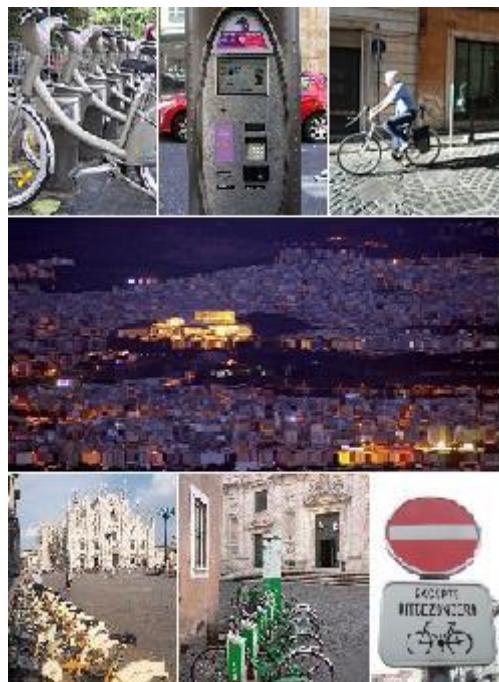




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΤΣΟΛΑΚΗ ΑΘΗΝΑ

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

Αθήνα, Ιανουάριος 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Γιαννή, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, την υποστήριξη και την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησής της.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω την κ. Ε. Παπαδημητρίου, Διδάκτορα Πολιτικού Μηχανικού Ε.Μ.Π., για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις της σε σημαντικά ζητήματα της Διπλωματικής Εργασίας και κυρίως κατά το στάδιο της στατιστικής ανάλυσης.

Θα ήθελα, εν συνεχείᾳ, να ευχαριστήσω τους κ. Π. Παπαντωνίου και κ. Δ. Παύλου, υποψήφιους Διδάκτορες, για τη συνεισφορά τους τόσο κατά το στάδιο διαδικτυακής ανάρτησης του ερωτηματολογίου όσο και κατά το στάδιο συλλογής των στοιχείων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ν. Πνευματικού, Διδάκτορα Πολιτικού Μηχανικού Ε.Μ.Π., της οποίας η βοήθεια υπήρξε καταλυτική για την ολοκλήρωση του ερωτηματολογίου.

Αθήνα, Ιανουάριος 2014
Αθηνά Τσολάκη

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Τσολάκη Αθηνά

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

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ανάλυση των χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την επιλογή ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτου για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων. Για τη συλλογή στοιχείων, διεξήχθη διαδικτυακή έρευνα σε επαρκές δείγμα των μετακινούμενων εντός του Δήμου Αθηναίων και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης για διάφορα υποθετικά σενάρια κόστους, χρόνου και άνεσης ταξιδιού. Αναπτύχθηκε μαθηματικό μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης για την αποτύπωση της συμπεριφοράς των μετακινούμενων συναρτήσει των χαρακτηριστικών τόσο των ιδίων όσο και του ταξιδιού, ενώ εφαρμόστηκαν τόσο πολυωνυμικά όσο και μικτά λογιστικά πρότυπα. Από την ανάλυση προέκυψε ότι η πιθανότητα του ποδηλάτου να επιλεγεί εξαρτάται από τον χρόνο μετακίνησης, το κόστος του μεταφορικού μέσου και το επίπεδο άνεσής του, καθώς και από την ηλικία και το φύλο του μετακινούμενου.

Λέξεις κλειδιά: Συστήματα ενοικίασης ποδηλάτων, έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης, πολυωνυμικό λογιστικό μοντέλο, μικτό λογιστικό μοντέλο

ANALYSIS OF PREFERENCES FOR THE USE OF BICYCLE SHARING SYSTEM IN ATHENS

Athina Tsolaki

Supervisor: George Yannis, Associate Professor, NTUA

ABSTRACT

The objective of this diploma thesis is the analysis of the characteristics influencing the use of a bicycle sharing system in Athens. The necessary data were collected through an on-line survey to a sufficient sample of commuters and residents of the Municipality of Athens and the stated preference method was used for various scenarios of cost, time and comfort. A logistic regression mathematical model was developed describing travellers' behaviour based on the characteristics of the travellers and their journeys. Both multinomial and mixed logit models were developed. From this analysis it was derived that the probability for a traveller using bicycle instead of passenger car or public transport depends on travel time, cost and comfort level, along with the age and the gender of the traveller.

Key-words: Bicycle sharing systems, stated preference survey, multinomial logit model, mixed logit model

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η ανάλυση των **παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτου** για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε πώς επηρεάζεται η επιλογή ανάμεσα στο σύστημα ενοικιαζόμενων ποδηλάτων, τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα μέσα μαζικής μεταφοράς ή και κανενός από τα τρία.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Στη συνέχεια ακολούθησε ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου και η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Ο **σχεδιασμός του ερωτηματολογίου** πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας την εμπειρία από σχετικές έρευνες διεθνώς. Τα σενάρια κυκλοφοριακών συνθηκών που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκαν με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference method), είναι 16 στο σύνολο, και ο κάθε ερωτώμενος κλήθηκε να απαντήσει σε μία ομάδα οχτώ σεναρίων. Το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο για τη συλλογή των απαντήσεων.

Για τη στατιστική ανάλυση αναπτύχθηκαν **μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης**. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν τέσσερα μοντέλα, ένα για κάθε εναλλακτική επιλογή. Αρχικά η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για έναν αυξημένο αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών με σκοπό να αποσαφηνιστούν οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις και να βρεθούν εκείνες που τελικά επηρεάζουν της τέσσερις εξαρτημένες μεταβλητές, το ποδήλατο, το Ι.Χ. τα Μ.Μ.Μ. και την επιλογή κανενός από τα τρία. Εξετάστηκαν τα αποτελέσματα των μοντέλων με την εφαρμογή του ιεραρχικού λογιστικού προτύπου, που όμως έδειξαν ότι η ιεραρχική επιλογή ανάμεσα σε μηχανοκίνητα και μη μηχανοκίνητα μέσα δεν είναι σημαντική για την παρούσα έρευνα. Στη συνέχεια εξετάστηκε η ύπαρξη **δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data)**, δηλαδή η επιρροή της ετερογένειας των ατόμων στις απαντήσεις που λήφθηκαν. Η επιρροή αυτή βγήκε σημαντική για την ανάλυση των απαντήσεων στα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης της παρούσας έρευνας, και έτσι εφαρμόστηκε και για τα τελικά μοντέλα.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΠΟΔΗΛΑΤΟ			I.X.			M.M.M.		
	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	β_i	Wald	Σχετική επιρροή
			e_i			e_i			e_i
ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ									
Άνεση	0.953	9.44		0.537	6.25		0.537	6.25	
Ηλικία	0.905	5.61					0.600	3.33	
Φύλο	2.48	2.06		2.78	2.30		3.25	2.69	
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ									
Χρόνος	-0.083	-15.99	-0,575	-0.0497	-6.97	-0,774	-0.083	-15.99	-1,328
Κόστος	-0.274	-1.36	-0,025	-0.184	-5.26	-0,870	-0.184	-5.26	-0,176

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που τέθηκε αρχικά. Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων, τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- Η πιθανότητα επιλογής ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτων για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων **επηρεάζεται από τον χρόνο, το κόστος και την άνεση** της μετακίνησης, ενώ από τα χαρακτηριστικά του μετακινούμενου εκείνα που επηρεάζουν είναι το φύλο και η ηλικία. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- Η επιρροή αυτή της επιλογής του ποδηλάτου από το χρόνο, και πιο συγκεκριμένα η μείωση της πιθανότητας επιλογής του με αύξηση του χρόνου μετακίνησης, μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψην ότι στην παρούσα περίπτωση το ποδήλατο αντιμετωπίζεται ως μεταφορικό μέσο και όχι ως μέσο ψυχαγωγίας ή εκγύμνασης. Έτσι, είναι κατανοητό ότι για κάθε μέσο μεταφοράς **ο ελάχιστος δυνατός χρόνος μετακίνησης αποτελεί ισχυρό κίνητρο** για την επιλογή του, ενώ ισχύει το αντίστροφο για αυξανόμενο χρόνο.
- Βρέθηκε επίσης ότι το κόστος αποτελεί, έστω και οριακά, έναν παράγοντα για την επιλογή του συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων. Η επιρροή αυτή μπορεί εύκολα

να εξηγηθεί αν αναλογιστεί κανείς ότι η ενοικίαση ποδηλάτων είναι μια παρεχόμενη επί πληρωμή υπηρεσία και **η ζήτηση κάθε υπηρεσίας συνήθως αυξάνεται με την μείωση του κόστους της.**

4. Η συσχέτιση της επιλογής του ποδηλάτου με το επίπεδο άνεσης (στο οποίο συμπεριλαμβάνεται και η έννοια της ασφάλειας) μπορεί να αιτιολογηθεί με τη χρήση του ποδηλάτου ως μέσο μεταφοράς στην παρούσα έρευνα, αλλά και με τη συσχέτιση του επιπέδου άνεσης με την ύπαρξη ποδηλατοδρόμων. Είναι αναμενόμενο ότι όσο αυξάνεται το επίπεδο άνεσης ενός μέσου μεταφοράς και όσο βελτιώνονται οι παρεχόμενες υπηρεσίες η ζήτηση να αυξάνεται. Παράλληλα, όπως φάνηκε από τα στατιστικά αποτελέσματα του Β' μέρους του ερωτηματολογίου, **η πλειοψηφία των μετακινούμενων θεωρεί πολύ αποτρεπτικό παράγοντα την απουσία ποδηλατοδρόμων**, κάτι που αυτόματα καθιστά την άνεση αρκετά σημαντικό παράγοντα για τη χρήση του συστήματος.
5. Η αυξημένη πιθανότητα **επιλογής του ποδηλάτου από άντρες** ενδεχομένως να μπορεί να εξηγηθεί από τις καλύτερες αθλητικές επιδόσεις και μεγαλύτερες αντοχές των αντρών, καθώς επίσης και από τον περιορισμό που βάζει το ποδήλατο στην ενδυμασία μιας γυναίκας.
6. Τα άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή κατηγορία από 18 έως 24 φαίνεται επίσης να προτιμάνε το ποδήλατο, καθώς για απαντήσεις από αυτές τις ηλικίες η πιθανότητα επιλογής του ποδηλάτου αυξάνεται. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι για **το ποδήλατο απαιτείται καλή φυσική κατάσταση**, η οποία συναντάται πιο εύκολα στις νεαρές ηλικίες. Επιπρόσθετοι λόγοι ίσως είναι το ότι οι πιο νέοι ενδεχομένως να είναι πιο εξοικειωμένοι με το ποδήλατο, είτε για μετακίνηση είτε για άσκηση είτε για διασκέδαση, ή ακόμα και το ότι είναι πιο ανοιχτοί σε εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης.
7. Το ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (nested logit model) αποδείχθηκε ότι δεν έχει εφαρμογή για την παρούσα έρευνα. Δηλαδή, προέκυψε ότι **η (ιεραρχική) επιλογή ανάμεσα σε μηχανοκίνητα και μη μηχανοκίνητα μέσα** μετακίνησης δεν υπήρξε κριτήριο για τις απαντήσεις που λήφθηκαν.
8. Αντίθετα, η διερεύνηση της ύπαρξης **δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data)** **έβγαλε θετικά αποτελέσματα** και βοήθησε τόσο στη βελτίωση και ακρίβεια των τελικών μοντέλων όσο και στην ερμηνεία τους. Τα δυναμικά διαστρωματικά στοιχεία λαμβάνουν υπόψη το σφάλμα εκείνο που οφείλεται στην ετερογένεια των ατόμων, και που σε περιπτώσεις πολλαπλών απαντήσεων από ένα άτομο (όπως στην παρούσα έρευνα) είναι δυνατό να υπολογιστεί.
9. Κατά τη διαδικασία εξαγωγής των τελικών προτύπων, ως ανεξάρτητες μεταβλητές εξετάστηκαν επίσης η εκπαίδευση, το επάγγελμα, το εισόδημα, η οικογενειακή κατάσταση και η ευελιξία του ωραρίου εργασίας που όμως **δεν βρέθηκε να**

επηρεάζουν στην επιλογή του ποδηλάτου. Κάποιες από αυτές τις μεταβλητές ενδεχομένως να υποκαθίστανται μερικώς από τη μεταβλητή της ηλικίας.

10. Η μέθοδος της **Λογιστικής Παλινδρόμησης** είναι κατάλληλη για την ανάλυση έρευνας με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Τα τελικά μαθηματικά μοντέλα, τα οποία αναπτύχθηκαν με τη χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρούνται γενικά αξιόπιστα, αφού είχαν καλή προσαρμογή στα δεδομένα. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες αντίστοιχες διερευνήσεις, μετά από τις απαραίτητες προσαρμογές.
11. Τέλος, επισημαίνεται ότι το υψηλότερο από το αναμενόμενο ενδιαφέρον για το ποδήλατο λόγω του διαδικτυακού χαρακτήρα της έρευνας έχει άμεση επιρροή στα αποτελέσματα τόσο της απλής όσο και της σύνθετης στατιστικής επεξεργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	14
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	15
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	18

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ.....	20
2.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΙΚΙΑΖΟΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ.....	20
2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ.....	21
2.3 ΣΥΝΟΨΗ-ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	28
2.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΙΚΙΑΖΟΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ.....	28
2.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ.....	29
2.3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	29

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ.....	31
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ.....	33
3.2.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	33
3.2.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ POISSON.....	34
3.2.3 ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	34
3.2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL (ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ).....	34
3.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ (STATED PREFERENCE).....	35
3.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ.....	36
3.5 ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ - ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	38
3.5.1 ΠΙΘΑΝΟΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ (PROBIT).....	39
3.5.2 ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ (LOGIT).....	40

3.5.3 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ.....	41
3.5.4 ΜΙΚΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ.....	43
3.5.5 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ.....	44
3.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	45
3.7 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ (LOGISTIC REGRESSION).....	49
3.8 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	51
 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΔΙΟΥ.....	55
4.2 ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ.....	58
4.2.1 ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.....	58
4.2.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ.....	70
4.2.3 ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ.....	71
4.3 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΡΧΩΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ.....	74
4.4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	76
4.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	77
4.6 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	79
4.7 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΔΙΟΥ.....	80
4.8 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ.....	80
4.9 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	81
4.10 ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.....	82
 5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	95
5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕΣΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	95
5.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	96
5.2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ.....	98
5.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ.....	104

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

5.2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	105
5.2.5 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	110
5.2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	112
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	118
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	119
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	121
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	123

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ (VELIB', ΠΑΡΙΣΙ)	12
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΛΑΣΜΑΤΙΚΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ 4.1 ΠΟΥ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΡΕΥΝΑ	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 MASTER PLAN 5: 16 TRIALS (BEN-AKIVA 2007)	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΤΕΛΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΑΡΧΕΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ (MOD FILE)	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 ΠΟΣΟΣΤΑ ΘΕΤΙΚΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 ΠΟΣΟΣΤΑ ΚΑΤΟΧΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 ΠΟΣΟΣΤΑ ΧΡΟΝΩΝ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΝΑ ΦΥΛΟ	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΙΜΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	119

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	17
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ PROBIT (PINDYCK, RUBINFELD, 1991).....	50
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΘΗΝΑΙΩΝ.....	82
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΗΛΙΚΙΑΣ.....	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΙΑ ΚΑΤΟΧΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ.....	84
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΟΣ.....	84
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΙΑ ΜΕΣΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΜΙΑΣ ΤΥΠΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΘΗΝΑΙΩΝ.....	85
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΥΛΟΥ.....	85
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΟΡΦΩΤΙΚΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ.....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΦΥΛΟ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΦΥΛΟ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	87
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	88
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	88
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.14 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	89
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.15 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	89
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	90
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.17 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	90

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.18 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	91
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.19 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	91
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.21 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	92
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.22 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΩΡΑΡΙΟΥ ΣΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	93
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.23 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΩΡΑΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 'ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΣΑΤΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ'.....	93
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΥΨΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	113
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΥΨΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	113
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΧΑΜΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΧΑΜΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	114
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΑΝΤΡΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΥΨΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	115
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΑΝΤΡΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΥΨΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	115
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΑΝΤΡΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΥΨΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	116
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΘΕ ΜΕΣΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ, ΓΙΑ ΑΝΤΡΕΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 18-24, ΥΨΗΛΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ.....	116

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 1.1 GRAFFITI: ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΕΝΑΝΤΙΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ.....	9
ΕΙΚΟΝΑ 1.2 ΔΙΑΔΗΛΩΣΗ ΥΠΕΡ ΤΟΥ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ.....	9
ΕΙΚΟΝΑ 1.3 ΠΟΔΗΛΑΤΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΟΣ ΜΕ ΔΥΣΚΟΛΕΣ ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	10
ΕΙΚΟΝΑ 1.4 ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΓΙΑ ΠΟΔΗΛΑΤΑ ΣΕ ΧΩΡΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ.....	10
ΕΙΚΟΝΑ 1.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΠΟΔΗΛΑΤΟΥ ΣΤΟ ΜΙΛΑΝΟ.....	11
ΕΙΚΟΝΑ 1.6 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ROMA'N'BIKE ΣΤΗ ΡΩΜΗ.....	11
ΕΙΚΟΝΕΣ 1.7, 1.8 ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ VELIB', ΣΤΟ ΠΑΡΙΣΙ.....	12



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Το **ποδήλατο** αποτελεί ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο μεταφορικό μέσο, καθώς ανταποκρίνεται σε αρκετά διαφορετικές απαιτήσεις, όπως είναι η μετακίνηση, η άσκηση και η ψυχαγωγία. Ο αριθμός των ποδηλάτων του πλανήτη στις μέρες μας υπολογίζεται ότι ξεπερνά το ένα δισεκατομμύριο (el.wikipedia.org). Ορισμένοι θεωρούν ότι το ποδήλατο μπορεί να αποτελέσει **τη λύση** στα έντονα προβλήματα συγκοινωνίας που χαρακτηρίζουν τις περισσότερες μεγαλουπόλεις (el.wikipedia.org). Κεντρικά επιχειρήματά τους αποτελούν το γεγονός ότι το ποδήλατο δεν αντιμετωπίζει προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης, απαιτεί ελάχιστο χώρο στάθμευσης, έχει τη δυνατότητα να μετακινείται και εκτός οδικού δικτύου, ενώ παράλληλα δεν ρυπαίνει το περιβάλλον με κανένα τρόπο (καυσαέρια, ηχορύπανση). Λαμβάνοντας επίσης υπόψη ότι είναι πιο οικονομικό, σε ορισμένες περιπτώσεις πιο γρήγορο, με αρκετά προβλέψιμους χρόνους μετακίνησης, ψυχαγωγικό, ενώ ταυτόχρονα συμβάλει στην καλή φυσική κατάσταση, το ποδήλατο μπορεί να γίνει αρκετά ανταγωνιστικό για τις μετακινήσεις στη σύγχρονη πόλη.



ΕΙΚΟΝΕΣ 1.1, 1.2

Βέβαια, υπάρχουν και αρκετοί παράγοντες που **αποτρέπουν** τους χρήστες από την καθημερινή χρήση ποδηλάτου, όσα και αν είναι τα θετικά της. Οι βασικότεροι από αυτούς είναι η απουσία ποδηλατοδρόμων, η έλλειψη σεβασμού από τους άλλους χρήστες καθώς και η μειωμένη ασφάλεια που προσφέρει το ποδήλατο σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μέσα μετακίνησης. Το τελευταίο αποτελεί χαρακτηριστικό του ποδηλάτου ως κατασκευή αλλά και ως δίκυκλο που όμως με τις κατάλληλες υποδομές, την κατάλληλη συγκοινωνιακή παιδεία, και τα απαραίτητα ατομικά μέτρα προστασίας (κράνος, επιγονατίδες κλπ.) μπορεί να

βελτιωθεί σημαντικά. Για αυτούς που δεν είναι τακτικοί ποδηλάτες, η μειωμένη άνεση και η κλίση των δρόμων σε μη επίπεδες πόλεις μπορούν να αποτελέσουν αποτρεπτικούς παράγοντες, ενώ μεγάλη σημασία έχουν για το ποδήλατο και οι καιρικές συνθήκες.



Σε αρκετές πόλεις του πλανήτη προωθείται η χρήση του ποδηλάτου ως βασικού μέσου μετακίνησης. Στην Ευρώπη, χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι πόλεις της Ολλανδίας και της Δανίας, και πρόσφατα και πολλές πόλεις σε όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην Ελλάδα παράδειγμα εκτεταμένης χρήσης του ποδηλάτου αποτελεί η πόλη της Καρδίτσας (el.wikipedia.org)

Βασικές ενέργειες διευκόλυνσης της χρήσης του ποδηλάτου είναι η δημιουργία δικτύου λωρίδων κυκλοφορίας και θέσεων στάθμευσης για τα ποδήλατα.

ΕΙΚΟΝΑ 1.3 Ποδηλάτης αντιμέτωπος με δύσκολες καιρικές συνθήκες



ΕΙΚΟΝΑ 1.4 Σηματοδότηση για ποδήλατα σε χώρα της Ευρώπης

Πέρα από την ιδιωτική χρήση του ποδηλάτου, όμως, έρχεται η δημόσια χρήση του ως μέσο μεταφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με τα **συστήματα αυτόματης μίσθωσης δημόσιας χρήσης ποδηλάτων** που λειτουργούν σε περισσότερες από 600 πόλεις στον πλανήτη, ένας αριθμός που αυξάνεται συνεχώς (Bike-share Planning Guide, 2013). Στην **ιστοσελίδα bikes.oobrien.com** φαίνονται τα ποσοστά των διαθέσιμων ποδηλάτων των συστημάτων εκείνων που χρησιμοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα.

Τα μεγαλύτερα συστήματα ενοικίασης ποδηλάτων βρίσκονται στην Κίνα, σε πόλεις όπως οι Hangzhou και Shanghai, ενώ τα πολύ επιτυχημένα συστήματα του Παρισιού, του Λονδίνου

και της Ουάσινγκτον έχουν βοηθήσει στην προώθηση της ποδηλασίας ως βιώσιμης και πολύτιμης εναλλακτικής μετακίνησης (Bike-share Planning Guide, 2013).



ΕΙΚΟΝΑ 1.5 Σύστημα μίσθωσης ποδηλάτων στο Μιλάνο,

ΕΙΚΟΝΑ 1.6 To Roma'n'Bike στη Ρώμη.

Η Γαλλία είναι η χώρα με τις περισσότερες πόλεις που διαθέτουν σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων, όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και στον κόσμο. Το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων του Παρισιού, το Vélib', το οποίο είναι ένα από τα μεγαλύτερα συστήματα στον κόσμο, άρχισε τη λειτουργία του στις 15 Ιουλίου 2007, με 10.000 ποδήλατα και 650 αυτόματους σταθμούς ενοικίασης. Σήμερα, διαθέτει συνολικά 1.800 χώρους ενοικίασης και 20.000 ποδήλατα (el.wikipedia.org).



ΕΙΚΟΝΕΣ 1.7, 1.8 Σταθμός του συστήματος Vélib', στο Παρίσι.

Το σύστημα επιτρέπει την πρόσβαση σε ποδήλατα με αυτοματοποιημένο τρόπο και τη χρήση τους για εκτεταμένο χρονικό διάστημα. Ένα ποδήλατο μπορεί να ενοικιαστεί από ένα συγκεκριμένο χώρο ενοικίασης και στην συνέχεια να σταθμευθεί σε ένα διαφορετικό σημείο της πόλης. Καθώς όλα τα σημεία είναι δικτυωμένα ηλεκτρονικά μεταξύ τους, το σύστημα αυτόματα ενημερώνεται και παύει να ισχύει η χρέωση. Η τοποθέτηση αυτών των σημείων στην πόλη γίνεται έτσι ώστε να συμμετέχει στο ευρύτερο σύστημα δημόσιων μεταφορών. Το σύστημα μπορεί να εξυπηρετήσει μόνιμους χρήστες οι οποίοι διαθέτουν ειδική ηλεκτρονική κάρτα για να παραλαμβάνουν ποδήλατα αλλά και περιστασιακούς χρήστες όπου με την χρήση κινητού τηλεφώνου αλλά και πιστωτικής κάρτας μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση σε ποδήλατα. Υπάρχουν επίσης και συστήματα στην Ευρώπη όπου η χρήση της υπηρεσίας γίνεται, αν και σπάνιο, χωρίς χρέωση.

Χρόνος	30 min	1 h	1 h 30	2 h	5 h	10 h	20 h
Κόστος	free	€1	€3	€7	€31	€71	€151

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Παράδειγμα κόστους ενοικίασης (Vélib', Παρίσι)
(en.wikipedia.org)

Σε κάθε πόλη, τα συστήματα ενοικίασης ποδηλάτων είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να προσαρμόζεται σε χαρακτηριστικά όπως η τοπογραφία, ο καιρός, οι υποδομές και η κουλτούρα. Παρόλο που τα συστήματα κάποιων πόλεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγοί, δεν υπάρχει μόνο ένα πρότυπο σχεδιασμού ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτων. Βέβαια, μπορούν να εντοπιστούν κάποιες κοινές αρχές ανάμεσα στα πιο

πετυχημένα συστήματα, όπως η πυκνότητα του δικτύου, η άνεση που προσφέρουν τα ποδήλατα κ.ά. (Bike-share Planning Guide, 2013).

Το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων(Σ.Ε.Π.) μπορεί να ωφελήσει μία πόλη με πολλούς τρόπους (Bike-share Planning Guide, 2013):

- **Μείωση της συμφόρησης και βελτίωση της ποιότητας του αέρα**, καθώς προσφέρει έναν εναλλακτικό τρόπο μετακίνησης που αλλιώς μπορεί να γινόταν με το αυτοκίνητο.
- **Αύξηση της προσβασιμότητας**, σε μέρη που είναι δύσκολα προσβάσιμα με τα πόδια.
- **Αύξηση της ευκολίας κάλυψης** της απόστασης από τη στάση ή σταθμό μέχρι τον τελικό προορισμό του επιβάτη.
- **Βελτίωση της εικόνας του ποδηλάτου**, καθώς τα Σ.Ε.Π. προβάλουν μία μοντέρνα εικόνα και μπορούν να αλλάξουν την ποδηλατική κουλτούρα της πόλης.
- **Αποτελεί μία επιπλέον εναλλακτική μετακίνησης** για διαδρομές εντός της πόλης, που αλλιώς θα γίνονταν με αυτοκίνητο ή μέσα μαζικής μεταφοράς.
- **Βελτίωση της υγείας των κατοίκων**, καθώς προσφέρει τόσο σωματικά όσο και πνευματικά οφέλη. Έρευνες έχουν δείξει ότι 20 λεπτά ποδηλασίας κάθε μέρα έχουν σπουδαία θετική επίδραση στην πνευματική υγεία.

Βέβαια, πρέπει να αναφερθούν και **οι αδυναμίες που παρουσιάζει το σύστημα**. Οι βασικότερες από αυτές είναι ότι οι σταθμοί είναι ευάλωτοι σε φαινόμενα κλοπής και βανδαλισμού των ποδηλάτων, ότι σταθμοί και ποδήλατα χρειάζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα συντήρηση, καθώς επίσης παρατηρείται και μία αδυναμία στην εξισορρόπηση ζήτησης και διαθεσιμότητας.

Το **πρώτο σύστημα** αυτόματης ενοικίασης ποδηλάτων δημόσιας χρήσης που έχει εφαρμοστεί σε πόλη της Ελλάδας ως σήμερα είναι της Κέρκυρας, πρωτεύουσα των Ιονίων Νήσων (el.wikipedia.org). Το πρόγραμμα αυτό αποκαλείται EasyBike, είναι πλήρως αυτοματοποιημένο, ενώ περιλαμβάνει εκατό ποδήλατα που είναι κατανεμημένα σε οκτώ σταθμούς μίσθωσης στην πόλη. Ο Δήμος Ιωαννιτών έβαλε σε λειτουργία ένα αυτοματοποιημένο δοκιμαστικό σύστημα ποδηλάτων δημόσιας χρήσης EasyBike, ενώ στον **Δήμο Ν. Σμύρνης, στην Αττική, κατασκευάστηκαν 3 σταθμοί ενοικίασης ποδηλάτων** με αυτοματοποιημένο σύστημα που αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση των δημοτών και έχουν μηνιαία ή ετήσια μίσθωση (www.neasmryn.net.gr).

Στην Ελλάδα λειτουργούν, επίσης, παρόμοια προγράμματα ενοικίασης ποδηλάτων, τα οποία όμως δεν είναι αυτοματοποιημένα. Το πρώτο είναι του Δήμου της Νέας Ερυθραίας, στην Αττική, ενώ το δεύτερο είναι εκείνο του Δήμου Ναυπάκτου. Σε αυτά τα προγράμματα οι δημότες ενοικιάζουν το ποδήλατο άμεσα από τον Δήμο. Ειδικότερα, στο πρόγραμμα που εφαρμόζεται στη Νέα Ερυθραία, τα ποδήλατα ενοικιάζονται για μία εβδομάδα έως έξι μήνες. Στη Ναύπακτο ενοικιάζονται για έως και δύο μήνες. Ο Δήμος Ηρακλείου Κρήτης προχώρησε στην αγορά 100 ποδηλάτων EasyBike, ενώ η δωρεάν διάθεση ποδηλάτων από το Δήμο είχε ξεκινήσει ήδη. Το πρώτο μη αυτοματοποιημένο σύστημα που

εγκαταστάθηκε και λειτουργεί στη Θεσσαλονίκη είναι του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου (το πρώτο από εκπαιδευτικό ίδρυμα στην Ελλάδα). Το σύστημα δεν διαθέτει ηλεκτρονικούς σταθμούς και τα ποδήλατα διατίθενται από φοιτητές που εργάζονται στο πρόγραμμα σε θέσεις μερικής απασχόλησης

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασία είναι να διερευνήσει **τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν στην επιλογή ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτου** για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων αντί των υπόλοιπων εναλλακτικών μετακίνησης (I.X., M.M.M., άλλο) με τη χρήση μαθηματικού Λογιστικού Μοντέλου.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, το σύστημα αυτόματης ενοικίασης ποδηλάτων δεν είναι τόσο διαδεδομένο στις ελληνικές πόλεις, σε αντίθεση με τις πόλεις της υπόλοιπης Ευρώπης. Προκειμένου λοιπόν να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά αυτά που επηρεάζουν στην επιλογή του συστήματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης. Πιο συγκεκριμένα, διεξήχθη **μία έρευνα με ερωτηματολόγιο** στην οποία οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να επιλέξουν, σε κάποια υποθετικά σενάρια μεταφορικών συνθηκών, ανάμεσα στο ποδήλατο, στο I.X. και στα M.M.M. ως μέσα μετακίνησης εντός των ορίων του Δήμου Αθηναίων, ενώ τους δινόταν και η επιλογή να μην επιλέξουν κανένα από τα παραπάνω. Συνεπώς, διερευνάται η επιλογή καθενός από τα τρία αυτά μέσα μεταφοράς σε συγκριτικό επίπεδο.

