λογιστικού προτύπου για την ερώτηση που σχετίζεται με την χρήση ή όχι των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών στο άμεσο μέλλον.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που έγιναν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Σημαντικό κομμάτι των αποτελεσμάτων, αποτελούν οι **στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή απόρριψη των μοντέλων. Τέλος, παρατίθενται τα **αποτελέσματα** που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, η περιγραφή τους, και η ερμηνεία τους με βάση το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας.

5.2 Στατιστικό πρότυπο πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

Με το μοντέλο αυτό, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των **σεναρίων** του ερωτηματολογίου. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα R-Studio.

5.2.1 Εισαγωγή δεδομένων στο R-Studio

Σε πρώτο στάδιο δημιουργείται το script, δηλαδή το περιβάλλον της συγγραφής του κώδικα, μέσω της εντολής File -> New File -> R Script.

Ξεκινώντας γίνεται εγκατάσταση της εντολής mlogit από τη βιβλιοθήκη του προγράμματός, η οποία εκτελεί την πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση των στοιχείων που της δίνονται. Κατόπιν, εισάγεται το αρχείο με τα κωδικοποιημένα δεδομένα του ερωτηματολογίου μέσω της εντολής “read_excel”.

```
library(mlogit)

#Import DATA from MasterTable
library(readxl)
RDATA <- read_excel("C:/Users/Vasilis/Desktop/R-MASTERTABLE.xlsx")
```

Εικόνα 5.1: Εισαγωγή του αρχείου Excel με τα κωδικοποιημένα στοιχεία στο R-Studio

	Nr	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Cost1	Cost2	Cost3	Comfort1	Comfort2	Comfort3	LICENSE	EXP	IX	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO	TYPE_METRO	TYPE_BIKE
1	1	1	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
2	1	2	1	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
3	1	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
4	1	4	1	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
5	1	5	1	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
6	1	6	1	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
7	1	7	1	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	
8	1	8	1	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	0	2	3	0	1	E	1	
9	3	1	2	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
10	3	2	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
11	3	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
12	3	4	2	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
13	3	5	2	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
14	3	6	1	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
15	3	7	2	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
16	3	8	2	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
17	4	1	2	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
18	4	2	3	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
19	4	3	1	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
20	4	4	1	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
21	4	5	3	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
22	4	6	3	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
23	4	7	2	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
24	4	8	2	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	
25	6	1	3	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
26	6	2	3	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
27	6	3	3	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
28	6	4	3	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
29	6	5	3	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
30	6	6	3	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
31	6	7	3	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
32	6	8	3	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	
33	7	1	2	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	1	4	1	0	1	0	

Εικόνα 5.2: Η τελική μορφή του αρχείου RDATA στο R-Studio

Οι μεταβλητές και οι αντίστοιχες τιμές της εικόνας 5.2 τους είναι ίδιες με αυτές της εικόνας 4.2, αφού είναι ίδιο το αρχείο εισαγμένο αυτή τη φορά στο R-Studio.

```

1 library(mlogit)
2
3 #Import DATA from MasterTable
4 library(readxl)
5 RDATA <- read_excel("c:/Users/vasilis/Desktop/R-MASTERTABLE.xlsx")
6
7
8 #Initially converting everything to numbers for easier manipulation
9 RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)], as.numeric)
10
11 #NA Escoter frequency is assigned as 0
12 RDATA$MFREQ_ESCOTER[is.na(RDATA$MFREQ_ESCOTER)=="TRUE"] = 0
13
14 #RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)], as.numeric)
15 RDATA$ID = as.numeric(RDATA$ID)
16 RDATA$Nr = as.numeric(RDATA$Nr)
17 RDATA$Cost1 = as.numeric(RDATA$Cost1)
18 RDATA$Cost2 = as.numeric(RDATA$Cost2)
19 RDATA$Cost3 = as.numeric(RDATA$Cost3)
20 RDATA$Time1 = as.numeric(RDATA$Time1)
21 RDATA$Time2 = as.numeric(RDATA$Time2)
22 RDATA$Time3 = as.numeric(RDATA$Time3)
23 RDATA$comfort1 = as.numeric(RDATA$comfort1)
24 RDATA$comfort2 = as.numeric(RDATA$comfort2)
25 RDATA$comfort3 = as.numeric(RDATA$comfort3)
26 str(RDATA)
27
28 #Keep complete cases!
29 RDATA = RDATA[complete.cases(RDATA), ]
30
31 #Check that no NAs remain in the dataset
32 colSums(is.na(RDATA))
33 view(RDATA)
34 #REMOVE ALL CHOICE = 4
35 RDATA = subset(RDATA, RDATA$Choice!=4)
36 #perform to logit format
37
38

```

Εικόνα 5.3: Η τελική μορφή του μοντέλου στο R-Studio

5.2.2 Ο Κώδικας

Στο πάνω αριστερά μέρος της Εικόνας 5.3 απεικονίζεται ο **κώδικας** που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, ενώ ακριβώς από κάτω στο παράθυρο Console απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης. Ολόκληρος ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε παρατίθεται στο Παράρτημα Β. Παρακάτω, περιγράφονται τα βήματα που οδήγησαν στο τελικό μοντέλο.

Αρχικά, η πρώτη γραμμή περιλαμβάνει την εντολή `library(mlogit)`, με την οποία γίνεται **επίκληση του πακέτου mlogit**, το οποίο επιτρέπει την εκτίμηση των πολυωνυμικών λογιστικών μοντέλων.

Στη συνέχεια με την εντολή `RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)], as.numeric)` μετατρέπονται όλα τα κατηγορικά στοιχεία (factors), στο αρχείο RDATA, σε αριθμούς (numerics), ώστε να είναι πιο εύκολη η διαχείρησή τους. Η εντολή `RDATA$MFREQ_ESCOOTER[is.na(RDATA$MFREQ_ESCOOTER) = "TRUE"] = 0` αντικαθιστά όλα τα κενά κελιά της ερώτησης “Εάν χρησιμοποιείτε κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι, τότε πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε το μήνα;” σε 0, δηλαδή σε μηδενική χρήση το μήνα. Η αλλαγή αυτή έγινε λόγω προβλημάτων που προέκυψαν, κατά την εκτέλεση των εντολών με κενά τα κελιά της παραπάνω ερώτησης.

Ακολούθως οι επόμενες 11 εντολές μετατρέπουν τις μεταβλητές, ID, Nr, Cost1,..., σε αριθμούς καθώς δεν ήταν κατηγορικές. Με την εντολή `colSums(is.na(RDATA))` αφαιρούνται οι τιμές των παρατηρήσεων που ήταν κενές στο αρχείο. Τέλος με την εντολή `RDATA = subset(RDATA, RDATA$Choice < 4)` αφαιρούνται οι σειρές όπου οι ερωτηθέντες είχαν απαντήσει με “Κανένα από τα παραπάνω” στην ενότητα των του ερωτηματολογίου που περιλάμβανε τα σενάρια των διαδρομών. Η αφαίρεση αυτή γίνεται, διότι η επεξεργασία αυτών των απαντήσεων δεν προσδίδει αξία στην στατιστική ανάλυση.

Η **σημαντικότερη εντολή** για την εφαρμογή της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης είναι η `RDATA2 <- mlogit.data(data = RDATA, shape = "wide", choice = "Choice", varying = 4:12, sep = "", id = "ID", alt.levels = c(1, 2, 3))`, με την οποία η ομάδα των δεδομένων RDATA μετατρέπεται σε κατάλληλη μορφή σε ένα άλλο σετ RDATA2, ώστε να είναι αναγνωρίσιμο από το στατιστικό πρόγραμμα και, έτσι, να συνεχιστεί η επεξεργασία του. Συγκεκριμένα:

- Με το `shape="wide"` μετατρέπεται το αρχικό σετ από μία σειρά για κάθε σενάριο (1 row per choice situation) σε μια σειρά ανά εναλλακτική επιλογή (1 row per alternative) που λαμβάνουν τον χαρακτηρισμό TRUE ή FALSE. Δηλαδή, από οκτώ σειρές για κάθε ερωτηθέντα, το RDATA2 περιλαμβάνει 24 σειρές (τρεις επιλογές επί οκτώ σενάρια) για τον καθένα. Παράδειγμα αυτού φαίνεται στην Εικόνα 5.4. 

- Με το choice="Choice" ορίζεται η μεταβλητή (Choice) που αντιπροσωπεύει την επιλογή των ερωτηθέντων.
- Με το varying=4:12 δηλώνεται ότι οι μεταβλητές από την τέταρτη ως την δωδέκατη στήλη αντιπροσωπεύουν τις alternative specific μεταβλητές, δηλαδή το κόστος, ο χρόνος, και η άνεση για κάθε εναλλακτική επιλογή.
- Με το alt.levels=c(1,2,3) ορίζεται ο αριθμός των διαφορετικών κατηγοριών της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή, οι τρεις εναλλακτικές επιλογές των σεναρίων: 1=Πατίνι, 2=Μ.Μ.Μ., και 3=Πεζή.
- Με το id="ID" αναφέρεται η μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τον κάθε ερωτηθέντα.

Nr	ID	Choice	LICENSE	EXP	IX	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_JX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO	TYPE_METRO	TYPE_BIKE	TYPE_ESCOOTER	TYPE_FEET	TYPE_OTHER	WTIMES_TRANSP	DAY_WALK	ATH	WHY_E
1.1	1	1	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
1.2	1	1	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
1.3	1	1	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
2.1	1	2	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
2.2	1	2	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
2.3	1	2	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
3.1	1	3	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
3.2	1	3	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
3.3	1	3	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
4.1	1	4	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
4.2	1	4	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
4.3	1	4	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
5.1	1	5	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
5.2	1	5	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
5.3	1	5	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
6.1	1	6	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
6.2	1	6	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
6.3	1	6	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
7.1	1	7	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
7.2	1	7	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
7.3	1	7	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	1	1	0	0	1	9	12	0	0
8.1	1	8	TRUE	0	1	0	2	8	0	1	NA	1	0	0	1	9	12	0	0
8.2	1	8	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	NA	1	0	0	1	9	12	0	0
8.3	1	8	FALSE	0	1	0	2	8	0	1	NA	1	0	0	1	9	12	0	0
9.1	3	1	FALSE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	0	1	10	11	0	0
9.2	3	1	TRUE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	0	1	10	11	0	0
9.3	3	1	FALSE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	0	1	10	11	0	0
10.1	3	2	FALSE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	1	1	10	11	0	0
10.2	3	2	TRUE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	1	1	10	11	0	0
10.3	3	2	FALSE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	1	1	10	11	0	0
11.1	3	3	TRUE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	1	1	10	11	0	0
11.2	3	3	FALSE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	1	1	10	11	0	0
11.3	3	3	FALSE	0	1	1	1	7	1	0	1	0	1	1	1	10	11	0	0

Εικόνα 5.4: Το σετ δεδομένων RDATA2

Στη συνέχεια ακολουθείται η διαδικασία σύμπτυξης ορισμένων απαντήσεων με την ανάθεση των τιμών των αρχικών απαντήσεων σε καινούργιες τιμές. Η αλλαγή αυτή πραγματοποιείται για την καλύτερη οπτική παρουσίαση και κατανόηση των μεταβλητών από τον χρήστη. Παράδειγμα της διαδικασίας φαίνεται στην εικόνα 5.5.

```
RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION>2]<-20 #foititis,ptixiouxos panepistimiou,ptixiouxos metaptixiakou,allo
RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION<=2]<-19 #dimotiko-gimnasio,likeio
```

Εικόνα 5.5: Παράδειγμα σύμπτυξης απαντήσεων

Οι παραπάνω 2 γραμμές αναλύονται ως εξής: Οτιδήποτε ακολουθεί το σύμβολο # στην ίδια γραμμή, αποτελεί **σχολιασμό** και δεν μεταφράζεται από το πρόγραμμα.

Χρησιμοποιεί στην παροχή πληροφοριών για τον χρήστη, όπως στο συγκεκριμένο παράδειγμα, ενημερώνεται ο χρήστης ότι στην ερώτηση περί μορφωτικού επιπέδου, η τιμή 20 περιλαμβάνει τις απαντήσεις “Φοιτητής”, “Πτυχιούχος Πανεπιστημίου”, “Πτυχιούχος Μεταπτυχιακού”, “Άλλο”, ενώ η τιμή 19 περιλαμβάνει τις απαντήσεις “Δημοτικό-Γυμνάσιο”, “Λύκειο”. Η αλλαγή εδώ αφορά τη μεταβλητή EDUCATION, για την οποία οι απαντήσεις με τιμές πάνω από 2 αντιπροσωπεύουν την τιμή 20 και οι απαντήσεις με τιμές κάτω από 2 αναφέρονται στην τιμή 19 αντίστοιχα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις μεταβλητές για τις οποίες αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί σύμπτυξη των απαντήσεων.

Στο επόμενο βήμα, λόγω του κώδικα που έχει ήδη εκτελεστεί και των αλλαγών που έχουν γίνει στις μεταβλητές, μετατρέπονται ξανά όλες οι μεταβλητές σε αριθμούς, για να γίνει ο της έλεγχος συσχέτισης (correlation), όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.6. Από τον έλεγχο αυτό, προκύπτει ότι τα ζευγάρια των μεταβλητών ATH - WHY_BSSN, CHLRDN - EXP - AGE - RLNSHP και WTIMES_TRANSP - TYPE_METRO δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί στο ίδιο στατιστικό μοντέλο καθώς παρουσιάζουν συσχέτιση μεγαλύτερη του 0.4.

Στη συνέχεια, **ανατίθεται για κάθε μεταβλητή το είδος της**. Δηλαδή, αν λαμβάνει διακριτή (factor) ή συνεχή (numeric) τιμή. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν διακριτές τιμές, εκτός του χρόνου και του κόστους.

Κατά την ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων, διαπιστώθηκε ότι με τα δεδομένα που είχαν εισαχθεί, το πρόγραμμα R-Studio έδινε στο χρήστη τα αποτελέσματα των μεταβλητών σύμφωνα με την αρνητική απάντηση του ερωτηθέντα. Δηλαδή, μία μεταβλητή εξηγούνταν στο στατιστικό μοντέλο σύμφωνα με την επιλογή ΟΧΙ του συμμετέχοντα, γεγονός που δημιουργούσε σύγχυση στην κατανόηση και επεξήγηση των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να γίνει αντιστροφή του επιπέδου αναφοράς των μεταβλητών. Ένα παράδειγμα με τις εντολές για τη διαδικασία αυτή φαίνεται παρακάτω.

```

RDATA2$ADV_SPEED=factor(RDATA2$ADV_SPEED, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_COST=factor(RDATA2$ADV_COST, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_PARKING=factor(RDATA2$ADV_PARKING, levels = c("1","0"))

```

Εικόνα 5.6: Παράδειγμα αλλαγής επιπέδου αναφοράς των μεταβλητών

Τέλος συντάσσεται το **τελικό μοντέλο MLR1** με το πακέτο mlogit ως εξής:

```

MLR1 <- mlogit(Choice ~ Time + Cost + Comfort | GENDER + DIS_WEATHER +
ADV_PARKING + CHLRDN + USE_ESCOOTER + ATH + DIS_ROADCONSTR + JOB_FLEX +
FUTURE_USE + WTIMES_TRANSP, data = RDATA2, reflevel = "2" )

```

Συγκεκριμένα:

- ❖ Η **εξαρτημένη μεταβλητή** Choice υπολογίζεται συναρτήσει των μεταβλητών του χρόνου, του κόστους και της άνεσης, οι οποίες λαμβάνουν διαφορετικές τιμές ανάλογα με την εναλλακτική επιλογή του ερωτηματολογίου.

Επιπλέον η Choice επηρεάζεται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές GENDER, DIS_WEATHER, ADV_PARKING, CHLDRN, USE_ESCOOTER, ATH, DIS_ROADCONSTR, JOB_FLEX, FUTURE_USE και WTIMES_TRANSP, οι τιμές των οποίων παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων επετεύχθη μετά από πολλές δοκιμές.

- ❖ Ως επίπεδο αναφοράς ορίζεται η δεύτερη επιλογή των σεναρίων, δηλαδή τα M.M.M., τα οποία αποτελούν το επιθυμητό επίπεδο αναφοράς, αφού συγκριτικά με τις άλλες επιλογές των σεναρίων, θεωρήθηκε ότι η πλειοψηφία του πληθυσμού μετακινείται με συγκοινωνίες. Έτσι, οι δύο συναρτήσεις που προκύπτουν από το μαθηματικό μοντέλο για τα πατίνια και τους πεζούς ερμηνεύονται συγκριτικά με την επιλογή των M.M.M..

5.2.3 Συναρτήσεις χρησιμότητας

Από το MLR1 που εξετάστηκε παραπάνω προκύπτουν οι **δύο συναρτήσεις χρησιμότητας** για τα πατίνια και την πεζή μετακίνηση αντίστοιχα. Οι συντελεστές αυτών των συναρτήσεων εμφανίζονται στο R-Studio με την εντολή `summary(MLR1)`, της οποίας το αποτέλεσμα απεικονίζεται στην επόμενη σελίδα.

Συγκεκριμένα, απεικονίζονται οι **σταθερές τιμές** των δύο συναρτήσεων, καθώς και οι **συντελεστές των μεταβλητών** για κάθε συνάρτηση που επιλέχθηκαν για το μοντέλο. Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η διαδικασία επιλογής των μεταβλητών περιλάμβανε **διεξοδικές δοκιμές** με ένα μεγάλο εύρος μεταβλητών, των οποίων η σημαντικότητα κρινόταν με βάση την τιμή $Pr(>|t|)$. Εάν η τιμή ήταν σε απόλυτη τιμή μεγαλύτερη του 0.05 η μεταβλητή δεν θεωρούνταν σημαντική για το μοντέλο.