Αναλυτικότερα, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία καταβάλλεται προσπάθεια για την **εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων** στα οποία θα φαίνεται τόσο η επιρροή των χαρακτηριστικών της μετακίνησης (κόστος, χρόνος, άνεση) όσο και των χαρακτηριστικών των μετακινούμενων (φύλο, ηλικία, οικογενειακή κατάσταση κ.ά.).

Επιδιώκεται επομένως, μέσω των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, να κατανοηθεί **ο βαθμός και ο τρόπος** με τον οποίο κάθε χαρακτηριστικό επηρεάζει τόσο στην επιλογή του συστήματος ενοικίασης ποδηλάτου όσο και στην επιλογή του I.X. και των M.M.M. ως μέσων μετακίνησης εντός του Δήμου Αθηναίων.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και τα συμπεράσματα που προέκυψαν μπορούν να αξιοποιηθούν από τους δημόσιους φορείς για την εισαγωγή του ποδηλάτου στο συγκοινωνιακό δίκτυο της Αθήνας.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την επίτευξη του στόχου της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθήθηκε μεθοδολογία, τα στάδια της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αρχικά μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου πραγματοποιήθηκε **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνική όσο και σε διεθνή βιβλιογραφία. Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω των ερευνών αυτών καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια σχετική εμπειρία στην επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των στοιχείων και να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, αποφασίστηκε ότι τα απαραίτητα δεδομένα για την περαιτέρω ανάλυση, θα συγκεντρωθούν μέσω **διαδικτυακής έρευνας**. Αυτό γιατί η φύση της έρευνας είναι τέτοια, που τα στοιχεία που απαιτούνται για την εκπόνησή της δεν μπορούν να συλλεχθούν ούτε με μετρήσεις, ούτε με παρατηρήσεις. Αυτό συμβαίνει διότι δεν αναφέρονται σε μια υπαρκτή κατάσταση, αλλά σε μια υποθετική. Η έρευνα αποφασίστηκε ότι θα πραγματοποιηθεί με τη **μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης** (stated preference), μιας ευρέως χρησιμοποιούμενης μεθόδου σε συγκοινωνιακές έρευνες τέτοιου είδους. Μέσω της δεδηλωμένης προτίμησης θα επιτευχθεί καταγραφή των απόψεων και των διαθέσεων του μετακινούμενου εντός του Δήμου Αθηναίων σχετικά με τα χαρακτηριστικά της καθημερινής του μετακίνησης, η οποία θα αποτελέσει τη βάση δεδομένων για την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μέσω της συμπλήρωσης κατάλληλα διαμορφωμένων ερωτηματολογίων, βάσει των οποίων συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα. Συνολικά **συγκεντρώθηκαν 252 ερωτηματολόγια** από μετακινούμενους διαφόρων κοινωνικό-οικονομικών χαρακτηριστικών. Η συλλογή έγινε μέσω διαδικτυακής συμπλήρωσης.

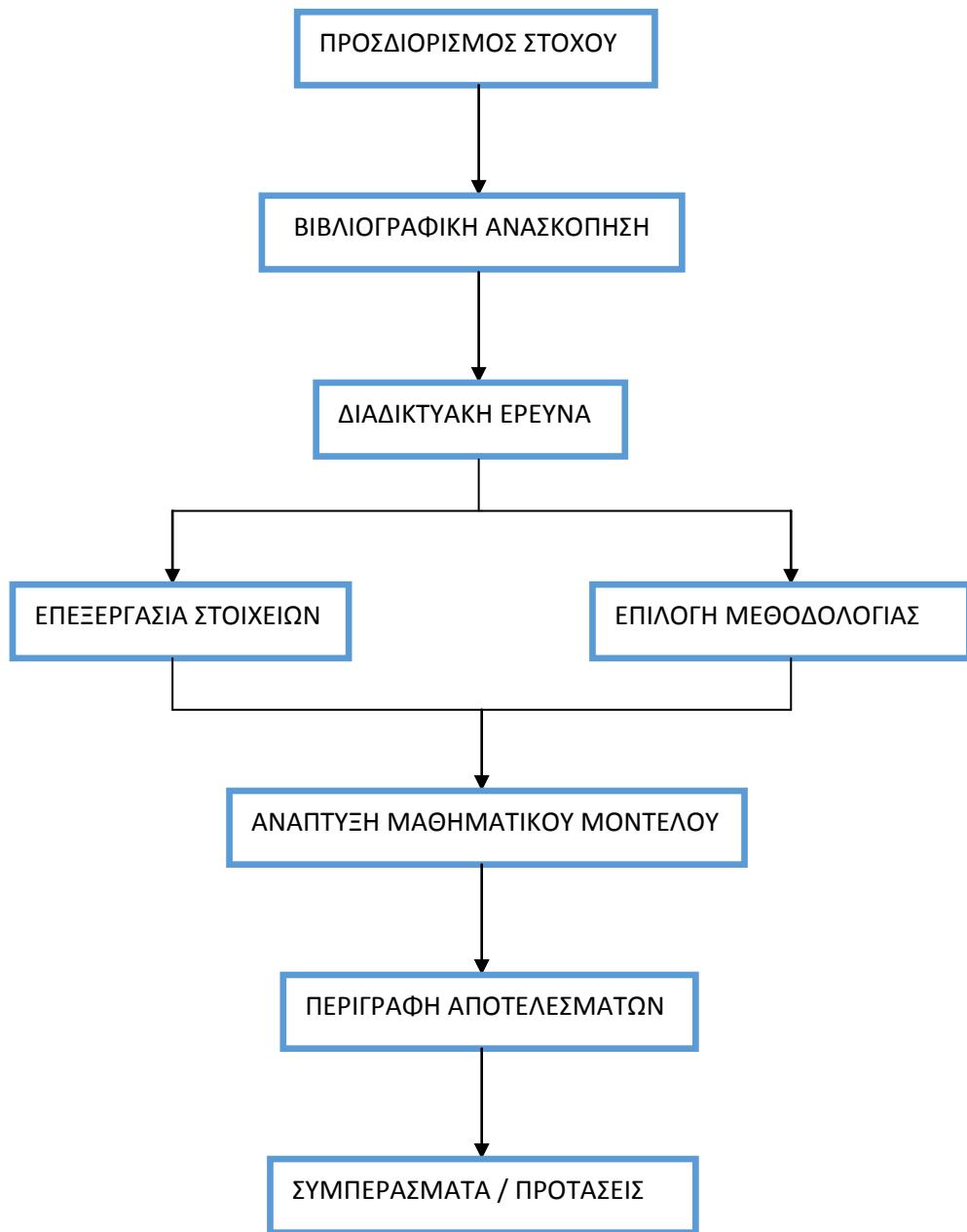
Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των ερωτηματολογίων, **τα στοιχεία κωδικοποιήθηκαν** κατάλληλα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού λογισμικού, για να ακολουθήσει η στατιστική τους ανάλυση. Λόγω της μορφής του ερωτηματολογίου δεν ήταν δυνατό να διαπιστωθεί αν κάποια ερωτηματολόγια είχαν συμπληρωθεί τυχαία και χωρίς λογική, επομένως όλα τα ερωτηματολόγια συμπεριλήφθηκαν στη μετέπειτα στατιστική ανάλυση.

Την επεξεργασία των στοιχείων ακολούθησε η **στατιστική** τους **ανάλυση** με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της λογαριθμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή την επιλογή του συστήματος ενοικίασης ποδηλάτων, του I.X., των M.M.M. ή κανενός από τα προηγούμενα και ανεξάρτητες μεταβλητές τον χρόνο, το κόστος και την άνεση που χαρακτήριζαν το ταξίδι με κάθε ένα από τα παραπάνω μέσα, στα διάφορα σενάρια μετακίνησης, αλλά και τα κοινωνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων. Με τον τρόπο αυτό, **προέκυψαν τέσσερα**

διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα που περιέγραφαν σε ανεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή των παραπάνω ανεξάρτητων μεταβλητών στην επιλογή του κάθε μέσου. Στα τελικά μοντέλα συνυπολογίστηκε η αλληλεπίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών προκειμένου να μην υπάρχει αλληλοεπικάλυψη τους που να επηρεάζει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Μετά το πέρας της παραπάνω διαδικασίας, προέκυψαν τέσσερις εξισώσεις, μία για το κάθε μέσο μεταφοράς και μία για την επιλογή κανενός από αυτά. Μετά την αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, εξήχθησαν τα αντίστοιχα **συμπεράσματα** για τον βαθμό και τον τύπο της επιρροής των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη, καθώς και για τη σύγκριση μεταξύ των μέσων μεταφοράς. Έτσι, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα καθώς και διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σχηματικά τα στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1 Σχηματική απεικόνιση σταδίων Διπλωματικής Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή της Διπλωματικής Εργασίας και έχει σκοπό να παρουσιάσει στον αναγνώστη το **γενικότερο πλαίσιο του αντικειμένου** με το οποίο ασχολείται. Ξεκινά με μια αναφορά στη γενικότερη αντιμετώπιση του ποδηλάτου ως μέσου μεταφοράς, αναφέροντας τα θετικά και τα αρνητικά που παρουσιάζει η χρήση του. Στη συνέχεια, γίνεται μια ειδική αναφορά για τη λειτουργία συστημάτων ενοικίασης ποδηλάτων, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη. Έπειτα, παρουσιάζεται ο επιδιωκόμενος στόχος της συγκεκριμένης έρευνας και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των συμπερασμάτων. Ολοκληρώνεται με την παρούσα αναφορά στη δομή της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, τα οποία προέκυψαν από την αναζήτηση και την καταγραφή ερευνών με αντικείμενο την εφαρμογή της δεδηλωμένης προτίμησης σε θέματα συγκοινωνιακού περιεχομένου καθώς επίσης και τη μελέτη και λειτουργία συστημάτων ενοικίασης ποδηλάτων. Εξετάζονται εργασίες από Ελλάδα και εξωτερικό, έρευνες που έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά, βιβλία, άρθρα, πρακτικά συνεδρίων. Το κεφάλαιο κλείνει με τη σύνοψη και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνών, προκειμένου να διαπιστωθεί ποιες από αυτές μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην παρούσα εργασία.

Το **τρίτο κεφάλαιο** αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, περιέχονται πληροφορίες για τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Ακολουθεί σύγκρισή της με την παρεμφερή μέθοδο της αποκαλυπτόμενης προτίμησης (*revealed preference*), από την οποία προκύπτει ως καταλληλότερη η δεδηλωμένη προτίμηση. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται πληροφορίες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά με τον τρόπο διεξαγωγής ερευνών πεδίου με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Ακολούθως, γίνεται αναφορά στις μεθόδους στατιστικής ανάλυσης που είναι κατάλληλες για επεξεργασία στοιχείων που έχουν συλλεχθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Τέλος, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλεται.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφονται **οι βασικές αρχές** που πρέπει να διέπουν κάθε έρευνα πεδίου. Γίνεται παράθεση του χρησιμοποιούμενου στη συγκεκριμένη έρευνα ερωτηματολογίου και ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση του. Παρατίθενται επίσης πινάκες στους οποίους εκτίθεται η ποσοστιαία κατανομή του δείγματος ανάλογα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά του, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Στη συνέχεια αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων, καθώς και η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν, ώστε να χρησιμοποιηθούν στη στατιστική ανάλυση, αλλά και να αποφασιστεί η τελική μεθοδολογία.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιγράφεται η **διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής των τελικών μαθηματικών μοντέλων**. Μετά από μία σύντομη περιγραφή του αρχικού

μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε και των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν, περιγράφονται τα ενδιάμεσα βήματα που οδήγησαν στα τελικά μοντέλα, μαζί με σύντομη αξιολόγηση. Ακολουθεί η παρουσίαση των τελικών μοντέλων, ενώ παράλληλα παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα τους.

Στο **έκτο κεφάλαιο** έπειτα από σύνοψη των αποτελεσμάτων, παρατίθενται **τα συμπτεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των εξαγόμενων μοντέλων. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στη χρησιμότητα των βασικών αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας, ενώ παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και περιλαμβάνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από έρευνες συναφείς τόσο με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας όσο και με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αφορούν στη **λειτουργία συστημάτων ενοικίασης ποδηλάτων**, καθώς και στη μέθοδο της **δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference)**. Τα στοιχεία που εξετάζονται προκύπτουν από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, αλλά και στο εξωτερικό. Για κάθε εργασία γίνεται συνοπτική αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στα συμπεράσματα που προέκυψαν. Τέλος, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προσδιορίστηκε το ακριβές αντικείμενο της Διπλωματικής εργασίας και επιχειρήθηκε να επιλεγεί η καταλληλότερη μεθοδολογία.

2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται **έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας** με στόχο τον προσδιορισμό ενός αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας, το οποίο δεν έχει καλυφθεί πλήρως (τουλάχιστον στην Ελλάδα), συμπληρώνοντας έτσι τις υπάρχουσες εργασίες. Επιπλέον, επιτρέπει τον έλεγχο εάν τα αποτελέσματα της Διπλωματικής Εργασίας συμφωνούν με εκείνα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Αντίστοιχα, η ανασκόπηση συναφών μεθοδολογιών έχει στόχο την επιλογή της καταλληλότερης μεθοδολογίας για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΟΙΚΙΑΖΟΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ

Τα **συστήματα ενοικιαζόμενων ποδηλάτων** (Σ.Ε.Π.) έχουν τραβήξει την προσοχή τα τελευταία χρόνια, καθώς αποτελούν μέσο συγκοινωνίας για κεντρικούς τομείς μιας πόλης και μπορούν να συνυπάρξουν με τα υπάρχοντα συγκοινωνιακά συστήματα βελτιώνοντας την ποιότητα των δημόσιων συγκοινωνιών. Όμως, παρά το μεγάλο πλήθος ερευνών που

αφορούν σε Σ.Ε.Π., δεν βρέθηκε κάποια που να εξετάζει τις παραμέτρους επιρροής της επιλογής του συστήματος έναντι των υπολοίπων μέσων μεταφοράς.

Αρκετές έρευνες ασχολούνται με την ιστορία και την εξέλιξη των Σ.Ε.Π. (DeMaio, 2009; Shaheen, Guzman & Zhang, 2010), με πολιτικές προώθησης και θέματα ασφαλείας (Martens, 2007; Autman-Hall & Kaltenegger, 1999), επανατοποθέτησης των ποδηλάτων ανάμεσα στους σταθμούς (Vogel & Mattfeld, 2010; Nair & Miller-Hooks, 2011) και ανάλυσης μοτίβων χωρικής και χρονικής χρήσης των ποδηλάτων (Kattenbrunner, Meza, Grivolla, Codina & Banchs, 2010). Ένας αριθμός ερευνών εξετάζει το πρόβλημα του δικτύου και των εγκαταστάσεων των Σ.Ε.Π. (Lin and Yang, 2011; Lin, Yang & Chang, 2011), ενώ κάποιες από αυτές αναφέρονται και στην επιρροή των Σ.Ε.Π. στα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς (Romero, Ibeas, Moura, Benavente & Alonso, 2012; Jäppinen, Toivonen & Salonen, 2013).

Η έρευνα των **J. Romero, A. Ibeas, J. Moura, J. Benavente & B. Alonso (2012)**, στο πλαίσιο σχεδιασμού λειτουργικού συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων, ερευνά, εκτός των άλλων, την **αλληλεπίδραση των Ι.Χ. και του Σ.Ε.Π.**, ενώ πραγματοποιεί και μία ανάλυση συμπεριφοράς χρήστη, με έμφαση στα χαρακτηριστικά του πιθανού χρήστη ποδηλάτου.

Η έρευνα των **S. Jäppinen, T. Toivonen & M. Salonen (2013)** αφορά στην ανάπτυξη προτύπου για την **πιθανή επίδραση των Σ.Ε.Π. στους χρόνους μετακίνησης της δημόσιας συγκοινωνίας** στο Ελσίνκι, καταλήγοντας στο ότι η εφαρμογή Σ.Ε.Π. μπορεί να μειώσει το χρόνο μετακίνησης στην εξεταζόμενη περιοχή πάνω από 10%.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα των **Z. Liu, X. Jia & W. Cheng (2012)**, που έχει ως στόχο την διερεύνηση **των αιτιών της μείωσης χρήσης** της πρώτης γενιάς Σ.Ε.Π. στο Πεκίνο και την προσπάθεια επαναφοράς της δημοτικότητάς του.

2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Εξετάζοντας τις συναφείς έρευνες στις οποίες χρησιμοποιήθηκε η **μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης**, αναφέρεται αυτή των **K. Axhausen, A. Beyerle, Schumacher (1988)**, που είναι μία από τις παλαιότερες έρευνες που υπάρχουν με τη μέθοδο αυτή. Η έρευνα παρουσιάζει την αρχική προσπάθεια να υπολογιστεί ένα λογιστικό μοντέλο για την επιλογή του είδους της θέσης στάθμευσης.

Στα πλαίσια της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης, **προσφέρθηκαν τρεις εναλλακτικές**, η επιλογή της παράνομης θέσης στάθμευσης, η επιλογή της στάθμευσης εντός και η επιλογή στάθμευσης εκτός οδικού δικτύου. Οι εναλλακτικές περιγράφονταν από τις τιμές του χρόνου πρόσβασης, του χρόνου εύρεσης και του χρόνου αποβίβασης καθώς και του κόστους. Η έρευνα διεξήχθει το 1987 ανάμεσα σε άτομα που πήγαιναν από και προς το αυτοκίνητό τους την επιχειρηματική περιοχή του Karlsruhe της Γερμανίας.

Οι τρεις εναλλακτικές είχαν από δέκα παραμέτρους, η κάθε μία από τις οποίες έπαιρνε τρεις τιμές. Έτσι, **προέκυψαν 27 σενάρια που μοιράστηκαν σε ομάδες των εννέα**, σύμφωνα με τη μεθοδολογία από Kocur et al (1981). Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από ένα εισαγωγικό γράμμα, υπογεγραμμένο από τον διευθυντή του Ιδρύματος διεξαγωγής της έρευνας, ένα παράδειγμα και δέκα σενάρια, το ένα από τα οποία λειτουργούσε ως ερώτηση εξοικείωσης. Ένας μικρός αριθμός κοινωνικο-οικονομικών ερωτήσεων συμπλήρωνε την έρευνα. Τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν στην προσπάθεια εύρεσης των διαφορών των χρηστών.

Το μοντέλο υπολογίστηκε με τη **μέθοδο του LOGISTIC** του πακέτου SAS. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει τις παραμέτρους αι στη συνάρτηση πιθανότητας:

$$P(J \geq j) = 1/(1 + e^{c_j + X_i a_i})$$

όπου

$P(J \geq j)$: η πιθανότητα των εναλλακτικών $J \geq j$ για $j = 1, 2, \dots, n$

c_j : η σταθερά της εναλλακτικής j

X_i : διάνυσμα των i χαρακτηριστικών των εναλλακτικών

a_i : το διάνυσμα των i παραμέτρων.

Ένα από τα **βασικά αποτελέσματα** της συγκεκριμένης έρευνας είναι η αναγκαιότητα διαχωρισμού ανάμεσα στους διάφορους τύπους ατόμων που σταθμεύουν. Για παράδειγμα, μια ομάδα ατόμων δεν παρουσιάζουν καθόλου ευαισθησία στις αλλαγές των χαρακτηριστικών για στάθμευση επί της οδού. Εν συνεχείᾳ, η επιρροή του φύλου και του επιλεγμένου σεναρίου δεν είναι τόσο σημαντικό όσο η επιλογή ανάμεσα στον τύπο στάθμευσης.

Μια παρόμοια έρευνα είναι αυτή των **D. Hensher και J. King** στο Sydney της Αυστραλίας με θέμα τη ζήτηση σε χώρους στάθμευσης και την ανταπόκριση σε προσφορά, κόστος και τοποθεσία (1999). Η έρευνα αυτή μελετάει τον ρόλο της τιμής του χώρου στάθμευσης αλλά και της διαθεσιμότητας, ανάλογα με την ώρα της μέρας, στο αν οι χρήστες θα οδηγήσουν και θα σταθμεύσουν στην κεντρική επιχειρηματική περιοχή. **Η έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης σε οδηγούς αυτοκινήτων και χρήστες δημόσιων συγκοινωνιών** συμπεριλάμβανε έναν αριθμό θέσεων στάθμευσης, εναλλαγές δημόσιας συγκοινωνίας και εμπορικά κέντρα στην περιοχή.

Στο γενικό πλαίσιο μίας διαδρομής στο επιχειρησιακό κέντρο, ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να αναλογιστούν **έξι εναλλακτικές**, οι οποίες περιλάμβαναν τρεις, επί πληρωμή, θέσεις στάθμευσης στο κέντρο, στάθμευση (δωρεάν) έξω από το κέντρο και ανταπόκριση με δημόσια συγκοινωνία, μεταφορά με δημόσια συγκοινωνία και, τέλος, να μην πραγματοποιηθεί η μετακίνηση. Οι τρεις θέσεις στάθμευσης ακολουθούνταν από ωράριο λειτουργίας του πάρκινγκ, κατάλογο κόστους, καθώς και χρόνο πρόσβασης του τελικού προορισμού από τη θέση στάθμευσης, με το καθένα από αυτά τα

χαρακτηριστικά να δέχεται τρεις διαφορετικές τιμές, ενώ στους ερωτώμενους παρουσιαζόταν επίσης και ένας χάρτης με τις εναλλακτικές θέσεις στάθμευσης. Συνεπώς, υπήρχαν 9 μεταβλητές με 3 τιμές η καθεμία. Για το λόγο αυτό, έναντι του πλήρως παραγοντικού σχεδιασμού, που θα έδινε 19683 πιθανούς συνδυασμούς, προτιμήθηκε ο **κλασματικός παραγοντικός σχεδιασμός**, με 27 συνδυασμούς, ο οποίος διατηρεί τη στατιστική ποικιλία που προσφέρει ο πλήρως παραγοντικός, ενώ αναγνωρίζεται η ανάγκη της έρευνας να είναι κατανοητή από τους ερωτώμενους. Από τον κάθε ερωτώμενο ζητήθηκε να αξιολογήσει τα τρία από τα 27 σενάρια και να επιλέξει ανάμεσα σε πέντε εναλλακτικές. Έτσι, δημιουργήθηκαν 9 ομάδες των τριών που να διασφαλίζουν ότι, μέσα σε ολόκληρο το δείγμα, καλύπτονται και οι 27 πιθανοί συνδυασμοί.

Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιείται η έννοια της χρησιμότητας, εξηγώντας ότι κάθε ερωτώμενος αναμένεται να συγκρίνει τις εναλλακτικές, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, και να επιλέξει την εναλλακτική με το μεγαλύτερο επίπεδο χρησιμότητας. Εξηγούνται οι έννοιες του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου καθώς και του ιεραρχικού λογιστικού προτύπου και εξετάζεται η καταλληλότητά της εφαρμογής τους στην παρούσα έρευνα. **Η ιεραρχική επιλογή** ανάμεσα σε θέση στάθμευσης στο επιχειρησιακό κέντρο ή όχι βγήκε σημαντική για το δείγμα του πληθυσμού που εξετάστηκε, και θεωρήθηκε ότι προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στην ανάλυση.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι η επιβολή μιας περικοπής στις ώρες λειτουργίας σε συγκεκριμένες θέσεις υπό την ισχύουσα κοστολόγηση θα οδηγήσει σε αλλαγή της θέσης στάθμευσης και μικρή αλλαγή προς τις δημόσιες συγκοινωνίες, αλλά κατ' ουσίαν μια στασιμότητα στην οδήγηση εντός του επιχειρησιακού κέντρου. Αντίθετα, **αύξηση στην κοστολόγηση** θα διασφαλίσει σημαντικά μεγαλύτερη χρήση δημοσίων συγκοινωνιών, μια αξιοσημείωτη μεταβολή από στάθμευση κοντά στην εξεταζόμενη θέση σε στάθμευση σε άλλη τοποθεσία του επιχειρησιακού κέντρου και μια μικρή αύξηση στην μεταβολή από στάθμευση εντός σε στάθμευση εκτός του κέντρου. Δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στην προσέλευση στο επιχειρησιακό κέντρο.

Μία ακόμα έρευνα που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης είναι αυτή του **Δ. Τσαμπούλα (2000)**, η οποία **εξετάζει τα κατώτατα όρια στο κόστους ιδιωτικού χώρου στάθμευσης** στην περιοχή του επιχειρησιακού κέντρου της Αθήνας. Μελετώντας τη συμπεριφορά των οδηγών για αλλαγή μίας ήδη επιλεγμένης θέσης στάθμευσης, η έρευνα αυτή αναζητάει τα κατώτατα όρια της αύξησης στις ισχύουσες τιμές των χώρων στάθμευσης που **θα έκαναν τους οδηγούς να επιλέξουν κάτι διαφορετικό από το I.X. που χρησιμοποιούν**.

Στην έρευνα αυτή, **εισάγονται** στη δομή του προτύπου **επιπρόσθετες μεταβλητές**, διαφορετικές από ότι συνηθίζοταν μέχρι την περίοδο που διεξήχθει η έρευνα, π.χ. απόσταση μετακίνησης, απόσταση με τα πόδια και κόστος στάθμευσης με διασταυρούμενα δεδομένα που συλλέχθηκαν με τη μέθοδο της αποκαλυπτόμενης προτίμησης. Με την εισαγωγή των επιπρόσθετων αυτών μεταβλητών και τη χρήση της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης σε συνδυασμό με τη μέθοδο αποκαλυπτόμενης προτίμησης, η συμπεριφορά των οδηγών στις αλλαγές του κόστους και των αποστάσεων εκτιμάται πιο εύκολα.

Η μεθοδολογία προσπαθεί να **κατανοήσει τη συμπεριφορά των οδηγών σε δύο αποφάσεις σχετικές με τη διαδρομή που ήδη κάνουν** : α) αλλαγή θέσης στάθμευσης και β) αλλαγή από τη χρήση αυτοκινήτου σε άλλα μέσα, ως συνέπεια της αύξησης κόστους στάθμευσης, με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά (π.χ. εξυπηρέτηση, διαθεσιμότητα) να είναι ίδια. Στην έρευνα αυτή, **οι οδηγοί διαχωρίζονται σε δύο διακριτές ομάδες**. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τους οδηγούς που πληρώνουν για τη στάθμευσή τους σε μηνιαία βάση, ανεξαρτήτως ώρας, σε αντίθεση με τη δεύτερη ομάδα η οποία αποτελείται από τους περιστασιακούς οδηγούς (αναφερόμενοι στους οδηγούς αυτούς που χρεώνονται με την ώρα) οι οποίοι αναζητούν χώρο στάθμευσης πολύ κοντά στον προορισμό τους και ως εκ τούτου έχουν διαφορετικά κριτήρια από τους άλλους. Συνεπώς, τα πρότυπα είναι πιο εύκολο να εκτιμήσουν η μεταβολή στη συμπεριφορά, εφόσον τα άτομα που ανήκουν στην κάθε ομάδα παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά.

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε **τόσο η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης όσο και η μέθοδος της αποκαλυπτόμενης προτίμησης**. Οι πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους της μετακίνησης, τα χαρακτηριστικά του οδηγού και τη συμπεριφορά σχετικά με τη μετακίνηση συλλέχθηκαν με τη μέθοδο της αποκαλυπτόμενης προτίμησης. Η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή στοιχείων που αφορούν σε υποθετικές καταστάσεις. Για το λόγο αυτό, οι ερωτήσεις χωρίστηκαν σε δύο μέρη : σε αυτές που αναφέρονται σε πραγματικά γεγονότα ή χαρακτηριστικά και αυτές που αναφέρονται σε υποθετικές καταστάσεις.

Τα πρότυπα που αναπτύσσονται για την ανάλυση είναι στην ουσία λογιστικά. Η έρευνα εξηγεί τη θεωρία χρησιμότητας και αναλύει τις διαφορές ανάμεσα σε μέθοδο δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης. **Η ανάλυση** έγινε με τη βοήθεια του **ALOGIT**.

Τα βασικά συμπεράσματα της έρευνας είναι τρία. **Πρώτον**, ότι οι οδηγοί που σταθμεύουν σε περιφερειακές θέσεις στάθμευσης είναι πιο ευαίσθητοι στην αλλαγή κόστους, ενώ παρατηρείται μία τάση αλλαγής τοποθεσίας όταν αντιμετωπίζουν αύξηση κόστους στάθμευσης. **Δεύτερον**, για αυξήσεις μέχρι 123% σε δημοτικές θέσεις στάθμευσης, εμφανίστηκε μια συνολική μείωση 72% στον αριθμό των οχημάτων που είναι σταθμευμένα ολόκληρη τη μέρα στις δημοτικές θέσεις, χωρίς να υπάρχει ένδειξη ότι μεταφέρθηκαν σε ανταγωνιστικούς ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης. **Και τρίτον**, παρατηρήθηκε μια ανελαστική ζήτηση για μικρού διαστήματος στάθμευση και μια ελαστική ζήτηση (υψηλής ελαστικότητας) για μεγάλου χρονικού διαστήματος στάθμευση.

Μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Χιλή με σκοπό την εκτίμηση της ασφάλειας των υπεραστικών οδών, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης, είναι αυτή των **L. Rizzi και J. de Dios Ortúzar (2001)**. Με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης, έγινε προσπάθεια να **εκτιμηθεί η τιμή της στατιστικής ζωής** (value of statistical life, VSL) για τις υπεραστικές οδούς της Χιλής.

Στην έρευνα αυτή εξηγείται η έννοια της αξίας της στατιστικής ζωής, σε σχέση τόσο με παλαιότερες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στη χώρα όσο και με έρευνες του εξωτερικού. **Με εφαρμογή της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης**, γίνεται μια

προσπάθεια να εκτιμηθεί η αξία της στατιστικής ζωής όπως αυτή ορίζεται στις αναπτυγμένες χώρες, δηλαδή ως η τιμή εκείνη που είναι ο καθένας διατεθειμένος να πληρώσει για την μείωση πιθανότητας μοιραίου ατυχήματος.

Στο άρθρο εξηγούνται οι δυσκολίες σχεδιασμού του ερωτηματολογίου όσον αφορά την έννοια και την αντίληψη του κάθε ατόμου για τον κίνδυνο. Για να ξεπεραστούν οι δυσκολίες αυτές το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε έτσι ώστε η **επιλογή** να γίνεται **ανάμεσα σε διαφορετικές διαδρομές** για το δρομολόγιο ανάμεσα στις πόλεις Santiago και Viña del Mar/Valparaíso, μία διαδρομή που από τον κεντρικό αυτοκινητόδρομο (Route 68) είναι περίπου 120 χιλιόμετρα, τόσο κατά τη διάρκεια εργάσιμων των ημερών όσο και του Σαββατοκύριακου. Τα δρομολόγια θεωρήθηκε ότι συμβαίνουν ή το πρωί ή το απόγευμα, ενώ δεν δόθηκε η εναλλακτική μη πραγματοποίησης της μετακίνησης.

Το τελικό ερωτηματολόγιο άρχιζε με ένα εισαγωγικό γράμμα που εξηγούσε τον πραγματικό στόχο της έρευνας, δηλαδή τη βελτίωση της συντήρησης της υπεραστικής διαδρομής και την πολιτική σχεδιασμού. Η έρευνα αποτελούταν από **τρία μέρη**. Στο πρώτο μέρος ζητούταν από τους ερωτώμενους να πουν τη συχνότητα με την οποία οδηγούν σε υπεραστικές οδούς και συγκεκριμένα τη Διαδρομή 68. Το δεύτερο μέρος περιελάμβανε τα σενάρια επιλογής, και μετά από αυτά τοποθετήθηκαν δύο ειδών ρωτήσεις, αυτές που σχετίζόντουσαν με τα σενάρια και αυτές που αναφερόντουσαν στην εμπειρία οδικών ατυχημάτων. Τέλος, το τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου έπαιρνε πληροφορίες για τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά των ερωτώμενων.

Στα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης, οι ερωτώμενοι είχαν να επιλέξουν ανάμεσα σε διαφορετικές επιλογές για ένα υποθετικό ταξίδι **με βάση την ώρα μετακίνησης, το κόστος των διοδίων και το επίπεδο επικινδυνότητας** (με τη μορφή της τιμής των ετήσιων ατυχημάτων – δηλαδή τον αριθμό των ατυχημάτων μέσα σε ένα χρόνο στα οποία τουλάχιστον ένας επιβάτης πεθαίνει). Ο σχεδιασμός που χρησιμοποιήθηκε ήταν κλασματικός παραγοντικός. Τα **27 σενάρια** που προέκυψαν χωρίστηκαν **σε τρεις ομάδες**, με αποτέλεσμα ο κάθε ερωτώμενος να πρέπει να απαντήσει σε εννέα από αυτά.

Ένα χαρακτηριστικό που ξεχωρίζει την έρευνα αυτή από τις υπόλοιπες είναι ότι δίνει έμφαση στον **όρο των λεξικογραφικών ατόμων**, ένα στοιχείο των ερευνών με τη μέθοδο δεδηλωμένης προτίμησης που δεν έχει διερευνηθεί ιδιαίτερα στην βιβλιογραφία. Τα λεξικογραφικά άτομα είναι αυτά που στα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης απαντάνε λαμβάνοντας υπόψην τους τις τιμές μόνο μίας μεταβλητής. Εδώ εξηγείται ότι αν όλες οι λεξικογραφικές απαντήσεις που λαμβάνονται για μία έρευνα αφορούν ένα μία συγκεκριμένη μεταβλητή, τότε θεωρείται σχεδιαστικό λάθος. Οι άλλοι δύο **λόγοι που μπορεί να εμφανιστεί το φαινόμενο αυτό** είναι είτε ως στρατηγική απλοποίησης, είτε επιλέγοντας να απαντήσει ο ερωτώμενος τυχαία. Το πρώτο σημαίνει ότι αν ο ερωτώμενος έβρισκε το ερωτηματολόγιο δύσκολο, θα επέλεγε την εναλλακτική που θα ήταν καλύτερη σε ένα χαρακτηριστικό. Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, η πιθανότητα τυχαίων απαντήσεων ενός ατόμου να αποδειχθούν λεξικογραφικές είναι μικρότερη του 0,06%. Παρά το ότι οι λεξικογραφικές απαντήσεις της έρευνας ήταν αρκετές, προτιμήθηκε να αγνοηθούν, καθώς η

αφαίρεση των απαντήσεων αυτών από τα δεδομένα θα προσέδιδε οριακή μόνο βελτίωση των αποτελεσμάτων.

Για τη **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το δυαδικό λογιστικό πρότυπο με τη **χρήση του ALOGIT**, όπου υπολογίστηκαν πρότυπα με αλλά και χωρίς τις λεξικογραφικές απαντήσεις, με γραμμική καθώς και μη γραμμική προσέγγιση.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής δείχνουν ότι το δείγμα ήταν ευαίσθητο στη μεταβλητή της επικινδυνότητας, επιλέγοντας ασφαλέστερες διαδρομές. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι το διάστημα τιμών για τη στατιστική ζωή, στην περίπτωση που περιλαμβάνονται οι λεξικογραφικές απαντήσεις, είναι αρκετά υψηλό, σε αντίθεση με το διάστημα αυτό μετά από αφαίρεση των λεξικογραφικών απαντήσεων, το οποίο παρουσιάζει αισθητή μείωση. Επίσης, παρατηρείται ότι το κατώτατο όριο της στατιστικής ζωής της παρούσας έρευνας είναι σχεδόν εννέα φορές μεγαλύτερο από την αντίστοιχη τιμή που είχαν δείξει παλαιότερες έρευνες για τη χώρα της Χιλής, ενώ όλες οι τιμές που προέκυψαν από την έρευνα είναι στο κατώτατο όριο, ή κάτω από αυτό, των αντίστοιχων τιμών του Ήνωμένου Βασιλείου.

Ένα τελευταίο ενδιαφέρον συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι οι άντρες νεαρής ηλικίας δεν ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν κανένα χρηματικό ποσό. Και αυτό ενδεχομένως συνέβη είτε γιατί ήταν ικανοποιημένοι με την παρούσα ασφάλεια του υπεραστικού οδικού δικτύου είτε λόγω μεγάλης αυτοπεποίθησης στις οδηγικές τους ικανότητες.

Συνεχίζοντας την έρευνα της μείωσης οδικών ατυχημάτων σε αστικές περιοχές της Χιλής, αυτή τη φορά υπό τη μορφή πρόθεσης να πληρώσουν, οι **P. Iragüen και J. de Dios Ortúzar (2002)** διεξάγουν μία διαδικτυακή έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης.

Τα βασικά στοιχεία που τη διαφοροποιούν από την προηγούμενη έρευνα, καθώς οι επιλογές των σεναρίων και τα χαρακτηριστικά τους είναι κοινά, είναι τα εξής :

- εξετάζεται η πρόθεση να πληρώσουν σε αστικά και όχι υπεραστικά οδικά δίκτυα,
- η έρευνα διεξάγεται μέσω του διαδικτύου και όχι με προσωπικές συνεντεύξεις
- τα μοντέλα που εξετάζονται είναι πολυωνυμικά και μικτά λογιστικά.

Οι δυσκολίες μιας τέτοιας έρευνας σε αστικό δίκτυο καθώς και οι δυσκολίες ορισμού, αλλά και κατανόησης από τους συμμετέχοντες, της επικινδυνότητας αναλύονται, καθώς εξηγούνται και οι τρόποι επίλυσής τους.

Η έρευνα διεξήχθει στην πόλη του Santiago, ενώ το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από **τέσσερα μέρη**. Στο πρώτο μέρος, γίνονταν ερωτήσεις για τις οδηγικές συνήθειες των συμμετεχόντων καθώς και για τα χαρακτηριστικά μίας τυπική τους μετακίνησης. Το δεύτερο μέρος περιείχε τα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης, όπου οι πιθανές απαντήσεις ήταν δύο. Στο τρίτο μέρος, οι ερωτώμενοι δήλωναν τη γνώμη τους για τα σενάρια, τις εμπειρίες τους πάνω σε οδικά ατυχήματα καθώς και γενικότερες αντιδράσεις τους απέναντι στον κίνδυνο. Τέλος, στο τέταρτο μέρος υπήρχαν οι κοινωνικο-οικονομικές ερωτήσεις.

Με τις μεταβλητές του χρόνου, του κόστους και της επικινδυνότητας να παίρνουν από τρεις τιμές, οι 27 δυνατοί συνδυασμοί χωρίστηκαν, με τη χρήση του **κλασματικού παραγοντικού σχεδιασμού**, σε τρεις ομάδες των 9 σεναρίων.

Η πραγματοποίηση των συνεντεύξεων μέσω του διαδικτύου, εκτός από την ευκολία που παρουσίασε στη συλλογή, κωδικοποίηση και επεξεργασία των απαντήσεων, έδωσε και **τη δυνατότητα προσαρμογής των σεναρίων** βάσει των απαντήσεων των οδηγών. Οι διαδρομές και ο βαθμός επικινδυνότητας δεν αλλάζουν, αλλά ανάλογα με το λόγο μετακίνησης, προσαρμοζόταν η μέρα και η ώρα του δρομολογίου των σεναρίων. Αυτό αύξανε της πιθανότητες οι απαντήσεις που λαμβάνονταν να είναι ειλικρινείς, καθώς οι ερωτώμενοι βρίσκονταν αντιμέτωποι με οικείες καταστάσεις. Ένα άλλο πλεονέκτημα του τρόπου αυτού διεξαγωγής της έρευνας υπήρξε και η δυνατότητα παρουσίασης **εικόνων, φωτογραφιών και ήχων**.

Από την άλλη, οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να στείλουν προτάσεις και ερωτήσεις **απευθείας στον αναλυτή**, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Τέλος, σε αντίθεση με τις προσωπικές συνεντεύξεις, **το διαδίκτυο προσέφερε ανωνυμία**. Αυτό θεωρήθηκε ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς έδωσε τη δυνατότητα συλλογής κοινωνικο-οικονομικών, συμπεριλαμβανομένου του εισοδήματος, ακριβώς επειδή οι συμμετέχοντες πίστευαν ότι η έρευνα είναι απολύτως εμπιστευτική.

Το **μειονέκτημα** που παρουσιάστηκε στην διεξαγωγή της έρευνας διαδικτυακά ήταν ότι δεν είχε όλος ο πληθυσμός πρόσβαση στο διαδίκτυο, και επομένως το δείγμα δεν ήταν ανεπηρέαστο. Αυτό είναι λογικό αν αναλογιστεί κανείς πως η έρευνα έλαβε χώρα το 2002 σε μία αναπτυσσόμενη χώρα όπως η Χιλή. Συγκεκριμένα, το διάστημα εκείνο, στη Χιλή, η πρόσβαση στο διαδίκτυο ήταν δυνατή μόνο για οικογένειες με μέσο και υψηλό οικογενειακό εισόδημα. Αυτό όμως δεν θεωρήθηκε ιδιαίτερο μειονέκτημα για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, καθώς οι κάτοχοι αυτοκινήτων στο μεγαλύτερο βαθμό τους ανήκαν στα ίδια κοινωνικά στρώματα.

Οι συγγραφείς καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το διαδίκτυο, ως μέσο επικοινωνίας, έχει πολλές δυνατότητες οι οποίες δεν πρέπει να μείνουν ανεκμετάλλευτες, ενώ γίνεται αναφορά σε έρευνα του Menichetti (2000) η οποία συνέκρινε τη διαδικτυακή με την προσωπική συνέντευξη, καταλήγοντας ότι το **διαδίκτυο αποτελεί ένα εξαιρετικό μέσο διεξαγωγής ερευνών**.

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, αρχικά χρησιμοποιήθηκε το **πολυωνιμικό λογιστικό πρότυπο**, τόσο με γραμμική όσο και με μη γραμμική συνάρτηση χρησιμότητας. Το πρότυπο αυτό θεωρεί ότι όλες οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες, κάτι που στην περίπτωση δεδηλωμένης προτίμησης δεν είναι απολύτως ακριβές. Με την εφαρμογή **του μικτού λογιστικού προτύπου** κατέστη εφικτή η εξέταση της **ετερογένειας** των ατόμων, η οποία λαμβάνει υπόψην τις επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις από έναν ερωτώμενο. Με σύγκριση των δύο μεθόδων, παρατηρήθηκε ότι το μικτό λογιστικό πρότυπο είχε καλύτερη εφαρμογή στα δεδομένα από ότι το πολυωνιμικό.

Εκτιμώντας τα αποτελέσματα της μεθόδου, οι δύο συγγραφείς καταλήγουν στο ότι η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αποδείχτηκε **αρκετά αξιόπιστη**, καθώς τα αποτελέσματα τους συμφωνούν με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, αλλά και στο ότι το διαδίκτυο έπαιξε σημαντικό ρόλο στην βελτιστοποίηση των απαντήσεων αλλά και στην αύξηση του πλήθους τους.

Όσον αφορά στα αποτελέσματα των προτύπων, αναφέρεται είναι ότι **δεν ισχύουν απαραίτητα γραμμικές συναρτήσεις χρησιμότητας**, καθώς πολλές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές βρέθηκαν σημαντικές, καθώς παρατηρήθηκε ότι η σημασία που δίνουν στην ασφάλεια επηρεάζεται από την ύπαρξη συνεπιβάτη, από το φύλο του οδηγού και κάποιες άλλες μεταβλητές πέρα από τα χαρακτηριστικά της διαδρομής.

2.3 ΣΥΝΟΨΗ – ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

2.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΖΟΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ

Από τις έρευνες που αναφέρονται για τα **συστήματα ενοικιαζόμενων ποδηλάτων προκύπτουν τα εξής:**

- Αναδεικνύεται η **ανάγκη διερεύνησης** των παραγόντων που επηρεάζουν τη χρήση Σ.Ε.Π. **πριν** την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος, προκειμένου να εξεταστούν τα στοιχεία αυτά που επιδρούν στην επιλογή των χρηστών και να μειωθεί η πιθανότητα αποτυχίας του.
- Παρατηρείται η αναγκαιότητα μελέτης **τόσο πριν όσο μετά, αλλά και κατά τη διάρκεια**, εφαρμογής ενός συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων, ούτως ώστε να εντοπιστούν, και να αντιμετωπιστούν κατάλληλα, οι μεταβολές στις προτιμήσεις των μετακινούμενων.
- Καθίσταται σαφές ότι οποιαδήποτε μελέτη γίνεται για τη διερεύνηση της χρήσης και λειτουργίας ενός συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων πρέπει να γίνεται **στα πλαίσια του ευρύτερου συγκοινωνιακού δικτύου**, καθώς τα Σ.Ε.Π. αλληλεπιδρούν και συνυπάρχουν με τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς.
- Τέλος, σημειώνεται ότι ιδιαίτερης σημασίας για τη λειτουργία ενός συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων αποτελεί η ύπαρξη ενός σωστά σχεδιασμένου **δικτύου ποδηλατοδρόμων** και σταθμών ενοικίασης.

2.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ

Όσον αφορά στη **μέθοδο δεδηλωμένης προτίμησης**, παρατηρείται ότι:

- Είναι κατάλληλη για έρευνες που αφορούν σε **υποθετικές καταστάσεις**, καθώς μπορεί να καταγραφεί η αντίδραση του πληθυσμού σε μη υπαρκτές μελλοντικές (συγκοινωνιακές) συνθήκες.
- Μπορεί να **συνδυαστεί** με τη μέθοδο αποκαλυπτόμενης προτίμησης, με ερωτήσεις τόσο σε υποθετικές όσο και σε ισχύουσες συνθήκες, για μεγαλύτερη αξιοπιστία στα αποτελέσματα.
- Όπως σε οποιαδήποτε στατιστική έρευνα, απαιτείται ένα επαρκές και **αντιπροσωπευτικό δείγμα**.
- Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, ένα ερωτηματολόγιο έρευνας με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης αποτελείται από **τρία ή τέσσερα μέρη**.
- Οι έννοιες που εισάγονται στο ερωτηματολόγιο πρέπει να είναι **σαφώς ορισμένες**, έτσι ώστε να γίνονται απόλυτα κατανοητές από το σύνολο του δείγματος.
- Για τη δημιουργία των υποθετικών σεναρίων χρησιμοποιείται τόσο ο πλήρως όσο και ο κλασματικός **παραγοντικός σχεδιασμός**, ανάλογα με το πλήθος των δυνατών συνδυασμών που δίνουν τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών.
- Οι ερωτήσεις που αφορούν στα **κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά** των ερωτώμενων εισάγονται στο τελευταίο μέρος της έρευνας, ούτως ώστε να μην τους αποθαρρύνουν από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.
- Τελευταία αλλά εξίσου σημαντική είναι η παρατήρηση ότι το **διαδίκτυο** αποτελεί ένα εξαιρετικό μέσο διεξαγωγής έρευνών, καθώς δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής εικόνων και ήχων, προσφέρει ευκολία στη διάδοση, συλλογή και επεξεργασία, ενώ δίνει την αίσθηση της ανωνυμίας, η οποία είναι πολύ σημαντική για τη συμμετοχή του κοινού στην έρευνα. Το μειονέκτημα της χρήσης του διαδικτύου όμως, είναι ότι το δείγμα, στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι αντιπροσωπευτικό, καθώς δεν έχουν όλες οι ηλικίες και οι κοινωνικές τάξεις την ίδια ευκολία στη χρήση και την πρόσβαση σε αυτό.

2.3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΣΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τη **στατιστική ανάλυση** μίας έρευνας προτιμήσεων με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης είναι τα ακόλουθα:

- Για την ανάλυση μίας έρευνας η οποία στα υποθετικά σενάρια περιλαμβάνει δύο εναλλακτικές επιλογές εξετάζεται συνήθως το δυαδικό λογιστικό πρότυπο. Σε περίπτωση που οι εναλλακτικές είναι περισσότερες, εξετάζεται το πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο.

- Πολύ σημαντική είναι επίσης η διερεύνηση του ιεραρχικού λογιστικού προτύπου, στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες από δύο εναλλακτικές επιλογές.
- Με την εφαρμογή **του μικτού λογιστικού προτύπου** καθίσταται εφικτή η εξέταση της **ετερογένειας** των ατόμων, η οποία λαμβάνει υπόψην τις επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις από έναν ερωτώμενο.
- Τέλος, είναι επιθυμητή η αξιολόγηση πολλών διαφορετικών μεταβλητών προκειμένου να βρεθούν εκείνες που πραγματικά επηρεάζουν την επιλογή των συμμετεχόντων.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

Ο όρος **πληθυσμός** (population) αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει τη στατιστική έρευνα. Πρόκειται για ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα. Ένας πληθυσμός μπορεί να είναι πραγματικός ή θεωρητικός.

Ο όρος **δείγμα** (sample) αναφέρεται σε ένα υποσύνολο του πληθυσμού. Οι περισσότερες στατιστικές έρευνες στηρίζονται σε δείγματα, αφού οι ιδιότητες του πληθυσμού είναι συνήθως αδύνατο να καταγραφούν. Όλα τα στοιχεία που ανήκουν στο δείγμα ανήκουν και στον πληθυσμό χωρίς να ισχύει το αντίστροφο. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για ολόκληρο τον πληθυσμό μόνο εάν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού.

Με τον όρο **μεταβλητές** (variables) εννοούνται τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν να μετρηθούν και να καταγραφούν σε ένα σύνολο ατόμων. Οι μεταβλητές διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- ❖ **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables). Εάν οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μίας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης.
- ❖ **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις διακριτές και τις συνεχείς. Σε μία διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές είναι σταθερή ποσότητα. Αντίθετα σε μια συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

Μέτρα κεντρικής τάσης (measures of central tendency): Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος x_1, x_2, \dots, x_v η μέση τιμή υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_v)}{v} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v x_i$$

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measures of variability): Στην περίπτωση όπου τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα. Η διακύμανση συμβολίζεται με s^2 και διαιρείται με $(n-1)$:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})$$

όπου $\bar{\chi}$ ο δειγματικός μέσος, δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων στο δείγμα.

Η μαθηματική σχέση που δίνει την τυπική απόκλιση του δείγματος είναι:

$$s = (s^2)^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\chi_i - \bar{\chi})}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανεμημένου δείγματος δεδομένων. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

- $(-\bar{s}, +\bar{s})$ περιέχει περίπου το 68% των δεδομένων
- $(-2\bar{s}, +2\bar{s})$ περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων
- $(-3\bar{s}, +3\bar{s})$ περιέχει το 99% των δεδομένων

Συνδιακύμανση (covariance of the two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων.

$$Cov(X, Y) = \left[\frac{1}{n-1} \right] \sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας:

- ❖ Επίπεδο εμπιστοσύνης: η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή.
- ❖ Επίπεδο σημαντικότητας: η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

Συσχέτιση μεταβλητών- συντελεστής συσχέτισης

Στη συνέχεια θεωρούνται δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές X, Y . Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο αυτών μεταβλητών X και Y με διασπορά σ_X^2 και σ_Y^2 αντίστοιχα και συνδιασπορά $\sigma_{XY} = Cov [X, Y]$ καθορίζεται με τον **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient) ρ , που ορίζεται ως εξής:

$$\rho = \left(\frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} \right)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ εκφράζει τον βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από την μονάδα μέτρησης των X και Y και παίρνει τιμές στο

διάστημα [-1,1]. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των X και Y.

Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς s_{XY} και των διασπορών s_X, s_Y , από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της εκτιμήτριας r :

$$r(X, Y) = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\left[(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2)^{\frac{1}{2}} (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)^{\frac{1}{2}} \right]}$$

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής για να μελετηθούν τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να είναι γνωστή η μορφή της κατανομής που ακολουθούν. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση επιβατικών και οδικών δεσμούντων.

Μία συνήθης πρακτική στον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων, είναι ο υπολογισμός της τιμής της πιθανότητας ρ (probability-value ή p-value). Η πιθανότητα ρ είναι το μικρότερο επίπεδο σημαντικότητας α που οδηγεί στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Είναι μία σημαντική τιμή, διότι ποσοτικοποιεί τη στατιστική απόδειξη που υποστηρίζει την εναλλακτική υπόθεση. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η τιμή της πιθανότητας ρ, τόσο περισσότερες είναι οι αποδείξεις για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Εάν η τιμή ρ είναι μικρότερη ή ίση του επιπέδου σημαντικότητας α, τότε η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται.

3.2.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss αναφέρεται σε συνεχείς μεταβλητές. Μια συνεχής τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή με παραμέτρους μ, σ ($\infty < \mu < +\infty, \sigma > 0$), και γράφεται $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, όταν έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας την:

$$F(x) = \left(\frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{\frac{1}{2}}} \right) e^{[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]}$$

όπου μ και σ είναι σταθερές ίσες με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση αντίστοιχα.

3.2.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ POISSON

Η κατανομή Poisson είναι η πιο κατάλληλη κατανομή για την περιγραφή τελείως τυχαίων διακριτών γεγονότων. Μια τυχαία μεταβλητή X (όπως π.χ. το πλήθος των ατυχημάτων ή των νεκρών από οδικά ατυχήματα) θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), και γράφεται $X \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$F(x) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!}$$

όπου $x=0, 1, 2, 3, \dots$ και $x!= x \cdot (x-1) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1$

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι $E\{X\} = \mu$ και $\sigma^2\{X\} = \mu$ και είναι ίσες μεταξύ τους.

3.2.3 ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΔΙΩΝΥΜΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η χρήση της κατανομής αυτής ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου η διακύμανση των στοιχείων του δείγματος είναι μεγαλύτερη από τον μέσο όρο. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε φαινόμενα που εμφανίζουν περιοδικές μεταβολές.

Μία τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρους k , p (k : θετικός ακέραιος, $0 < p < 1$), και γράφεται $X \sim NB(k,p)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$P(X) = \binom{X + K - 1}{X} p^K (1 - p)^X$$

όπου $X=0, 1, 2, \dots$

3.2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ GUMBEL (ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ)

Η χρήση της κατανομής Gumbel μεγίστων θεωρείται κατάλληλη για ακραία γεγονότα. Η γενική της μορφή είναι:

$$P = x_0 - \frac{1}{\alpha} \ln[\ln T - \ln(T - 1)]$$

όπου P η πιθανότητα και

x_0 , α παράμετροι της κατανομής

Τ περίοδος επαναφοράς

Οι δύο παράμετροι της συνάρτησης κατανομής Gumbel, η παράμετρος κλίμακας α και η παράμετρος θέσης x_0 , με βάση τη μέθοδο των ροπών, δίνονται από τις σχέσεις:

$$\alpha = \frac{1}{0.78\sigma_x}$$

$$x_0 = \bar{x} - 0.45 s_x$$

όπου \bar{x} , s_x η δειγματική μέση τιμή και τυπική απόκλιση, αντίστοιχα.

3.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ (STATED PREFERENCE)

Η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference) ανήκει σε μια ομάδα στατιστικών τεχνικών που αντικείμενό τους είναι η καταγραφή των απόψεων και των προτιμήσεων κάποιας μερίδας του πληθυσμού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, αναφορικά με κάποιο θέμα. Η μερίδα αυτή του πληθυσμού αποτελεί το δείγμα της έρευνας, ενώ το θέμα γύρω από το οποίο γίνεται η καταγραφή απόψεων, αποτελεί το αντικείμενό της. Είναι δηλαδή, όπως αναφέρουν οι (Kroes, Sheldon, 1986), μία μέθοδος συλλογής δεδομένων, τα οποία μετά από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία είναι δυνατό να οδηγήσουν στην ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου το οποίο παρέχει στον ερευνητή τις απαιτούμενες πληροφορίες. Τόσο η μορφή του προτύπου, όσο και το είδος των πληροφοριών που παρέχει εξαρτώνται από τη στατιστική μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των δεδομένων.

Η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης είναι απλή στην κατανόηση και τη χρήση της και μπορεί να εφαρμοστεί και να αποφέρει αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μικρό σχετικά κόστος. Για τους παραπάνω λόγους έχει καταστεί ένα πολύ χρήσιμο και ευρέως διαδεδομένο εργαλείο για την εκπόνηση συγκοινωνιακών ερευνών και μελετών, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις η βασικότερη επιδίωξη των ερευνών αυτών είναι να προσδιορίσουν τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των χρηστών της οδού.

Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος συλλογής των απαραίτητων στοιχείων στα πλαίσια της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης, είναι μέσω κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου (John Bates, 1998). Η μορφή και το μέγεθος του ερωτηματολογίου, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο είναι διατυπωμένες οι ερωτήσεις που περιέχει, ποικίλουν ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας.

Αρχικά, ο ερευνητής, ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας, πρέπει να καθορίσει τη μορφή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου που αφορούν στις μεταβλητές του προβλήματος. Πρέπει δηλαδή να αποφασιστεί αν θα ζητείται από τον ερωτώμενο να κατατάξει σε σειρά προτίμησης μια σειρά από προτεινόμενες εναλλακτικές επιλογές, αν θα ζητείται να δώσει ένα χαρακτηρισμό γι' αυτές (να τις βαθμολογήσει), ή αν θα του παρουσιάζονται ομάδες (συνήθως ζεύγη) σεναρίων και θα καλείται να επιλέξει το προτιμότερο. Πρέπει να σημειωθεί (Kroes, Sheldon, 1986), ότι αν τα πιθανά σενάρια είναι πολλά, γεγονός που συμβαίνει μόνο

όταν οι μεταβλητές είναι πολλές, δεν παρουσιάζονται όλα στους ερωτώμενους αλλά κάποια από αυτά (fractional factorial design). Σε περίπτωση που οι άγνωστοι είναι λίγοι, άρα και τα πιθανά σενάρια λίγα, τότε παρουσιάζονται όλα στο κοινό (full factorial design). Η παρουσίαση αυτή συνήθως γίνεται υπό μορφή καρτών ή πινάκων και σπανιότερα υπό μορφή προτάσεων (ερωτήσεων).

Μέσω των απαντήσεων του κοινού παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τις τιμές των αγνώστων του προβλήματος. Οπότε, επόμενο στάδιο στη διεξαγωγή της έρευνας αποτελεί ο καθορισμός του είδους των μεταβλητών (αγνώστων) του προβλήματος και του εύρους των τιμών που μπορούν να πάρουν. Πρέπει δηλαδή να καθοριστεί ποίες μεταβλητές θα είναι συνεχείς και ποίες διακριτές (dummy), καθώς επίσης και το εύρος τιμών μέσα στο οποίο θα κινηθεί η καθεμία από αυτές.

Αφού ρυθμιστούν όλα τα παραπάνω θέματα, σειρά έχει ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου, το οποίο αφ' ενός πρέπει να εξυπηρετεί τους σκοπούς της συγκεκριμένης έρευνας και αφετέρου πρέπει να βρίσκεται σε συμφωνία με ορισμένες βασικές αρχές που διέπουν την έρευνα πεδίου. Οι αρχές αυτές παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ακολουθεί η εκτέλεση της έρευνας πεδίου που αποτελεί την εφαρμογή στην πράξη όσων σχεδιάστηκαν με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Η σωστή εκτέλεσή της σε συνδυασμό με τον κατάλληλο αρχικό σχεδιασμό αποτελούν βασικούς παράγοντες για την αξιοπιστία και εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

3.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΗΛΩΜΕΝΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΗ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ

Οι μέθοδοι με τις οποίες γίνεται η καταγραφή των απόψεων, των προτιμήσεων και τελικά των επιλογών του κοινού μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, τις μεθόδους δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference) και αποκαλυπτόμενης προτίμησης (revealed preference).

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι μέθοδοι εκείνες που καταγράφουν τις απόψεις του κοινού συνήθως απέναντι σε κάποια υποθετική κατάσταση, η οποία δεν έχει εφαρμοστεί ποτέ στο παρελθόν. Αυτός είναι ο μόνος τρόπος να μελετηθεί η στάση που προτίθεται να κρατήσει το κοινό απέναντι σε αυτή την κατάσταση, αφού δεν μπορούν να γίνουν ούτε μετρήσεις, ούτε παρατηρήσεις, αφού η κατάσταση αυτή δεν υφίσταται. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι μέθοδοι που καταγράφουν τη συμπεριφορά και τις επιλογές του κοινού, γύρω από υπάρχοντα εναλλακτικά σενάρια. Ως παράδειγμα θα μπορούσε να αναφερθεί η καταγραφή της επιλογής του μέσου μετακίνησης, στις υπάρχουσες συγκοινωνιακές συνθήκες. Οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται σε μετρήσεις και παρατηρήσεις, αφού αναφέρονται σε υπάρχουσες καταστάσεις.