Ως εκ τούτου, οι τελικές συναρτήσεις και οι μεταβλητές που συμπεριληφθήκαν στο μοντέλο προέκυψαν μετά από πολλές δοκιμές, ώστε να βρεθεί ένας ικανοποιητικός συνδυασμός μεταβλητών που να ικανοποιεί τον στόχο της Διπλωματικής Εργασίας.

Η μορφή του τελικού μοντέλου στο R-Studio φαίνεται στη συνέχεια.

Call:

```
mlogit(formula = Choice ~ Time + Cost + Comfort | GENDER + DIS_WEATHER +
  ADV_PARKING + CHLRDN + USE_ESCOOTER + ATH + DIS_ROADCONSTR +
  JOB_FLEX + FUTURE_USE + WTIMES_TRANSP, data = RDATA2, reflevel = "2",
  method = "nr")
```

Coefficients :

	Estimate	Std. Error	z-value	Pr(> z)	
1:(intercept)	-2.178207	0.423320	-5.1455	2.668e-07	***
3:(intercept)	-0.708582	0.449594	-1.5760	0.1150145	
Time	-0.077715	0.018076	-4.2994	1.713e-05	***
Cost	-0.377965	0.109001	-3.4675	0.0005253	***
Comfort	-0.512114	0.107031	-4.7847	1.712e-06	***
1:GENDER1	0.571348	0.231699	2.4659	0.0136667	*
3:GENDER1	0.295279	0.238526	1.2379	0.2157404	
1:DIS_WEATHER0	-0.371107	0.228367	-1.6250	0.1041528	
3:DIS_WEATHER0	-1.369735	0.276493	-4.9540	7.272e-07	***
1:ADV_PARKING0	1.062261	0.272504	3.8981	9.693e-05	***
3:ADV_PARKING0	1.193931	0.292525	4.0815	4.475e-05	***
1:CHLRDN2	-1.050645	0.412485	-2.5471	0.0108619	*
3:CHLRDN2	-0.277734	0.358192	-0.7754	0.4381157	
1:CHLRDN3	-0.688086	0.376971	-1.8253	0.0679555	.
3:CHLRDN3	-0.058357	0.306700	-0.1903	0.8490936	
1:CHLRDN4	2.104265	0.624413	3.3700	0.0007517	***
3:CHLRDN4	-16.258698	2394.609673	-0.0068	0.9945826	
1:USE_ESCOOTER0	1.404006	0.238656	5.8830	4.030e-09	***
3:USE_ESCOOTER0	0.616775	0.278512	2.2145	0.0267921	*
1:ATH0	0.365825	0.270144	1.3542	0.1756770	
3:ATH0	1.663329	0.273346	6.0851	1.164e-09	***
1:DIS_ROADCONSTR0	-0.947492	0.212148	-4.4662	7.963e-06	***
3:DIS_ROADCONSTR0	-0.848653	0.222075	-3.8215	0.0001327	***
1:JOB_FLEX2	0.519665	0.236316	2.1990	0.0278757	*
3:JOB_FLEX2	0.245763	0.255508	0.9619	0.3361183	
1:JOB_FLEX3	-1.484055	0.313169	-4.7388	2.150e-06	***
3:JOB_FLEX3	-0.476842	0.310451	-1.5360	0.1245467	
1:FUTURE_USE0	1.493388	0.235835	6.3323	2.415e-10	***
3:FUTURE_USE0	-0.577592	0.236078	-2.4466	0.0144204	*
1:WTIMES_TRANSP10	-1.161678	0.253215	-4.5877	4.481e-06	***
3:WTIMES_TRANSP10	-0.260122	0.253775	-1.0250	0.3053572	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Log-Likelihood: -660.84

McFadden R²: 0.21452

Likelihood ratio test : chisq = 360.95 (p.value = < 2.22e-16)

Με βάση τα παραπάνω, οι τελικές συναρτήσεις χρησιμότητας U_1 και U_3 για τα πατίνια και την πεζή μετακίνηση αντίστοιχα, με επίπεδο αναφοράς τα Μ.Μ.Μ. είναι οι εξής:

➤ Συνάρτηση επιλογής πατινιού:

$$U_1 = -2,178 - 0,078 * Time - 0,378 * Cost - 0,512 * Comfort + 0,571 * GENDER1 + 1,062 * ADV_PARKING0 - 1,051 * CHLRDN2 + 2,104 * CHLRDN4 + 1,404 * USE_ESCOOTER0 - 0,947 * DIS_ROADCNSTR0 + 0,520 * JOB_FLEX2 - 1,484 * JOB_FELX3 + 1,493 * FUTURE_USE0 - 1,161 * WTIMES_TRANSP10$$

Και η πιθανότητα επιλογής πατινιού ορίζεται:

$$P1 = \frac{e^{U_1}}{1 + e^{U_1} + e^{U_3}}$$

Συγκεκριμένα:

- Ο όρος -2,178 αποτελεί τον σταθερό όρο της συνάρτησης.
- Time, η μεταβλητή του χρόνου.
- Cost, η μεταβλητή του κόστους.
- Comfort, η μεταβλητή της άνεσης.
- GENDER1, η επιλογή “Γυναίκα” στην ερώτηση “Δ1. Φύλο:”.
- ADV_PARKING0, η επιλογή “Ευκολία στο παρκάρισμα” στην ερώτηση “B.1 Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών;”
- CHLRDN2, CHLRDN4, οι επιλογές “2” και “4” αντίστοιχα στην ερώτηση “Δ.4 Αριθμός παιδιών”.
- USE_ESCOOTER0, η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “Α.12 Έχετε χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι; Ενδεχομένως σε συνδυασμό με άλλα μέσα μετακίνησης;”.
- DIS_ROADCNSTR0, η επιλογή “Κακή κατασκευή οδών κυκλοφορίας” στην ερώτηση “B.2 Ποιοι από τους παρακάτω λόγους σας αποτρέπουν από το να χρησιμοποιείτε κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια στις μετακινήσεις σας;”.
- JOB_FLEX2, JOB_FLEX3, οι επιλογές “Όχι” και “Δεν εργάζομαι” αντίστοιχα στην ερώτηση “Δ.8 Δουλεύετε με ελαστικό ωράριο;”.
- FUTURE_USE0, η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “Γ.2 Σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο άμεσο μέλλον τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια;”.
- WTIMES_TRANSP10, η συμπτυγμένη επιλογή “4-10, >10 φορές” στην ερώτηση “Α.7 Πόσες φορές την εβδομάδα χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς;” .

➤ Συνάρτηση επιλογής της μετακίνησης ως πεζή:

$$U_3 = - 0,078 * Time - 0,378 * Cost - 0,512 * Comfort - 1,370 * DIS_WEATHER0 + 1,194 * ADV_PARKING0 + 0,617 * USE_ESCOOTER0 + 1,663 * ATH0 - 0,849 * DIS_ROADCNSTR0 - 0,578 * FUTURE_USE0$$

Και η πιθανότητα επιλογής της μετακίνησης ως πεζή ορίζεται:

$$P3 = \frac{e^{U3}}{1 + e^{U3} + e^{U1}}$$

Συγκεκριμένα:

- Η συνάρτηση δεν διαθέτει σταθερό όρο.
- Time, η μεταβλητή του χρόνου.
- Cost, η μεταβλητή του κόστους.
- Comfort, η μεταβλητή της άνεσης.
- DIS_WEATHERO, η επιλογή “Κακές καιρικές συνθήκες” στην ερώτηση “B.2 Ποιοί από τους παρακάτω λόγους σας αποτρέπουν από το να χρησιμοποιείτε κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια στις μετακινήσεις σας;”.
- ADV_PARKINGO, η επιλογή “Ευκολία στο παρκάρισμα” στην ερώτηση “B.1 Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών;”.
- USE_ESCOOTERO, η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “A.12 Έχετε χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι; Ενδεχομένως σε συνδυασμό με άλλα μέσα μετακίνησης;”.
- ATHO, η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “A.9 Είστε κάτοικος του Δήμου Αθηναίων;”.
- DIS_ROADCNSTRO, η επιλογή “Κακή κατασκευή οδών κυκλοφορίας” στην ερώτηση “B.2 Ποιοί από τους παρακάτω λόγους σας αποτρέπουν από το να χρησιμοποιείτε κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια στις μετακινήσεις σας;”.
- FUTURE_USEO, η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση “Γ.2 Σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο άμεσο μέλλον τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια;”.

5.2.4 Στατιστικός Έλεγχος Μοντέλου

Απολύτως απαραίτητος για την αποδοχή του μοντέλου και των συναρτήσεων χρησιμότητας είναι ο στατιστικός έλεγχος του μοντέλου, ο οποίος πραγματοποιείται αυτόματα στο RStudio κατά την εξαγωγή των μαθηματικών μοντέλων.

Τα δεδομένα αυτά έχουν συγκεντρωθεί στον πίνακα της επόμενης σελίδας συγκεντρωτικά για κάθε συνάρτηση που αναπτύχθηκε παραπάνω.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	P-Value	Odds Ratio	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
1:στ.όρος	-2,178	<0,01	-	0,001
3:στ.όρος	-0,709	0,115	-	Μη σημαντικό
Time	-0,078	<0,01	0,92	0,001
Cost	-0,378	<0,01	0,69	0,001
Comfort	-0,512	<0,01	0,60	0,001
1:GENDER1	0,571	0,014	1,77	0,05
3:GENDER1	0,295	0,216	1,34	Μη σημαντικό
1:DIS_WEATHER0	-0,371	0,104	0,69	Μη σημαντικό
3:DIS_WEATHER0	-1,370	<0,01	0,25	0,001
1:ADV_PARKING0	1,062	<0,01	2,89	0,001
3:ADV_PARKING0	1,194	<0,01	3,30	0,001
1:CHLRDN2	-1,051	0,011	0,35	0,05
3:CHLRDN2	-0,278	0,438	0,76	Μη σημαντικό
1:CHLRDN3	-0,688	0,068	0,50	Μη σημαντικό
3:CHLRDN3	-0,058	0,849	0,94	Μη σημαντικό
1:CHLRDN4	2,104	<0,01	8,20	0,001
3:CHLRDN4	-16,259	0,995	0,00	Μη σημαντικό
1:USE_ESCOOTER0	1,404	<0,01	4,07	0,001
3:USE_ESCOOTER0	0,617	0,027	1,85	0,05
1:ATH0	0,366	0,176	1,44	Μη σημαντικό
3:ATH0	1,663	<0,01	5,28	0,001
1:DIS_ROADCONSTR0	-0,947	<0,01	0,39	0,001
3:DIS_ROADCONSTR0	-0,849	<0,01	0,43	0,001
1:JOB_FLEX2	0,52	0,028	1,68	0,05
3:JOB_FLEX2	0,246	0,336	1,28	Μη σημαντικό
1:JOB_FLEX3	-1,484	<0,01	0,23	0,001
3:JOB_FLEX3	-0,477	0,125	0,62	Μη σημαντικό
1:FUTURE_USE0	1,493	<0,01	4,45	0,001
3:FUTURE_USE0	-0,578	0,014	0,56	0,05
1:WTIMES_TRANSP10	-1,162	<0,01	0,31	0,001
3:WTIMES_TRANSP10	-0,26	0,305	0,77	Μη σημαντικό

Πίνακας 5.1: Στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών του μοντέλου πολυωνυμικής παλινδρόμησης.

Αναλυτικότερα:

- “Μεταβλητές”, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο. Οι αριθμοί 1 και 3 στην αρχή του ονόματος αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις χρησιμότητας 1 και 3 αντίστοιχα, στις οποίες αναφέρονται οι μεταβλητές. Οι μεταβλητές Time, Cost, Comfort δεν έχουν αυτόν τον αριθμό μπροστά αφού είναι κοινές και για τις δύο συναρτήσεις
- “Συντελεστές”, η αριθμητική τιμή των συντελεστών των μεταβλητών.
- “P-Value”, η τιμή του P-Value με βάση την οποία κρίνεται η σημαντικότητα κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 95 τοις εκατό. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε τιμή του P-Value μικρότερη ή ίση του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.
- “Odds Ratio”, μαθηματικά ορίζεται ως $\exp(\text{Συντελεστής})$. Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή.

Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.5.

- “Σημαντικότητα”, το επίπεδο σημαντικότητας με βάση την τιμή του P-Value. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ή 95 τοις εκατό. Μικρότερη τιμή από την 0.05 σημαίνει μεγαλύτερο επίπεδο σημαντικότητας και άρα, αποδεκτή τιμή της μεταβλητής.

Οι **συντελεστές** των μεταβλητών ακολουθούν μια **λογική ερμηνεία**, ικανοποιώντας και αυτό το κριτήριο, όπως είχε αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.6.

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA2)` αφού είχε προηγηθεί η μετατροπή όλων των μεταβλητών σε αριθμούς. Τα ζευγάρια των μεταβλητών ATH - WHY_BSSN, CHLRDN - EXP - AGE - RLTNSHP και WTIMES_TRANSP - TYPE_METRO παρουσίασαν συσχέτιση μεταξύ τους άνω του 0.4 και συνεπώς δεν χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα μοντέλο.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε στο R-Studio διαθέτει **συντελεστή $R^2=0,21452$** , ο οποίος είναι μεταξύ 0.20-0.45 και, συνεπώς, γίνεται αποδεκτός.

5.2.5 Αποτελέσματα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η ερμηνεία των συναρτήσεων χρησιμότητας που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Αρχικά, η **συνάρτηση χρησιμότητας U1**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή μετακίνησης με πατίνι ορίζεται ως εξής:

$$U1 = -2,178 - 0,078 * Time - 0,378 * Cost - 0,512 * Comfort + 0,571 * GENDER1 + 1,062 * ADV_PARKING0 - 1,051 * CHLRDN2 + 2,104 * CHLRDN4 + 1,404 * USE_ESCOOTER0 - 0,947 * DIS_ROADCNSTRO + 0,520 * JOB_FLEX2 - 1,484 * JOB_FELX3 + 1,493 * FUTURE_USE0 - 1,161 * WTIMES_TRANSP10$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **13 μεταβλητές και 1 σταθερά**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2.3.

Από τη συνάρτηση **U2 συμπεραίνει** κανείς με τη βοήθεια και των **Odds Ratio** του πίνακα 5.1 τα εξής:

- Αύξηση του **χρόνου** μετακίνησης κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής πατινιού αντί των Μ.Μ.Μ. κατά 0,92 φορές ή 8%.
- Αύξηση του **κόστους** μετακίνησης κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής πατινιού αντί των Μ.Μ.Μ. κατά 0,69 φορές ή 31%.

- Μείωση του **επιπέδου άνεσης** μετακίνησης, από Υψηλό σε Χαμηλό επίπεδο, οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής πατινιού αντί των Μ.Μ.Μ. κατά 0,60 φορές ή 40%.
- Οι ερωτηθείσες **γυναίκες** είχαν 1,77 φορές περισσότερες πιθανότητες να χρησιμοποιήσουν πατίνι αντί των Μ.Μ.Μ συγκριτικά με τους άνδρες, οι οποίοι ενδεχομένως είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν μεγαλύτερα ρίσκα και να προτιμήσουν τις μοτοσυκλέτες για τις μικρο-μετακινήσεις τους.
- Εκείνοι που θεωρούν ως πλεονέκτημα μετακίνησης με ηλεκτρικό πατίνι την **“Ευκολία στο παρκάρισμα”** είχαν 2,89 φορές περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν το πατίνι αντί των Μ.Μ.Μ., το οποίο μαρτυρά το πρόβλημα στάθμευσης που υπάρχει στην Αθήνα.
- Εκείνοι που είχαν **2 παιδιά** ήταν κατά 65% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν e-scooter, ενώ εκείνοι που δήλωσαν **4 παιδιά** είχαν 8,20 φορές περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν πατίνι αντί των Μ.Μ.Μ.. Ενδεχομένως αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, τα παιδιά εκλαμβάνουν τη μετακίνηση με πατίνι σαν μια ψυχαγωγική δραστηριότητα και η επιρροή περισσότερων παιδιών στις αποφάσεις των γονέων, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη δύο ή λιγότερων παιδιών.
- Εκείνοι που έχουν **ήδη χρησιμοποιήσει ηλεκτρικό πατίνι** σε κάποια μετακίνησή τους, είναι κατά 4,07 φορές περισσότερο πιθανοί να το επιλέξουν ξανά αντί των Μ.Μ.Μ.. Λογικό αποτέλεσμα, καθώς έχοντας ήδη εξοικειωθεί με το νέο αυτό τρόπο μετακίνησης, οι επιφυλάξεις απέναντί του έχουν μειωθεί.
- Εκείνοι που θεωρούν ως αποτρεπτικό λόγο χρήσης e-scooter την **“Κακή κατασκευή των οδών κυκλοφορίας”** είναι κατά 61% λιγότερο πιθανό να το χρησιμοποιήσουν αντί των Μ.Μ.Μ., γεγονός που θίγει την κακή ποιότητα του οδοστρώματος στις κεντρικές οδικές αρτηρίες της Αθήνας.
- Εκείνοι που απάντησαν ότι **δεν εργάζονται με ελαστικό ωράριο** είχαν 1,68 φορές περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν ηλεκτρικό πατίνι αντί Μ.Μ.Μ., ενώ εκείνοι που **δεν εργάζονται** είχαν 77% λιγότερες πιθανότητες να το επιλέξουν. Το κόστος των ηλεκτρικών πατινιών φαίνεται να είναι αποτρεπτικός λόγος χρήσης τους, για όσους δεν έχουν εργασία, καθώς τα Μ.Μ.Μ. είναι οικονομικότερα.
- Εκείνοι οι οποίοι **σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν κοινόχρηστο e-scooter στο άμεσο μέλλον** έχουν 4,45 φορές περισσότερες πιθανότητες επιλογής ενός πατινιού στη μετακίνησή τους αντί των Μ.Μ.Μ..