Μετά τη συλλογή των στοιχείων, ανεξάρτητα με ποία μέθοδο αυτή θα πραγματοποιηθεί, ακολουθεί κατάλληλη στατιστική επεξεργασία η οποία καταλήγει στην ανάπτυξη

μαθηματικού προτύπου, η μορφή και το περιεχόμενό του οποίου εξαρτώνται από το αντικείμενο της έρευνας. Παραδοσιακά, τα μαθηματικά πρότυπα μεταφορικής ζήτησης που αναπτύσσονται στις κυκλοφοριακές έρευνες, βασίζονται σε δεδομένα που λαμβάνονται είτε από απευθείας μετρήσεις και παρατηρήσεις, είτε από έρευνες στις οποίες καταγράφονται οι απόψεις του κοινού. Μια σύγκριση των επιλεγμένων εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης με τους τρόπους εκείνους που δεν επιλέγηκαν αποκαλύπτει τις προτιμήσεις των επιβατών. Χρησιμοποιώντας κατάλληλες στατιστικές τεχνικές μπορεί να υπολογιστεί η συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) του κάθε εναλλακτικού τρόπου μετακίνησης, από την οποία μπορεί εύκολα να προκύψει η πιθανότητα να επιλεγεί καθένας από τους τρόπους αυτούς.

Για την ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων που εκτιμούν τη ζήτηση σε μετακινήσεις, οι μέθοδοι της αποκαλυπτόμενης προτίμησης (revealed preference) κρίνονται καταλληλότερες (Kroes, Sheldon, 1986). Ωστόσο όμως παρουσιάζουν κάποιους περιορισμούς οι οποίοι μειώνουν την ευρεία και γενική χρήση τους. Ως βασικότεροι από αυτούς θα μπορούσαν να αναφερθούν οι ακόλουθοι :

- ❖ Οι μέθοδοι της αποκαλυπτόμενης προτίμησης στερούνται ευελιξίας με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλές φορές δυσκολίες στην εξέταση όλων των μεταβλητών που μπορεί να είναι ενδιαφέρουσες για την έρευνα.
- ❖ Συχνά εμφανίζεται ισχυρός συσχετισμός μεταξύ επεξηγηματικών μεταβλητών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, όπως για παράδειγμα ο χρόνος και το κόστος ταξιδιού. Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό των συντελεστών του μαθηματικού προτύπου.
- ❖ Οι μέθοδοι αποκαλυπτόμενης προτίμησης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας στην αξιολόγηση καταστάσεων κάτω από συνθήκες που δεν υφίστανται σήμερα.
- ❖ Οι μέθοδοι αυτές προϋποθέτουν ότι οι επεξηγηματικές μεταβλητές μπορούν να εκφραστούν σε απόλυτες μονάδες. Για το λόγο αυτό η χρήση τους συνήθως περιορίζεται στη συλλογή στοιχείων για αρχικού ενδιαφέροντος μεταβλητές, όπως για παράδειγμα χρόνος και κόστος ταξιδιού. Σπάνια μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση της επίδρασης αλλαγών αναφορικά με δευτερεύουσες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα οι ανέσεις του σταθμού και ο σχεδιασμός των θέσεων μέσα στο μέσο μεταφοράς.

Για όλους τους παραπάνω λόγους οι μέθοδοι δεδηλωμένης προτίμησης αποτελούν ένα ελκυστικότερο εργαλείο για την πραγματοποίηση κυκλοφοριακών μελετών και ερευνών από ότι οι μέθοδοι της αποκαλυπτόμενης προτίμησης. Είναι ευκολότερο να κατευθύνει κανείς τις μεθόδους δεδηλωμένης προτίμησης προς το πεδίο ενδιαφέροντός του, γιατί ακριβώς ο ερευνητής καθορίζει την κατάσταση που αξιολογείται από τους ερωτώμενους. Επίσης, είναι περισσότερο ευέλικτες γιατί μπορούν να λειτουργήσουν εύκολα και αποτελεσματικά και με μεγαλύτερο αριθμό μεταβλητών, ενώ παράλληλα πραγματοποιούνται φθηνότερα και γρηγορότερα από εκείνες της αποκαλυπτόμενης προτίμησης αφού δεν απαιτούνται χρονοβόρες και δαπανηρές μετρήσεις.

Απέναντι στα παραπάνω πλεονεκτήματα των μεθόδων της δεδηλωμένης προτίμησης θα μπορούσε να αντιπαρατάξει κανείς και ένα μειονέκτημα. Πολλές φορές, οι ερωτώμενοι άλλο δηλώνουν και άλλο πράττουν. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να είναι κρίσιμο κάτω από ορισμένες συνθήκες, όταν για παράδειγμα επιδιώκεται να καθοριστεί η ζήτηση ενός μεταφορικού μέσου χρησιμοποιώντας μόνο αυτές τις μεθόδους, μην επαληθεύοντας τα αποτελέσματά τους και με κάποια άλλη (αποτελέσματα εφαρμογής σε παρόμοιες συνθήκες). Στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων τέτοιου είδους μελετών πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή γιατί όπως έχει αποδειχθεί (Lin et al., 1986), (Van der Hoorn et al., 1984) οι κάτοικοι του δυτικού κόσμου έχουν την τάση να μεγαλοποιούν τις απαντήσεις τους όταν αντιλαμβάνονται ότι παίρνουν μέρος σε κάποιο πείραμα.

Οι μέθοδοι της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference) βρίσκουν πολλές εφαρμογές σε κυκλοφοριακές έρευνες που σκοπό έχουν να εκτιμήσουν τη σχετική βαρύτητα ορισμένων παραγόντων και όχι τον υπολογισμό απολύτων μεγεθών. Έχει αποδειχθεί (Roberts et al., 1986) ότι οι μελέτες δεδηλωμένης προτίμησης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για το σκοπό αυτό, και το παραπάνω βασικό τους μειονέκτημα μπορεί να αντιμετωπιστεί έτσι.

Όταν απαιτείται εκτίμηση απόλυτων μονάδων ενδείκνυται η χρήση συνδυασμού μεθόδων δεδηλωμένης και αποκαλυπτόμενης προτίμησης, γιατί με τον τρόπο αυτό εξαλείφονται τα βασικά μειονεκτήματα κάθε μεθόδου και τα αποτελέσματα είναι απαλλαγμένα από τον κίνδυνο ασυνέπειας.

3.5 ΘΕΩΡΙΑ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ - ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Τα πρότυπα των διακριτών επιλογών, όπως αυτές παρουσιάζονται σε μία έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης, είναι εξατομικευμένα πρότυπα (disaggregate models), με την έννοια ότι εξετάζονται οι επιλογές μεμονωμένων ατόμων και όχι πληθυσμών, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά των ατόμων (characteristics) και τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών (attributes). Η ανάλυση της επιλογής του ατόμου προϋποθέτει τη γνώση των εναλλακτικών επιλογών που αντιλαμβάνεται ότι διαθέτει το άτομο. Το σύνολο που εμπεριέχει όλες τις δυνατές διακριτές επιλογές ονομάζεται σύνολο επιλογών (choice set) και περιέχει πεπερασμένο αριθμό εναλλακτικών. Επιπλέον, τα σύνολα επιλογών διαχωρίζονται σε καθολικά σύνολα (universal choice set), τα οποία εμπεριέχουν όλες τις δυνατές εναλλακτικές και τα μειωμένα σύνολα (reduced choice set), τα οποία είναι υποσύνολα των καθολικών και εμπεριέχουν μόνο τις εναλλακτικές που είναι διαθέσιμες στο κάθε άτομο.

Σε κάθε περίπτωση, ορίζεται μια **συνάρτηση χρησιμότητας** ως ένα μαθηματικό πρότυπο που περιγράφει την ικανοποίηση του κάθε ατόμου από τα χαρακτηριστικά της κάθε εναλλακτικής και επιλέγεται η εναλλακτική με τη μέγιστη τιμή χρησιμότητας. Ωστόσο, η χρησιμότητα είναι μια λανθάνουσα έννοια (latent concept) η οποία είναι συνάρτηση τόσο συστηματικών (systematic) όσο και τυχαίων (random) μεταβλητών. Οι συστηματικές μεταβλητές περιλαμβάνουν την ποσοτική επιρροή των μετρήσιμων χαρακτηριστικών των

εναλλακτικών επιλογών αλλά και του ίδιου του ατόμου στην ικανοποίηση του ατόμου από την κάθε εναλλακτική.

Αντίθετα, η αβεβαιότητα στον υπολογισμό της χρησιμότητας μπορεί να οφείλεται σε ελλιπή ή λανθασμένη γνώση ή πληροφόρηση του ατόμου για τις εναλλακτικές επιλογές και τα χαρακτηριστικά τους, αλλά και σε διακύμανση στις προτιμήσεις του ατόμου σε σχέση με διάφορους παράγοντες που δεν μπορούν να προστικοποιηθούν. Η τυχαιότητα αυτή λαμβάνεται υπόψη στα πρότυπα διακριτών επιλογών στο πλαίσιο της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας.

Για κάθε εναλλακτική (i) του συνόλου επιλογών C_n θεωρείται μια **συνάρτηση χρησιμότητας** του ατόμου (η) ως εξής:

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

όπου $V_{in} = \beta_i X_{in}$ είναι το συστηματικό (deterministic) μέρος της χρησιμότητας, με β_i το διάνυσμα (vector) των συντελεστών και X_{in} το διάνυσμα των τιμών των μεταβλητών, και ε_{in} είναι το στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας της εναλλακτικής.

Η πιθανότητα επιλογής της κάθε εναλλακτικής του ατόμου υπολογίζεται ως:

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

$$\text{ή} \quad P_n(i/C) = P(\beta_i x_{in} + \varepsilon_{in} > \beta_j x_{jn} + \varepsilon_{jn}) \quad \forall j \in C, i \neq j$$

$$\text{ή} \quad P_n(i/c) = P(\beta_i x_{in} - \beta_j x_{jn} > \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}) \quad \forall j \in C, i \neq j$$

Επισημαίνεται ότι μια βασική υπόθεση της θεωρίας στοχαστικής χρησιμότητας αφορά στο ότι τα σφάλματα ε_{in} του συνόλου των επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μία κοινή κατανομή (independent and identically distributed – i.d.d.). Ανάλογα με τις συγκεκριμένες υποθέσεις που γίνονται για τη στατιστική αυτή κατανομή, προκύπτουν διάφορες μορφές της εξίσωσης για την πιθανότητα επιλογής μίας εκ των εναλλακτικών. Οι πιο συνηθισμένες παραδοχές είναι ότι τα σφάλματα ε_{in} ακολουθούν την κανονική κατανομή ή την κατανομή Gumbel οπότε και προκύπτουν τα δυο πιο διαδεδομένα είδη προτύπων διακριτών επιλογών, τα πιθανοτικά (probit) και τα λογιστικά (logit) αντίστοιχα.

3.5.1 ΠΙΘΑΝΟΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ (PROBIT)

Τα πιθανοτικά πρότυπα (probit) προκύπτουν όταν τα τυχαία σφάλματα στην εξίσωση της χρησιμότητας ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στην απλή περίπτωση διπτής επιλογής (δύο εναλλακτικές στο σύνολο επιλογών) η εξίσωση γράφεται:

$$P_n(1) = P(\beta_1 x_{1n} - \beta_2 x_{2n} > \varepsilon_{2n} - \varepsilon_{1n})$$

Τα σφάλματα ε_{1n} και ε_{2n} κατανέμονται κανονικά με μέση τιμή 0 και τυπικές αποκλίσεις σ_1^2 και σ_2^2 αντίστοιχα. Μια ιδιότητα των κανονικά κατανεμημένων μεταβλητών είναι ότι η πρόσθεση αλλά και η αφαίρεση δύο κανονικά κατανεμημένων μεταβλητών παράγει μια κανονικά κατανεμημένη μεταβλητή. Σε αυτή την περίπτωση η $\varepsilon_{1n} - \varepsilon_{2n}$ είναι κανονικά κατανεμημένη με μέση τιμή 0 και τυπική απόκλιση $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12}$

Το πιθανοτικό πρότυπο δεν έχει κλειστή μαθηματική μορφή, λόγω του ολοκληρώματος που περιλαμβάνεται στη συνάρτηση πυκνότητας της κανονικής κατανομής, γεγονός που περιπλέκει τόσο τη μεγιστοποίηση της πιθανοφάνειας όσο και την επέκταση της διατύπωσής του για περισσότερες από δύο διακριτές εναλλακτικές, με αποτέλεσμα να αναζητηθούν διαφορετικές κατανομές των τυχαίων σφαλμάτων.

3.5.2 ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ (LOGIT)

Τα λογιστικά πρότυπα βασίζονται στην υπόθεση ότι τα σφάλματα των συναρτήσεων χρησιμότητας είναι ανεξάρτητα και ακολουθούν την ίδια κατανομή ακρότατων Τύπου 1, γνωστή και ως κατανομή Gumbel (Gumbel, 1958). Συγκεκριμένα, εάν τα σφάλματα κατανέμονται κατά Gumbel με παράμετρο θέσης $\omega=0$ και με παράμετρο κλίμακας μ , η πιθανότητα ένα συγκεκριμένο άτομο να διαλέξει μια εναλλακτική ανάμεσα σε ένα σύνολο C εναλλακτικών δίνεται από την σχέση:

$$P_n(i/C) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}} \quad \forall j \in C$$

Μία επιθυμητή ιδιότητα υποτιθέμενης κατανομής τυχαίων σφαλμάτων των προτύπων διακριτών επιλογών είναι ότι οι μέγιστες των τυχαία εξαγόμενων τιμών της κατανομής ακολουθούν την ίδια κατανομή με τις ποσότητες από τις οποίες έχουν εξαχθεί. Η ιδιότητα αυτή δεν παρατηρείται στην κανονική κατανομή όπου οι μέγιστες τιμές που προκύπτουν από την κατανομή δεν είναι κανονικά κατανεμημένες. Η θεώρηση κατανομής σφαλμάτων με τη συγκεκριμένη ιδιότητα απλοποιεί τη διαδικασία εκτίμησης του προτύπου, καθώς εξισώσεις της μορφής:

$$P_n(1) = P(\beta_1 x_{1n} - \beta_2 x_{2n} > \varepsilon_{2n} - \varepsilon_{1n})$$

Εύκολα μεταπίπτουν στην πολυωνυμική περίπτωση αντικαθιστώντας τον όρο $\beta_2 x_{2n}$ με τη μέγιστη τιμή όλων των υπολοίπων $\beta_j x_{jn}$. Οι κατανομές των μέγιστων τυχαίων τιμών που προκύπτουν από θεμελιώδεις κατανομές αναφέρονται ως κατανομές ακρότατων τιμών (extreme value distributions) (Gumbel, 1958; Ben-Akiva & Lerman, 1985).

Η εξίσωση στην πολυωνυμική περίπτωση, μετά από διαδοχικές αντικαταστάσεις, καταλήγει στη μορφή:

$$P_n(i/C) = \frac{e^{\mu V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu V_j}} \quad \forall j \in C$$

η οποία αποτελεί και την έκφραση του **πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου (multinomial logit model)**. Για την εκτίμηση του διανύσματος των σταθερών παραμέτρων (β) με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας είναι:

$$LL = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^J y_{in} (\beta_i x_{in} - \log \sum_{j \in C_n} e^{\beta_j x_{jn}})$$

όπου J είναι το σύνολο των πιθανών επιλογών και το y_{in} είναι ίσο με 1 όταν το παρατηρούμενο διακριτό αποτέλεσμα για το χρήστη n είναι το (i) και ίσο με 0 διαφορετικά.

Μία σημαντική ιδιότητα του πολυωνυμικού λογαριθμικού προτύπου είναι η ανεξαρτησία από τις μη σχετικές εναλλακτικές (Independence from Irrelevant Alternatives property – IIA). Αυτό σημαίνει πως για κάποιο συγκεκριμένο άτομο, ο λόγος των πιθανοτήτων δύο οποιονδήποτε εναλλακτικών επιλογών είναι εντελώς ανεπηρέαστος από το συστηματικό μέρος της συνάρτησης χρησιμότητας οποιασδήποτε άλλης εναλλακτικής επιλογής.

3.5.3 ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, βασική υπόθεση των προτύπων διακριτών επιλογών είναι η ανεξαρτησία μεταξύ των εναλλακτικών. Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις είναι πιθανόν αυτή η υπόθεση να μην είναι ρεαλιστική. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται επεκτάσεις των πρότυπων διακριτών επιλογών με τις οποίες είναι δυνατό να ληφθούν υπόψη διάφορες συσχετίσεις μεταξύ εναλλακτικών επιλογών.

Ειδικότερα, το **ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (nested logit model)**(Manski & McFadden, 1981) είναι επέκταση του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου διακριτών επιλογών και αναπτύχθηκε ώστε να αντιμετωπίζονται περιπτώσεις όπου υπάρχει συσχέτιση μεταξύ ορισμένων εναλλακτικών του συνόλου επιλογών. Βασίζεται στο διαχωρισμό του καθολικού συνόλου επιλογών C σε διάφορα μειωμένα υποσύνολα C_m τέτοια ώστε:

$$C = \bigcup_{m=1, \dots, M} C_m \cap C_l = \emptyset \quad \forall m \neq l$$

Το σύνολο των εναλλακτικών των μειωμένων συνόλων (κλάδων) ισούται με τις εναλλακτικές του καθολικού συνόλου και i εναλλακτικές που εμφανίζονται σε ένα υποσύνολο δεν εμφανίζονται σε κανέναν άλλο.

Η συνάρτηση χρησιμότητας κάθε εναλλακτικής αποτελείται από έναν όρο ειδικό για την εναλλακτική και από έναν όρο που εξαρτάται από τον κάθε κλάδο. Έτσι εάν $i \in C_m$ είναι:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i + V_{C_m} + \varepsilon_{C_m}$$

Οι όροι των σφαλμάτων ε_i και ε_{C_m} υποτίθεται ότι είναι ανεξάρτητοι. Όπως και στο πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο οι όροι ε_i θεωρείται ότι κατανέμονται κατά Gumbel με παράμετρο κλίμακας μ . Η κατανομή των ε_{C_m} είναι τέτοια ώστε η τυχαία μεταβλητή $\max_{j \in C_m} U_j$ να ακολουθεί την κατανομή Gumbel με παράμετρο κλίμακας μ_m . Κάθε κλάδος μέσα σε ένα σύνολο επιλογών περιγράφεται από μία ψευδο-χρησιμότητα (pseudo-utility) που καλείται σύνθετη χρησιμότητα (compose utility) ή συμπεριλαμβανόμενη τιμή (inclusive value). Η σύνθετη χρησιμότητα για τον κλάδο C_m καθορίζεται ως:

$$V'_{C_m} = V_{C_m} + \frac{1}{\mu_m} \sum_{i \in C_m} e^{\mu_m V_i}$$

όπου V_{C_m} είναι η συνιστώσα της συνάρτησης χρησιμότητας που είναι κοινή για όλες τις εναλλακτικές στον κλάδο C_m . Η πιθανότητα τότε δίνεται από την σχέση:

$$P(i/m)P(m/C) = \frac{e^{\mu_m V_i}}{\sum_{j \in C} e^{\mu_m V_j}} \frac{e^{\mu V_m}}{\sum_k e^{\mu V_k}}$$

όπου $P(m/C)$ η οριακή πιθανότητα (marginal probability) επιλογής του κλάδου C_m , και $P(i/m)$ η δεσμευμένη πιθανότητα (conditional probability) επιλογής της εναλλακτικής i του κλάδου C_m .

Οι παράμετροι μ και μ_m αντικατοπτρίζουν την συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών του κλάδου C_m (Ben Akiva & Lerman, 1985). Ειδικότερα εάν $i, j \in C_m$:

$$\frac{\mu}{\mu_m} = \sqrt{1 - \text{Corr}(U_i, U_j)}$$

Ισχύει $0 < \mu/\mu_m \leq 1$ και για $\mu/\mu_m = 1$ είναι $\text{Corr}(U_i, U_j) = 0$, οπότε και θεωρείται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών αυτών. Σημειώνεται ότι στην πραγματικότητα μόνο ο λόγος των παραμέτρων μ και μ_m έχει έννοια. Μία τυπική αντιμετώπιση είναι να κανονικοποιείται η τιμή μίας από αυτές.

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πιθανόν ο διαχωρισμός των κλάδων να μην είναι προφανής, δηλαδή κάποια εναλλακτική να μπορεί να αποδοθεί σε περισσότερους από έναν κλάδους (συνδυαστική συσχέτιση). Στην περίπτωση αυτή, εξετάζεται το συνδυαστικό ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (cross-nested logit model), στο οποίο ορισμένες εναλλακτικές μπορεί να ανήκουν σε περισσότερους από έναν κλάδους (Daly & Bierlaire; Bierlaire 2006).

3.5.4 ΜΙΚΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε η οικογένεια των γενικευμένων λογιστικών προτύπων, με τα οποία μετριάζεται η υπόθεση της ανεξαρτησίας των εναλλακτικών στα πρότυπα χρησιμότητας, παρέχοντας ευελιξία στη θεώρηση σύνθετων διαδικασιών λήψης απόφασης. Ωστόσο, στα γενικευμένα λογιστικά πρότυπα είναι σε ισχύ η δεύτερη βασική υπόθεση της θεωρίας χρησιμότητας, σύμφωνα με την οποία τα σφάλματα ακολουθούν κοινή κατανομή ακρότατων τιμών. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η οικογένεια των **μικτών λογιστικών προτύπων** (mixed logit models), στην οποία μετριάζεται η υπόθεση αυτή, έτσι ώστε τα σφάλματα να ακολουθούν μικτή κανονική κατανομή / κατανομή ακρότατων τιμών (McFadden & Train, 2000), ή σε ορισμένες περιπτώσεις μικτή λογαριθμοκανονική κατανομή ακρότατων τιμών (Fosgerau & Bierlaire, 2007).

Στα πρότυπα αυτά επιχειρείται η συνδυαστική αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των πιθανοτικών (probit) και λογιστικών (logit) προτύπων. Ειδικότερα, η χρήση της κανονικής κατανομής παρέχει ευελιξία στην περιγραφή πολλών στοχαστικών παραμέτρων, οι οποίες δεν δύναται να θεωρηθούν Gumbel, ενώ η χρήση της κατανομής Gumbel παρέχει ευελιξία στην προσαρμογή του προτύπου (Gopinath et al. 2005, Walker et al. 2007, Burda et al. 2008). Οι κανονικές στοχαστικές παράμετροι μπορεί να αφορούν σε:

- ❖ Συσχετίσεις και συνδυαστικές συσχετίσεις μεταξύ εναλλακτικών, ανάλογες με αυτές που θεωρούνται στα ιεραρχικά και συνδυαστικά ιεραρχικά πρότυπα,
- ❖ Τυχαία διακύμανση παραμέτρων β του προτύπου,
- ❖ Ετεροσκεδαστικότητα (δηλαδή διαφορετική διακύμανση στις χρησιμότητες των εναλλακτικών)
- ❖ Ατομική ετερογένεια, η οποία αναφέρεται στην περίπτωση δυναμικών διαστρωματικών δεδομένων, δηλαδή επαναλαμβανόμενων παρατηρήσεων μιας ομάδας ατόμων (panel data).

Στα πρότυπα αυτά, για κάθε εναλλακτική (i) του συνόλου επιλογών C_n θεωρείται μια συνάρτηση χρησιμότητας του ατόμου (n) ως εξής:

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

όπου $\varepsilon_{in} = F\xi_{in} + v_{in}$ η στοχαστική χρησιμότητα, με ξ_{in} στοχαστικές παραμέτρους $\sim N(0,\sigma)$, F τους συντελεστές βαρύτητας αυτών, οι οποίοι μπορεί να είναι σταθεροί ή άγνωστοι, και v_{in} με κατανομή ακρότατων τιμών $\sim(0,\mu)$.

Βασική ιδιότητα των προτύπων αυτών είναι ότι το μητρώο διακύμανσης-συνδιακύμανσης (variance-covariance matrix) δεν είναι διαγώνιο. Η μορφή και οι ιδιότητες του μητρώου F καθορίζουν και τη μορφή και τις ιδιότητες του μητρώου διακύμανσης-συνδιακύμανσης, ανάλογα με το είδος των στοχαστικών παραμέτρων όπως παρατίθενται παραπάνω.

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι τα μικτά λογιστικά πρότυπα δεν έχουν κλειστή μαθηματική μορφή, καθότι οι στοχαστικές παράμετροι είναι άγνωστες:

$$P(i/C) = \int_{\xi} \Lambda(i/\xi) f(\xi) d\xi , \xi \sim N(0,1)$$

όπου Λ η λογιστική πιθανότητα.

Για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιούνται μέθοδοι προσομοίωσης (Train, 2003), οι οποίες βασίζονται σε D τυχαίες εξαγωγές (random draws) τιμών από μια κατανομή, συνήθως σταθερή (Uniform) $\sim(0,1)$, ώστε:

$$\hat{P}(i/C) = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D \Lambda(i/\xi_d)$$

Σημειώνεται ότι είναι απαραίτητο να επιβεβαιώνεται επαρκής αριθμός τυχαίων εξαγωγών, καθότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα μη αμελητέας μεροληψίας κατά την προσομοίωση (Chiou & Walker, 2007).

3.5.5 ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΚΡΙΤΩΝ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε η ύπαρξη **δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data)**. Ειδικότερα, στην περίπτωση όπου τα στοιχεία αφορούν σε επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις μιας ομάδας ατόμων μπορεί να εμφανίζονται δύο φαινόμενα:

- Ατομική ετερογένεια (agent heterogeneity), η οποία αντιστοιχεί σε τυχαία διακύμανση των παρατηρούμενων επιλογών εξαιτίας διαφορών μεταξύ των ατόμων (Wooldridge 2005), λόγω των επαναλαμβανόμενων παρατηρήσεων. Στην περίπτωση αυτή εξετάζονται τα σφάλματα που δεν μεταβάλλονται με το χρόνο.
- Εξάρτηση από προηγούμενη κατάσταση (state dependence), εξαιτίας του ότι κάθε επιλογή πραγματοποιείται σε διαφορετικό στάδιο μιας διαδικασίας, με αποτέλεσμα οι επιλογές κατά το προηγούμενο στάδιο να επηρεάζουν τις επιλογές κατά το επόμενο στάδιο (Honore & Kyriazidou 2000), όπως σε μια κλασσική μαρκοβιανή διαδικασία πρώτου βαθμού (1st order Markov process).

Κατά συνέπεια, δύο ειδών επεκτάσεις ενδέχεται να χρειάζεται να ενσωματωθούν στις συναρτήσεις χρησιμότητας όλων των εναλλακτικών των λογιστικών προτύπων, το καθένα από τα οποία εφαρμόζεται σε κάθε κατάσταση $T=t$ της διαδικασίας λήψης απόφασης, ώστε η κάθε συνάρτηση χρησιμότητας να έχει την ακόλουθη μορφή:

$$U_{int} = \beta X_{nt} + \gamma y_{n,t-1} + \alpha_n + \varepsilon_{int}$$

όπου $y_{n,t-1}$ είναι η επιλογή που πραγματοποιήθηκε κατά την προηγούμενη κατάσταση $T=t-1$ (state dependence), α_n η ατομική ετερογένεια, η οποία μπορεί να είναι σταθερή ή στοχαστική (random) συνήθως με βάση την κανονική κατανομή $\sim N(0, \sigma^2)$, και ε_{nt} η στοχαστική χρησιμότητα.

Ανάλογα με το αν η ετερογένεια αφορά στο συστηματικό ή στο στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας, το πρότυπα αναφέρονται ως (Fisher & Nijkamp, 1987):

- Στατικά, όπου δεν υπάρχει ετερογένεια
- Αμιγούς ετερογένειας (pure heterogeneity), όπου τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα και υπολογίζεται ο σταθερός ή στοχαστικός όρος α_n .
- Αμιγούς εξάρτησης από προηγούμενη κατάσταση (pure state dependence), όπου τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα και υπολογίζεται ο σταθερός όρος $\gamma_{n,t-1}$
- Αμιγούς σειριακής συσχέτισης (pure serial correlation), όπου εμφανίζεται σειριακή συσχέτιση στο στοχαστικό μέρος της χρησιμότητας (σφάλματα) και αποτελεί την πιο σύνθετη περίπτωση.

3.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσοτέρων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Πρέπει να τονισθεί ότι διαφέρουν από τα είδη προτύπων διακριτών επιλογών τα οποία θεωρούν ότι τα σφάλματα ϵ_{in} του συνόλου των επιλογών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μία κοινή κατανομή.

Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Αφού ολοκληρωθεί η έρευνα πεδίου και συλλεγούν τα απαραίτητα δεδομένα, ακολουθεί η στατιστική τους ανάλυση, η οποία οδηγεί στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων και κατ' επέκταση στην επίτευξη του στόχου της όλης έρευνας. Η μέθοδος με την οποία θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση εξαρτάται άμεσα από το αντικείμενο της έρευνας, αλλά και από τη μορφή και το περιεχόμενο της έρευνας πεδίου, μέσω της οποίας έχουν συλλεγεί τα στοιχεία. Χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να αναφερθούν οι παρακάτω στατιστικές μέθοδοι που είναι κατάλληλες για την επεξεργασία

στοιχείων που έχουν συλλεγεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Οι μέθοδοι αυτές είναι (Pindyck, Rubinfeld, 1991) :

- Γραμμική παλινδρόμηση (Linear Regression)
- Πιθανοτική ανάλυση(Probit analysis)
- Ανάλυση διακριτότητας (Discriminant Analysis)
- Λογιστική παλινδρόμηση (Logistic Regression)

Το αποτέλεσμα της στατιστικής ανάλυσης, με χρήση των παραπάνω μεθόδων, είναι η εξαγωγή μαθηματικού προτύπου, η μορφή και το περιεχόμενο του οποίου εξαρτάται από την επιλεγέσια μέθοδο.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους, η σύγκριση των οποίων οδήγησε στην επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) οδηγεί στην ανάπτυξη γραμμικού μαθηματικού προτύπου που υπολογίζει τη συνάρτηση χρησιμότητας κάποιου συγκεκριμένου γεγονότος συναρτήσει των παραγόντων που το επηρεάζουν (Pindyck, Rubinfeld, 1991). Η σχέση που προκύπτει είναι γραμμική. Στη συνέχεια από τη συνάρτηση χρησιμότητας, με κατάλληλο μετασχηματισμό υπολογίζεται η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί το συγκεκριμένο γεγονός και για το λόγο αυτό το πρότυπο που τελικά αναπτύσσεται ονομάζεται πρότυπο πρόβλεψης της πιθανότητας. Η σχέση που συνδέει τη συνάρτηση χρησιμότητας και την πιθανότητα είναι μη γραμμική. Στη γραμμική παλινδρόμηση οι παράμετροι εκτιμώνται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Αυτό σημαίνει ότι οι συντελεστές υπολογίζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των παρατηρούμενων και των υπολογιζόμενων τιμών να είναι ελάχιστο. Η συγκεκριμένη μέθοδος απαιτεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι συνεχής και κανονικά κατανεμημένη, οπότε για το λόγο αυτό κρίθηκε ακατάλληλη για τη στατιστική ανάλυση στην παρούσα διπλωματική εργασία, αφού η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (επιβολή προστίμου, όχι επιβολή προστίμου).

Η πιθανοτική ανάλυση (probit analysis) αποτελεί στατιστική τεχνική με βάση την οποία μπορούν να επεξεργαστούν στοιχεία που έχουν συλλεγεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Χρησιμοποιείται όταν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή ή συνεχής και οδηγεί στην ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η συνάρτηση χρησιμότητας (σχέση γραμμική) και στη συνέχεια η πιθανότητα, με ανάλογο τρόπο όπως και στην περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης. Η συγκεκριμένη μέθοδος απαιτεί το μετασχηματισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών σε πιθανότητες, οι τιμές των οποίων φυσικά θα κυμαίνονται μεταξύ του 0 και του 1 (Pindyck, Rubinfeld, 1991). Βασικό μέλημα κατά το συγκεκριμένο μετασχηματισμό είναι να διατηρηθεί η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Δηλαδή αν πριν το μετασχηματισμό η αύξηση ορισμένων παραμέτρων προκαλούσε αύξηση της τιμής της

πιθανότητας, αυτό πρέπει να συνεχίσει να πραγματοποιείται και μετά. Ανάλογα ισχύουν και για τη μείωση της πιθανότητας.

Η απαίτηση αυτή οδηγεί στη χρήση της συνάρτησης αθροιστικής πιθανότητας, προκειμένου να υπολογιστεί η πιθανότητα να επιλεγεί μια από τις συγκεκριμένες εναλλακτικές λύσεις. Υπάρχουν πολλές συναρτήσεις αθροιστικής πιθανότητας από τις οποίες ως επί των πλείστων χρησιμοποιούνται η κανονική και η λογιστική. Όπως και στην περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης, έτσι και στη μέθοδο probit analysis analysis θεωρείται μια γραμμική σχέση της μορφής $Ui = a + bXi$, όπου δεν υπάρχουν στοιχεία για το Ui . Υπάρχουν στοιχεία αναφορικά με το αν τα στοιχεία ανήκουν σε μια από τις προκαθορισμένες κατηγορίες του Ui . Για παράδειγμα στην κατηγορία του χαμηλού Ui ή στην κατηγορία του υψηλού Ui . Με αυτά τα στοιχεία γίνεται ο υπολογισμός των παραμέτρων a και b . Δίνει δηλαδή εκτίμηση των πραγματικών τιμών για διαφορετικά επίπεδα ανταπόκρισης, σε αντίθεση με τη λογιστική παλινδρόμηση που εκτιμά την ευαισθησία της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Η probit analysis είναι μια μέθοδος η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων στην παρούσα διπλωματική εργασία. Παρ' όλα αυτά όμως, λόγω της πολυπλοκότητας που εμφανίζει από τη χρήση της συνάρτησης αθροιστικής πιθανότητας, έγινε προσπάθεια ανεύρεσης κάποιας άλλης απλούστερης μεθόδου.

Η ανάλυση διακριτότητας (discriminant analysis) είναι και αυτή μια στατιστική μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί κατά την εκπόνηση πολλών συγκοινωνιακών μελετών, και η οποία μπορεί να αξιοποιήσει τα στοιχεία της δεδηλωμένης προτίμησης. Το αποτέλεσμά της όμως δεν είναι μαθηματικό πρότυπο πρόβλεψης της πιθανότητας να συμβεί ή όχι ένα συγκεκριμένο γεγονός. Αυτό που κάνει είναι να συγκροτεί μαθηματικό πρότυπο πρόβλεψης των καθορισμένων κατηγοριών που ανήκει ένα άτομο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Είναι δηλαδή μια μέθοδος που κατηγοριοποιεί το δείγμα ανάλογα με κάποια βασικά χαρακτηριστικά του, τα οποία ο ερευνητής έχει καθορίσει. Παρόμοιοι τύποι αποτελεσμάτων μπορούν να εξαχθούν με τη χρήση των ομοειδών μεθόδων, όπως η ανάλυση παραγόντων (factor analysis) και η ανάλυση ομαδοποίησης (cluster analysis). Γίνεται λοιπόν σαφές ότι ήταν ακατάλληλη για τη στατιστική ανάλυση στην παρούσα διπλωματική εργασία, γιατί ακριβώς ο σκοπός της είναι άλλος και ξεφεύγει από τις δυνατότητες της συγκεκριμένης μεθόδου.

Η λογιστική παλινδρόμηση (logistic regression) είναι μέθοδος κατάλληλη για στατιστική επεξεργασία δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference). Χρησιμοποιείται ευρύτατα για την εκπόνηση μελετών που έχουν στόχο να μελετήσουν τις διαθέσεις του κοινού αναφορικά με υποθετικά ανταγωνιστικά σενάρια. Αποτελεί μέθοδο, η οποία ενδείκνυται για την ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης της πιθανότητας να επιλεγεί κάποιο από τα εναλλακτικά σενάρια (Pindyck,Rubinfeld,1991). Το πρότυπο αυτό αποτελείται από τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη επιλογή, δείχνει τον τρόπο με τον οποίο συντελείται η επίδραση, καθώς επίσης και το μέγεθος της επίδρασης του καθενός παράγοντα πάνω στην τελική επιλογή. Η λογιστική παλινδρόμηση αποτελεί πολύ χρήσιμο

εργαλείο στις περιπτώσεις που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (dummy), όπως ακριβώς συμβαίνει στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με τη γραμμική παλινδρόμηση αφού η διαδικασία ανάλυσης πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και κανονικά κατανεμημένη η στατιστική επεξεργασία μπορεί να γίνει και με τις δύο μεθόδους οι οποίες θα οδηγήσουν στο ίδιο αποτέλεσμα (Pindyck, Rubinfeld, 1991). Η βασική τους διαφορά είναι ότι η λογιστική παλινδρόμηση μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην παρούσα έρευνα.

Στη λογιστική παλινδρόμηση οι συντελεστές των μεταβλητών του προτύπου υπολογίζονται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood method) (Pindyck, Rubinfeld, 1991), δηλαδή οι συντελεστές υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να καθιστούν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων, ή της έρευνας πεδίου, πιθανότερα να επιλεγούν. Το μαθηματικό πρότυπο που προκύπτει αρχικά από την ανάλυση δίνει τη συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) ενός γεγονότος. Το πρότυπο αυτό είναι γραμμικό συναρτήσει των παραγόντων που επηρεάζουν το συγκεκριμένο γεγονός. Η πιθανότητα που υπάρχει να πραγματοποιηθεί το γεγονός αυτό, υπολογίζεται εύκολα με κατάλληλο μετασχηματισμό, από τη συνάρτηση χρησιμότητας. Η σχέση που συνδέει αυτά τα δύο μεγέθη (πιθανότητα και συνάρτηση χρησιμότητας) δεν είναι γραμμική. Η λογιστική παλινδρόμηση, αποτελεί μια κατάλληλη μέθοδο για την επεξεργασία στοιχείων που προέκυψαν από ανεξάρτητες παρατηρήσεις, ή δηλώσεις του κοινού, καθώς και σε περιπτώσεις ερευνών όπου η ανάλυση στηρίζεται σε ομαδοποιημένα δεδομένα.

Με δεδομένο λοιπόν ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκεται μέσω της στατιστικής ανάλυσης η ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης, όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (επιβολή προστίμου, όχι επιβολή προστίμου), συνεπάγονται τα εξής :

1. Η γραμμική παλινδρόμηση δεν είναι κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας των δεδομένων της συγκεκριμένης έρευνας γιατί απαιτεί η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι συνεχής και κανονικά κατανεμημένη.
2. Η ανάλυση διακριτότητας δεν μπορεί να οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα γιατί κατηγοριοποιεί το δείγμα ανάλογα με κάποια χαρακτηριστικά του, μη μπορώντας να οδηγήσει στην ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης αναφορικά με την επιλογή του.
3. Η μέθοδος probit analysis θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αλλά είναι πολυπλοκότερη και περισσότερο χρονοβόρα από τη λογιστική παλινδρόμηση, ενώ γενικά προτιμάται περισσότερο σε περιπτώσεις σχεδιασμένων πειραμάτων, παρά σε περιπτώσεις ερευνών πεδίου.

Συμπερασματικά λοιπόν, η μέθοδος της λογιστικής παλινδρόμησης (logistic regression) κρίθηκε καταλληλότερη για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων στην παρούσα διπλωματική εργασία, με σκοπό την ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου πρόβλεψης της

πιθανότητας αναφορικά με την επιλογή των χρηστών της οδού. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο που ακολουθεί.

3.7 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ (LOGISTIC REGRESSION)

Η λογιστική παλινδρόμηση (logistic regression) αποτελεί μία στατιστική μέθοδο κατάλληλη για τις περιπτώσεις που επιδιώκεται πρόβλεψη της επιρροής από την παρουσία ή την απουσία κάποιων χαρακτηριστικών στην επιλογή αναφορικά με κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Οδηγεί στην ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου που δίνει τη συνάρτηση χρησιμότητας του συγκεκριμένου γεγονότος, συναρτήσει κάποιων παραγόντων που το επηρεάζουν. Από τη συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) υπολογίζεται εύκολα κατόπιν κατάλληλου μετασχηματισμού, η πιθανότητα που υπάρχει το γεγονός αυτό να πραγματοποιηθεί. Το πρότυπο που δίνει τη συνάρτηση χρησιμότητας είναι γραμμικό συναρτήσει των παραμέτρων που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη επιλογή. Αντίθετα η σχέση που συνδέει την πιθανότητα με τη συνάρτηση χρησιμότητας είναι μη γραμμική. Τόσο η μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας, όσο και ο μετασχηματισμός μέσα από τον οποίο προκύπτει η ζητούμενη πιθανότητα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω, μέσα στα πλαίσια της συγκεκριμένης παραγράφου.

Η λογιστική παλινδρόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την ανάπτυξη δυαδικού προτύπου πρόβλεψης (binary model) (όπου τα πιθανά ενδεχόμενα είναι δύο), όσο και για την ανάπτυξη προτύπου με περισσότερες εναλλακτικές επιλογές (multinomial model). Η λειτουργία της μεθόδου είναι ίδια και για τις δύο περιπτώσεις. Στην παρούσα έρευνα οι εναλλακτικές επιλογές είναι τέσσερις (επιλογή Ι.Χ., επιλογή Μ.Μ.Μ., επιλογή ποδηλάτου, η επιλογή κανενός από τα προηγούμενα), οπότε το πρότυπο που αναμένεται να αναπτυχθεί είναι το multinomial.

$$U_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n$$

Όπου :

U_i = συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) του γεγονότος i

$x_1 \dots x_n$ = οι μεταβλητές του προβλήματος

a_0 = ο σταθερός όρος ο οποίος δείχνει την επίδραση όλων εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή και δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μεταβλητές στο μαθηματικό πρότυπο.

$a_1 \dots a_n$ = οι συντελεστές των μεταβλητών

Η πιθανότητα P_i να συμβεί το συγκεκριμένο γεγονός i δίνεται από τη σχέση

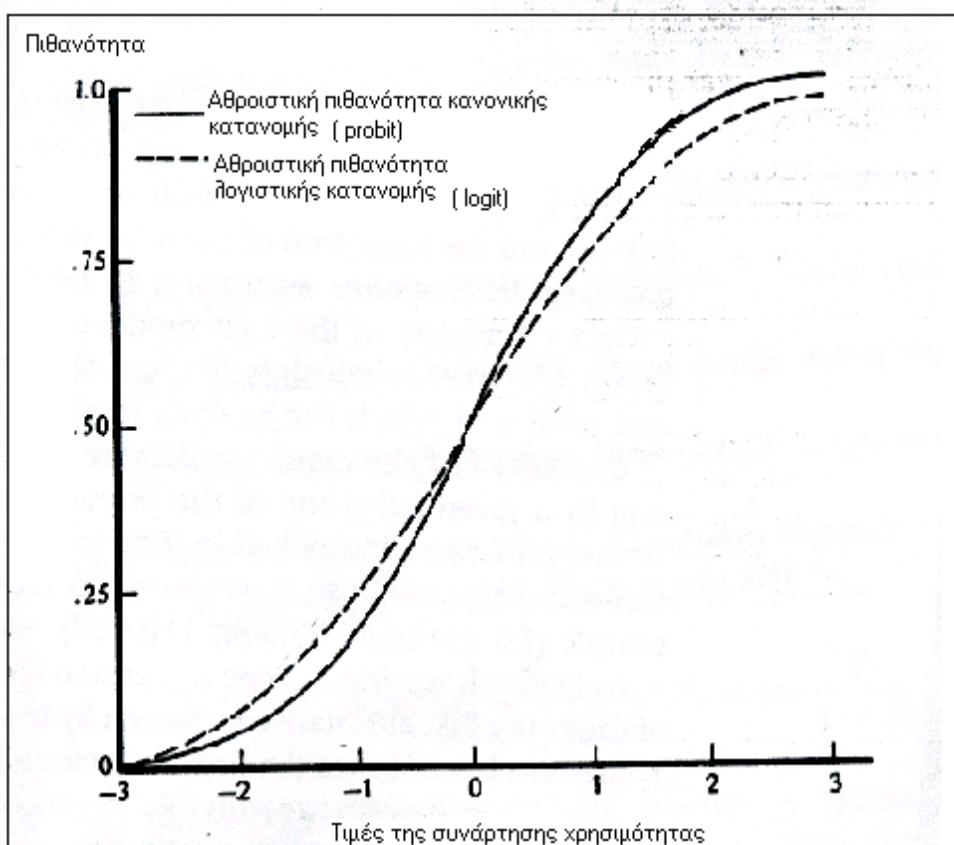
$$P_i = \frac{e^{U_i}}{1 + e^{U_i}}$$

ενώ η πιθανότητα να μη συμβεί το συγκεκριμένο γεγονός, όπως είναι ευνόητο είναι $1 - P_i$ και στην περίπτωση που το πρότυπο έχει πολλές επιλογές, όπως συμβαίνει και στην παρούσα έρευνα, ισούται με το άθροισμα των πιθανοτήτων των υπόλοιπων μεταβλητών.

Μια διαφορετική σχέση της συνάρτησης χρησιμότητας μιας επιλογής η οποία δείχνει τη σχέση της με την πιθανότητα να γίνει αυτή η επιλογή, προκύπτει από τη σχέση (3.1) μετά τη εκτέλεση κάποιων αριθμητικών πράξεων :

$$(1+e^U)^*P = e^U \Leftrightarrow (1+ e^{-U})^*P = 1 \Leftrightarrow e^{-U} = (1-P)/P \Leftrightarrow e^U = P/(1-P) \Leftrightarrow U = \ln(P/(1-P))$$

Η εξαρτημένη μεταβλητή στη σχέση 3.3 είναι ο νεπέριος λογάριθμος του λόγου ($P/1-P$) όπου P η πιθανότητα να συμβεί κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Ο λόγος των πιθανοτήτων ($P/1-P$) στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται με τον όρο "odds". Μια σημαντική ιδιότητα του λογιστικού προτύπου είναι ότι μετατρέπει το πρόβλημα της πρόβλεψης πιθανοτήτων σε πρόβλημα πρόβλεψης του λόγου πιθανοτήτων (odds).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1 Καμπύλη λογιστικής παλινδρόμησης και καμπύλη ανάλυσης probit (Pindyck, Rubinfeld, 1991)

Στο διάγραμμα 3.1 φαίνεται ένα παράδειγμα καμπύλης λογιστικής παλινδρόμησης, όπου οι τιμές της συνάρτησης χρησιμότητας U_i κυμαίνονται μεταξύ του -3 και του 3. Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό, η καμπύλη έχει σχήμα S και μοιάζει με αυτή που λαμβάνεται όταν σχεδιαστεί η αθροιστική πιθανότητα (cumulative probability) της κανονικής κατανομής. Η σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της πιθανότητας είναι μη γραμμική και φυσικά η πιθανότητα κυμαίνεται στο διάστημα [0,1], ανεξάρτητα από την τιμή της U_i .

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 3.1 η κλίση της λογιστικής αθροιστικής κατανομής είναι η μέγιστη στο σημείο $P = \frac{1}{2}$. Αυτό συνεπάγεται ότι οι μεταβολές στις ανεξάρτητες μεταβλητές θα έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην πιθανότητα επιλογής μιας εναλλακτικής λύσης στο μέσον της κατανομής. Οι μικρές κλίσεις στα άκρα της κατανομής δείχνουν ότι απαιτούνται μεγάλες μεταβολές των ανεξάρτητων μεταβλητών, ώστε να πραγματοποιηθεί μικρή μεταβολή της πιθανότητας.

Αν το P ισούται με 0 ή με 1 τότε οι λόγοι πιθανοτήτων (odds) θα είναι ίσοι με 0 ή θα παρουσιάζουν απροσδιοριστία, με αποτέλεσμα να μην ορίζεται ο νεπέριος λογάριθμός τους, άρα ούτε και η συνάρτηση χρησιμότητας. Για το λόγο αυτό η χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων στη σχέση 3.3 δεν είναι δυνατή. Έτσι ο υπολογισμός των συντελεστών του μαθηματικού προτύπου γίνεται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood). Η παραπάνω μέθοδος αποδίδει με ακρίβεια τους παραπάνω συντελεστές, ενώ λειτουργεί με την ίδια ευκολία ακόμη και στην περίπτωση που το δείγμα είναι μεγάλο. Για το λόγο αυτό η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο για την εκπόνηση τέτοιου είδους ερευνών.

3.8 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ενός μοντέλου μετά τη διαμόρφωσή του είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών βί της εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα **λογικής ερμηνείας των πρόσημων τους**. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά βι μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Η ελαστικότητα, για γραμμικά μοντέλα, δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) * (X_i / Y_i) = \beta_i * (X_i / Y_i)$$

Πληροφορίες σχετικά με το αν **πρέπει μια μεταβλητή να συμπεριληφθεί στο πρότυπο** ή όχι δίνει ένας άλλος στατιστικός δείκτης που υπολογίζεται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων, **ο t-ratio**. Ο t-ratio αναφέρεται σε καθεμιά από τις μεταβλητές ξεχωριστά. Ο δείκτης αυτός είναι στην ουσία το αποτέλεσμα της διαίρεσης της εκτιμώμενης για το συντελεστή τιμής δια της τυπικής απόκλισής της. Η τυπική απόκλιση είναι ένα μέγεθος που παρουσιάζει τη συνέπεια με την οποία έχει υπολογιστεί η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή. Αυτό σημαίνει ότι η πραγματική τιμή του συντελεστή για διάστημα εμπιστοσύνης (επίπεδο σημαντικότητας) 95% βρίσκεται στο διάστημα με κέντρο την υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή και άκρα την τιμή αυτή +/- την τυπική απόκλιση.

Ο δείκτης t-ratio στην ουσία δείχνει αν η πραγματική τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή διαφέρει σημαντικά από το 0 ή όχι. Δείχνει δηλαδή αν η επίδρασή της αντίστοιχης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα είναι σημαντική ή όχι. Αν η επιρροή αυτή είναι σημαντική τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αποκλειστεί. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από $-\infty$ έως $+\infty$.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη τιμή του τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Ανάλογα με το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο ενδιαφέρει να βρίσκονται τα αποτελέσματα της έρευνας, υπάρχουν τίνακες που δίνουν την τιμή του t-ratio πάνω από την οποία η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρότυπο. Έτσι για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, μια μεταβλητή μπορεί να παραμείνει στο πρότυπο αν η απόλυτη τιμή του t-ratio του συντελεστή της είναι μεγαλύτερη από 1,645.

Πρέπει να σημειωθεί ότι από τη στιγμή που υπάρχει σταθερός όρος, η τελευταία τιμή των κατηγορικών μεταβλητών θεωρείται περιττή και χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς για τη σύγκριση αυτής με τις άλλες τιμές των κατηγορικών μεταβλητών. Με το t-test λοιπόν καθορίζεται εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Το ίδιο συμβαίνει και με τις αλληλεπιδράσεις των κατηγορικών μεταβλητών με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές.

Για να πραγματοποιηθεί με επιτυχία η μέθοδος της λογιστικής παλινδρόμησης (logistic regression) **οι ανεξάρτητες μεταβλητές** του προβλήματος πρέπει να είναι μεταξύ τους **ασυσχέτιστες**. Αν δεν είναι ασυσχέτιστες, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η διαδικασία οδηγείται σε αποτυχία με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου. Για το λόγο αυτό στο αρχείο αποτελεσμάτων παρουσιάζεται ένα μητρώο στο οποίο περιέχονται όλοι οι συντελεστές συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών πολλαπλασιασμένοι με το 1000 για εξοικονόμηση χώρου. Αν τουλάχιστον ένας από τους συντελεστές αυτούς είναι ίσος με 1 ή -1 τότε οι αντίστοιχες μεταβλητές είναι απόλυτα συσχετισμένες μεταξύ τους, οπότε η διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού προτύπου καταλήγει σε αδιέξοδο, επειδή οι τιμές των μεταβλητών αυτών δεν παρέχουν

ξεχωριστά στοιχεία για την ανάλυση. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι αν περισσότερες από δύο ανεξάρτητες μεταβλητές συσχετίζονται απολύτως, για παράδειγμα αν μία είναι το άθροισμα άλλων δύο, ο έλεγχος συσχέτισης που γίνεται δεν το εντοπίζει. Ο έλεγχος αυτός δηλαδή δεν καλύπτει το 100% των πιθανών προβλημάτων συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών. Βοηθάει όμως αφ' ενός μεν στον εντοπισμό αρκετών τέτοιων προβλημάτων και αφ' ετέρου δίνει μια γενική εικόνα για την κατάσταση των μεταβλητών.

Για τη στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου χρησιμοποιείται **η μέθοδος της μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας**. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια πρέπει ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -2 \text{ Restricted Log Likelihood}$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και γενικά προτιμώνται τα μοντέλα με τον μικρότερο λογάριθμο συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και απαιτείται ένας κανόνας που να αποφασίζει εάν η μείωση του L αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιείται το κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio TestLRT).

Το μέγεθος $L(0)$ αποτελεί έναν απλό υπολογισμό της πιθανοφάνειας ενός προτύπου στο οποίο για κάθε παρατήρηση (στοιχείο της έρευνας πεδίου), όλες οι εναλλακτικές επιλογές έχουν την ίδια πιθανότητα να επιλεγούν.

Το μέγεθος $L(b)$ αποτελεί μια προσέγγιση της πιθανοφάνειας που θα προέκυπτε από ένα πρότυπο στο οποίο όλες οι εναλλακτικές επιλογές εκτός από μία έχουν έναν εναλλακτικό καθορισμένο συντελεστή (alternative specific constant).

Οι τιμές των παραπάνω μεγεθών εξεταζόμενες μεμονωμένα δεν δίνουν καμία ουσιαστική πληροφορία. Απεναντίας όμως συγκρινόμενες μεταξύ του και με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δοκιμών, δίνουν μια γενική εικόνα για την ποιότητα του συγκεκριμένου προτύπου. Για παράδειγμα οι έλεγχοι πιθανοφάνειας χ^2 (likelihood ratio χ^2) είναι ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος ελέγχου προτύπων που έχουν αναπτυχθεί με βάση τα ίδια δεδομένα. Όταν το ένα πρότυπο είναι γενίκευση του άλλου, τα δύο πρότυπα μπορούν να παρουσιάσουν συμπεριφορά (nested hypotheses) για την οποία το διπλάσιο της διαφοράς του λογαρίθμου της πιθανοφάνειας μπορεί να ελεγχθεί σαν μεταβλητή χ^2 με κατάλληλο αριθμό βαθμών ελευθερίας. Η τελική πιθανοφάνεια των δύο αυτών μοντέλων είναι το κλειδί στα δεδομένα για τον παραπάνω έλεγχο

Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας, εάν η διαφορά

$$\text{LRT} = -2 * (L(b) - L(0)),$$

όπου $L(b) = L$ (μοντέλου με ρ μεταβλητές) και $L(0) = L$ (μοντέλου χωρίς τις ρ μεταβλητές), είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για ρ βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, τότε το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνεται αποδεκτό.

Ένα άλλο παράδειγμα σύγκρισης της πιθανοφάνειας, το οποίο αποτελεί κριτήριο της ποιότητας του μαθηματικού προτύπου, **είναι οι τιμές των δύο στατιστικών δεικτών ρ^2** . Αυτές προκύπτουν από τη σύγκριση της τελικής πιθανοφάνειας με την πιθανοφάνεια με

μηδενικούς συντελεστές και με σταθερές αντίστοιχα. Ο γενικός τύπος με τον οποίο υπολογίζεται το ρ^2 είναι

$$\rho^2 = 1 - (\text{final likelihood}) / (\text{initial likelihood}) \quad (3.4)$$

όπου initial likelihood τη μία φορά μπαίνει η τιμή της πιθανοφάνειας με μηδενικούς συντελεστές και την άλλη η τιμή της πιθανοφάνειας με σταθερές μόνο. Το ρ^2 είναι ο δείκτης που δίνει τις καλύτερες πληροφορίες αναφορικά με την ποιότητα του μαθηματικού προτύπου. Παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το δείκτη R^2 που εμφανίζεται στη γραμμική παλινδρόμηση.

Ποιος από τους δύο παραπάνω δείκτες ρ^2 πρέπει να ληφθεί υπ' όψη κάθε φορά, εξαρτάται από τη μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας που έχει καθοριστεί στο αρχείο ελέγχου. Όταν στο μαθηματικό πρότυπο που επιδιώκεται να συγκροτηθεί οι εναλλακτικές επιλογές είναι απολύτως καθορισμένες τότε ενδείκνυται η χρήση του ρ^2 που περιέχει την τιμή της πιθανοφάνειας με σταθερές μόνο. Στην αντίθετη περίπτωση που οι εναλλακτικές επιλογές είναι πιο γενικές και όχι απολύτως καθορισμένες, ενδείκνυται η χρήση του ρ^2 με την τιμή της πιθανοφάνειας με μηδενικούς συντελεστές.

Η τιμή του ρ^2 κυμαίνεται από 0 έως 1. Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων στην πράξη η τιμή αυτή δεν ξεπερνά το 0,45. Θα μπορούσε λοιπόν να θεωρήσει κανείς σαν ικανοποιητική τιμή για το ρ^2 οποιαδήποτε βρίσκεται από 0,30 και πάνω.

Πρέπει τέλος να τονιστεί ότι ο ρ^2 είναι ένας στατιστικός δείκτης που σχετίζεται με την καταλληλότητα όλου του μαθηματικού προτύπου να περιγράψει την κατάσταση που έχει αποτυπωθεί από τις απαντήσεις του δείγματος, και όχι με εκείνη κάποιου από τους συντελεστές του.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΔΙΟΥ

Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 1.2 επιδιώκεται να μελετηθεί η αντίδραση των χρηστών του συγκοινωνιακού δικτύου του Δήμου Αθηναίων με την προσθήκη συστήματος ενοικίασης ποδηλάτων στο δίκτυο αυτό. Στόχος δηλαδή είναι η ανάλυση της ευαισθησίας της δεδηλωμένης προτίμησης των μετακινούμενων απέναντι στις νέες αυτές συγκοινωνιακές συνθήκες και αν προτίθενται ή όχι να χρησιμοποιήσουν το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων για τις καθημερινές τους μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων. Μια κατάλληλη μέθοδος για την καταγραφή αυτή κρίθηκε μετά από αναζήτηση σε ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία η μέθοδος της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference). Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος συλλογής των στοιχείων στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μεθόδου, ο οποίος ακολουθήθηκε και στην παρούσα έρευνα, είναι μέσω **ειδικά σχεδιασμένου ερωτηματολογίου**, το οποίο συμπληρώνεται υπό μορφή διαδικτυακής έρευνας από τα άτομα που αποτελούν το δείγμα της έρευνας αυτής.

Κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου επιδιώκεται μέσα από ένα λογικό αριθμό ερωτήσεων να συγκεντρώνονται στοιχεία για όσο το δυνατό περισσότερες παραμέτρους που ο ερευνητής εκτιμά ότι μπορεί να έχουν σχέση με το αντικείμενο της έρευνας. Οι παράμετροι αυτές δεν είναι όλες πρωτεύουσας σημασίας. Ο οριστικός τους χαρακτηρισμός και το αν θα συμπεριλαμβάνονται ή όχι στο μαθηματικό πρότυπο, προκύπτει έπειτα από **τη στατιστική ανάλυση που ακολουθεί τη συλλογή των στοιχείων**. Μία πολύ συνηθισμένη τακτική που ακολουθείται κατά την εφαρμογή της μεθόδου της δεδηλωμένης προτίμησης ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται για τη μελέτη της αντίδρασης του κοινού ως προς μία μελλοντική επικείμενη κατάσταση είναι η ακόλουθη: Ένα τμήμα του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει κάποια ζεύγη, τριάδες, στη δική μας περίπτωση τετράδες εναλλακτικών σεναρίων, όπου ο ερωτώμενος καλείται από καθένα από αυτά να επιλέξει ένα, αυτό που για τους δικούς του λόγους θεωρεί προτιμότερο

Κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο να είναι δομημένο με τέτοιο τρόπο, ώστε αφενός να εξυπηρετεί τις ανάγκες της έρευνας και αφ' ετέρου να στηρίζεται σε ορισμένες βασικές αρχές, διότι μόνο με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η **εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την έρευνα**. (Γ.Κανελλαϊδης, 1982).

1. Πρέπει οι ερωτήσεις να είναι σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε **οι απαντήσεις να μην κατευθύνονται από τον ερευνητή** προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Επίσης πρέπει η φύση και το πλήθος των εναλλακτικών λύσεων που παρατίθενται

στο ερωτηματολόγιο να είναι κατάλληλο, ώστε οι επιλογές του χρήστη να γίνονται αβίαστα και να εκφράζουν όσο το δυνατό την πραγματική του άποψη. Να μην οδηγείται δηλαδή σ' αυτές χωρίς να τον εκφράζουν αλλά επειδή δεν του δίνεται καμιά καταλληλότερη επιλογή.