- Τέλος εκείνοι που **χρησιμοποιούν τα Μ.Μ.Μ., 4-10 ή >10 φορές** μέσα στην εβδομάδα έχουν 69% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν e-scooter αντί των Μ.Μ.Μ. στις μετακινήσεις τους. Αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς η συγκεκριμένη ομάδα των ερωτηθέντων, είναι συνηθισμένη σε έναν τρόπο καθημερινής μετακίνησης και δεν έχει τη διάθεση να αλλάξει την καθημερινότητά της επιλέγοντας ακριβότερα και επικινδυνότερα μέσα.

Η **συνάρτηση χρησιμότητας U3**, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την επιλογή πεζής μετακίνησης ορίζεται ως εξής:

$$U3 = - 0,078 * Time - 0,378 * Cost - 0,512 * Comfort - 1,370 * DIS_WEATHER0 + 1,194 * ADV_PARKING0 + 0,617 * USE_ESCOOTER0 + 1,663 * ATH0 - 0,849 * DIS_ROADCONSTRO - 0,578 * FUTURE_USE0$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **9 μεταβλητές και καμία σταθερά**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.2.3.

Από τη συνάρτηση **U3 συμπεραίνει** κανείς με τη βοήθεια και των **Odds Ratio** του πίνακα 5.1 τα εξής:

- Αύξηση του **χρόνου** μετακίνησης κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής πεζής μετακίνησης αντί των Μ.Μ.Μ. κατά 0,92 φορές ή 8%.
- Αύξηση του **κόστους** μετακίνησης κατά μία μονάδα οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής πεζής μετακίνησης αντί των Μ.Μ.Μ. κατά 0,69 φορές ή 31%.
- Μείωση του **επιπέδου άνεσης** μετακίνησης, από Υψηλό σε Χαμηλό επίπεδο, οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας επιλογής πεζής μετακίνησης αντί των Μ.Μ.Μ. κατά 0,60 φορές ή 40%.
- Εκείνοι που θεωρούν ότι οι οι **“Κακές καιρικές συνθήκες”** είναι αποτρεπτικός λόγος χρήσης e-scooter έχουν 75% λιγότερες πιθανότητες να περπατήσουν αντί να επιλέξουν τα Μ.Μ.Μ.. Οι κακές καιρικές συνθήκες δυσκολεύουν τόσο τη μετακίνηση με ένα ηλεκτρικό πατίνι, όσο και το περπάτημα.
- Εκείνοι που θεωρούν ως πλεονέκτημα μετακίνησης με ηλεκτρικό πατίνι την **“Ευκολία στο παρκάρισμα”** είχαν 3,3 φορές περισσότερες πιθανότητες να επιλέξουν την πεζή μετακίνηση αντί των Μ.Μ.Μ.. Το στατιστικό αυτό μαρτυρά, την περιορισμένη ευελιξία που έχουν τα Μ.Μ.Μ. για μικρές αποστάσεις, καθώς και το πρόβλημα της στάθμευσης στο κέντρο της πόλης.
- Εκείνοι που έχουν **ήδη χρησιμοποιήσει ηλεκτρικό πατίνι** σε κάποια μετακίνησή τους, είναι κατά 1,85 φορές περισσότερο πιθανοί να επιλέξουν την πεζή μετακίνηση αντί των Μ.Μ.Μ.. Η θετική στάση απέναντι στα e-scooter μαρτυρά έως ένα σημείο την αρνητική στάση απέναντι στα Μ.Μ.Μ..

- Εκείνοι που είναι **κάτοικοι του Δήμου Αθηναίων** είχαν 5,28 φορές περισσότερες πιθανότητες να περπατήσουν αντί να επιλέξουν τα Μ.Μ.Μ.. Λογικό αποτέλεσμα καθώς στο κέντρο της Αθήνας βρίσκονται πολλά καταστήματα και υπηρεσίες σε απόσταση περπατήματος.
- Εκείνοι που θεωρούν ως αποτρεπτικό λόγο χρήσης e-scooter την **“Κακή κατάσταση των οδών κυκλοφορίας”** είναι κατά 57% λιγότερο πιθανό να περπατήσουν αντί να χρησιμοποιήσουν τα Μ.Μ.Μ.. Η κακή κατάσταση των οδών, για παράδειγμα σε περιπτώσεις εκτέλεσης έργων, είναι αποτρεπτική, τόσο για τη χρήση πατινιού, όσο και για περπάτημα.
- Εκείνοι οι οποίοι **σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν κοινόχρηστο e-scooter στο άμεσο μέλλον** έχουν 44% λιγότερες πιθανότητες να περπατήσουν αντί να επιλέξουν τα Μ.Μ.Μ.. Το στατιστικό σημαίνει ότι, η συγκεκριμένη ομάδα ερωτηθέντων, είτε θα επιλέξει το ηλεκτρικό πατίνι, όπως προκύπτει στη συνάρτηση U1, είτε θα επιλέξει τα Μ.Μ.Μ..

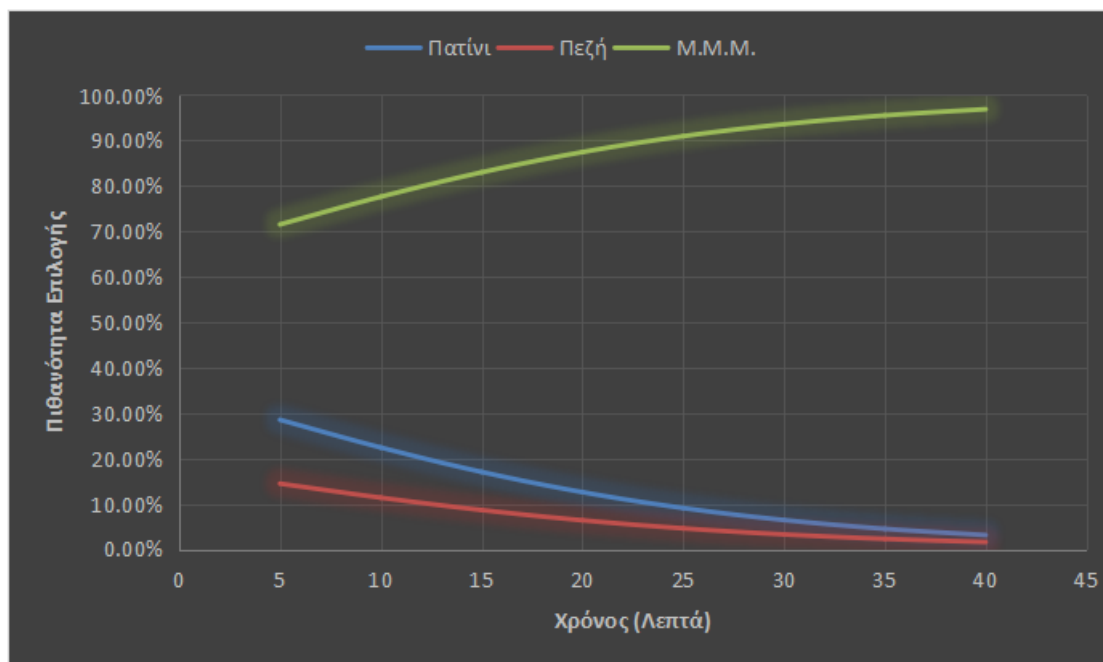
5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας** που δημιουργήθηκαν με σκοπό την ευχέρεια στην κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή πατινιού, Μ.Μ.Μ. και της πεζής μετακίνησης.

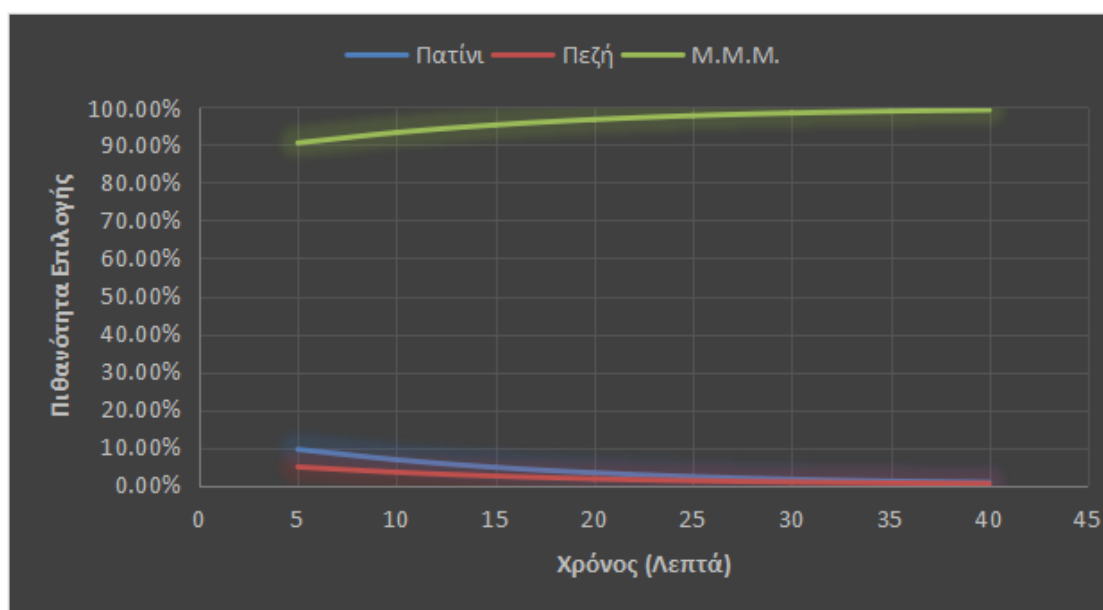
Για την κατασκευή των διαγραμμάτων πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν κοινές τιμές για το επίπεδο άνεσης σε κάθε εναλλακτική επιλογή, σε αναλογία με τις τιμές που παρουσιάστηκαν στο Ερωτηματολόγιο.

Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η παρούσα έρευνα βασίστηκε στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης και σε υποθετικά σενάρια πρέπει να σημειωθεί ότι τα **αποτελέσματα ενδεχομένως να διαφέρουν** σε περίπτωση που η έρευνα διεξαχθεί με κάποια άλλη μεθοδολογία ή εάν αλλάξουν τα δεδομένα, όπως για παράδειγμα, εάν γίνει κατασκευή ειδικών λωρίδων κυκλοφορίας ηλεκτρικών πατινιών.

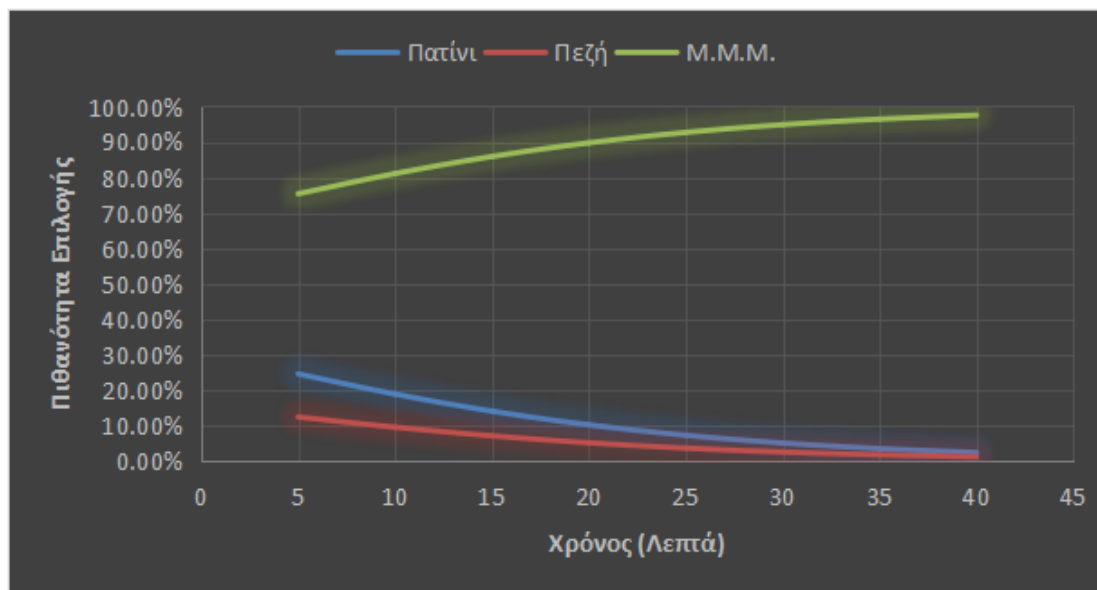
Τα **διαγράμματα** ανάλυσης ευαισθησίας **παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες:**



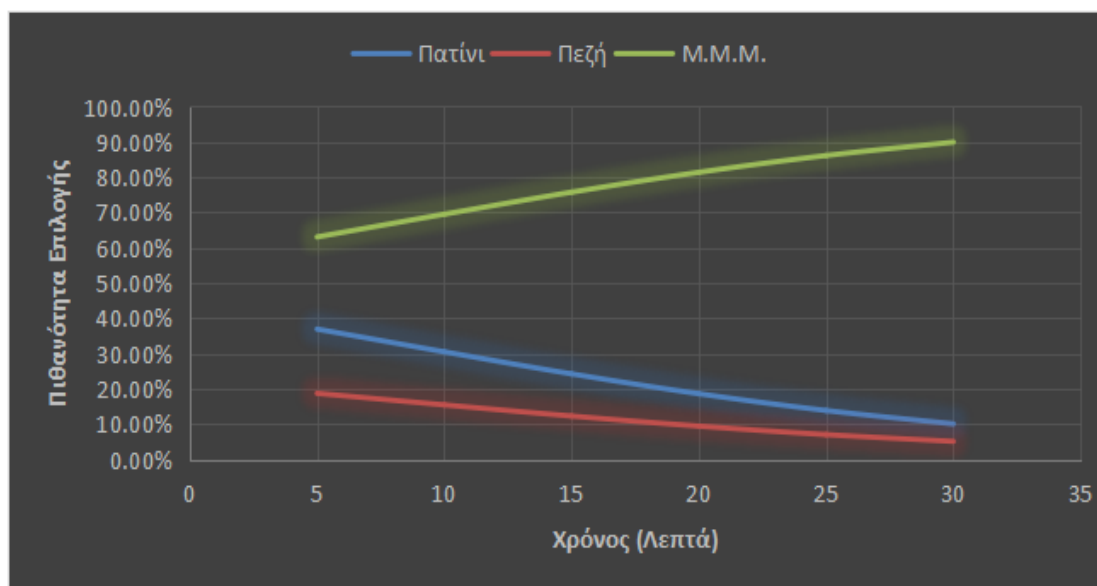
Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για χαμηλό κόστος, υψηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



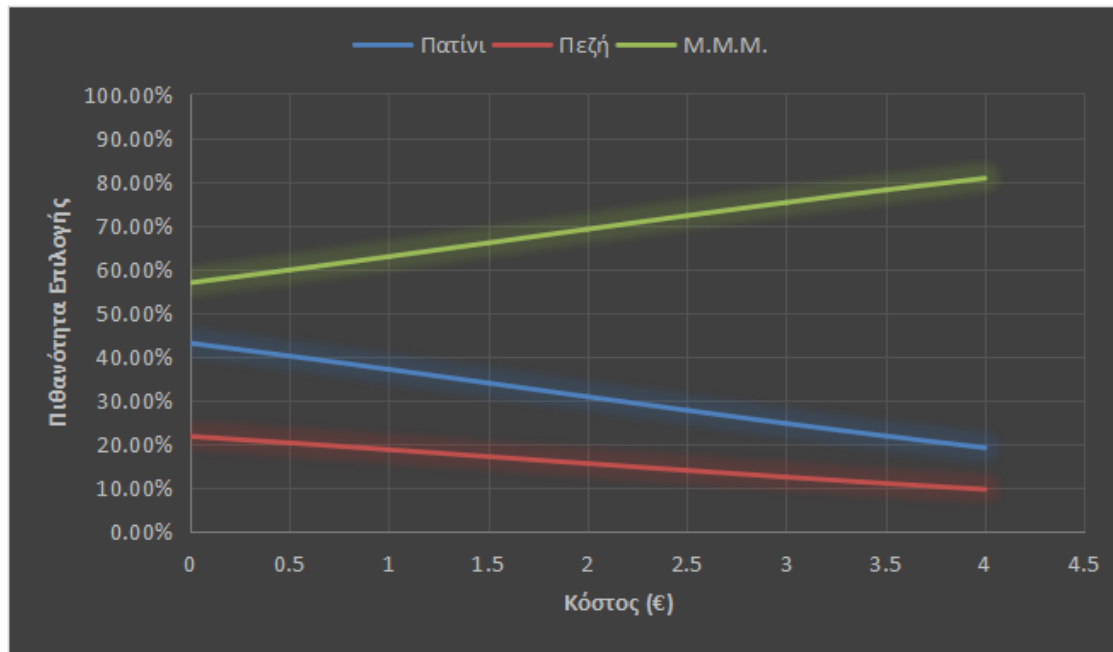
Διάγραμμα 5.2: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για υψηλό κόστος, χαμηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