Εδώ όμως πρέπει να σημειωθεί και το εξής φαινόμενο που συχνά παρατηρείται στις μελέτες δεδηλωμένης προτίμησης : Αρκετές φορές η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στη μελέτη και προτυποποίηση της αντίδρασης και των προθέσεων του κοινού απέναντι σε κάποιες νέες καταστάσεις που αναμένεται να αντικαταστήσουν την υφιστάμενη. Στην περίπτωση αυτή μέσα από το ερωτηματολόγιο πρέπει να γίνεται σαφές ότι η υφιστάμενη κατάσταση θα πάψει να υπάρχει, οπότε ο ερωτώμενος έχει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο νέες. Μπορεί βέβαια η επιλογή αυτή να είναι αρκετά δύσκολη, όπως επίσης μπορεί κάποιους από το δείγμα να τους εξυπηρετεί η υφιστάμενη κατάσταση και για τους λόγους αυτούς να επιμένουν να την επιζητούν.

Στο σημείο αυτό ο ερευνητής θα πρέπει να τους πιέσει **να επιλέξουν μία από τις νέες προτεινόμενες καταστάσεις**, άσχετα αν φαίνεται ότι αυτό που θα επιλέξουν δεν τους εκφράζει απόλυτα. Στην περίπτωση αυτή βέβαια οι απαντήσεις δε δίνονται εντελώς αβίαστα αλλά είναι η φύση του προβλήματος τέτοια που το δικαιολογεί γιατί δεν υπάρχει άλλη λύση. Αν κατά τη συνέντευξη κάποιων χρηστών δοθεί στον ερευνητή η εντύπωση ότι οι απαντήσεις τους είναι τελείως τυπικές μόνο και μόνο για να απαντήσουν κάτι, αρνούμενοι να καταλάβουν τη λογική και τις υποθέσεις της όλης έρευνας, θα πρέπει τα ερωτηματολόγια αυτά να αποκλειστούν από την περαιτέρω ανάλυση.

2. Στο ερωτηματολόγιο πρέπει να τονίζεται **με έμφαση ποιος κάνει την έρευνα**, ώστε να δημιουργηθεί το απαραίτητο για τη σωστή συμπλήρωσή του κλίμα εμπιστοσύνης στους ερωτώμενους.
3. Οι ερωτήσεις πρέπει να είναι απλά διατυπωμένες, ώστε να μπορούν να γίνουν **εύκολα κατανοητές** από το μέσο χρήστη και να αναφέρονται με σαφήνεια σε συγκεκριμένα θέματα για να αποφεύγονται οι παρανοήσεις.
4. Το ερωτηματολόγιο πρέπει **να μπορεί να συμπληρωθεί σε εύλογο χρόνο από τον μέσο χρήστη**, που γενικά δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3 έως 5 λεπτά. Θα μπορούσε βέβαια να είναι και μεγαλύτερος με την προϋπόθεση ότι ο ερωτώμενος το συμπληρώνει στον ελεύθερό του χρόνο και ότι κάθεται σε κάποιο χώρο. Δεν μπορεί δηλαδή να συμπληρώσει ειλικρινά και ευσυνείδητα ερωτηματολόγιο μεγαλύτερο των 5 λεπτών, ούτε σε ώρα εργασίας, ούτε αν τον σταματήσουμε στο δρόμο.
5. Το ερωτηματολόγιο πρέπει να είναι διαμορφωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε **να περιλαμβάνει ομογενείς ενότητες** (που αναφέρονται σε συγκεκριμένα

εννοιολογικά θέματα), ώστε να μην αναγκάζεται ο χρήστης να συγκεντρώσει την προσοχή του σε διαφορετικό κάθε φορά θέμα.

6. Η **διαδοχή** των ερωτήσεων πρέπει να γίνεται από τις απλές στις σύνθετες, ώστε να διευκολύνεται ο ερωτώμενος στις απαντήσεις του.
7. Οι ερωτήσεις **δεν πρέπει να ξαφνιάζουν τον ερωτώμενο** και να του δίνουν την εντύπωση ότι εξετάζονται από τον ερευνητή, ώστε να εξασφαλίζεται η συνεργασία τους και κατ' επέκταση η ειλικρινής και ευσυνείδητη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.
8. **Οι μονάδες** που χρησιμοποιούνται για την ποσοτική έκφραση διαφόρων μεγεθών, που περιλαμβάνονται στις ερωτήσεις θα **πρέπει να είναι γνωστές στους ερωτώμενους**. Επίσης οι έννοιες που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι κατανοητές, ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχία της έρευνας.
9. Πρέπει να **αποφεύγονται** οι ερωτήσεις αρνητικού τύπου π.χ. «γιατί δε διαλέξατε την εναλλακτική λύση Α» γιατί οδηγούν τον ερωτώμενο σε αμυντική θέση και η απάντησή του μπορεί να είναι μια δικαιολογία που γίνεται ευρύτερα αποδεκτή, και όχι η πραγματική αιτία που δεν έκανε ο χρήστης τη συγκεκριμένη επιλογή.
10. Οι προσωπικού χαρακτήρα ερωτήσεις που αναφέρονται σε πληροφορίες γύρω από το άτομο του ερωτώμενου πρέπει να συνοδεύονται από τη **διαβεβαίωση** ότι η **έρευνα γίνεται με ανώνυμα ερωτηματολόγια**, αν όντως έτσι συμβαίνει. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει από την αρχή να ενημερώνεται ο ερωτώμενος ότι η έρευνα περιλαμβάνει επώνυμα ερωτηματολόγια, οπότε του δίνεται η δυνατότητα επιλογής αν θέλει να συμμετάσχει ή όχι.

Εκτός από τις παραπάνω αρχές που πρέπει να τηρούνται όσο το δυνατό περισσότερο κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου ώστε τα αποτελέσματα της έρευνας να είναι όσο το δυνατό περισσότερο αξιόπιστα, πρέπει να τηρούνται και κάποιες άλλες αρχές κατά τη συλλογή των ερωτηματολογίων, που είναι εξίσου σημαντικές για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Οι αρχές αυτές παρατίθενται παρακάτω:

11. Ο ερευνητής πρέπει να προσπαθήσει να πείσει τον υποψήφιο ερωτώμενο να συνεργαστεί μαζί του απαντώντας με ειλικρίνεια και συνέπεια. Δεν πρέπει δηλαδή **αν παρατηρεί μια απροθυμία** για συνεργασία ακόμη και μετά τη σύντομη ενημέρωση σχετικά με το φορέα που διεξάγει την έρευνα και το σκοπό της να επιμένει, γιατί τότε ακόμη και αν τελικά ο χρήστης πειστεί να απαντήσει είναι σχεδόν σίγουρο ότι οι απαντήσεις αυτές θα στερούνται αξιοπιστίας.
12. Πρέπει να έχει αποφασιστεί από την αρχή από την ομάδα που διενεργεί την έρευνα, **αν το ερωτηματολόγιο μπορεί να συμπληρωθεί από το μέσο χρήστη χωρίς την παρουσία του ερευνητή**, ή αν απαιτούνται περαιτέρω διευκρινήσεις γεγονός

που καθιστά την παρουσία του απαραίτητη, και η απόφαση αυτή να τηρηθεί αυστηρά.

13. Οι ερωτήσεις προσωπικού τόνου που **απευθύνονται σε πρώτο πρόσωπο** στο χρήστη δίνουν γενικά αποτελέσματα που ανταποκρίνονται σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό στην πραγματικότητα.

4.2 ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

4.2.1 ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Στις παρακάτω σελίδες παρατίθεται **το ερωτηματολόγιο** που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελείται από δέκα σελίδες, που όμως οι δύο σελίδες είναι επεξηγηματικές. Επίσης, υπάρχουν δύο καρτέλες με οχτώ σενάρια η καθεμία, και ο κάθε ερωτώμενος καλείται να απαντήσει σε μία από τις δύο μόνο. Συνεπώς, οι σελίδες που είναι προς απάντηση είναι έξι. Αποτελείται από τέσσερα μέρη, και για τη συμπλήρωσή του απαιτείται χρόνος της τάξης των 5 - 8 λεπτών, ανάλογα με την εμπειρία, το μορφωτικό επίπεδο και την αντίληψη του ερωτώμενου.

ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

ΕΡΕΥΝΑ ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΙΚΙΑΖΟΜΕΝΩΝ ΠΟΔΗΛΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΑΘΗΝΑΙΩΝ

Η παρούσα έρευνα με ερωτηματολόγιο εκτελείται στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας στον τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με θέμα τις προτιμήσεις των μετακινούμενων για τη χρήση συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων στον Δήμο Αθηναίων.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη.

Α' ΜΕΡΟΣ

A1. Πόσες μετακινήσεις κάνετε την εβδομάδα εντός του Δήμου Αθηναίων (π.χ. Από το σπίτι στη δουλειά, εκπαίδευση, ψώνια);

- 1-3 φορές την εβδομάδα
- 4-10 φορές την εβδομάδα
- >10 φορές την εβδομάδα

A2. Οδηγική εμπειρία :

- 0-4 χρόνια 5-9 χρόνια >10 χρόνια

A3. Έχετε αυτοκίνητο;

- Ναι Όχι

A4. Ποιο μέσο μεταφοράς χρησιμοποιείτε κυρίως για την καθημερινή σας μετακίνηση στον Δήμο Αθηναίων (μπορείτε να επιλέξετε και συνδυασμό μέσων);

- Ι.Χ.
- Ταξί
- Μοτοσυκλέτα/μοτοποδήλατο
- Λεωφορείο/τρόλλευ
- Μετρό/ΗΣΑΠ
- Πεζή
- Ποδήλατο
- Άλλο

A5. Κατοικείτε εντός του Δήμου Αθηναίων;

- Ναι Όχι

A5a. Εάν δεν είστε κάτοικος, συνήθως μετακινείστε εντός του Δήμου Αθηναίων για λόγους (μπορείτε να επιλέξετε και συνδυασμό) :

- Επαγγελματικούς/Σπουδές
- Αναψυχής
- Άλλο

A6. Ποιος είναι ο μέσος συνολικός σας χρόνος μιας τυπικής διαδρομής στο Δήμο Αθηναίων; Απαντήστε μόνο για τη βασική σας μετακίνηση.

- 5-10 λεπτά
- 10-20 λεπτά
- 20-40 λεπτά
- 40-60 λεπτά
- >1 ώρας

A7. Ξέρετε να οδηγείτε ποδήλατο;

- Ναι Όχι

A8. Έχετε ποδήλατο;

- Ναι Όχι

A8a. Εάν ναι, το χρησιμοποιείτε για:

- τη διαδρομή κατοικία - εργασία
 αναψυχή

A8b. Εάν ναι, πόσο συχνά;

- έως 1 φορά την εβδομάδα
 2-3 φορές την εβδομάδα
 κάθε μέρα

B' ΜΕΡΟΣ

B9. Πόσο σημαντικά θεωρείτε τα παρακάτω κριτήρια για την επιλογή μέσου μετακίνησης;

- **χρόνος διαδρομής**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **κόστος ταξιδιού**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **χρόνος/απόσταση περπατήματος μέχρι τον τελικό προορισμό**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **αριθμός μετεπιβιβάσεων**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **καθαριότητα σταθμού και μεταφορικού μέσου**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **αξιοπιστία μέσου**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **ασφάλεια**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **χώρος παρκαρίσματος/φύλαξης ποδηλάτου**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **άνεση**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **άλλο**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου

B10. Ποιοι από τους παρακάτω λόγους σας αποτρέπουν από το να χρησιμοποιείτε ποδήλατο;

- **απουσία ποδηλατοδρόμων**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **έλλειψη σεβασμού από τους άλλους οδηγούς**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **μεγάλη κλίση των οδών**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **καιρικές συνθήκες**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **μειωμένη άνεση σε σχέση με τους υπόλοιπους τρόπους μεταφοράς**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **μειωμένη ασφάλεια σε σχέση με τους υπόλοιπους τρόπους μεταφοράς**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **έλλειψη υποδομών ντους στον προορισμό (εργασία)**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **άλλο**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου

B11. Ποια πιστεύετε είναι τα πλεονεκτήματα του ποδηλάτου;

- **Ταχύτητα**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Κόστος**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Ευκολία στο παρκάρισμα**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Συμβολή στη φυσική κατάσταση**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Δεν καθυστερεί λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Προβλέψιμοι χρόνοι μετακίνησης**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή ή αλλαγή διαδρομής**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Πάνω από 30% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης προέρχεται από τα αυτοκίνητα. Έτσι, με το ποδήλατο μειώνεται η ρύπανση του αέρα.**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Μετακίνηση πόρτα πόρτα (δηλαδή, χωρίς μετεπιβιβάσεις και με αμελητέο χρόνο περπατήματος)**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **Είναι διασκεδαστικό**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου
- **άλλο**
 πολύ αρκετά λίγο καθόλου

Γ' ΜΕΡΟΣ

Γ12a. Εξετάζεται η μελλοντική λειτουργία συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων εντός των ορίων του Δήμου Αθηναίων (βλέπε χάρτη). Το σύστημα θα ξεκινήσει χωρίς τις κατάλληλες υποδομές σε ποδηλατοδρόμους, οι οποίες όμως θα δημιουργηθούν στη συνέχεια. Θα υπάρχουν σταθμοί ενοικίασης όπως προτείνονται στον χάρτη. Οι χρήστες θα μπορούν να νοικιάζουν ένα ποδήλατο από ένα σταθμό της επιλογής τους και να το αφήνουν σε έναν άλλο, κοντά στον προορισμό τους. Η χρήση για τα πρώτα 30 λεπτά θα είναι δωρεάν και στη συνέχεια η χρέωση θα είναι 0.5 ευρώ ανά μισή ώρα με ένα απλό και εύχρηστο σύστημα πληρωμής (κάρτα με μονάδες).

Θα χρησιμοποιούσατε αυτό το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων για την τυπική σας διαδρομή εντός του Δήμου Αθηναίων;

- Όχι Σπάνια Μερικές φορές Συχνά Πάντα

Γ12b. Γιατί ; _____

Γ13. Πόσο θα είσαστε διατεθειμένος , -η να πληρώσετε για μία ώρα ενοικίασης;

- a. 0 ευρώ / ώρα Ναι Όχι
- b. 0.5 ευρώ / ώρα Ναι Όχι
- c. 1.0 ευρώ / ώρα Ναι Όχι
- d. 1.5 ευρώ / ώρα Ναι Όχι

Γ14. Ετοιμάστηκαν σενάρια προτυπήσεων με τα εξής χαρακτηριστικά:➤ Διάρκεια καθαρού χρόνου ταξιδιού 10-30 λεπτά➤ Χρόνος

Ο αναγραφόμενος χρόνος είναι ο συνολικός χρόνος, συμπεριλαμβανομένων μετεπιβιβάσεων, χρόνου παρκαρίσματος, καθώς και χρόνο περπατήματος, που χρειάζεστε για να φτάσετε στον τελικό σας προορισμό.

➤ Κόστος

Η τιμή κόστους για I.X. 9 ευρώ περιλαμβάνει το κόστος αγοράς I.X., το κόστος συντήρησης και ασφάλειας, τα τέλη αυτοκινήτου, τα έξοδα των καυσίμων, καθώς και κόστος για πάρκινγκ. Η τιμή κόστους I.X. 5 ευρώ περιλαμβάνει όλα τα ανωτέρω εκτός του πάρκινγκ.

Οι τιμές κόστους για τα M.M.M. (1.4 ευρώ, 1.8 ευρώ) αναφέρονται σε εισιτήριο πολλαπλών διαδρομών με ισχύ 1.5 ώρας.

Οι τιμές κόστους για το ποδήλατο (0 ευρώ, 0.5 ευρώ) αναφέρονται σε χρέωση ενοικίασης μισής (0.5) ώρας.

➤ Επίπεδο Άνεσης• I.X.

Χαμηλό επίπεδο άνεσης (L) περιγράφει τη δυσκολία εύρεσης πάρκινγκ και τις απρόβλεπτες δυσμενείς κυκλοφοριακές συνθήκες. Η αντίθετη κατάσταση περιγράφεται από το υψηλό επίπεδο άνεσης (H).

• M.M.M.

Η έλλειψη κλιματισμού και θέσεων για καθήμενους, οι μετεπιβιβάσεις, καθώς και η αναξιοπιστία τους αναφέρονται σε χαμηλό επίπεδο άνεσης (L). Υψηλό επίπεδο άνεσης (H) αναφέρεται στην ύπαρξη κλιματισμού και στη διαθεσιμότητα καθίσματος.

• Ποδήλατο

Υψηλό επίπεδο άνεσης (H), αναφέρεται σε ύπαρξη δικτύου ποδηλατοδρόμων όπως επίσης και σε καλό κυκλοφοριακό περιβάλλον. Η αντίθετη κατάσταση περιγράφεται από το χαμηλό επίπεδο άνεσης (L). Ανεξαρτήτως όμως επιπέδου άνεσης, επισημαίνεται ότι οι ποδηλάτες παραμένουν πιο ευάλωτοι σε σχέση με τους χρήστες I.X. και M.M.M.

➤ Τα M.M.M. περιλαμβάνουν: Μετρό, Η.Σ.Α.Π., λεωφορεία, τρόλλεϋ, τραμ

Για κάθε ένα από τα ακόλουθα 8 σενάρια να διαλέξετε τον τρόπο μεταφοράς που θα προτιμούσατε:

ΚΑΡΤΕΛΑ ΠΡΩΤΗ (1)

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	10	15	10	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.8	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	H	H	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	10	30	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.8	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	L	H	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	10	40	30	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.4	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	L	L	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	10	30	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.4	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	H	L	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
--	------	--------	----------	----------------------------

ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	15	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.4	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	L	L	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
--	------	--------	----------	----------------------------

ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	30	10	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.4	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	H	L	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
--	------	--------	----------	----------------------------

ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	40	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.8	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	H	H	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
--	------	--------	----------	----------------------------

ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	30	30	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.8	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	L	H	

ΚΑΡΤΕΛΑ ΔΕΥΤΕΡΗ (2)

	I.X.	Μ.Μ.Μ.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	40	15	30	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.8	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	H	L	

	I.X.	Μ.Μ.Μ.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	40	30	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.8	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	L	L	

	I.X.	Μ.Μ.Μ.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	40	40	10	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.4	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	L	H	

	I.X.	Μ.Μ.Μ.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	40	30	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.4	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	H	H	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	15	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.4	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	L	H	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	30	30	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.4	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	H	H	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	40	20	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	9	1.8	0.5	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	L	H	L	

	I.X.	M.M.M.	ΠΟΔΗΛΑΤΟ	ΚΑΝΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜ.
ΧΡΟΝΟΣ (min)	25	30	10	
ΚΟΣΤΟΣ (euro)	5	1.8	0.0	
ΕΠΙΠ. ΑΝΕΣΗΣ	H	L	L	

Δ' ΜΕΡΟΣ**Δ15. Φύλο :**

- Γυναίκα Άνδρας

Δ16. Ηλικία :

- 18-24 25-34 35-55 >55

Δ17. Οικογενειακή κατάσταση:

- Δ17a** Ανύπαντρος Παντρεμένος

- Δ17b** Αρ. Παιδιών __

Δ18. Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα σας ;

- χαμηλό (<10 000 ευρώ)
- μέσο (10 000 – 25 000 ευρώ)
- υψηλό (>25 000 ευρώ)

Δ19. Μορφωτικό επίπεδο:

- Γυμνάσιο
- Λύκειο
- Πανεπιστήμιο
- άλλο

Δ20. Επάγγελμα :

- υπάλληλος
- ελεύθερος επαγγελματίας
- εργάτης
- άνεργος
- φοιτητής
- νοικοκυρά
- άλλο

Δ21. Δουλεύετε με ελαστικό ωράριο;

- Ναι Όχι

Σας ευχαριστούμε πολύ ☺

4.2.2 ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Α' ΜΕΡΟΣ

Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου αποτελείται από οχτώ ερωτήσεις οι οποίες αφορούν κυρίως στην **οδηγική συμπεριφορά και στις οδηγικές συνήθειες** των ερωτώμενων. Πρόκειται περισσότερο για χαρακτηριστικά που έχουν σκοπό να εισάγουν τον ερωτώμενο στη φιλοσοφία του ερωτηματολογίου και στο περιεχόμενο της έρευνας. Η καταγραφή αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί να χρησιμεύσει και στην εξαγωγή ποικίλων συμπερασμάτων συνδυαζόμενα με τις απαντήσεις από το τρίτο και το τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος.

Β' ΜΕΡΟΣ

Το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου αποτελείται από τρεις ερωτήσεις που **στόχο έχουν να εξοικειωθεί ο ερωτώμενος με την το ποδήλατο** και να τον βοηθήσει να σκεφτεί τους λόγους που θα τον απέτρεπαν αλλά και τους λόγους που θα τον παρακινούσαν να το χρησιμοποιήσει για την καθημερινή του μετακίνηση.

Η πρώτη ερώτηση καλεί τον ερωτώμενο να σκεφτεί τα κριτήρια με τα οποία επιλέγει τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιεί. Η δεύτερη ερώτηση τον κάνει να σκεφτεί τα αρνητικά του ποδηλάτου και να τα αξιολογήσει ενώ στην Τρίτη ερώτηση καλείται να κάνει το ίδιο για τα πλεονεκτήματα του ποδηλάτου που του παρουσιάζονται.

Γ' ΜΕΡΟΣ

Το μέρος αυτό περιλαμβάνει τρεις ερωτήσεις πάνω στις οποίες στηρίζεται και το μεγαλύτερο μέρος της ανάλυσης της διπλωματικής εργασίας.

Στην πρώτη ερώτηση του μέρους αυτού, **παρουσιάζεται για πρώτη φορά στον ερωτώμενο το προτεινόμενο σύστημα ενοικίασης ποδηλάτου**, μαζί με έναν χάρτη με τους προτεινόμενους σταθμούς του συστήματος, και του ζητείται να πει με τι συχνότητα θα χρησιμοποιούσε το σύστημα αυτό, αιτιολογώντας.

Η αιτιολόγηση έχει ως στόχο να βάλει τον ερωτώμενο να σκεφτεί τα θετικά και τα αρνητικά που του αναφέρθηκαν στο Β' ΜΕΡΟΣ και **να τον αποτρέψει από το να απαντήσει προκατειλημμένα ή απερίσκεπτα**.

Στη δεύτερη ερώτηση, **παρουσιάζονται κάποιες προτεινόμενες τιμές για μία ώρα ενοικίασης** και καλείται να απαντήσει πόσα λεφτά είναι διατεθειμένος ο ερωτώμενος να δώσει.

Η τρίτη ερώτηση του τρίτου μέρους του ερωτηματολογίου **περιλαμβάνει οχτώ εναλλακτικά υποθετικά σενάρια** και ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει σε κάθε σενάριο

μία από τις τέσσερις επιλογές Α, Β, Γ ή Δ. Δηλαδή καλείται να δηλώσει την προτίμηση του ανάμεσα στις τέσσερις επιλογές (μέθοδος δεδηλωμένης προτίμησης).

Πριν την παρουσίαση των σεναρίων, **γίνεται αναλυτική περιγραφή για τις έννοιες που αναφέρονται σε αυτά**. Αρχικά, επισημαίνεται ότι τα σενάρια αναφέρονται σε διάρκεια καθαρού χρόνου ταξιδιού 10-30 λεπτά. Στη συνέχεια αναλύονται οι έννοιες του χρόνου, του κόστους και της άνεσης, όπως αυτές υπεισέρχονται στα σενάρια του τρίτου μέρους. Και τέλος, αναφέρονται τα μέσα μεταφοράς που περιλαμβάνει ο όρος Μ.Μ.Μ. για να είναι σαφές όταν ο ερωτώμενος θα κληθεί να επιλέξει.

Σε κάθε ένα από τα οχτώ σενάρια, περιγράφονται κάποιες κυκλοφοριακές συνθήκες με δεδομένο χρόνο, κόστος και επίπεδο άνεσης ξεχωριστό για κάθε μέσο και ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει κάποιο ή κανένα από αυτά.

Δ' ΜΕΡΟΣ

Το μέρος αυτό περιλαμβάνει εφτά ερωτήσεις σχετικά με **τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του ερωτώμενου**, τα οποία είναι το φύλο, η ηλικία, η οικογενειακή κατάσταση, το μορφωτικό επίπεδο, το επάγγελμα, το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, καθώς επίσης ρωτάει και για τη φύση του εργασιακού ωραρίου (ελαστικό ή όχι). Η καταγραφή των παραπάνω χαρακτηριστικών χρησιμεύει:

- α) για τον έλεγχο της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος,
- β) στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων συνδυαζόμενα με τις απαντήσεις στο τρίτο μέρος και
- γ) για την ένταξη στο μαθηματικού προτύπου κάποιων από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά.

4.2.3 ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Το σημαντικότερο μέρος του ερωτηματολογίου, στο οποίο βασίστηκε αυτή η έρευνα και που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της μεθόδου δεδηλωμένης προτίμησης, είναι τα υποθετικά σενάρια που περιλαμβάνονται στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου.

Κατά τον προσδιορισμό των σεναρίων, στα πλαίσια των όσων αναφέρονται στην παράγραφο 4.4 σχετικά με το χρόνο και το μέγεθος του ερωτηματολογίου, **κατέστη σαφές ότι δεν γινόταν να μπουν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί**. Αυτό γιατί έχουμε τέσσερις βασικές εναλλακτικές (Ι.Χ., Μ.Μ.Μ., ποδήλατο, κανένα) από τις οποίες οι τρεις έχουν από τρία χαρακτηριστικά (χρόνος, κόστος, άνεση), τα οποία χαρακτηριστικά με τη σειρά τους παίρνουν από δύο (κόστος, άνεση) και τρεις τιμές (χρόνος). Δηλαδή δίνουν 1728 διαφορετικά σενάρια.

Στην παρούσα έρευνα, ακολουθήθηκε ορθογώνιος σχεδιασμός (orthogonal design) με βάση τον οποίο θεωρείται ότι δεν υπήρχαν συσχετίσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών μας. Η θεώρηση αυτή δεν αποκλίνει πολύ από την πραγματικότητα, καθώς, αν θεωρηθεί ως πιο αντιπροσωπευτικό μέσο μαζικής μεταφοράς εντός του Δήμου Αθηναίων το ΜΕΤΡΟ και τον ηλεκτρικό σιδηρόδρομο, οι τιμές του χρόνου, του κόστους και της άνεσης του καθενός από τις τρεις εναλλακτικές (Μ.Μ.Μ., Ι.Χ. και ποδήλατο) επηρεάζονται πολύ λίγο από τις τιμές των υπόλοιπων δύο εναλλακτικών, έτσι ώστε να μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητα. Στις έρευνες δεδηλωμένης προτίμησης, **μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κλασματικός παραγοντικός σχεδιασμός (fractional factorial design)** έναντι του πλήρως παραγοντικού σχεδιασμού (full factorial design). Και οι δύο αυτοί σχεδιασμοί διασφαλίζουν την ορθογωνικότητα, όμως ο πλήρως παραγοντικός σχεδιασμός θα περιλαμβανει και τα 1728 σενάρια, σε αντίθεση με τον κλασματικό που περιλαμβάνει (συνήθως πολλούς) λιγότερους συνδυασμούς ενώ μας εγγυάται την ικανοποίηση ορισμένων επιθυμητών στατιστικών ιδιοτήτων όπως είναι η ταυτοποίηση και η ακρίβεια (Ben-Akiva, 2007).

Με βάση τον κλασματικό παραγοντικό σχεδιασμό και τους πίνακες 4.1, 4.2 και 4.3, 4.4, **προέκυψαν 16 σενάρια**, τα οποία χωρίστηκαν σε δύο καρτέλες των 8 σεναρίων. Οι πρώτοι 130 ερωτώμενοι απάντησαν στην πρώτη καρτέλα, και κατόπιν η καρτέλα αλλάχθηκε ούτως ώστε οι επόμενοι που θα εισέρχονταν στην ιστοσελίδα της διαδικτυακής έρευνας να απαντήσουν στο δεύτερο σετ υποθετικών σεναρίων.

1 Depart- ment Plan Code No.	2 Total No. of Variables	3a No. of Variables at 2) Levels	3b No. of Variables at 3 () Levels	3c No. of Variables at 4 Levels	3d No. of Variables at 5 Levels	4 No. of Tests Required	5 Are all Main Effects Independent of 2-Factor Interactions ?	6 No. of Independent 2-Factor Interactions under Assumed Model	8 Master Plan No.	9 Using Columns No.	10 Columns from which 2- Factor Interactions can be Estimated
56	9	3	6	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
57	10	3	7	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
58a	5	4	1	0	0	8	No	0	2	2,6,7,8,9	None
58b	5	4	1	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,3
58c	5	4	1	0	0	27	No	4	8	1,2,5,8,9*	WAO:1
59a	6	4	2	0	0	16	No	0	5	6,7,12,13,14,15	None
59b	6	4	2	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,13*	AC:1,2,5
60a	7	4	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,12,13,14,15	None
60b	7	4	3	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,5
61	8	4	4	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
62	9	4	5	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
63	10	4	6	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
64a	6	5	1	0	0	16	No	0	5	6,21,22,23,24,25	None
64b	6	5	1	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,13*	AC:1,2,5
65a	7	5	2	0	0	16	No	0	5	6,7,21,22,23,24,25	None
65b	7	5	2	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,5
66a	8	5	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,21,22,23,24,25	None
66b	8	5	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
67	9	5	4	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
68	10	5	5	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
69a	7	6	1	0	0	16	No	0	5	6,20,21,22,23,24,25	None
69b	7	6	1	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,5
70a	8	6	2	0	0	16	No	0	5	6,7,20,21,22,23,24,25	None
70b	8	6	2	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
71a	9	6	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,20,21,22,23,24,25	None
71b	9	6	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
72	10	6	4	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
73a	8	7	1	0	0	16	No	0	5	6,19,20,21,22,23,24,25	None
73b	8	7	1	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
74a	9	7	2	0	0	16	No	0	5	6,7,19,20,21,22,23,24,25	None
74b	9	7	2	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
75	10	7	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
76a	9	8	1	0	0	16	No	0	5	6,18,19,20,21,22,23,24,25	None
76b	9	8	1	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Πίνακας εφαρμογής κλασματικού παραγοντικού σχεδιασμού

1 Experiment Plan Code No.	2 Total No. of Variables	3a No. of Variables at 2 Levels	3b No. of Variables at 3 Levels	3c No. of Variables at 4 Levels	3d No. of Variables at 5 Levels	4 No. of Tests Required	5 Are all Main Effects Independent of 2-Factor Interactions ?	6 No. of Independent 2-Factor Interactions under Assumed Model	8 Master Plan No.	9 Using Columns No.	10 Columns from which 2- Factor Interactions can be Estimated
56	9	3	6	0	0	27	No	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2	
57	10	3	7	0	0	27	No	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2	
58a	5	4	1	0	0	8	No	0	2	2,6,7,8,9	None
58b	5	4	1	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,12*	AC:1,2,3 WAO:1
58c	5	4	1	0	0	27	No	4	8	1,2,5,8,9*	None
59a	6	4	2	0	0	16	No	0	5	6,7,12,13,14,15	None
59b	6	4	2	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,15*	AC:1,2,5
60a	7	4	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,12,13,14,15	None
60b	7	4	3	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,5
61	8	4	4	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
62	9	4	5	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
63	10	4	6	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
64a	6	5	1	0	0	16	No	0	5	6,21,22,23,24,25	None
64b	6	5	1	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,13*	AC:1,2,5
65a	7	5	2	0	0	16	No	0	5	6,7,21,22,23,24,25	None
65b	7	5	2	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,5
66a	8	5	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,21,22,23,24,25	None
66b	8	5	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
67	9	5	4	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
68	10	5	5	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
69a	7	6	1	0	0	16	No	0	5	6,20,21,22,23,24,25	None
69b	7	6	1	0	0	27	No	3	8	1,2,5,10,11,12,13*	AC:1,2,5
70a	8	6	2	0	0	16	No	0	5	6,7,20,21,22,23,24,25	None
70b	8	6	2	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
71a	9	6	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,20,21,22,23,24,25	None
71b	9	6	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
72	10	6	4	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
73a	8	7	1	0	0	16	No	0	5	6,19,20,21,22,23,24,25	None
73b	8	7	1	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,10,11,12,13*	AC:1,2
74a	9	7	2	0	0	16	No	0	5	6,7,19,20,21,22,23,24,25	None
74b	9	7	2	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2
75	10	7	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13*	AC:1,2
76a	9	8	1	0	0	16	No	0	5	6,18,19,20,21,22,23,24,25	None
76b	9	8	1	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*	AC:1,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Πίνακας εφαρμογής κλασματικού παραγοντικού σχεδιασμού

Οι πίνακες 4.1 και 4.2 δίνουν τον απαιτούμενο αριθμό σεναρίων καθώς και τον αριθμό του σχεδίου που πρέπει να ακολουθηθεί, σύμφωνα με το πλήθος των μεταβλητών αλλά και το πλήθος των τιμών που αυτές παίρνουν. Στην παρούσα έρευνα, υπάρχουν 9 μεταβλητές (χρόνος, κόστος και άνεση για κάθε ένα από τα τρία μέσα), οι 6 από αυτές (του κόστους και της άνεσης) παίρνουν δύο τιμές ενώ οι άλλες 3 παίρνουν τρεις.

71a	9	6	3	0	0	16	No	0	5	6,7,8,20,21,22,23,24,25
71b	9	6	3	0	0	27	No	1	8	1,2,5,6,7,10,11,12,13*

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 Απόσπασμα του πίνακα 4.1 που αφορά στην παρούσα έρευνα

Σύμφωνα λοιπόν με τον πίνακα 4.1, όπως φαίνεται και πιο καθαρά στον πίνακα 4.3, και δεδομένου ότι ο αριθμός των διττών ανεξάρτητων μεταβλητών που ακολουθούν υποθετικό πρότυπο είναι μηδέν, το σχέδιο που πρέπει να ακολουθηθεί είναι το 5 (πίνακας 4.4) και οι στήλες που πρέπει να διαβαστούν οι 6, 7, 8, 20, 21, 22, 23, 24, 25. Οι πρώτες 3 στήλες αναφέρονται στις 3 μεταβλητές που έχουν 3 τιμές. Κάθε τιμή από αυτές τις τρεις έχει αντιστοιχηθεί στον αριθμό 0, 1 ή 2. Ομοίως, οι επόμενες 6 στήλες αναφέρονται στις υπόλοιπες 6 διττές μεταβλητές, όπου κάθε τιμή αντιστοιχείται στον αριθμό 0 ή 1. Έτσι, κάθε στήλη δίνει τιμή για μία μεταβλητή και κάθε γραμμή αποτελεί ένα σενάριο.

12345	678910	11111 12345	11112 67890	22222 12345
00000	00000	00000	00000	00000
01123	01121	00001	10111	01110
02231	02211	00010	11011	10011
03312	01112	00011	01100	11101
10111	10111	01100	00110	11011
11032	11012	01101	10001	10101
12320	12120	01110	11101	01000
13203	11201	01111	01010	00110
20222	20222	10100	01011	01101
21301	21101	10101	11100	00011
22013	22011	10110	10000	11110
23130	21110	10111	00111	10000
30333	10111	11000	01101	10110
31210	11210	11001	11010	11000
32102	12102	11010	10110	00101
33021	11021	11011	00001	01011

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 Master plan 5: 16 Trials (Ben-Akiva 2007)

4.3 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΡΧΩΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Στο ερωτηματολόγιο που ανέβηκε στο διαδίκτυο για να συμπληρωθεί υπήρχε στο πάνω μέρος της πρώτης σελίδας **ο τίτλος της έρευνας και η σχολή η οποία την διεξάγει.** Ακριβώς από κάτω δινόταν η πληροφορία ότι η έρευνα αυτή γίνεται μέσα στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. (Υπάρχει συμφωνία με την αρχή 2)

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί από την παρατήρηση του παραπάνω ερωτηματολογίου **οι ερωτήσεις** που υπάρχουν στα δύο πρώτα μέρη του, όπως επίσης και στο τελευταίο, είναι **απλές και με σαφήνεια διατυπωμένες**, ώστε να μπορούν να γίνουν εύκολα κατανοητές από το μέσο χρήστη χωρίς να υπάρχει κίνδυνος παρανοήσεων. Στο τρίτο μέρος, το οποίο θα σχολιαστεί αναλυτικά παρακάτω, αν και καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια και δαπανήθηκε πολύς χρόνος, ώστε να επιτευχθεί η διατύπωσή του με τον απλούστερο δυνατό τρόπο, εντούτοις εξακολούθει να παραμένει κάπως δύσληπτο για το μέσο ερωτώμενο. Για το λόγο αυτό προστέθηκε μία ακόμα σελίδα που να εξηγεί με όσο το δυνατόν πιο σαφή και κατανοητό τρόπο τις έννοιες και τα σενάρια που ακολουθούν, καθιστώντας έτσι δυνατή την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από το διαδίκτυο. (Υπάρχει συμφωνία με τις αρχές 3 και 12)

Από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν αρχικά, πριν τη διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, αλλά και κατά τη συλλογή των στοιχείων **βρέθηκε ότι ο απαιτούμενος χρόνος συμπλήρωσής του είναι της τάξης των 8 - 10 λεπτών**, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και το γνωστολογικό υπόβαθρο του ερωτώμενου. Έγιναν προσπάθειες αναδιατύπωσης του με στόχο τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου αλλά λόγω της φύσης του προβλήματος και των μεταβλητών που επιχειρήθηκε να μελετηθούν αυτό κατέστη αδύνατο. Ο χρόνος αυτός δεν μπορεί να χαρακτηριστεί υπερβολικός, αλλά κινείται σε λογικά πλαίσια. Λόγω του κάπως αυξημένου απαιτούμενου για τη συμπλήρωση χρόνου και λόγω της ιδιαιτερότητας του τρίτου μέρους, η κατανόηση του οποίου απαιτούσε λίγη σκέψη, **αποδείχτηκε ότι η διαδικτυακή συμπλήρωση**, που μπορεί να γίνει σε χρόνο και μέρος επιλεγμένο από των ερωτώμενο, ήταν **η πιο κατάλληλη προσέγγιση**. (Υπάρχει συμφωνία με την αρχή 4)

Από το παρατιθέμενο ερωτηματολόγιο μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί ότι είναι δομημένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνει **ομογενείς ενότητες** και οι ερωτήσεις να γίνονται κλιμακωτά από τις απλούστερες στις περισσότερο σύνθετες. Αρχικά δηλαδή υποβάλλονται εκείνες που αφορούν στα χαρακτηριστικά της μετακίνησης του χρήστη, ακολουθούν οι ερωτήσεις αντίληψης του προβλήματος καθώς και εκείνες που καταγράφουν τη σημερινή του επιλογή στα μέσα μετακίνησης, και έπειτα το τρίτο μέρος στο οποίο απαιτείται επιλογή ενός μέσου σε καθένα από τις οχτώ κάρτες σεναρίων που υπάρχουν. Το ερωτηματολόγιο κλείνει με τα δημογραφικά στοιχεία του ερωτώμενου. (Υπάρχει συμφωνία με τις αρχές 5,6,7)

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για την ποσοτική έκφραση διαφόρων μεγεθών **είναι απολύτως γνωστές** στους ερωτώμενους (χρόνος, κόστος και άνεση ταξιδιού). (Υπάρχει συμφωνία με την αρχή 8)

Στο ερωτηματολόγιο **δεν υπάρχουν ερωτήσεις αρνητικού τύπου** κάτι που βρίσκεται σε απόλυτη συμφωνία με όσα λέει η αρχή 9.

Από την αρχή της συνέντευξης δινόταν στον ερωτώμενο **η διαβεβαίωση ότι το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο**. (Υπάρχει συμφωνία με την αρχή 10)

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η **συμπλήρωση μέσω διαδικτύου**, έχει ως χαρακτηριστικό ότι ο κάθε υποψήφιος **ερωτώμενος συμπληρώνει ή όχι κατά βούληση** χωρίς να νιώθει υποχρεωμένος ή κανενός είδους πίεση να συνεχίσει στην συμπλήρωση εάν δεν θέλει. (Υπάρχει συμφωνία με την αρχή 11)

Από όλα τα παραπάνω καθίσταται σαφές ότι τόσο κατά τη σχεδίαση του ερωτηματολογίου, όσο και κατά τη συλλογή των στοιχείων **τηρήθηκαν κάποιες βασικές αρχές** που έχουν προκύψει κατόπιν σκέψης και μακροχρόνιας εμπειρίας, οι οποίες εξασφαλίζουν την αποτελεσματικότητα κατά τη συλλογή, καθώς επίσης και την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν από την έρευνα.

4.4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μέσω των ερωτηματολογίων κατά τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης γίνεται προσπάθεια συλλογής στοιχείων για **όσο το δυνατό περισσότερες παραμέτρους** που κρίνεται ότι σχετίζονται με το αντικείμενο της έρευνας και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Αυτό συμβαίνει, γιατί εξ' αρχής είναι άγνωστο το ποιες παράμετροι θα απαρτίζουν το πρότυπο, και αυτός είναι και ένας από τους στόχους της συγκεκριμένης έρευνας.

Σίγουρα μετά από ώριμη σκέψη του υπό έρευνα αντικειμένου, είναι δυνατό να προσδιοριστεί ποιες είναι οι βασικές παράμετροι που κατά πάσα πιθανότητα θα περιέχονται στο πρότυπο. Όμως δεν ισχύει το ίδιο και για τις μεταβλητές δευτερεύουσας σημασίας που θα χρησιμοποιηθούν.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι πολλές φορές κατά τη στατιστική ανάλυση κάποιες από τις παραμέτρους που αναμενόταν να παίζουν σημαντικό ρόλο **τελικά αποδεικνύονται άλλοτε ασήμαντες και άλλοτε πολύ μικρής βαρύτητας**, ενώ άλλες που φαίνονταν ασήμαντες αποδεικνύονται βαρύνουσας σημασίας.

Κάτι αλλο που κάνει τη συλλογή πολλών στοιχείων απαραίτητη είναι ότι αρκετές φορές, **η στατιστική ανάλυση παρουσιάζει αμελητέα τη σημασία ορισμένων παραμέτρων αν χρησιμοποιηθούν ατόφιες**, ενώ χρησιμοποιούμενες **σε συνδυασμό**, αποτελούν μια καινούρια σημαντικότατη μεταβλητή. Για παράδειγμα είναι δυνατό δύο μεταβλητές να προκύπτουν ασήμαντες, αλλά ο λόγος τους ή το γινόμενό τους να αποτελεί μια νέα πολύ σημαντική παράμετρο για το μαθηματικό πρότυπο. Εδώ βεβαίως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο ότι η νέα μεταβλητή που θα προκύψει, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατάρτιση του προτύπου θα πρέπει απαραίτητα να έχει φυσική σημασία. Σε αντίθετη περίπτωση η χρήση της είναι απαγορευμένη.

Επίσης **όσο περισσότερες παραμέτρους** (σχετικές με το θέμα) περιλαμβάνει το πρότυπο, **τόσο εγκυρότερα είναι τα αποτελέσματά του**, αφού προσεγγίζουν περισσότερο την ισχύουσα πραγματικότητα. Επίσης όσο αυξάνονται τα συστατικά του οι συντελεστές των μεταβλητών κινούνται προς τη σωστή κατεύθυνση, τείνουν δηλαδή να ταυτιστούν με τους ιδανικούς, αν υποτεθεί ότι τέτοιοι υπάρχουν. Χαρακτηριστικό είναι ότι με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο συντελεστής του σταθερού όρου, γεγονός πολύ θετικό, μια που ο όρος αυτός εκφράζει την επίδραση όλων εκείνων των μεταβλητών που επηρεάζουν μεν αλλά δεν έχουν συμπεριληφθεί στην έρευνα.

Καθίσταται σαφές από όλα τα παραπάνω ότι πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, ώστε να επιτυγχάνεται η συλλογή όσο το δυνατό περισσότερων πληροφοριών γύρω από το εξεταζόμενο θέμα, χωρίς η συνέντευξη να καταντάει χρονοβόρα και κουραστική για τον ερωτώμενο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι η έρευνα δε θα οδηγηθεί σε αποτυχία τουλάχιστον από τεχνικούς λόγους, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα είναι σφαιρικά και ολοκληρωμένα. Έχοντας υπ'

όψιν όλα τα παραπάνω σχεδιάστηκε το ερωτηματολόγιο της συγκεκριμένης έρευνας, ώστε να δίνει τη **δυνατότητα συλλογής μεγάλου αριθμού πληροφοριών**, τόσο για να επιτευχθεί μια πληρέστερη ανάλυση, όσο και για να αποφευχθούν απρόοπτες και δυσάρεστες καταστάσεις.

Αντίστοιχη προσπάθεια έγινε και κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου της παρούσας έρευνας. Παρατηρώντας το ερωτηματολόγιο που παρατίθεται παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι σχεδόν όλες οι ερωτήσεις (εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων) έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν παραμέτρους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη στατιστική ανάλυση, και αν οι στατιστικοί δείκτες που θα προκύψουν το επιτρέπουν να αποτελέσουν συστατικά του τελικού μαθηματικού προτύπου.

Πιο συγκεκριμένα, στο τέταρτο μέρος του ερωτηματολογίου όλες οι ερωτήσεις που το απαρτίζουν (ερωτήσεις 15-21) -φύλο, ηλικία, οικογενειακή κατάσταση, ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, επάγγελμα, μορφωτικό επίπεδο, είδος ωραρίου- μπορούν με κατάλληλη κωδικοποίηση να αποτελέσουν σημαντικές ή μη μεταβλητές του προτύπου. Όμως εκτός από αυτές, και οι ερωτήσεις του πρώτου μέρους του ερωτηματολογίου μπορούν να αποτελέσουν συστατικά του προτύπου, καθώς και το δεύτερο μέρος θα μπορούσε να εισαχθεί υπό κατάλληλη επεξεργασία. Είναι σαφές ότι στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου όλες οι ερωτήσεις μπορούν να αποτελέσουν παραμέτρους του προτύπου και μάλιστα βασικές παραμέτρους, την επίδραση των οποίων επιχειρεί να μελετήσει η παρούσα διπλωματική.

Πιο συγκεκριμένα από το τρίτο μέρος προκύπτουν στοιχεία για τις εξής μεταβλητές:

- α) χρονική διάρκεια ταξιδιού με το επιλεγόμενο από τα μέσα μεταφοράς,
- β) κόστος ταξιδιού με το επιλεγόμενο από τα μέσα μεταφοράς,
- γ) επίπεδο άνεσης ταξιδιού που προσφέρεται από το κάθε μέσο μεταφοράς.

4.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 1.3 (Μεθοδολογία) αρχικά, μετά τον καθορισμό του αντικειμένου μελέτης, αποφασίστηκε ότι η απαραίτητη για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας βάση δεδομένων, θα καταρτιστεί με διαδικτυακή έρευνα, και συγκεκριμένα με τη βιόθεια κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου. **Η διαδικτυακή έρευνα** από τη φύση της δεν είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, απαιτεί όμως **ιδιαίτερη προσοχή στη σχεδίαση του ερωτηματολογίου**, στη διατύπωση των ερωτήσεων, καθώς και στις ρυθμίσεις της εκάστοτε πλατφόρμας που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάρτηση του ερωτηματολογίου στο διαδικτυακό χώρο.

Η πρώτη προσπάθεια ανάρτησης του ερωτηματολογίου στο διαδίκτυο έγινε μέσω της πλατφόρμας Google Drive, η οποία όμως απορρίφθηκε γρήγορα, καθώς το πρόγραμμα δεν είχε τη δυνατότητα ανάρτησης των καρτελών με τα εναλλακτικά σενάρια.

Επιλέχθηκε χρήση ενός διακομιστή (web server) του ΕΜΠ, ο οποίος τρέχει το **λογισμικό Joomla**. Ο κύριος λόγος αυτής της επιλογής ήταν η **επέκταση JQuarks4S**, η οποία έλυνε το πρόβλημα που είχε εμφανιστεί στο Google Drive. Ένα ακόμη πλεονέκτημα της χρήσης διακομιστή είναι πως οι χρήστες μας μπορούσαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο μέσω του συνδέσμου www.nrso.ntua.gr/cycles2012.

Με το JQuarks4S αντιμετωπίστηκαν δύο προβλήματα. Στο αρχικό ερωτηματολόγιο, στις απαντήσεις της πρώτης ερώτησης υπήρχε και η εναλλακτική ‘<1 φορά την εβδομάδα’ η οποία είχε το ρόλο ερώτησης φίλτρου. Όσοι δηλαδή από τους ερωτώμενους επέλεγαν αυτή την απάντηση, θα μεταπηδούσαν απευθείας στο 4^ο μέρος του ερωτηματολογίου, χωρίς να απαντήσουν στις προηγούμενες ερώτησεις. Αυτό γιατί η έρευνα αυτή έχει ως στόχο να εξετάσει τις προτιμήσεις του μετακινούμενου εντός του Δήμου Αθηναίων πληθυσμού και η απάντηση αυτή δείχνει πως η μετακίνηση δεν είναι τακτική αλλά περισσότερο τυχαία.

Το JQuarks4S όμως, **δεν έδινε τη δυνατότητα ερώτησης φίλτρου**. Για να ξεπεραστεί η δυσκολία αυτή, η επιλογή αυτή αφαιρέθηκε από τις απαντήσεις και αντ’αυτού στο εισαγωγικό κείμενο που εμφανίζεται στη διαδικτυακή έρευνα, καθίσταται σαφές ότι η έρευνα αφορά μόνο στους μετακινούμενους εντός του Δήμου Αθηναίων, ενώ παράλληλα παρακαλούνται όσοι δεν μετακινούνται τουλάχιστον μία φορά εντός των ορίων του Δήμου να μη συνεχίσουν στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.

Το δεύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε ήταν στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου. Στο μέρος αυτό, κάθε ερώτηση τελειώνει με την κατηγορία ‘άλλο’ την οποία καλούνται οι ερωτώμενοι να βαθμολογήσουν (πολύ, αρκετά, λίγο, καθόλου). **Στο αρχικό ερωτηματολόγιο**, η κατηγορία αυτή είχε ένα κενό, προκειμένου ο κάθε ερωτώμενος να συμπληρώσει κατά βούληση πριν βαθμολογήσει. Το κενό αυτό όμως δε μπορούσε να δημιουργηθεί με το JQuarks4S στις ερώτήσεις του δεύτερου μέρους που είχαν μορφή πίνακα. Τελικά, οι ερώτήσεις σχηματίστηκαν όπως είχαν σχεδιαστεί, με τη διαφορά ότι πλέον δεν υπήρχαν κενά στις κατηγορίες ‘άλλο’, αλλά μόνο η βαθμολόγηση.

Μόλις αυτά τα προβλήματα ξεπεράστηκαν, **η ανάρτηση του ερωτηματολογίου** έγινε ομαλά, και ακολούθησε δοκιμαστική έρευνα πριν την οριστικοποίηση του ερωτηματολογίου και τη διάδοση της ιστοσελίδας.

4.6 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σε μια έρευνα με ερωτηματολόγιο ο ερευνητής έχει να αντιμετωπίσει μια σειρά τόσο θεωρητικών όσο και πρακτικών προβλημάτων τα οποία δεν είναι δυνατό να τα γνωρίζει εξ' αρχής, τουλάχιστον στο σύνολό τους, και τα οποία μπορεί να παίξουν καταλυτικό ρόλο στην έκβαση της όλης προσπάθειας. Επίσης καθίσταται σαφές ότι πιθανή αποτυχία μιας τέτοιας έρευνας έχει πολύ δυσάρεστες και επίπονες συνέπειες για την πορεία της συνολικής έρευνας. Για τους παραπάνω λοιπόν λόγους αποφασίστηκε εξ' αρχής να πραγματοποιηθεί **πιλοτική διαδικτυακή έρευνα** (pilot study), ώστε τα προβλήματα που θα παρουσιαστούν, οι παρατηρήσεις που θα καταγραφούν, και η εμπειρία που θα συγκεντρωθεί να βοηθήσουν στην πραγματοποίηση των απαραίτητων τροποποιήσεων τεχνικής και συλλογιστικής φύσεως, ώστε να προκύψει το τελικό ερωτηματολόγιο. Μετά την πιλοτική έρευνα έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις και ετοιμάστηκε η οριστική.

Κατά την πιλοτική έρευνα **συγκεντρώθηκαν 10 απαντημένα ερωτηματολόγια**. Ακολουθήθηκε με αυτά τα 10 πιλοτικά ερωτηματολόγια η ίδια ακριβώς πορεία συμπλήρωσης που ακολουθήθηκε και στην οριστική έρευνα πεδίου κατά τη φάση της συλλογής, και παρουσιάστηκαν θέματα που χρειάστηκαν αντιμετώπιση.

Το βασικότερο από τα θέματα που παρουσιάστηκαν ήταν στο δεύτερο μέρος. Κατέστη γρήγορα σαφές ότι μεγάλο **ποσοστό των ερωτώμενων θα δυσκολευόταν στη βαθμολόγηση της κατηγορίας άλλο**. Δεν τους ήταν κατανοητό τι έπρεπε να βαθμολογήσουν. Για το λόγο αυτό, στην αρχή του δεύτερου μέρους και πριν αρχίσουν οι ερωτήσεις, προστέθηκε το ακόλουθο επεξηγηματικό κείμενο: 'Στις ερωτήσεις που ακολουθούν σας δίνονται κάποια χαρακτηριστικά με σκοπό να τα αξιολογήσετε. Μία επιλογή, της οποίας η αξιολόγηση είναι υποχρεωτική, είναι η επιλογή "άλλο". Η χρησιμότητα της είναι για την περίπτωση που υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό που δεν έχει συμπεριληφθεί και θέλετε να το αξιολογήσετε. Σε αντίθετη περίπτωση επιλέξτε "καθόλου".

Το κείμενο αυτό φάνηκε να λύνει το πρόβλημα καθώς στα επόμενα ερωτηματολόγια που συμπλήρωθηκαν οι ερωτώμενοι δεν αντιμετώπισαν κάποια δυσκολία.

Πέρα από **κάποιες επιπλέον διορθώσεις στη μορφή και το είδος των ερωτήσεων** (πολλαπλής επιλογής, μονής επιλογής, υποχρεωτική, προαιρετική), η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε ομαλά, οπότε και οριστικοποιήθηκε στην τελική του μορφή και αρχίσαμε να διαδίδουμε την ιστοσελίδα.

Επίσης, κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής έρευνας **μετρήθηκε ο απαιτούμενος για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου χρόνος**, ο οποίος τελικά προέκυψε 8-10 λεπτά. Το μέγεθος αυτό δε χρειάστηκε να μειωθεί, καθώς ένα από τα θετικά της διαδικτυακής έρευνας είναι ότι ο ερωτώμενος διαλέγει μόνος το χρόνο και τον τόπο που θα απαντήσει στην έρευνα. Για το λόγο αυτό η διάρκεια της έρευνας μπορεί να διαρκέσει λίγο παραπάνω από μία αντίστοιχη έρευνα πεδίου.

4.7 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΟΡΙΣΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΠΕΔΙΟΥ

Κατά την οριστική έρευνα πεδίου συγκεντρώθηκαν τελικά 252 απαντημένα ερωτηματολόγια από μετακινούμενος που εισέρχονται τουλάχιστον μία φορά ανά εβδομάδα στο Δήμο Αθηναίων.

Στην οριστική αυτή μορφή του ερωτηματολογίου, προστέθηκε ένας χάρτης του Δήμου Αθηναίων με προτεινόμενους σταθμούς ενοικίασης. Οι σταθμοί αυτοί ακολουθούν τις κεντρικές αρτηρίες του Δήμου Αθηναίων, ενώ το πλήθος και οι αποστάσεις τους προέκυψαν από μελέτη του συστήματος ενοικίασης ποδηλάτων των Βρυξελλών, το οποίο εξυπηρετεί περίπου τον ίδιο πληθυσμό με αυτόν της παρούσας έρευνας. Ο χάρτης **αποσκοπεί καθαρά στην εξοικείωση του ερωτώμενου με τη μορφή του συστήματος**, καθώς μπορεί να καταλάβει πως με το ίδιο μέσο (το ποδήλατο) μπορεί να έχει πρόσβαση σε μέρη όπου το αυτοκίνητο αντιμετωπίζει μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση, ακόμα και δυσκολία στην εύρεση χώρου στάθμευσης, καθώς και σε μέρη που η χρήση της συγκοινωνίας θα απαιτούσε δύο ή τρεις μετεπιβιβάσεις.

Η ιστοσελίδα διαδόθηκε μέσα από **σελίδες κοινωνικής δικτύωσης, προσωπικά e-mail, καθώς και με προσωπική επαφή** σε κεντρικές περιοχές του Δήμου Αθηναίων, με σκοπό το δείγμα να αποτελείται από άτομα με ποικίλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, για να είναι όσο το δυνατό περισσότερο αμερόληπτο και αντιπροσωπευτικό.

Η οριστική έρευνα **διήρκεσε χρονικό διάστημα περίπου δύο μηνών** και οδήγησε στη συγκρότηση της απαραίτητης βάσης δεδομένων για την περαιτέρω στατιστική ανάλυση και την εξαγωγή τελικά του μαθηματικού προτύπου.

4.8 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Η λογική πάνω στην οποία βασίζεται όλη η επιστήμη της στατιστικής, καθώς και το γεγονός που την κάνει ένα πολυτιμότατο εργαλείο για πλήθος άλλων επιστημών είναι το ότι μέσα από την εξέταση ενός μικρού αλλά επαρκούς τμήματος του συνόλου που ονομάζεται δείγμα, εξάγει ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα που αντιπροσωπεύουν ολόκληρο το σύνολο. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι **όσο καταλληλότερο είναι το δείγμα που θα επιλεγεί για μελέτη, τόσο πιο αντιπροσωπευτικά τα εξαγόμενα αποτελέσματα για ολόκληρο τον πληθυσμό**, δηλαδή πιο αξιόπιστα.

Η καταλληλότητα του δείγματος εξαρτάται από το αν αυτό πληρεί ή όχι κάποιες προϋποθέσεις που σύμφωνα με τον P.Kotler οι βασικότερες από αυτές είναι:

1. Το δείγμα πρέπει να επιλέγεται κάθε φορά από τον κατάλληλο πληθυσμό. Έτσι για παράδειγμα σε μια έρευνα γύρω από τη χρήση ποδηλάτου ως μέσου μεταφοράς θα πρέπει να επιλεγεί από ένα πληθυσμό μετακινούμενων, που να υπάρχει η δυνατότητα να

χρησιμοποιήσουν το ποδήλατο, όταν αυτό τους δοθεί ως εναλλακτική. Ιδιαίτερα στην παρούσα έρευνα που αφορά στην μετακίνηση εντός του Δήμου Αθηναίων πρέπει το δείγμα να επιλεγεί από πληθυσμό χρηστών του συγκοινωνιακού δικτύου που μετακινούνται τουλάχιστον σε εβδομαδιαία βάση εντός του συγκεκριμένου Δήμου.

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 της διπλωματικής εργασίας αυτής συγκεντρώθηκαν 252 απαντημένα ερωτηματολόγια, ικανοποιητικός αριθμός για τη φύση της συγκεκριμένης έρευνας.

3. Η επιλογή του πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το δείγμα να είναι **αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού ως προς τα χαρακτηριστικά** του. Για παράδειγμα εδώ που ο πληθυσμός ήταν οι μετακινούμενοι εντός του Δήμου Αθηναίων, το δείγμα έπρεπε να αποτελείται από άτομα με ποικίλα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, κάτι για την επίτευξη του οποίου καταβλήθηκε έντονη προσπάθεια. Έτσι μελετώντας το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου που περιέχει τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση το δείγμα να αποτελείται από άτομα που ανήκουν σε όλες τις αναφερόμενες κατηγορίες με όσο το δυνατό λογικότερες αναλογίες. Έχοντας υπ' όψιν τις παραπάνω βασικές αρχές επιλογής δείγματος, έγινε προσπάθεια το δείγμα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας να επιλεγεί σύμφωνα με αυτές, ώστε τα αποτελέσματά της να είναι όσο το δυνατό περισσότερο αντιπροσωπευτικά και έγκυρα. Αναλυτικότερες πληροφορίες για τη στρωματογραφία και τα επιμέρους χαρακτηριστικά του δείγματος δίνονται παρακάτω.