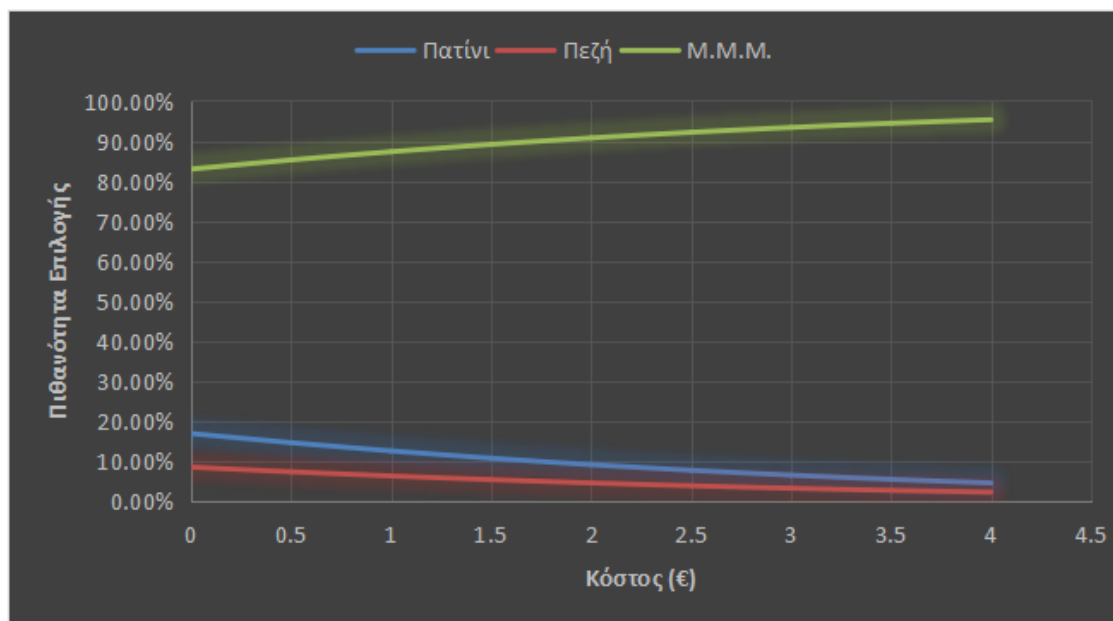
Διάγραμμα 5.3: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το χρόνο, για μεσαίο κόστος, χαμηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



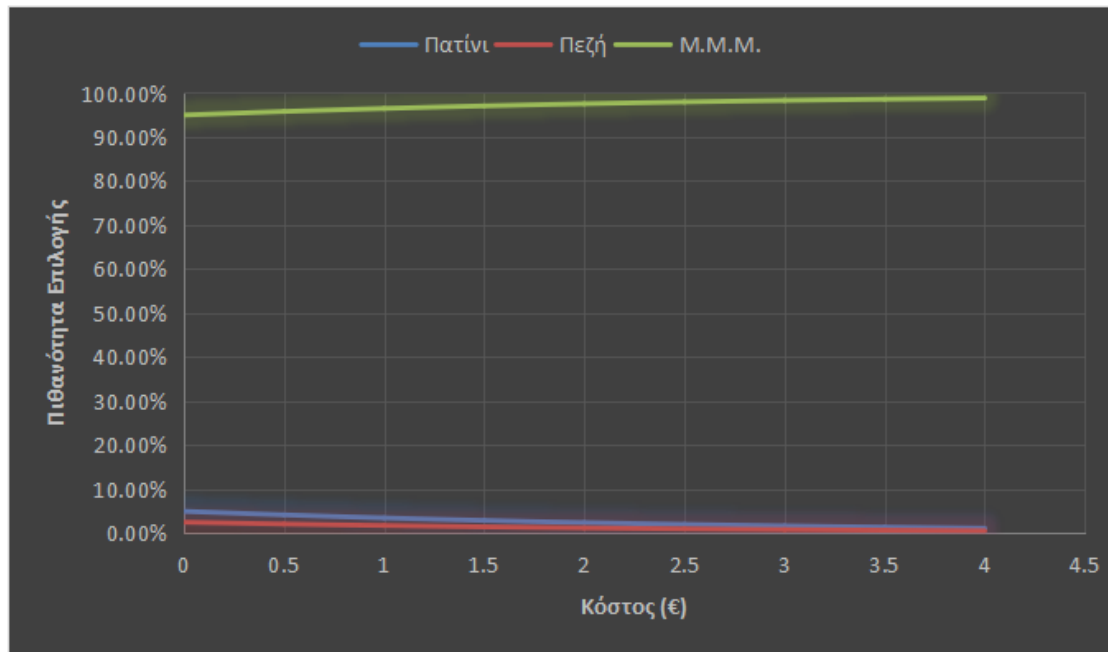
Διάγραμμα 5.4: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής σε μικρότερο εύρος χρόνου, για μικρό κόστος, υψηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



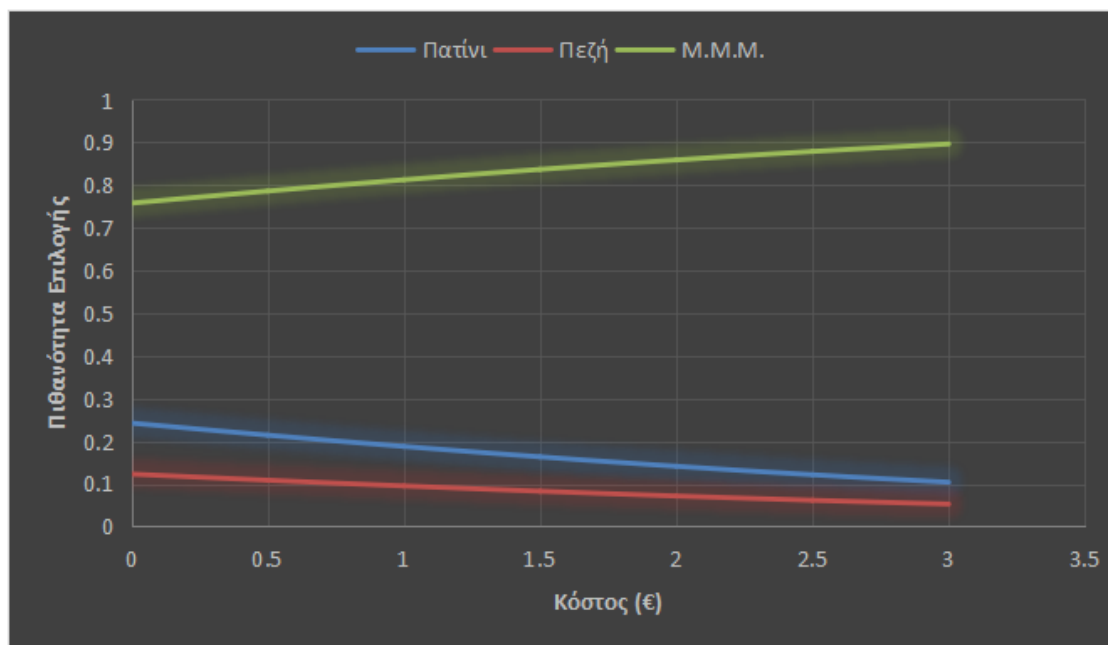
Διάγραμμα 5.5: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το κόστος, για μικρό χρόνο, υψηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατινι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



Διάγραμμα 5.6: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το κόστος, για μεσαίο χρόνο, χαμηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατινι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



Διάγραμμα 5.7: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής με το κόστος, για υψηλό χρόνο, υψηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.



Διάγραμμα 5.8: Μεταβολή πιθανότητας επιλογής σε μικρότερο εύρος τιμών κόστους, για υψηλό χρόνο, υψηλή άνεση και Αθηναίους που δήλωσαν ότι έχουν ήδη χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι και σκοπεύουν να το επιλέξουν και σε μελλοντική μετακίνησή τους.

Από τα προηγούμενα διαγράμματα προκύπτουν τα εξής:

- ✓ Οι Αθηναίοι πολίτες εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα αρνητικοί ως προς τη μετακίνηση ως πεζή**, ωστόσο παρουσιάζουν περισσότερο θετική στάση απέναντι στα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια. Σε κάθε περίπτωση, τα Μ.Μ.Μ. βρίσκονται στην κορυφή των προτιμήσεων τους, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τρόπους μετακίνησης.
- ✓ Το **επίπεδο άνεσης** συμβάλλει σημαντικά στη διαμόρφωση των παραπάνω διαγραμμάτων. Όταν η άνεση μειώνεται από Υψηλή σε Χαμηλή, τότε μειώνεται η πιθανότητα επιλογής e-scooter και πεζής μετακίνησης και αυξάνεται αντίστοιχα η πιθανότητα επιλογής των Μ.Μ.Μ..
- ✓ Το **κόστος** επηρεάζει αισθητά την πιθανότητα επιλογής ή όχι κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού. Παρατηρείται ότι, όσο το κόστος μετακίνησης παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, οι Αθηναίοι δείχνουν ευνοϊκότερη στάση ως προς τα e-scooter. Αντίθετα, σε υψηλότερα κόστη, υπάρχει ξεκάθαρη προτίμηση προς τα Μ.Μ.Μ. και σχεδόν μηδενική πιθανότητα μετακίνησης με τα πόδια.
- ✓ Ο **χρόνος** μετακίνησης επηρεάζει και αυτός σε μεγάλο βαθμό τις αποφάσεις των Αθηναίων στην επιλογή μέσου. Συγκεκριμένα, για μικρό χρόνο μετακίνησης, σε συνδυασμό με μικρό κόστος και υψηλή άνεση, η πιθανότητα επιλογής ηλεκτρικού πατινιού αυξάνεται δραματικά, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.5. Αντίθετα, όσο ο χρόνος αυξάνεται, τόσο μειώνεται η συγκεκριμένη πιθανότητα επιλογής.
- ✓ Τέλος, το **επίπεδο ασφάλειας**, αν και δεν έχει τεθεί ως παράμετρος στα διαγράμματα, αποτελεί μία μεταβλητή η οποία επηρεάζει καθοριστικά την επιλογή μέσου μετακίνησης. Τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια, όπως είχε επισημανθεί και στο ερωτηματολόγιο, προσφέρουν χαμηλότερο επίπεδο ασφάλειας από ότι τα Μ.Μ.Μ., γεγονός που οι ερωτηθέντες έλαβαν υπόψιν τους στις επιλογές τους.

5.3 Στατιστικό πρότυπο διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης

5.3.1 Επεξεργασία δεδομένων

Η δημιουργία του μοντέλου της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** αφορά, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, την ερώτηση “Σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο άμεσο μέλλον τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια;”. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, είναι πιο απλή από εκείνη της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το ίδιο Script στο R-Studio που είχε δημιουργηθεί νωρίτερα, με τη μόνη διαφορά πως τώρα αλλάζει η εντολή της εκτέλεσης του μοντέλου αλλά και το αρχείο των στοιχείων, αφού η καινούργια εντολή εκμεταλλεύεται το αρχείο RDATA και όχι το RDATA2.

Υπενθυμίζεται ότι το αρχείο RDATA έχει την παρακάτω μορφή:

Nr	ID	Choice	Time1	Time2	Time3	Cost1	Cost2	Cost3	Comfort1	Comfort2	Comfort3	LICENSE	EXP	IX	DR_TIME	NR_MOVE	TYPE_IX	TYPE_TAXI	TYPE_MOTO	TYPE_METRO	TYPE_BIKE
1	1	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
2	1	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
3	1	3	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
4	1	4	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
5	1	5	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
6	1	6	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
7	1	7	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	0	1	0	2	3	0	1	1	1	1
8	1	8	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	0	2	3	0	1	E	1	1
9	3	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
10	3	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
11	3	3	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
12	3	4	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
13	3	5	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
14	3	6	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
15	3	7	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
16	3	8	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
17	4	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
18	4	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
19	4	3	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
20	4	4	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
21	4	5	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
22	4	6	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
23	4	7	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
24	4	8	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	0	1
25	6	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
26	6	2	15	20	40	2	1.4	0.01	2	2	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
27	6	3	5	20	30	4	0.5	0.01	1	2	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
28	6	4	10	15	40	3	1.4	0.01	2	1	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
29	6	5	10	20	35	4	0.5	0.01	1	1	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
30	6	6	5	10	30	3	0.5	0.01	1	2	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
31	6	7	15	20	35	2	1.0	0.01	2	2	1	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
32	6	8	5	15	30	3	0.5	0.01	2	1	2	0	2	0	2	2	0	1	1	1	1
33	7	1	5	10	30	2	0.5	0.01	1	1	1	0	1	0	1	4	1	0	1	0	1

Εικόνα 5.7: Η τελική μορφή του αρχείου RDATA στο R-Studio

Όπου:

- Nr, ο αύξων αριθμός των ερωτηθέντων. Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.7 οι απαντήσεις του 2^{ου} ερωτηθέντα έχουν διαγραφεί, καθώς δεν πληρούσαν τις προϋποθέσεις για ανάλυση.
- ID, ο αριθμός του εκάστοτε σεναρίου της τρίτης ενότητας
- Choice, η επιλογή μίας εκ των τεσσάρων εναλλακτικών σεναρίων, με 1=πατίνι, 2=Μ.Μ.Μ., 3=πεζή, και 4=κανένα από τα προηγούμενα.
- Time1, Time2, Time3, η τιμή της μεταβλητής του χρόνου μετακίνησης για το πατίνι, τα Μ.Μ.Μ., και για τη μετακίνηση ως πεζή αντίστοιχα
- Cost1, Cost2, Cost3, η τιμή της μεταβλητής του κόστους για το πατίνι, τα Μ.Μ.Μ. και για τη μετακίνηση ως πεζή αντίστοιχα. Εδώ να **σημειωθεί** ότι το Cost3, που αναφέρεται στο κόστος μετακίνησης ως πεζή, είναι πρακτικά μηδενικό. Όμως, εξ αιτίας προβλημάτων που προέκυψαν αργότερα κατά την ανάλυση των δεδομένων στην R-Studio, αποφασίστηκε το Cost3 να πάρει την τιμή 0,01€ προκειμένου να είναι δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων.
- Comfort1, Comfort2, Comfort3, η τιμή της μεταβλητής της άνεσης για το πατίνι, τα Μ.Μ.Μ. και τη μετακίνηση ως πεζή αντίστοιχα, όπου 1=Υψηλή και 2=Χαμηλή
- LICENSE, EXP ..., η κωδικοποίηση των ερωτήσεων σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο του Παραρτήματος Α

5.3.2 Ο κώδικας

Η διαδικασία δημιουργίας του αρχείου RDATA είναι αναλυμένη στο αντίστοιχο κεφάλαιο 5.2.2 της πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

Στο επόμενο βήμα, **ανατίθεται για κάθε μεταβλητή του αρχείου RDATA το είδος της** (διακριτή-factor ή συνεχής-numeric). Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν διακριτές τιμές, εκτός του χρόνου και του κόστους που είναι συνεχείς. Οι εντολές για τη διαδικασία φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.

```
RDATA$LICENSE=as.factor(RDATA$LICENSE)
RDATA$EXP=as.factor(RDATA$EXP)
RDATA$IX=as.factor(RDATA$IX)
RDATA$DR_TIME=as.factor(RDATA$DR_TIME)
RDATA$NR_MOVE=as.factor(RDATA$NR_MOVE)
RDATA$WTIMES_TRANSP=as.factor(RDATA$WTIMES_TRANSP)
RDATA$TYPE_IX=as.factor(RDATA$TYPE_IX)
RDATA$TYPE_TAXI=as.factor(RDATA$TYPE_TAXI)
RDATA$TYPE_MOTO=as.factor(RDATA$TYPE_MOTO)
RDATA$TYPE_METRO=as.factor(RDATA$TYPE_METRO)
RDATA$TYPE_BIKE=as.factor(RDATA$TYPE_BIKE)
RDATA$TYPE_ESCOOTER=as.factor(RDATA$TYPE_ESCOOTER)
RDATA$TYPE_FEET=as.factor(RDATA$TYPE_FEET)
RDATA$TYPE_OTHER=as.factor(RDATA$TYPE_OTHER)
RDATA$DAY_WALK=as.factor(RDATA$DAY_WALK)
RDATA$ATH=as.factor(RDATA$ATH)
RDATA$WHY_BSSNS=as.factor(RDATA$WHY_BSSNS)
RDATA$WHY_FUN=as.factor(RDATA$WHY_FUN)
RDATA$WHY_OTHER=as.factor(RDATA$WHY_OTHER)
RDATA$MEANT_ATH=as.factor(RDATA$MEANT_ATH)
RDATA$USE_ESCOOTER=as.factor(RDATA$USE_ESCOOTER)
RDATA$MFREQ_ESCOOTER=as.factor(RDATA$MFREQ_ESCOOTER)
RDATA$ADV_SPEED=as.factor(RDATA$ADV_SPEED)
RDATA$ADV_COST=as.factor(RDATA$ADV_COST)
RDATA$ADV_PARKING=as.factor(RDATA$ADV_PARKING)
RDATA$ADV_ECLOGY=as.factor(RDATA$ADV_ECLOGY)
RDATA$ADV_DELAY=as.factor(RDATA$ADV_DELAY)
RDATA$ADV_PREDICTBL=as.factor(RDATA$ADV_PREDICTBL)
RDATA$ADV_FLEXIBLE=as.factor(RDATA$ADV_FLEXIBLE)
RDATA$ADV_FUN=as.factor(RDATA$ADV_FUN)
RDATA$ADV_OTHER=as.factor(RDATA$ADV_OTHER)
RDATA$DIS_COST=as.factor(RDATA$DIS_COST)
RDATA$DIS_AVLBLTY=as.factor(RDATA$DIS_AVLBLTY)
RDATA$DIS_EROAD=as.factor(RDATA$DIS_EROAD)
RDATA$DIS_RESPECT=as.factor(RDATA$DIS_RESPECT)
RDATA$DIS_SLOPE=as.factor(RDATA$DIS_SLOPE)
RDATA$DIS_WEATHER=as.factor(RDATA$DIS_WEATHER)
RDATA$DIS_JUDGE=as.factor(RDATA$DIS_JUDGE)
RDATA$DIS_COMFORT=as.factor(RDATA$DIS_COMFORT)
RDATA$DIS_SAFETY=as.factor(RDATA$DIS_SAFETY)
RDATA$DIS_RENTKNWLDG=as.factor(RDATA$DIS_RENTKNWLDG)
RDATA$DIS_ROADCONSTR=as.factor(RDATA$DIS_ROADCONSTR)
RDATA$DIS_DRIVEKNWLDG=as.factor(RDATA$DIS_DRIVEKNWLDG)
RDATA$DIS_OTHER=as.factor(RDATA$DIS_OTHER)
RDATA$EXISTANCE=as.factor(RDATA$EXISTANCE)
RDATA$COSTT=as.factor(RDATA$COSTT)
RDATA$FUTURE_USE=as.factor(RDATA$FUTURE_USE)
RDATA$GENDER=as.factor(RDATA$GENDER)
RDATA$AGE=as.factor(RDATA$AGE)
RDATA$RLTNSHP=as.factor(RDATA$RLTNSHP)
RDATA$INCOME=as.factor(RDATA$INCOME)
RDATA$EDUCATION=as.factor(RDATA$EDUCATION)
RDATA$PROFESSION=as.factor(RDATA$PROFESSION)
RDATA$JOB_FLEX=as.factor(RDATA$JOB_FLEX)
RDATA$CHLRDN=as.factor(RDATA$CHLRDN)
```

Εικόνα 5.8: Δήλωση των διακριτών μεταβλητών του αρχείου RDATA

Όπως εφαρμόστηκε και στην πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, έτσι και εδώ ακολουθείται η διαδικασία σύμπτυξης ορισμένων απαντήσεων με την ανάθεση των τιμών των αρχικών απαντήσεων σε καινούργιες τιμές. Η αλλαγή αυτή πραγματοποιείται για την καλύτερη οπτική παρουσίαση και κατανόηση των μεταβλητών από τον χρήστη.

```
RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION>2]<-20 #foititis,ptixiouxos panepistimiou,ptixiouxos metaptixiakou,allo
RDATA2$EDUCATION[RDATA2$EDUCATION<=2]<-19 #dimotiko-gimnasio,likeio
```

Εικόνα 5.5: Παράδειγμα σύμπτυξης απαντήσεων

Με την εντολή glm, η οποία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία γενικών διωνυμικών μοντέλων, συντάσσεται το **τελικό μοντέλο BLR1** με τον κώδικα ως εξής:

```
BLR1 <- glm ( FUTURE_USE ~ IX + DIS_WEATHER+ ADV_SPEED + ADV_FUN + AGE +
MFREQ_ESCOOTER, data = RDATA, family = binomial(link='logit'))
```


Συγκεκριμένα:

Η εξαρτημένη μεταβλητή FUTURE_USE, η οποία αναφέρεται στην ερώτηση “Σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο άμεσο μέλλον τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια;”, υπολογίζεται συναρτήσει των ανεξάρτητων μεταβλητών IX, DIS_WEATHER, ADV_SPEED, ADV_FUN, AGE και MFREQ_ESCOOTER, των οποίων οι τιμές παραμένουν σταθερές ανεξάρτητα της εναλλακτικής επιλογής. Ο παραπάνω συνδυασμός των μεταβλητών επετεύχθη ύστερα από πλήθος δοκιμών, ελέγχοντας διάφορους συνδυασμούς των παραμέτρων.

5.3.3 Συνάρτηση χρησιμότητας

Το μοντέλο BLR1 που επιλέχθηκε για τη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση παρουσιάζει την εξής μορφή:

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-0.3103	0.2387	-1.300	0.19364	
IX0	-0.8088	0.2813	-2.876	0.00403	**
DIS_WEATHER0	-0.9042	0.3052	-2.963	0.00305	**
ADV_SPEED0	1.4450	0.2850	5.070	3.98e-07	***
ADV_FUN0	2.8770	0.2835	10.150	< 2e-16	***
AGE18	-1.7022	0.3339	-5.098	3.42e-07	***
MFREQ_ESCOOTER16	1.8024	0.5561	3.241	0.00119	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 660.56 on 487 degrees of freedom
Residual deviance: 427.62 on 481 degrees of freedom
AIC: 441.62

Number of Fisher Scoring iterations: 5

Η συνάρτηση χρησιμότητας που προκύπτει από αυτό το μοντέλο είναι:

$$U = - 0,809 * IX0 - 0,904 * DIS_WEATHER + 1,445 * ADV_SPEED0 + 2,877 * ADV_FUN0 - 1,702 * AGE18 + 1,802 * MFREQ_ESCOOTER16$$

Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην εξίσωση είναι:

- Η συνάρτηση δεν περιέχει σταθερό όρο.
- IX0, η επιλογή “Ναι” στην ερώτηση, “Α.3 Είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ.;;”.
- DIS_WEATHER, η επιλογή “Κακές καιρικές συνθήκες” στην ερώτηση, “Β.2 Ποιοι από τους παρακάτω λόγους σας αποτρέπουν από το να χρησιμοποιήσετε κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια στις μετακινήσεις σας”

- ADV_SPEED, η επιλογή “Ταχύτητα” στην ερώτηση, “B.1 Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών”.
- ADV_FUN, η επιλογή “Είναι διασκεδαστικά” στην ερώτηση, “B.1 Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών”.
- AGE18, η συμπτυγμένη επιλογή “36-60, >60 “ στην ερώτηση “Δ.2 Ηλικία”
- MFREQ_ESCOOTER16, η συμπτυγμένη επιλογή “4-5 φορές το μήνα, σχεδόν καθημερινά” στην ερώτηση, “A.13 Εάν χρησιμοποιείτε κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι, τότε πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε το μήνα;”

5.3.4 Στατιστικός έλεγχος μοντέλου

Απολύτως απαραίτητος για την αποδοχή του μοντέλου και των συναρτήσεων χρησιμότητας αποτελεί ο **στατιστικός έλεγχος του μοντέλου**, ο οποίος πραγματοποιείται αυτόματα στο R-Studio κατά την εξαγωγή των μαθηματικών μοντέλων.

Τα δεδομένα αυτά έχουν συγκεντρωθεί στον παρακάτω πίνακα συγκεντρωτικά για την συνάρτηση που αναπτύχθηκε προηγουμένως.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	P-Value	Odds Ratio	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
Στ. όρος	-0,31	0,194	0,73	Μη Σημαντικό
IX0	-0,809	<0,01	0,45	0,01
DIS_WEATHER0	-0,904	<0,01	0,40	0,01
ADV_SPEED0	1,445	<0,01	4,24	0,001
ADV_FUN0	2,877	<0,01	17,76	0,001
AGE18	-1,702	<0,01	0,18	0,001
MFREQ_ESCOOTER16	1,802	<0,01	6,06	0,01

Πίνακας 5.2: Στατιστικός έλεγχος των μεταβλητών του μοντέλου της διωνυμικής παλινδρόμησης.

Αναλυτικότερα:

- “Μεταβλητές”, το όνομα των μεταβλητών που έχουν συμπεριληφθεί στο μοντέλο.
- “Συντελεστές”, η αριθμητική τιμή των συντελεστών των μεταβλητών.
- “P-Value”, η τιμή του P-Value με βάση την οποία κρίνεται η σημαντικότητα κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 95 τοις εκατό. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε τιμή του P-Value μικρότερη ή ίση του 0.05 γίνεται αποδεκτή για το μοντέλο.
- “Odds Ratio”, μαθηματικά ορίζεται ως $\exp(\text{Συντελεστές})$. Ερμηνεύεται ως πόσες φορές πιο πιθανόν είναι να επιλεγεί η εκάστοτε εναλλακτική επιλογή σε σχέση με την επιλογή αναφοράς με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Αναλυτικότερα, η ερμηνεία του Odds Ratio έχει δοθεί στο Κεφάλαιο 3.5.
- “Σημαντικότητα”, το επίπεδο σημαντικότητας με βάση την τιμή του P-Value. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ή 95 τοις εκατό. Μικρότερη τιμή από την 0.05 σημαίνει μεγαλύτερο επίπεδο σημαντικότητας και άρα, αποδεκτή τιμή της μεταβλητής.

Οι συντελεστές των μεταβλητών ακολουθούν μια **λογική ερμηνεία**, ικανοποιώντας και αυτό το κριτήριο, όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.6.

Όσον αφορά στον **έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών**, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.6, ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα R-Studio με την εντολή `cor(RDATA)` αφού είχε προηγηθεί η μετατροπή όλων των μεταβλητών σε αριθμούς. Τα ζευγάρια των μεταβλητών ATH - WHY_BSSN, CHLRDN - EXP - AGE - RLTSHP και WTMS_TNSP - TYPE_METRO παρουσίασαν συσχέτιση μεταξύ τους άνω του 0.4 και συνεπώς δεν χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα σε κανένα μοντέλο.

Σύμφωνα με τον έλεγχο Hosmer – Lemeshow που πραγματοποιήθηκε με την εντολή: `hl <- hoslem.test (BLR1$y, fitted(BLR1), g=10)`, ο δείκτης χ^2 του μοντέλου βρέθηκε ίσος με 10,635 και το P-Value=0,2233, οι οποίες είναι αποδεκτές τιμές.

5.3.5 Αποτελέσματα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρατίθεται η **ερμηνεία της συνάρτησης χρησιμότητας** που παρουσιάστηκε παραπάνω. Αρχικά, η συνάρτηση χρησιμότητας U, η οποία εκφράζει τη συνάρτηση για την πρόθεση χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού στο άμεσο μέλλον ορίζεται ως εξής:

$$U = - 0,809 * IX0 - 0,904 * DIS_WEATHER + 1,445 * ADV_SPEED0 + 2,877 * ADV_FUN0 - 1,702 * AGE18 + 1,802 * MFREQ_ESCOOTER16$$

Στη συνάρτηση αυτή διακρίνονται **6 μεταβλητές και καμία σταθερά**, όπως αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5.3.3.

Από την συνάρτηση U μπορεί κανείς να **συμπεράνει** με τη βοήθεια και των **Odds Ratio** του Πίνακα 5.2 τα εξής:

- Οι **ιδιοκτήτες Ι.Χ.**, είναι κατά 55% λιγότερο πιθανό να επιλέξουν κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι στο μέλλον, καθώς η ασφάλεια, η ταχύτητα και η άνεση ενός Ι.Χ. δεν αντικαθίσταται σε καμία περίπτωση από ένα e-scooter.
- Εκείνοι που θεωρούν αποτρεπτικό λόγο επιλογής ηλεκτρικού πατινιού τις **κακές καιρικές συνθήκες**, είναι κατά 60% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρικό πατίνι στο άμεσο μέλλον.
- Εκείνοι που θεωρούν πλεονέκτημα των e-scooters την **ταχύτητά** τους, είναι 4,24 φορές πιο πιθανό να επιλέξουν ηλεκτρικό πατίνι στο μέλλον.
- Εκείνου που θεωρούν πλεονέκτημα των e-scooters τη **διασκέδαση** που προσφέρουν είναι 17,76 φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρικό πατίνι στο άμεσο μέλλον. Φαίνεται εδώ, πως ο συνδυασμός διασκέδασης και μετακίνησης είναι ιδιαίτερα ελκυστικός για εκείνους που είναι θετικοί απέναντι στα ηλεκτρικά πατίνια.

- Οι Αθηναίοι **ηλικίας 36-60 και >60 ετών** έχουν 82% λιγότερες πιθανότητες να επιλέξουν ένα e-scooter για τη μετακίνησή τους στο μέλλον. Είναι λογικό, οι άνθρωποι μεγαλύτερης ηλικίας, να αποφεύγουν δραστηριότητες με τις οποίες δεν είναι εξοικειωμένοι και ελλοχεύουν κινδύνους.
- Εκείνοι που **χρησιμοποιούν ηλεκτρικό πατίνι 4-5 φορές το μήνα ή και σχεδόν καθημερινά** είναι 6,06 φορές πιο πιθανό να το επιλέξουν ξανά στο άμεσο μέλλον.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη

Ο τομέας των Μεταφορών βρίσκεται σε περίοδο δραστικών αλλαγών που αναμένεται να διαφοροποιήσουν ριζικά τους τρόπους μετακίνησης και μεταφοράς στο μέλλον. Η παροχή υπηρεσιών κινητικότητας αποτελεί έναν από τους κύριους τομείς αυτών των αλλαγών. Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση των προτιμήσεων, των Αθηναίων πολιτών, προς τα ηλεκτρικά πατίνια** και ο προσδιορισμός των σημαντικότερων παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή του μέσου μεταφοράς τους.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης και, συγκεκριμένα η συλλογή πραγματοποιήθηκε μέσω ενός κατάλληλα σχεδιασμένου **ερωτηματολογίου**. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν, επεξεργάστηκαν και κωδικοποιήθηκαν καταλλήλως με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική τους ανάλυση ώστε να παραχθούν **μαθηματικά μοντέλα**, μέσω των οποίων προσδιορίζεται η επιρροή των μεταβλητών του χρόνου, του κόστους, της άνεσης καθώς και άλλων παραγόντων, όπως η ηλικία και το φύλο, στην επιλογή ή όχι ενός κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού.

Μετά από μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν δύο μαθηματικά πρότυπα με τη μέθοδο της **πολυωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης**. Το ένα αφορούσε στην επιλογή κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού και το άλλο στην επιλογή μετακίνησης με τα πόδια. Τα δύο αυτά πρότυπα αναπτύχθηκαν για συγκεκριμένο σενάριο μετακίνησης στο κέντρο της Αθήνας, έχοντας ως επίπεδο αναφοράς τα Μ.Μ.Μ.. Αναπτύχθηκε ακόμα ένα τρίτο μαθηματικό μοντέλο με τη μέθοδο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** για τη διερεύνηση της πρόθεσης χρήσης κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών στο άμεσο μέλλον.

Πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Συνάρτηση επιλογής **κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού**:

$$U1 = -2,178 - 0,078 * Time - 0,378 * Cost - 0,512 * Comfort + 0,571 * GENDER1 + 1,062 * ADV_PARKING0 - 1,051 * CHLRDN2 + 2,104 * CHLRDN4 + 1,404 * USE_ESCOOTER0 - 0,947 * DIS_ROADCNSTR0 + 0,520 * JOB_FLEX2 - 1,484 * JOB_FELX3 + 1,493 * FUTURE_USE0 - 1,161 * WTIMES_TRANSP10$$

Συνάρτηση επιλογής **πεζής μετακίνησης**:

$$U3 = - 0,078 * Time - 0,378 * Cost - 0,512 * Comfort - 1,370 * DIS_WEATHER0 + 1,194 * ADV_PARKING0 + 0,617 * USE_ESCOOTER0 + 1,663 * ATH0 - 0,849 * DIS_ROADCONSTRO - 0,578 * FUTURE_USE0$$

Τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω μαθηματικών προτύπων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 6.1.

Μεταβλητές	Επιλογή Πατινιού			Επιλογή Πεζής Μετακίνησης		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Σταθερός όρος	-2,178	<0,01				
Χρόνος	-0,078	<0,01	0,92	-0,078	<0,01	0,92
Κόστος	-0,378	<0,01	0,69	-0,378	<0,01	0,69
Άνεση	-0,512	<0,01	0,6	-0,512	<0,01	0,6
Γυναίκα	0,571	0,014	1,77			
Αποτρεπτικός λόγος χρήσης πατινιού οι "Κακές καιρικές συνθήκες"				-1,37	<0,01	0,25
Πλεονέκτημα πατινιού η " Ευκολία στο παρκάρισμα"	1,062	<0,01	2,89	1,194	<0,01	3,3
Οικογένεια με 2 παιδιά	-1,051	0,011	0,35			
Οικογένεια με 4 παιδιά	2,104	<0,01	8,2			
Έχω χρησιμοποιήσει e-scooter	1,404	<0,01	4,07	0,617	0,027	1,85
Είμαι κάτοικος του Δήμου Αθηναίων				1,663	<0,01	5,28
Αποτρεπτικός λόγος χρήσης πατινιού η "Κακή κατασκευή των οδών κυκλοφορίας"	-0,947	<0,01	0,39	-0,849	<0,01	0,43
Δεν εργάζομαι με ελαστικό ωράριο	0,52	0,028	1,68			
Δεν εργάζομαι	-1,484	<0,01	0,23			
Σκοπεύω να χρησιμοποιήσω στο μέλλον e-scooter	1,493	<0,01	4,45	-0,578	0,014	0,56
Χρησιμοποιώ Μ.Μ.Μ. 4-10 φορές ή και >10 φορές την εβδομάδα	-1,162	<0,01	0,31			

Πίνακας 6.1: Μοντέλο επιλογής μέσου - Συναρτήσεις χρησιμότητας Πατινιού-Πεζής μετακίνησης

Μοντέλο πρόθεσης χρήσης κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών στο άμεσο μέλλον:

$$U = - 0,809 * IX0 - 0,904 * DIS_WEATHER + 1,445 * ADV_SPEED0 + 2,877 * ADV_FUN0 - 1,702 * AGE18 + 1,802 * MFREQ_ESCOOTER16$$

Τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Μεταβλητές	Πρόθεση χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού		
	Συντελεστές	P-Value	Odds Ratio
Σταθερός όρος			
Είμαι ιδιοκτήτης Ι.Χ.	-0,809	<0,01	0,45
Αποτρεπτικός λόγος χρήσης πατινιού οι "Κακές καιρικές συνθήκες"	-0,904	<0,01	0,4
Πλεονέκτημα πατινιού η " Ταχύτητα"	1,445	<0,01	4,24
Πλεονέκτημα πατινιού η " Διασκέδαση"	2,877	<0,01	17,76
Ηλικία 36-60 ή και >60 ετών	-1,702	<0,01	0,18
Χρησιμοποιώ ηλεκτρικό πατίνι 4-5 φορές το μήνα ή και σχεδόν καθημερινά	1,802	<0,01	6,06

Πίνακας 6.2: Μοντέλο πρόθεσης χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού στο άμεσο μέλλον

6.2 Συμπεράσματα

Τα **σημαντικότερα συμπεράσματα** που προκύπτουν μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων συνοψίζονται στα εξής σημεία:

- Οι Αθηναίοι πολίτες εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους **ιδιαίτερα αρνητικοί ως προς τη μετακίνηση ως πεζοί**, ωστόσο παρουσιάζουν περισσότερο θετική στάση απέναντι στα **κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια**. Ειδικότερα, όσο το κόστος και ο χρόνος μετακίνησης μειώνεται η πιθανότητα επιλογής e-scooter εμφανίζεται μεγαλύτερη. Αντίθετα, όσο ο χρόνος και το κόστος αυξάνεται η προτίμηση μετατοπίζεται στα Μ.Μ.Μ., τα οποία σε κάθε περίπτωση βρίσκονται στην κορυφή των προτιμήσεων των Αθηναίων, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τρόπους μετακίνησης.
- Η επιλογή κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού εξαρτάται κυρίως από το **κόστος, τον χρόνο και το επίπεδο άνεσης** που αυτό προσφέρει, συμπέρασμα που συμφωνεί με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Ο βασικός ανταγωνιστής των e-scooter φαίνεται να είναι τα Μ.Μ.Μ.. Ωστόσο, όσο ο χρόνος και το κόστος βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα και το επίπεδο άνεσης παραμένει υψηλό, τότε η πιθανότητα χρήσης κοινόχρηστου ηλεκτρικού πατινιού βρίσκεται πολύ κοντά σε εκείνη των Μ.Μ.Μ..
- Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η **εξοικείωση** που είχαν οι ερωτηθέντες με τα ηλεκτρικά πατίνια. Εκείνοι που είχαν χρησιμοποιήσει στο παρελθόν e-scooter, διατηρούσαν μια πιο θετική στάση απέναντί τους και φάνηκε να τα επιλέγουν συχνότερα στις μετακινήσεις τους, αφού τα γνώριζαν καλά.
- Ένα μεγάλο μέρος του δείγματος διατηρεί επιφυλακτική στάση απέναντι στη χρήση ηλεκτρικού πατινιού, γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται τόσο στη **μειωμένη ασφάλεια** μετακίνησης που προσφέρει, όσο και στο **αυξημένο κόστος** του συγκριτικά με τα Μ.Μ.Μ.. Το e-scooter αποτελεί ένα νέο τρόπο μετακίνησης στο κέντρο της Αθήνας και σίγουρα θα χρειαστεί αρκετό χρόνο ώστε να ανέβει στις προτιμήσεις μετακίνησης των Αθηναίων.
- Τα στατιστικά μοντέλα έδειξαν ότι, όσο σημαντικότερη θεωρούν οι Αθηναίοι τη **διάρκεια** στις μετακινήσεις τους, τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να επιλέξουν κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι για αυτές. Επιβεβαιώνεται δηλαδή, ο χαρακτήρας που έχουν τα e-scooter, για χρήση μικρής διάρκειας και απόστασης.
- Η αρνητική επιρροή του κόστους και του χρόνου μετακίνησης είναι απολύτως αναμενόμενες στην επιλογή μεταφορικού μέσου και σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, **η αύξηση του κόστους και του χρόνου** μετακίνησης, έχει ως συνέπεια τη μείωση της πιθανότητας επιλογής e-scooter.

- Οι **γυναίκες** φάνηκαν να είναι περισσότερο πρόθυμες να χρησιμοποιήσουν κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι στις μετακινήσεις τους σε σχέση με τους άνδρες, που ενδεχομένως είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν μεγαλύτερα ρίσκα και να προτιμήσουν τις μοτοσυκλέτες για τις μικρο-μετακινήσεις τους.
- Οι Αθηναίοι που θεωρούν ως πλεονέκτημα των ηλεκτρικών πατινιών, την **ευκολία στο παρκάρισμα**, έχουν περίπου τριπλάσιες πιθανότητες να τα επιλέξουν στις μετακινήσεις τους. Φανερώνεται εδώ, το πρόβλημα στάθμευσης που υπάρχει στο κέντρο της Αθήνας, το οποίο αποτυπώνεται με την επιλογή μέσου μετακίνησης που δεν απαιτεί ιδιαίτερο χώρο στο παρκάρισμα.
- Εκείνοι που είχαν έως **2 παιδιά** ήταν κατά 65% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν e-scooter, ενώ εκείνοι που δήλωσαν **4 παιδιά** ήταν πολύ πιο πιθανό να επιλέξουν πατίνι αντί των Μ.Μ.Μ.. Ενδεχομένως αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, τα παιδιά εκλαμβάνουν τη μετακίνηση με πατίνι σαν μια ψυχαγωγική δραστηριότητα και η επιρροή περισσότερων παιδιών στις αποφάσεις των γονέων, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη δύο ή λιγότερων παιδιών.
- Οι Αθηναίοι που θεωρούν ως αποτρεπτικό λόγο χρήσης ηλεκτρικού πατινιού, την **κακή κατάσταση των οδών** είναι περισσότερο διστακτικοί στη χρήση τους. Αυτό το αποτέλεσμα είναι λογικό και αναμενόμενο, αφού αρκετές οδοί στο κέντρο της Αθήνας, χαρακτηρίζονται από ανωμαλίες στο οδόστρωμα και συνεπώς η οδήγηση ενός μικρού δίκυκλου μέσου, όπως το e-scooter, μπορεί να είναι δύσκολη και επικίνδυνη.
- Όσοι Αθηναίοι **δεν εργάζονται με ελαστικό ωράριο**, είναι περισσότερο πιθανό να επιλέξουν κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι. Γνωρίζοντας το καθημερινό ωράριο εργασίας του, ο μετακινούμενος μπορεί να βάλει στην καθημερινότητά του τη χρήση e-scooter, είτε για να καλύψει μία απόσταση τελευταίου μιλιού από στάση λεωφορείου-μετρό στην εργασία του, είτε για να καλύψει μια μεγαλύτερη διαδρομή.
- Αντίθετα εκείνοι που δήλωσαν ότι **δεν εργάζονται** έχουν την τάση να επιλέγουν σπανιότερα στις μετακινήσεις τους τα ηλεκτρικά πατίνια. Πιθανώς το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται εν μέρει στη μειωμένη ανάγκη για καθημερινή μετακίνηση του ερωτηθέντα και εν μέρει, στο μικρότερο εισόδημα που αυτός διαθέτει σε συνδυασμό με το σχετικά υψηλό κόστος χρήσης του ηλεκτρικού πατινιού.
- Οι Αθηναίοι πολίτες που χρησιμοποιούν **Μ.Μ.Μ. περισσότερο από 4 φορές** μέσα στην εβδομάδα δεν προτιμούν τα e-scooter στις μετακινήσεις τους. Αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς η συγκεκριμένη ομάδα των ερωτηθέντων, είναι συνηθισμένη σε έναν τρόπο καθημερινής μετακίνησης και δεν έχει τη διάθεση να αλλάξει την καθημερινότητά της επιλέγοντας ακριβότερα και επικινδυνότερα μέσα.

6.3 Προτάσεις για αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά εξαγόμενα συμπεράσματα από την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μίας σειράς προτάσεων που ενδεχομένως θα συμβάλλουν στην ουσιαστικότερη ένταξη των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών μεταξύ των επιλογών των Αθηναίων μετακινούμενων, για τις καθημερινές διαδρομές τους.

- Δεδομένης της καταλυτικής θέσης που κατέχει το κόστος στην επιλογή μέσου μετακίνησης, οι **εταιρείες** που διαχειρίζονται και παρέχουν τις υπηρεσίες κοινοχρησίας πατινιών συνίσταται να αναπτύξουν ένα σχέδιο μείωσης του κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών τους, έτσι ώστε η κοινοχρησία να είναι προσιτή από άποψη κόστους στους μετακινούμενους και κατά συνέπεια να αποτελέσει ελκυστικότερη επιλογή μετακίνησης. Αυτό το σχέδιο θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί για ένα διάστημα ικανό, ώστε οι μετακινούμενοι να εξοικειωθούν με αυτόν τον τρόπο μεταφοράς και να έρθουν σε άμεση επαφή με τα πλεονεκτήματα που προσφέρει. Μετά το πέρας αυτού του διαστήματος, συνίσταται να μην υπάρξουν σημαντικές αυξήσεις στο κόστος της υπηρεσίας, ούτως ώστε να εξακολουθήσει να είναι ανταγωνιστική έναντι των υπόλοιπων τρόπων μετακίνησης.
- Ακόμη, θεωρείται αναγκαία η **δημιουργία ειδικών λωρίδων κυκλοφορίας** ηλεκτρικών πατινιών, οι οποίες θα μπορούν ταυτοχρόνως να εξυπηρετούν και διαδρομές με ποδήλατο. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η ασφάλεια των χρηστών e-scooter, ενώ παράλληλα μειώνεται η οδήγηση πατινιών σε πεζοδρόμια, όπου οι χρήστες αισθάνονται περισσότερο προστατευμένοι.
- Επιπλέον κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή κατάλληλων **νομοθετικών ρυθμίσεων** εκ μέρους της Πολιτείας, με βασικό στόχο τη δημιουργία ενός πλαισίου λειτουργίας των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών και ενθαρρύνοντας παράλληλα τους Αθηναίους προς τη χρήση τους, ώστε να γίνει πιο ασφαλής η χρήση τους και να αποφορτιστεί το κέντρο της πόλης από τα Ι.Χ.
- Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται ένα **ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης** από την Πολιτεία ώστε να τονιστούν τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών, καθώς αποτελούν ένα μέσο μεταφοράς με θετικές συνέπειες στο περιβάλλον και στον αστικό χώρο. Ειδικά το κέντρο της Αθήνας, έχει ανάγκη από περισσότερες θέσεις στάθμευσης, κάτι το οποίο τα e-scooter μπορούν να προσφέρουν, μειώνοντας παράλληλα την κυκλοφοριακή συμφόρηση από τα Ι.Χ. και τα Μ.Μ.Μ.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάστηκε η επιρροή του χρόνου, του κόστους, και της άνεσης στην επιλογή κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών. Παράλληλα, με την προσθήκη επιπρόσθετων μεταβλητών σχετικές με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά και τις απόψεις των ερωτηθέντων εξήχθησαν μαθηματικά μοντέλα με υψηλή αξιοπιστία ως προς την εξαγωγή των συμπερασμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Υπάρχουν, ωστόσο, **περιθώρια για περαιτέρω συνέχιση της έρευνας** σε ένα πεδίο που θα απασχολήσει αρκετά την επιστημονική κοινότητα τα επόμενα χρόνια:

- Στο μέλλον, προτείνεται η **επέκταση του δείγματος**, ώστε να περιλαμβάνει ένα μεγαλύτερο εύρος πληθυσμού που δεν θα προέρχεται κατά πλειοψηφία από το διαδίκτυο.
- Επιπρόσθετα, εξαιτίας της φύσης του αντικειμένου, το οποίο είναι καινοτόμο και έχει εισέλθει πρόσφατα στην καθημερινότητα των Αθηναίων, τα επόμενα χρόνια επιβάλλεται η **επανάληψη της έρευνας σε τακτά χρονικά διαστήματα**, αφού είναι σχεδόν βέβαιο ότι η γνώμη του κοινού θα μεταβάλλεται ανάλογα με τα εκάστοτε νέα δεδομένα της εποχής.
- Τέλος, ενδέχεται να παρουσιάζει ενδιαφέρον η διεξαγωγή της έρευνας αποκλειστικά σε συγκεκριμένες **γεωγραφικές περιοχές** της χώρας ή/και ομάδες του πληθυσμού, ώστε να μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες - αν υπάρχουν - της κάθε περιοχής ή/και ομάδας σε συγκοινωνιακές υποδομές και νοοτροπία σε σχέση με κάποια άλλη.

Βιβλιογραφία

Gössling Stefan 2020. *Integrating e-Scooters in urban transportation- Problems, policies, and the prospect of system change.*

Chan, N.D., Shaheen, S.A., 2012. *Ridesharing in North America: Past, Present, and Future. Transport Reviews* 32, 93-112.

Justin Rose, Daniel Schellong & Carsten Schaetzberger, Boston Consulting Group 2020. *How E-Scooters Can Win a Place in Urban Transport|BCG.*

Kevin Fang Asha Weinstein Agrawal Jeremy Steele John Joseph Hunter Ashley M. Hooper., 2018. *Where Do Riders Park Dockless, Shared Electronic Scooters?*

C Scott Smith & Joseph P. Schwieterman 2018. *E-Scooter scenarios: Evaluating the Potential Mobility Benefits of Shared Dockless Scooters in Chicago.*

Joseph Hollingsworth, Brenna Copeland and Jeremiah X Johnson 2019. *Are e-scooters polluters? The enviromental impacts of shared dockless electric scooters.*

Junfend Jiao & Shunhua Bai 2020. *Understanding the Shared E-scooter Travels in Austin, TX.*

Tarak K Trivedi, Charles Liu, Anna Liza M Antonio, Natasha Wheaton, Vanessa Kreger, Anna Yap, David Schriger, Joann G Elmore 2019. *Injuries Associated with Standing Electric Scooter Use.*

Portland Bureau of Transportation 2018. *E-Scooter Finding Report - The City of Portland, Oregon.*

Sylvaine Tuncer, Eric Laurier, Barry Brown, Christian Licoppe 2020. *Notes on the practises and appearances of e-scooters users in public space.*

Gössling Stefan 2017. *The Psychology of the Car: Automobile Admiration, Attachment and Addiction.*

CNN 2018. *Electric scooters can be fun. It also might be deadly.*

Guardian 2019. *Invasion of the electric scooter: can our cities cope?*

Won So 2019. *Willingness to use personal mobility devices (PMDs) in South Korea as of March 2019.*

Christopher Robin Cherry & Robert Cervero 2007. *Use characteristics and mode choice behavior of electric bike users in China.*

Xiaomi M365-M365 Pro(Mi Scooter) - Greece 2019. No Title

Jay Todd, David Krauss, Jacqueline Zimmermann, Amber Dunning 2019. *Behavior of Electric Scooter Operators in Naturalistic Environments.*

Timo Eccarius, Chung-Cheng Lu 2020. *Adoption intentions for micromobility - Insights from electric scooter sharing in Taiwan.*

Shunhua Bai & Junfeng Jiao 2020. *Dockless E-scooter usage patterns and urban built Environments: A comparison study of Austin, TX, and Minneapolis, MN.*

Cornelius Hardt and Klaus Bogenberger 2019. *Usage of e-Scooters in Urban Environments.*

International Transport Forum (ITF) 2020. *Safe micromobility report.*

Παραρτήματα

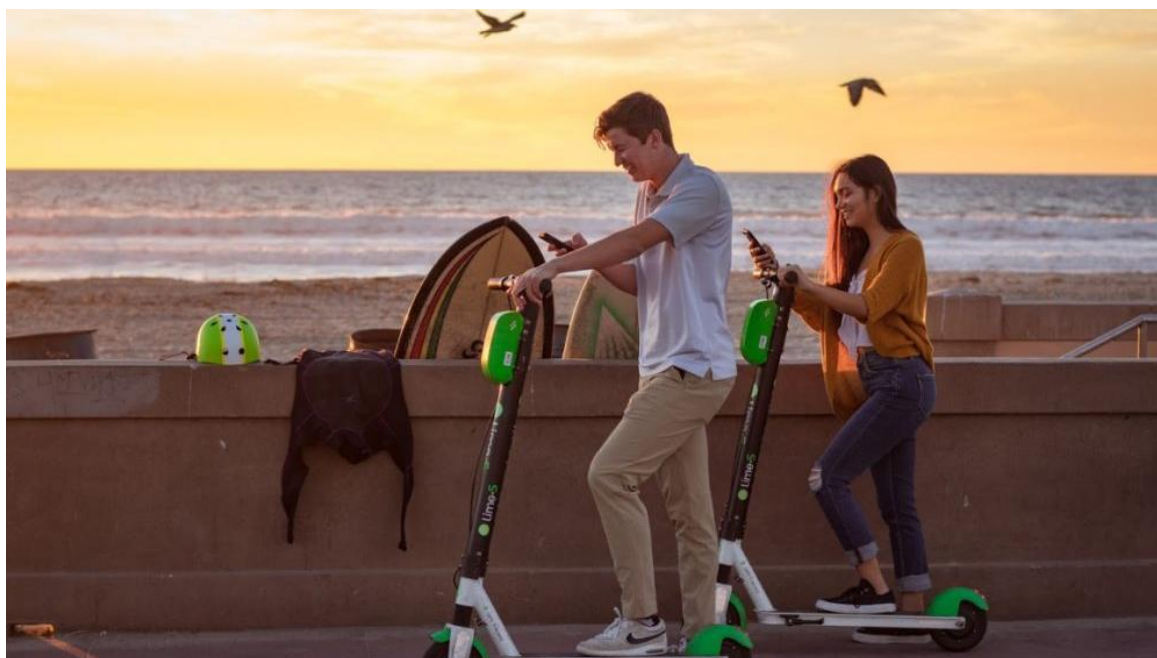
Παράρτημα Α-Ερωτηματολόγιο



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΑΙΩΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΑΤΙΝΙΑ

Ερωτηματολόγιο



Η παρούσα έρευνα με ερωτηματολόγιο εκτελείται στο πλαίσιο Διπλωματικής Εργασίας στον τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με θέμα την έρευνα προτιμήσεων των Αθηναίων απέναντι στα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη.

Ενότητα 1 από 12

Ερωτηματολόγιο έρευνας για τα ηλεκτρικά πατίνια(Χρόνος συμπλήρωσης: λιγότερο από 5 λεπτά)

A. Χαρακτηριστικά Κινητικότητας

A.1 Έχετε δίπλωμα οδήγησης; *

☐ Ναι

☐ Όχι

A.2 Η οδηγική σας εμπειρία είναι:

☐ 0-5 χρόνια

☐ 6-10 χρόνια

☐ >10 χρόνια

A.3 Είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ.; *

☐ Ναι

☐ Όχι

A.4 Πόσες ώρες οδηγείτε καθημερινά;

☐ Λιγότερο από 1 ώρα

☐ 1 έως 3 ώρες

☐ Περισσότερο από 3 ώρες

:::

A.5 Πόσες μετακινήσεις κάνετε την εβδομάδα εντός του Δήμου Αθηναίων(π.χ. από το σπίτι στη *
δουλειά, εκπαίδευση, ψώνια, άθληση, κλπ.);

- ☐ 0-2
- ☐ 3-5
- ☐ 6-10
- ☐ >10

:::

A.6 Ποιος είναι ο τυπικός τρόπος μετακίνησής σας(μπορείτε να επιλέξετε συνδυασμό *
απαντήσεων);

- ☐ Ι.Χ.
- ☐ Ταξί
- ☐ Μοτοσικλέτα/μοτοποδήλατο
- ☐ Μετρό/ΗΣΑΠ
- ☐ Ποδήλατο
- ☐ Ηλεκτρικό πατίνι
- ☐ Πεζή
- ☐ Άλλο

:::

A.7 Πόσες φορές την εβδομάδα χρησιμοποιείτε Μέσα Μαζικής Μεταφοράς; *

- ☐ Σπάνια/Ποτέ
- ☐ 1-3 φορές
- ☐ 4-10 φορές
- ☐ >10 φορές

:::

A.8 Πόση ώρα την ημέρα περπατάτε στον δρόμο κατά μέσο όρο; *

- ☐ 0-10 λεπτά
- ☐ 10-20 λεπτά
- ☐ 20-40 λεπτά
- ☐ >40 λεπτά

:::

A.9 Είστε κάτοικος του Δήμου Αθηναίων; *

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

A.10 Εάν δεν είστε κάτοικος του Δήμου Αθηναίων, ποιος είναι ο πιο συνηθισμένος λόγος μετακίνησής σας από/προς αυτόν(μπορείτε να επιλέξετε συνδυασμό απαντήσεων);

- ☐ Επαγγελματικός/Σπουδές
- ☐ Αναψυχή
- ☐ Άλλο

:::

A.11 Ποιος είναι ο μέσος χρόνος μετακίνησής σας για μια τυπική διαδρομή στο Δήμο Αθηναίων; *

- ☐ 5-10 λεπτά
- ☐ 10-20 λεπτά
- ☐ 20-40 λεπτά
- ☐ 40-60 λεπτά
- ☐ >60 λεπτά

A.12 Έχετε χρησιμοποιήσει κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι; Ενδεχομένως σε συνδυασμό με άλλα μέσα μετακίνησης (π.χ. από το σπίτι στο Μετρό, από τη δουλειά στη στάση λεωφορείου); *

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

A.13 Εάν χρησιμοποιείτε κοινόχρηστο ηλεκτρικό πατίνι, τότε πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε το μήνα;

- ☐ 0-1 φορά το μήνα
- ☐ 2-3 φορές το μήνα
- ☐ 4-5 φορές το μήνα
- ☐ Σχεδόν καθημερινά

Ενότητα 2 από 12

B. Απόψεις για τα πατίνια



...

B.1 Ποια πιστεύετε ότι είναι τα πλεονεκτήματα των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών (μπορείτε να επιλέξετε συνδυασμό απαντήσεων); *

- ☐ Ταχύτητα
- ☐ Κόστος
- ☐ Ευκολία στο παρκάρισμα
- ☐ Οικολογικός τρόπος μετακίνησης
- ☐ Δεν καθυστερούν λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης
- ☐ Προβλέψιμοι χρόνοι μετακίνησης
- ☐ Μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή ή αλλαγή διαδρομής
- ☐ Είναι διασκεδαστικά
- ☐ Άλλο

B.2 Ποιοι από τους παρακάτω λόγους σας αποτρέπουν από το να χρησιμοποιείτε κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια στις μετακινήσεις σας (μπορείτε να επιλέξετε συνδυασμό απαντήσεων); *

- ☐ Υψηλό κόστος
- ☐ Απουσία διαθέσιμων πατινιών
- ☐ Απουσία ειδικών λωρίδων κυκλοφορίας οδήγησης πατινιών
- ☐ Ελλειψη σεβασμού από άλλους οδηγούς
- ☐ Μεγάλη κλίση δρόμων
- ☐ Κακές καιρικές συνθήκες
- ☐ Αίσθημα επίκρισης από τους άλλους χρήστες της οδού
- ☐ Μειωμένη άνεση σε σχέση με τους άλλους τρόπους μετακίνησης
- ☐ Μειωμένη ασφάλεια σε σχέση με τους άλλους τρόπους μετακίνησης
- ☐ Ελλειψη γνώσεων για την ενοικίασή του
- ☐ Ελλειψη γνώσης οδήγησης πατινιού
- ☐ Κακή κατασκευή οδών κυκλοφορίας
- ☐ Άλλο

B.3 Γνωρίζατε την ύπαρξη κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών πριν λάβετε μέρος σε αυτή την έρευνα; *

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

Ενότητα 3 από 12

Γ. Ερωτήσεις Προτιμήσεων



Γ.1. Πιστεύετε ότι το κόστος χρήσης των κοινόχρηστων ηλεκτρικών πατινιών στην Αθήνα είναι: *

- ☐ Ακριβό
- ☐ Κανονικό
- ☐ Φθηνό
- ☐ Δεν γνωρίζω

...

Γ.2. Σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε στο άμεσο μέλλον τα κοινόχρηστα ηλεκτρικά πατίνια; *

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι

Γ.3. Επιλογές σεναρίων

Σας παρακαλούμε να επιλέξετε τον τύπο οχήματος που θα προτιμούσατε για καθένα από τα παρακάτω 8 σενάρια συνδυασμών κόστους, χρόνου και άνεσης που αφορούν μία διαδρομή 15 λεπτών (3 χιλιομέτρων) στο κέντρο της Αθήνας, όπου το συνηθισμένο κόστος μετακίνησης με αυτοκίνητο είναι 10 ευρώ ή με ταξί 5 ευρώ.

Επισημαίνεται ότι στο κόστος χρήσης του οχήματος περιλαμβάνονται χρεώσεις στάθμευσης, αγοράς και συντήρησής του. Ο χρόνος διαδρομής περιλαμβάνει μετεπιβιβάσεις, χρόνο αναμονής μέσου και χρόνο περπατήματος, που χρειάζεστε για να φτάσετε στον τελικό σας προορισμό.

Για κάθε ένα από τα παρακάτω 8 σενάρια επιλέξτε τον τρόπο μεταφοράς που θα προτιμούσατε:

Ενότητα 4 από 12

(Διαδρομή 1)



	ΠΑΤΙΝΙ	Μ.Μ.Μ.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	5	10	30	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	2	0,5	0	
ΑΝΕΣΗ	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	

Σημείωση: Εάν συμπληρώνετε το ερωτηματολόγιο στο κινητό σας τηλέφωνο, παρακαλώ γυρίστε την οθόνη στο πλάι για την καλύτερη εμφάνιση των επιλογών.

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 1 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ Μ.Μ.Μ.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ

Ενότητα 5 από 12

(Διαδρομή 2)



	ΠΑΤΙΝΙ	Μ.Μ.Μ.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	15	20	40	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	2	1,4	0	
ΑΝΕΣΗ	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 2 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ Μ.Μ.Μ.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ

Ενότητα 6 από 12

(Διαδρομή 3)



	ΠΑΤΙΝΙ	Μ.Μ.Μ.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	5	20	30	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	4	0,5	0	
ΑΝΕΣΗ	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 3 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ Μ.Μ.Μ.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Ενότητα 7 από 12

(Διαδρομή 4)



	ΠΑΤΙΝΙ	Μ.Μ.Μ.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	10	15	40	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	3	1,4	0	
ΑΝΕΣΗ	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 4 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ Μ.Μ.Μ.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Ενότητα 8 από 12

(Διαδρομή 5)



	ΠΑΤΙΝΙ	Μ.Μ.Μ.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	10	20	35	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	4	0,5	0	
ΑΝΕΣΗ	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 5 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ Μ.Μ.Μ.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Ενότητα 9 από 12

(Διαδρομή 6)



	ΠΑΤΙΝΙ	Μ.Μ.Μ.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	5	10	30	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	3	0,5	0	
ΑΝΕΣΗ	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 6 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ Μ.Μ.Μ.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Ενότητα 10 από 12

(Διαδρομή 7)



	ΠΑΤΙΝΙ	M.M.M.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	15	20	35	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	2	1	0	
ΑΝΕΣΗ	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 7 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ M.M.M.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Ενότητα 11 από 12

(Διαδρομή 8)



	ΠΑΤΙΝΙ	M.M.M.	ΠΕΖΗ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ
ΧΡΟΝΟΣ(min)	5	15	30	
ΚΟΣΤΟΣ (€)	3	0,5	0	
ΑΝΕΣΗ	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή	

Επιλέξτε ποιο μέσο θα επιλέγατε στη διαδρομή 8 *

- ☐ ΠΑΤΙΝΙ
- ☐ M.M.M.
- ☐ ΠΕΖΗ
- ☐ ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ

Ενότητα 12 από 12

Δ. Δημογραφικά χαρακτηριστικά



Περιγραφή (προαιρετικό)

Δ1. Φύλο: *

- ☐ Άνδρας
- ☐ Γυναίκα

Δ2. Ηλικία: *

- ☐ 18-25
- ☐ 26-35
- ☐ 36-60
- ☐ >60

Δ3. Οικογενειακή κατάσταση: *

- ☐ Ανύπαντρος
- ☐ Παντρεμένος
- ☐ Άλλο

Δ.4 Αριθμός παιδιών *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ >3

Δ5. Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα: *

- ☐ <15.000€
- ☐ 15.000€ - 30.000€
- ☐ >30.000€

Δ6. Μορφωτικό επίπεδο: *

- ☐ Δημοτικό-Γυμνάσιο
- ☐ Λύκειο
- ☐ Φοιτητής
- ☐ Πτυχιούχος Πανεπιστημίου
- ☐ Πτυχιούχος Μεταπτυχιακών Σπουδών
- ☐ Άλλο

Δ7. Επάγγελμα: *

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

Δ.8 Δουλεύετε με ελαστικό ωράριο; *

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι
- ☐ Δεν εργάζομαι

Παράρτημα Β-Ο κώδικας της ανάλυσης στο R-Studio

```

library(mlogit)

#Import DATA from MasterTable
library(readxl)
RDATA <- read_excel("C:/Users/Vasilis/Desktop/R-MASTERTABLE.xlsx")
RDATA=R_MASTERTABLE

#Initially converting everything to numbers for easier manipulation
RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)],
as.numeric)

#NA Escooter frequency is assigned as 0
RDATA$MFREQ_ESCOOTER[is.na(RDATA$MFREQ_ESCOOTER)=="TRUE"] = 0

#RDATA[sapply(RDATA, is.factor)] <- lapply(RDATA[sapply(RDATA, is.factor)],
as.numeric)
RDATA$ID = as.numeric(RDATA$ID)
RDATA$Nr = as.numeric(RDATA$Nr)
RDATA$Cost1 = as.numeric(RDATA$Cost1)
RDATA$Cost2 = as.numeric(RDATA$Cost2)
RDATA$Cost3 = as.numeric(RDATA$Cost3)
RDATA$Time1 = as.numeric(RDATA$Time1)
RDATA$Time2 = as.numeric(RDATA$Time2)
RDATA$Time3 = as.numeric(RDATA$Time3)
RDATA$Comfort1 = as.numeric(RDATA$Comfort1)
RDATA$Comfort2 = as.numeric(RDATA$Comfort2)
RDATA$Comfort3 = as.numeric(RDATA$Comfort3)
str(RDATA)

#Keep complete cases!
RDATA = RDATA[complete.cases(RDATA), ]
#Check that no NAs remain in the dataset
colSums(is.na(RDATA))
View(RDATA)

#REMOVE ALL CHOICE = 4
RDATA = subset(RDATA, RDATA$Choice<4)
#transform to long format
RDATA2 <- mlogit.data(data = RDATA, shape = "wide", choice = "Choice", varying =
4:12, sep = "", id = "ID", alt.levels = c(1, 2, 3))

#Group Answers
RDATA2$NR_MOVE[RDATA2$NR_MOVE>2]<-8 #6-10, >10 metakiniseis (A.5)
RDATA2$NR_MOVE[RDATA2$NR_MOVE<=2]<-7 #0-2, 3-5 metakiniseis (A.5)
RDATA2$WTIMES_TRANSP[RDATA2$WTIMES_TRANSP>2]<-10 #4-10, >10 fores (A.7)
RDATA2$WTIMES_TRANSP[RDATA2$WTIMES_TRANSP<=2]<-9 # spania/pote, 1-3
fores (A.7)

```

RDATA2\$DAY_WALK[RDATA2\$DAY_WALK>2]<-12 #20-40, >40 lepta (A.8)
 RDATA2\$DAY_WALK[RDATA2\$DAY_WALK<=2]<-11 #0-10, 10-20 lepta (A.8)
 RDATA2\$MEANT_ATH[RDATA2\$MEANT_ATH>2]<-14 #40-60,>60 lepta (A.11)
 RDATA2\$MEANT_ATH[RDATA2\$MEANT_ATH<=2]<-13 #5-10,10-20 lepta (A.11)
 RDATA2\$MFREQ_ESCOOTER[RDATA2\$MFREQ_ESCOOTER>2]<-16 #4-5 fores, sxedon
 kathimera (A.13)
 RDATA2\$MFREQ_ESCOOTER[RDATA2\$MFREQ_ESCOOTER<=2]<-15 #0-1, 2-3 fores to
 mina (A.13)
 RDATA2\$AGE[RDATA2\$AGE>2]<-18 #36-60, >60 etwn (D.2)
 RDATA2\$AGE[RDATA2\$AGE<=2]<-17 #18-25, 26-35 etwn (D.2)
 RDATA2\$EDUCATION[RDATA2\$EDUCATION>2]<-20 #foititis,ptixiouxos
 panepistimiou,ptixiouxos metaptixiakou,allo (D.6)
 RDATA2\$EDUCATION[RDATA2\$EDUCATION<=2]<-19 #dimotiko-gimnasOio,likeio
 (D.6)
 RDATA2\$COSTT[RDATA2\$COSTT>2]<-22 # fthino,den gnwrizw (G.1)
 RDATA2\$COSTT[RDATA2\$COSTT<=2]<-21 #akribo,kanoniko (G.1)

#Convert to numbers for correlation check

RDATA2\$LICENSE=as.numeric(RDATA2\$LICENSE)
 RDATA2\$EXP=as.numeric(RDATA2\$EXP)
 RDATA2\$IX=as.numeric(RDATA2\$IX)
 RDATA2\$DR_TIME=as.numeric(RDATA2\$DR_TIME)
 RDATA2\$NR_MOVE=as.numeric(RDATA2\$NR_MOVE)
 RDATA2\$WTIMES_TRANSP=as.numeric(RDATA2\$WTIMES_TRANSP)
 RDATA2\$TYPE_IX=as.numeric(RDATA2\$TYPE_IX)
 RDATA2\$TYPE_TAXI=as.numeric(RDATA2\$TYPE_TAXI)
 RDATA2\$TYPE_MOTO=as.numeric(RDATA2\$TYPE_MOTO)
 RDATA2\$TYPE_METRO=as.numeric(RDATA2\$TYPE_METRO)
 RDATA2\$TYPE_BIKE=as.numeric(RDATA2\$TYPE_BIKE)
 RDATA2\$TYPE_ESCOOTER=as.numeric(RDATA2\$TYPE_ESCOOTER)
 RDATA2\$TYPE_FEET=as.numeric(RDATA2\$TYPE_FEET)
 RDATA2\$TYPE_OTHER=as.numeric(RDATA2\$TYPE_OTHER)
 RDATA2\$DAY_WALK=as.numeric(RDATA2\$DAY_WALK)
 RDATA2\$ATH=as.numeric(RDATA2\$ATH)
 RDATA2\$WHY_BSSNS=as.numeric(RDATA2\$WHY_BSSNS)
 RDATA2\$WHY_FUN=as.numeric(RDATA2\$WHY_FUN)
 RDATA2\$WHY_OTHER=as.numeric(RDATA2\$WHY_OTHER)
 RDATA2\$MEANT_ATH=as.numeric(RDATA2\$MEANT_ATH)
 RDATA2\$USE_ESCOOTER=as.numeric(RDATA2\$USE_ESCOOTER)
 RDATA2\$MFREQ_ESCOOTER=as.numeric(RDATA2\$MFREQ_ESCOOTER)
 RDATA2\$ADV_SPEED=as.numeric(RDATA2\$ADV_SPEED)
 RDATA2\$ADV_COST=as.numeric(RDATA2\$ADV_COST)
 RDATA2\$ADV_PARKING=as.numeric(RDATA2\$ADV_PARKING)
 RDATA2\$ADV_ECOLOGY=as.numeric(RDATA2\$ADV_ECOLOGY)
 RDATA2\$ADV_DELAY=as.numeric(RDATA2\$ADV_DELAY)
 RDATA2\$ADV_PREDICTBL=as.numeric(RDATA2\$ADV_PREDICTBL)
 RDATA2\$ADV_FLEXIBLE=as.numeric(RDATA2\$ADV_FLEXIBLE)

```

RDATA2$ADV_FUN=as.numeric(RDATA2$ADV_FUN)
RDATA2$ADV_OTHER=as.numeric(RDATA2$ADV_OTHER)
RDATA2$DIS_COST=as.numeric(RDATA2$DIS_COST)
RDATA2$DIS_AVLBLTY=as.numeric(RDATA2$DIS_AVLBLTY)
RDATA2$DIS_EROAD=as.numeric(RDATA2$DIS_EROAD)
RDATA2$DIS_RESPECT=as.numeric(RDATA2$DIS_RESPECT)
RDATA2$DIS_SLOPE=as.numeric(RDATA2$DIS_SLOPE)
RDATA2$DIS_WEATHER=as.numeric(RDATA2$DIS_WEATHER)
RDATA2$DIS_JUDGE=as.numeric(RDATA2$DIS_JUDGE)
RDATA2$DIS_COMFORT=as.numeric(RDATA2$DIS_COMFORT)
RDATA2$DIS_SAFETY=as.numeric(RDATA2$DIS_SAFETY)
RDATA2$DIS_RENTKNWLDG=as.numeric(RDATA2$DIS_RENTKNWLDG)
RDATA2$DIS_ROADCONSTR=as.numeric(RDATA2$DIS_ROADCONSTR)
RDATA2$DIS_DRIVEKNWLDG=as.numeric(RDATA2$DIS_DRIVEKNWLDG)
RDATA2$DIS_OTHER=as.numeric(RDATA2$DIS_OTHER)
RDATA2$EXISTANCE=as.numeric(RDATA2$EXISTANCE)
RDATA2$COSTT=as.numeric(RDATA2$COSTT)
RDATA2$FUTURE_USE=as.numeric(RDATA2$FUTURE_USE)
RDATA2$GENDER=as.numeric(RDATA2$GENDER)
RDATA2$AGE=as.numeric(RDATA2$AGE)
RDATA2$RLTNSHP=as.numeric(RDATA2$RLTNSHP)
RDATA2$CHLRDN=as.numeric(RDATA2$CHLRDN)
RDATA2$INCOME=as.numeric(RDATA2$INCOME)
RDATA2$EDUCATION=as.numeric(RDATA2$EDUCATION)
RDATA2$PROFESSION=as.numeric(RDATA2$PROFESSION)
RDATA2$JOB_FLEX=as.numeric(RDATA2$JOB_FLEX)

```

```
corRDATA2<-cor(RDATA2)
```

```
#Convert to factors
```

```

RDATA2$LICENSE=as.factor(RDATA2$LICENSE)
RDATA2$EXP=as.factor(RDATA2$EXP)
RDATA2$IX=as.factor(RDATA2$IX)
RDATA2$DR_TIME=as.factor(RDATA2$DR_TIME)
RDATA2$NR_MOVE=as.factor(RDATA2$NR_MOVE)
RDATA2$WTIMES_TRANSP=as.factor(RDATA2$WTIMES_TRANSP)
RDATA2$TYPE_IX=as.factor(RDATA2$TYPE_IX)
RDATA2$TYPE_TAXI=as.factor(RDATA2$TYPE_TAXI)
RDATA2$TYPE_MOTO=as.factor(RDATA2$TYPE_MOTO)
RDATA2$TYPE_METRO=as.factor(RDATA2$TYPE_METRO)
RDATA2$TYPE_BIKE=as.factor(RDATA2$TYPE_BIKE)
RDATA2$TYPE_ESCOOTER=as.factor(RDATA2$TYPE_ESCOOTER)
RDATA2$TYPE_FEET=as.factor(RDATA2$TYPE_FEET)
RDATA2$TYPE_OTHER=as.factor(RDATA2$TYPE_OTHER)
RDATA2$DAY_WALK=as.factor(RDATA2$DAY_WALK)
RDATA2$ATH=as.factor(RDATA2$ATH)
RDATA2$WHY_BSSNS=as.factor(RDATA2$WHY_BSSNS)

```

```

RDATA2$WHY_FUN=as.factor(RDATA2$WHY_FUN)
RDATA2$WHY_OTHER=as.factor(RDATA2$WHY_OTHER)
RDATA2$MEANT_ATH=as.factor(RDATA2$MEANT_ATH)
RDATA2$USE_ESCOOTER=as.factor(RDATA2$USE_ESCOOTER)
RDATA2$MFREQ_ESCOOTER=as.factor(RDATA2$MFREQ_ESCOOTER)
RDATA2$ADV_SPEED=as.factor(RDATA2$ADV_SPEED)
RDATA2$ADV_COST=as.factor(RDATA2$ADV_COST)
RDATA2$ADV_PARKING=as.factor(RDATA2$ADV_PARKING)
RDATA2$ADV_ECOLOGY=as.factor(RDATA2$ADV_ECOLOGY)
RDATA2$ADV_DELAY=as.factor(RDATA2$ADV_DELAY)
RDATA2$ADV_PREDICTBL=as.factor(RDATA2$ADV_PREDICTBL)
RDATA2$ADV_FLEXIBLE=as.factor(RDATA2$ADV_FLEXIBLE)
RDATA2$ADV_FUN=as.factor(RDATA2$ADV_FUN)
RDATA2$ADV_OTHER=as.factor(RDATA2$ADV_OTHER)
RDATA2$DIS_COST=as.factor(RDATA2$DIS_COST)
RDATA2$DIS_AVLBLTY=as.factor(RDATA2$DIS_AVLBLTY)
RDATA2$DIS_EROAD=as.factor(RDATA2$DIS_EROAD)
RDATA2$DIS_RESPECT=as.factor(RDATA2$DIS_RESPECT)
RDATA2$DIS_SLOPE=as.factor(RDATA2$DIS_SLOPE)
RDATA2$DIS_WEATHER=as.factor(RDATA2$DIS_WEATHER)
RDATA2$DIS_JUDGE=as.factor(RDATA2$DIS_JUDGE)
RDATA2$DIS_COMFORT=as.factor(RDATA2$DIS_COMFORT)
RDATA2$DIS_SAFETY=as.factor(RDATA2$DIS_SAFETY)
RDATA2$DIS_RENTKNWLDG=as.factor(RDATA2$DIS_RENTKNWLDG)
RDATA2$DIS_ROADCONSTR=as.factor(RDATA2$DIS_ROADCONSTR)
RDATA2$DIS_DRIVEKNWLDG=as.factor(RDATA2$DIS_DRIVEKNWLDG)
RDATA2$DIS_OTHER=as.factor(RDATA2$DIS_OTHER)
RDATA2$EXISTANCE=as.factor(RDATA2$EXISTANCE)
RDATA2$COSTT=as.factor(RDATA2$COSTT)
RDATA2$FUTURE_USE=as.factor(RDATA2$FUTURE_USE)
RDATA2$GENDER=as.factor(RDATA2$GENDER)
RDATA2$AGE=as.factor(RDATA2$AGE)
RDATA2$RLTNSHP=as.factor(RDATA2$RLTNSHP)
RDATA2$INCOME=as.factor(RDATA2$INCOME)
RDATA2$EDUCATION=as.factor(RDATA2$EDUCATION)
RDATA2$PROFESSION=as.factor(RDATA2$PROFESSION)
RDATA2$JOB_FLEX=as.factor(RDATA2$JOB_FLEX)
RDATA2$CHLRDN=as.factor(RDATA2$CHLRDN)

```

#Change the reference level of the YES/NO Variables from 0/1 to 1/0 so that in the model the variable of YES appears and we can explain it in a more appropriate way!

```

RDATA2$DIS_ROADCONSTR=factor(RDATA2$DIS_ROADCONSTR, levels = c("1","0"))
RDATA2$LICENSE=factor(RDATA2$LICENSE, levels = c("1","0"))
RDATA2$IX=factor(RDATA2$IX, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_IX=factor(RDATA2$TYPE_IX, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_TAXI=factor(RDATA2$TYPE_TAXI, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_MOTO=factor(RDATA2$TYPE_MOTO, levels = c("1","0"))

```

```

RDATA2$TYPE_METRO=factor(RDATA2$TYPE_METRO, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_BIKE=factor(RDATA2$TYPE_BIKE, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_ESCOOTER=factor(RDATA2$TYPE_ESCOOTER, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_FEET=factor(RDATA2$TYPE_FEET, levels = c("1","0"))
RDATA2$TYPE_OTHER=factor(RDATA2$TYPE_OTHER, levels = c("1","0"))
RDATA2$ATH=factor(RDATA2$ATH, levels = c("1","0"))
RDATA2$WHY_BSSNS=factor(RDATA2$WHY_BSSNS, levels = c("1","0"))
RDATA2$WHY_FUN=factor(RDATA2$WHY_FUN, levels = c("1","0"))
RDATA2$WHY_OTHER=factor(RDATA2$WHY_OTHER, levels = c("1","0"))
RDATA2$USE_ESCOOTER=factor(RDATA2$USE_ESCOOTER, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_SPEED=factor(RDATA2$ADV_SPEED, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_COST=factor(RDATA2$ADV_COST, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_PARKING=factor(RDATA2$ADV_PARKING, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_ECOLOGY=factor(RDATA2$ADV_ECOLOGY, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_DELAY=factor(RDATA2$ADV_DELAY, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_PREDICTBL=factor(RDATA2$ADV_PREDICTBL, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_FLEXIBLE=factor(RDATA2$ADV_FLEXIBLE, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_FUN=factor(RDATA2$ADV_FUN, levels = c("1","0"))
RDATA2$ADV_OTHER=factor(RDATA2$ADV_OTHER, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_COST=factor(RDATA2$DIS_COST, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_AVLBLTY=factor(RDATA2$DIS_AVLBLTY, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_EROAD=factor(RDATA2$DIS_EROAD, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_RESPECT=factor(RDATA2$DIS_RESPECT, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_SLOPE=factor(RDATA2$DIS_SLOPE, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_WEATHER=factor(RDATA2$DIS_WEATHER, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_JUDGE=factor(RDATA2$DIS_JUDGE, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_COMFORT=factor(RDATA2$DIS_COMFORT, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_SAFETY=factor(RDATA2$DIS_SAFETY, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_RENTKNWLDG=factor(RDATA2$DIS_RENTKNWLDG, levels = c("1","0"))
RDATA2$DIS_DRIVEKNWLDG=factor(RDATA2$DIS_DRIVEKNWLDG, levels =
c("1","0"))
RDATA2$DIS_OTHER=factor(RDATA2$DIS_OTHER, levels = c("1","0"))
RDATA2$EXISTANCE=factor(RDATA2$EXISTANCE, levels = c("1","0"))
RDATA2$FUTURE_USE=factor(RDATA2$FUTURE_USE, levels = c("1","0"))

```

```
View(RDATA2)
```

```
#Run the model
```

```
MLR1 <- mlogit(Choice ~ Time + Cost + Comfort | EDUCATION + MFREQ_ESCOOTER
+ MEANT_ATH + INCOME + DR_TIME + USE_ESCOOTER + DIS_ROADCONSTR +
JOB_FLEX + FUTURE_USE + WTIMES_TRANSP, data = RDATA2, reflevel = "2")
```

```
summary(MLR1)
```

```

RDATA_numeric<-RDATA[,apply(RDATA, is.numeric)]
cor(RDATA_numeric,method = c("pearson"))
cor(RDATA[,unlist(lapply(RDATA, is.numeric))])

```



```
#Convert to factors
RDATA$LICENSE=as.factor(RDATA$LICENSE)
RDATA$EXP=as.factor(RDATA$EXP)
RDATA$IX=as.factor(RDATA$IX)
RDATA$DR_TIME=as.factor(RDATA$DR_TIME)
RDATA$NR_MOVE=as.factor(RDATA$NR_MOVE)
RDATA$WTIMES_TRANSP=as.factor(RDATA$WTIMES_TRANSP)
RDATA$TYPE_IX=as.factor(RDATA$TYPE_IX)
RDATA$TYPE_TAXI=as.factor(RDATA$TYPE_TAXI)
RDATA$TYPE_MOTO=as.factor(RDATA$TYPE_MOTO)
RDATA$TYPE_METRO=as.factor(RDATA$TYPE_METRO)
RDATA$TYPE_BIKE=as.factor(RDATA$TYPE_BIKE)
RDATA$TYPE_ESCOOTER=as.factor(RDATA$TYPE_ESCOOTER)
RDATA$TYPE_FEET=as.factor(RDATA$TYPE_FEET)
RDATA$TYPE_OTHER=as.factor(RDATA$TYPE_OTHER)
RDATA$DAY_WALK=as.factor(RDATA$DAY_WALK)
RDATA$ATH=as.factor(RDATA$ATH)
RDATA$WHY_BSSNS=as.factor(RDATA$WHY_BSSNS)
RDATA$WHY_FUN=as.factor(RDATA$WHY_FUN)
RDATA$WHY_OTHER=as.factor(RDATA$WHY_OTHER)
RDATA$MEANT_ATH=as.factor(RDATA$MEANT_ATH)
RDATA$USE_ESCOOTER=as.factor(RDATA$USE_ESCOOTER)
RDATA$MFREQ_ESCOOTER=as.factor(RDATA$MFREQ_ESCOOTER)
RDATA$ADV_SPEED=as.factor(RDATA$ADV_SPEED)
RDATA$ADV_COST=as.factor(RDATA$ADV_COST)
RDATA$ADV_PARKING=as.factor(RDATA$ADV_PARKING)
RDATA$ADV_ECOLOGY=as.factor(RDATA$ADV_ECOLOGY)
RDATA$ADV_DELAY=as.factor(RDATA$ADV_DELAY)
RDATA$ADV_PREDICTBL=as.factor(RDATA$ADV_PREDICTBL)
RDATA$ADV_FLEXIBLE=as.factor(RDATA$ADV_FLEXIBLE)
RDATA$ADV_FUN=as.factor(RDATA$ADV_FUN)
RDATA$ADV_OTHER=as.factor(RDATA$ADV_OTHER)
RDATA$DIS_COST=as.factor(RDATA$DIS_COST)
RDATA$DIS_AVLBLTY=as.factor(RDATA$DIS_AVLBLTY)
RDATA$DIS_EROAD=as.factor(RDATA$DIS_EROAD)
RDATA$DIS_RESPECT=as.factor(RDATA$DIS_RESPECT)
RDATA$DIS_SLOPE=as.factor(RDATA$DIS_SLOPE)
RDATA$DIS_WEATHER=as.factor(RDATA$DIS_WEATHER)
RDATA$DIS_JUDGE=as.factor(RDATA$DIS_JUDGE)
RDATA$DIS_COMFORT=as.factor(RDATA$DIS_COMFORT)
RDATA$DIS_SAFETY=as.factor(RDATA$DIS_SAFETY)
RDATA$DIS_RENTKNWLDG=as.factor(RDATA$DIS_RENTKNWLDG)
RDATA$DIS_ROADCONSTR=as.factor(RDATA$DIS_ROADCONSTR)
RDATA$DIS_DRIVEKNWLDG=as.factor(RDATA$DIS_DRIVEKNWLDG)
RDATA$DIS_OTHER=as.factor(RDATA$DIS_OTHER)
RDATA$EXISTANCE=as.factor(RDATA$EXISTANCE)
RDATA$COSTT=as.factor(RDATA$COSTT)
```

```
RDATA$FUTURE_USE=as.factor(RDATA$FUTURE_USE)
RDATA$GENDER=as.factor(RDATA$GENDER)
RDATA$AGE=as.factor(RDATA$AGE)
RDATA$RLTNSHP=as.factor(RDATA$RLTNSHP)
RDATA$INCOME=as.factor(RDATA$INCOME)
RDATA$EDUCATION=as.factor(RDATA$EDUCATION)
RDATA$PROFESSION=as.factor(RDATA$PROFESSION)
RDATA$JOB_FLEX=as.factor(RDATA$JOB_FLEX)
RDATA$CHLRDN=as.factor(RDATA$CHLRDN)
```

```
View(RDATA)
```

```
#Binary logistic regression
```

```
BLR1 <- glm( FUTURE_USE ~ IX + DIS_WEATHER +
ADV_SPEED+ADV_FUN+AGE+MFREQ_ESCOOTER, data = RDATA, family =
binomial(link='logit'))
summary(BLR1)
```

```
#Hosmer and Lemeshow goodness of fit (GOF) test # p-value must be higher than
0.05
```

```
library(ResourceSelection)
hl <- hoslem.test(BLR1$y, fitted(BLR1), g=10)
hl
```