4.9 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Μόλις συγκεντρώθηκε ο απαιτούμενος αριθμός απαντήσεων, **συλλέχθηκε μέσω του JQuarks4S ένας πίνακα excel με το σύνολο των απαντήσεων**, που όμως χρειαζόταν επεξεργασία προκειμένου να μπορέσουν να γίνουν αντιληπτά τα στατιστικά στοιχεία του δείγματος. Οι απαντήσεις δεν ήταν στοιχισμένες, ενώ υπήρχαν αρκετές στήλες με πληροφορίες που τελικώς δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Οι πρώτες τρείς στήλες ήταν οι εξής:

session_id	submit_date	ip_address
------------	-------------	------------

Από αυτές, απαραίτητη ήταν μόνο η πρώτη, η οποία Έτσι οι επόμενες δύο διαγράφηκαν. Επίσης, για κάθε ερώτηση υπήρχαν οι ακόλουθες στήλες:

question_alias	question_id	question_type_id	answer	altanswer	answer_id	row_title	row_id
----------------	-------------	------------------	--------	-----------	-----------	-----------	--------

από τις οποίες διατηρήθηκαν οι question_alias, με τον αριθμό της εκάστοτε ερώτησης, answer, με την απάντηση στην αντίστοιχη ερώτηση, και row_title, με τις υποκατηγορίες που

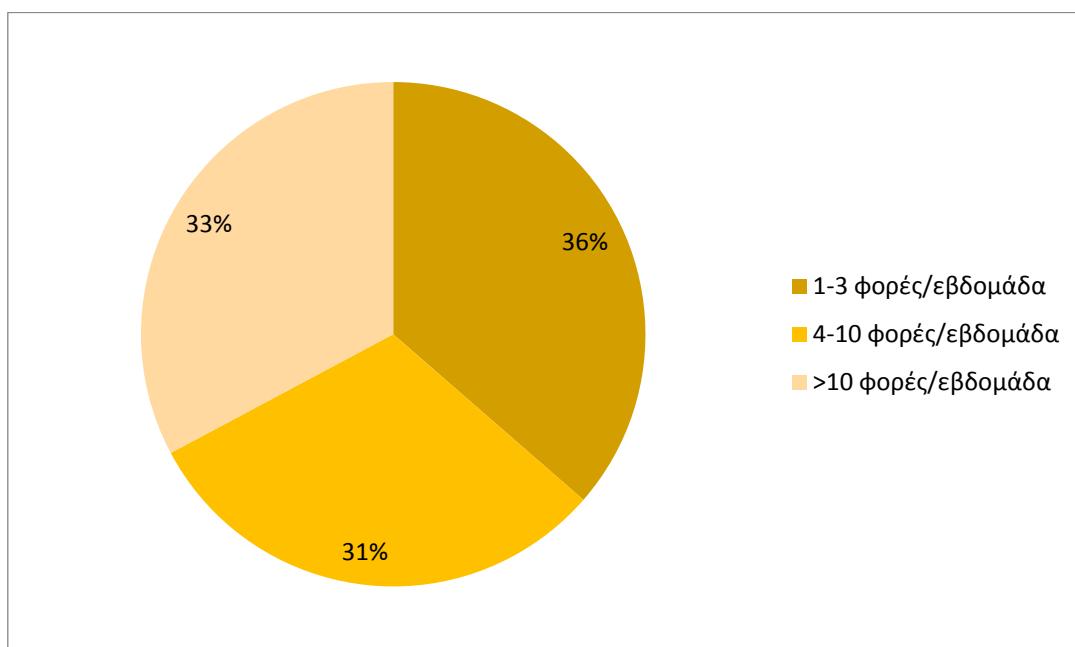
υπήρχαν σε ορισμένες ερωτήσεις, όπως αυτές του δεύτερου μέρους, καθώς οι υπόλοιπες δεν παρείχαν κάποια χρήσιμη πληροφορία για την παρούσα έρευνα.

Όταν **τα περιττά στοιχεία διαγράφηκαν** και το αρχείο των αποτελεσμάτων κατέστει επεξεργάσιμο, έγιναν όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι για την αξιοπιστία των στοιχείων και την εγκυρότητα των απαντήσεων.

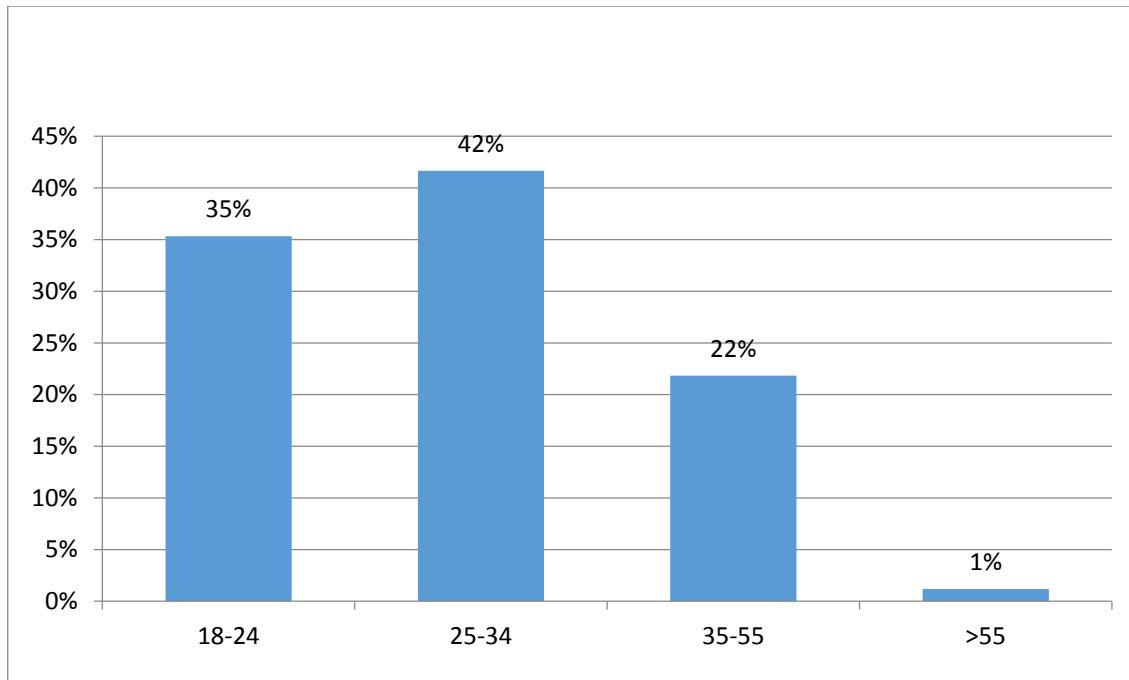
Έτσι, στη συνέχεια, **κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις** με τη μορφή αριθμών, ούτως ώστε το τελικό αρχείο excel που προέκυψε να είναι έτοιμο και για το επόμενο βήμα, αυτό της επεξεργασίας μέσω του προγράμματος BIOGEME.

4.10 ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

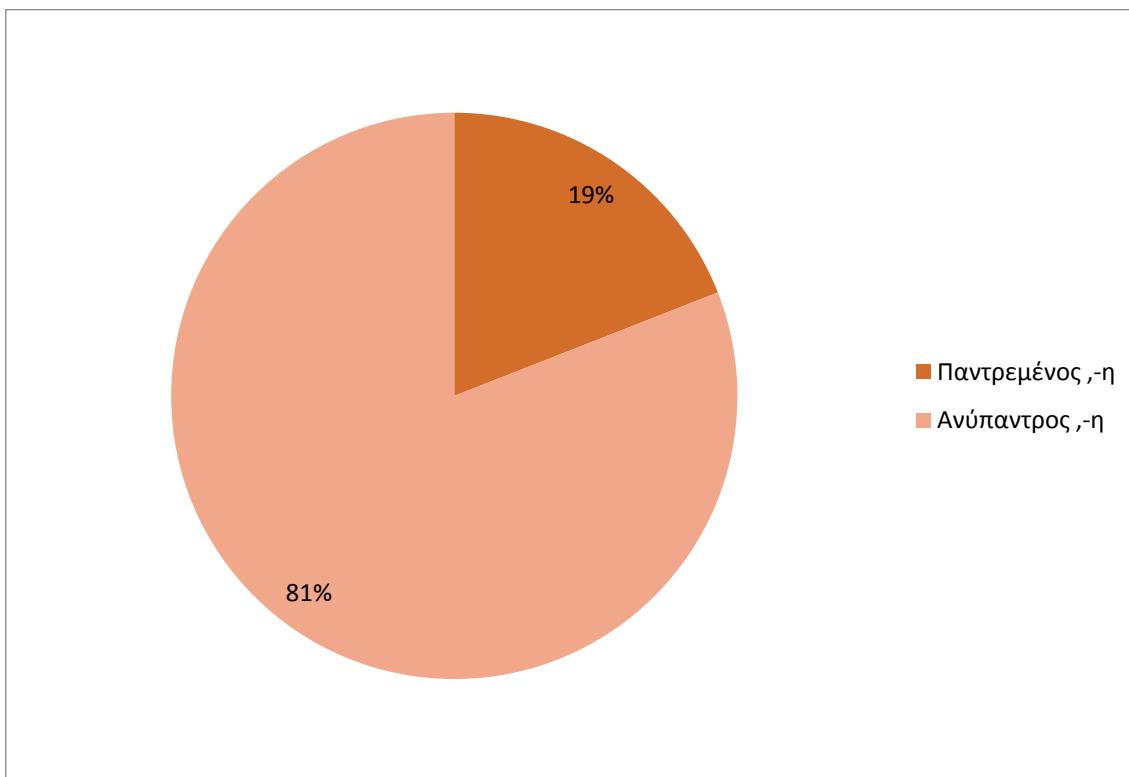
Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης έρευνας. Δίνονται δηλαδή **πληροφορίες για τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων** που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο. Με δεδομένο ότι τα εξαγόμενα από την έρευνα συμπεράσματα βασίζονται στη στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων των συγκεκριμένων ατόμων, είναι χρήσιμο να παρουσιαστούν τα βασικότερα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους, ώστε ο αναγνώστης να μπορεί να κρίνει αν το χρησιμοποιούμενο δείγμα παρουσιάζει κατάλληλη κατανομή που να μπορεί να χαρακτηριστεί αντιπροσωπευτικό. Τα στοιχεία παρουσιάζονται με τη μορφή ποσοστιαίας κατανομής.



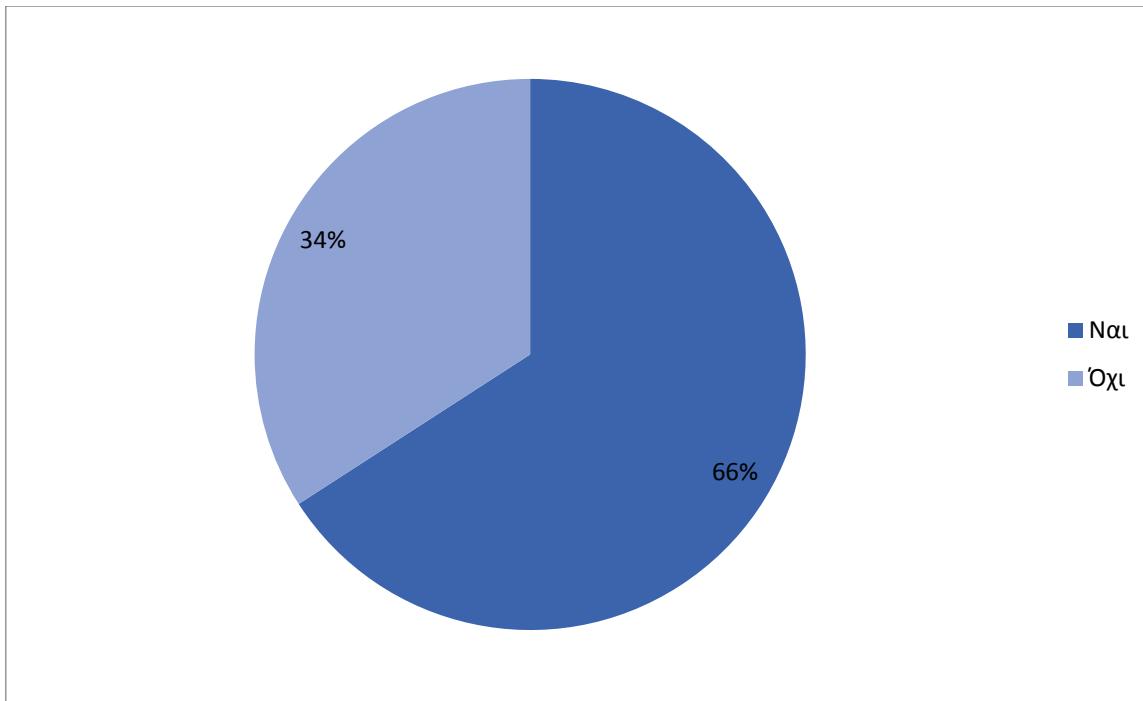
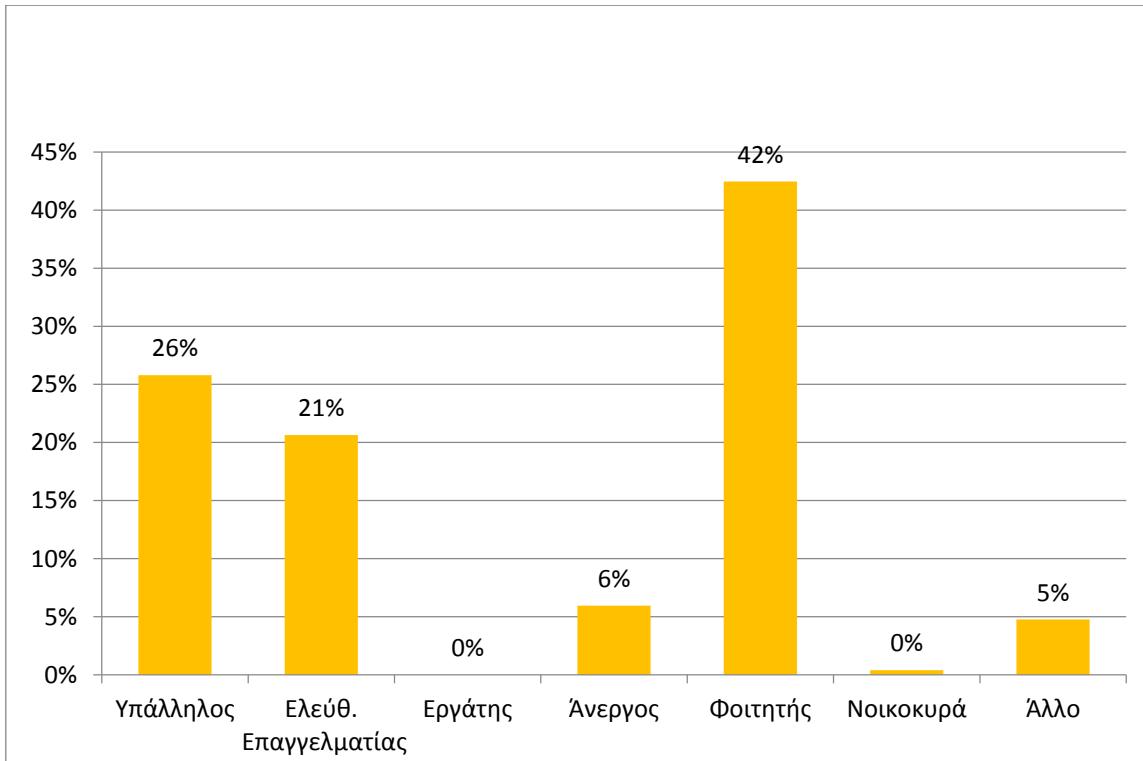
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1 Ποσοστιαία κατανομή εβδομαδιαίων μετακινήσεων εντός του Δήμου Αθηναίων

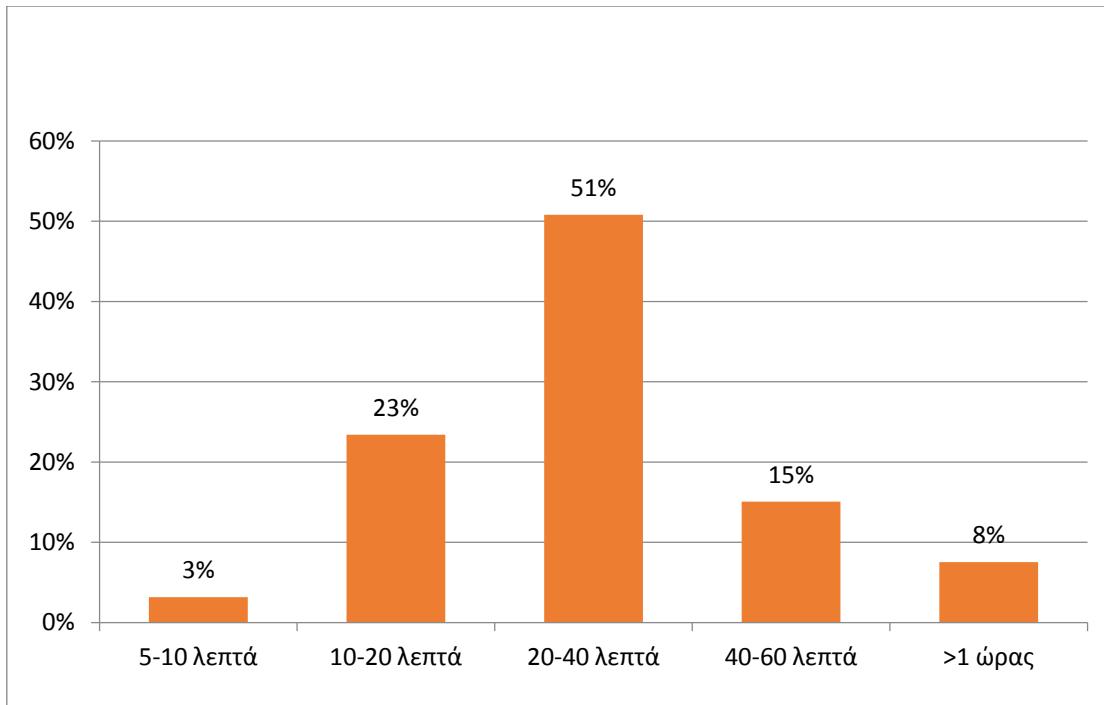


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2 Ποσοστιαία κατανομή ηλικίας

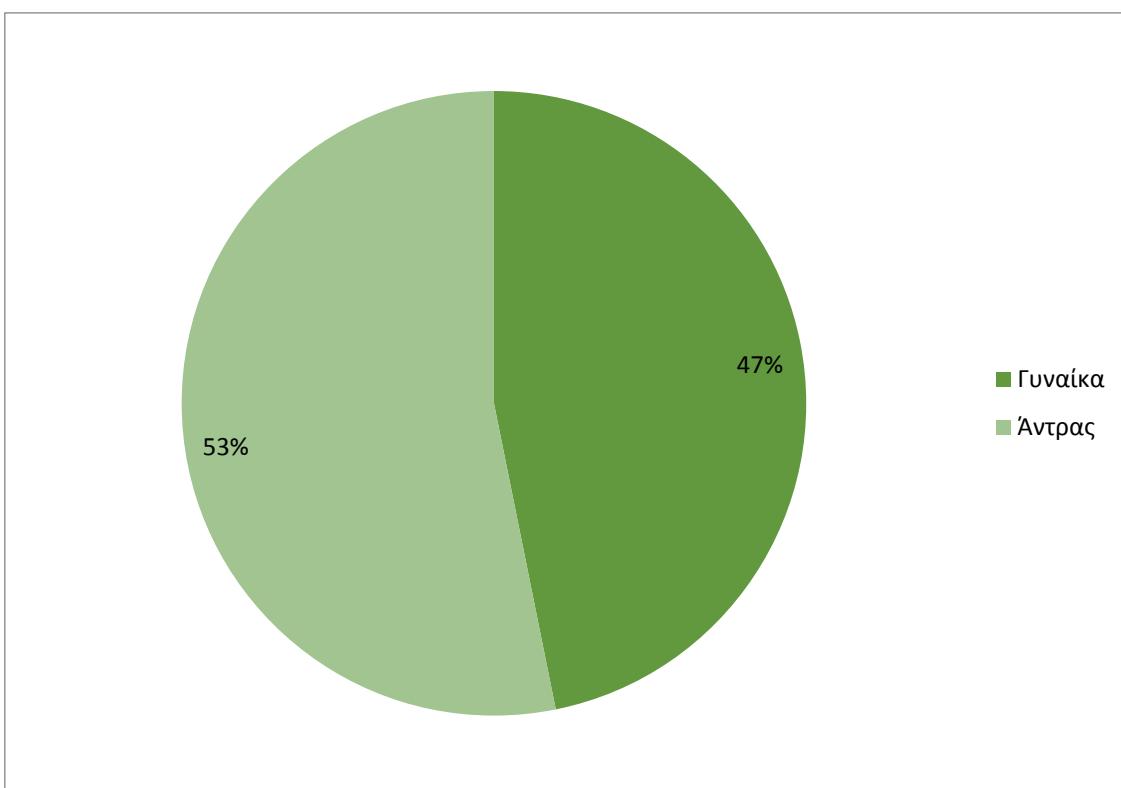


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3 Ποσοστιαία κατανομή οικογενειακής κατάστασής

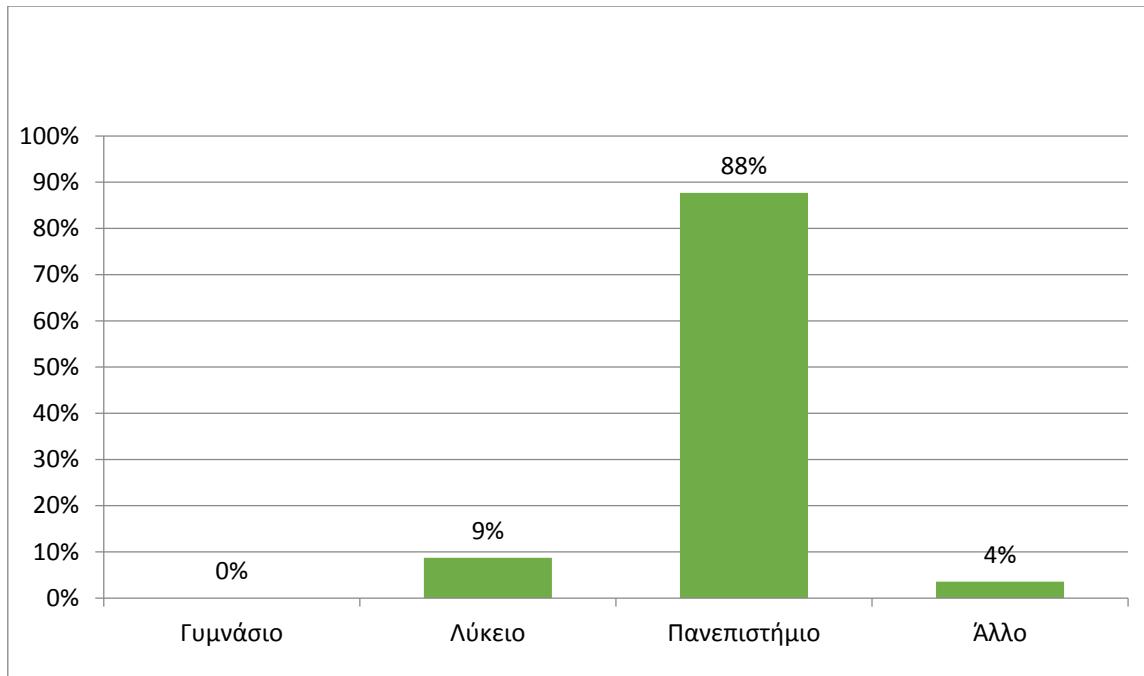
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4 Ποσοστιαία κατανομή για κατοχή αυτοκινήτου****ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5 Ποσοστιαία κατανομή επαγγέλματος**



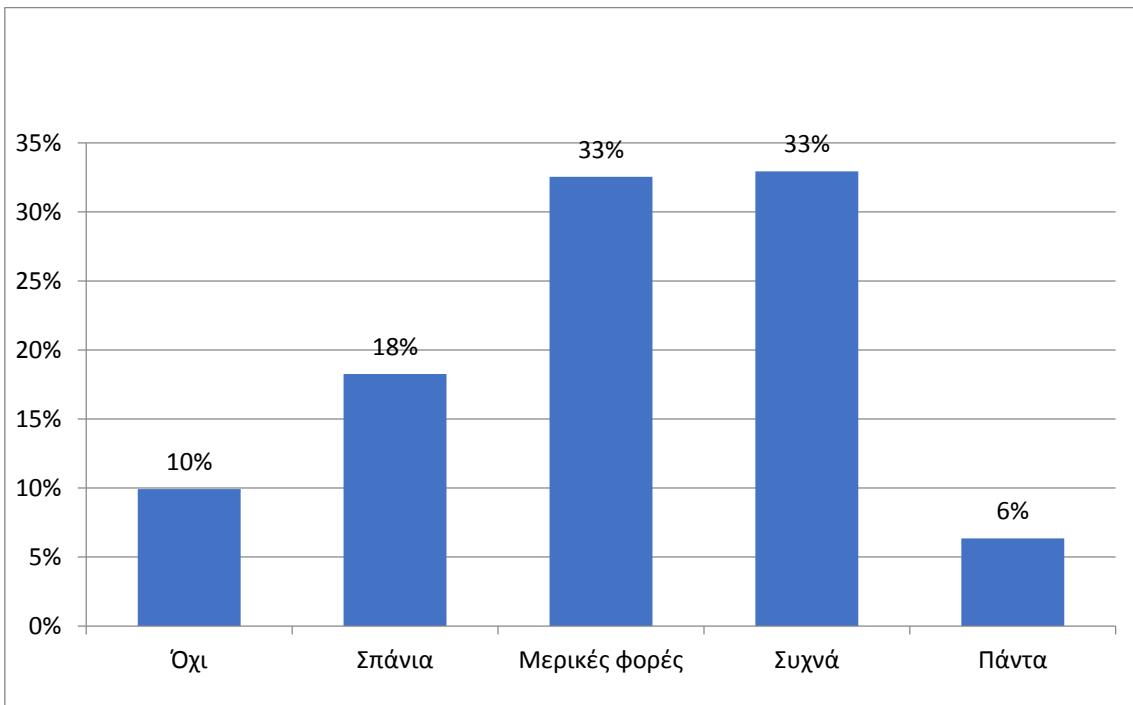
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6 Ποσοστιαία κατανομή για μέσο συνολικό χρόνο μιας τυπικής διαδρομής εντός του Δήμου Αθηναίων



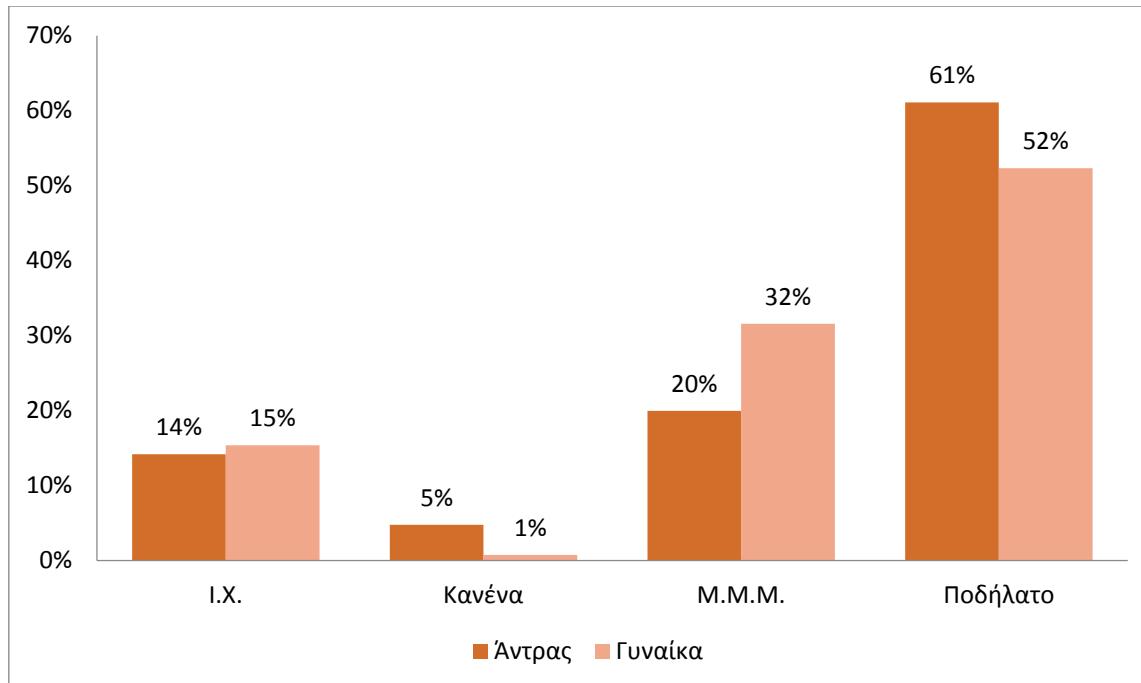
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7 Ποσοστιαία κατανομή φύλου



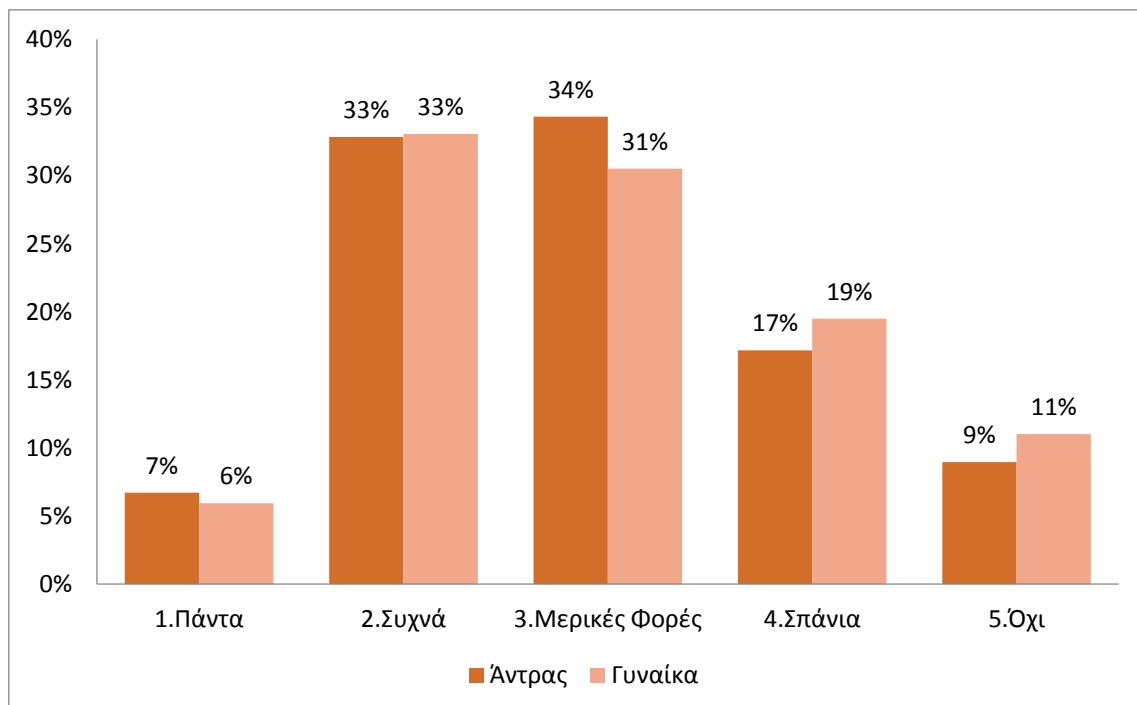
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8 Ποσοστιαία κατανομή μορφωτικού επιπέδου



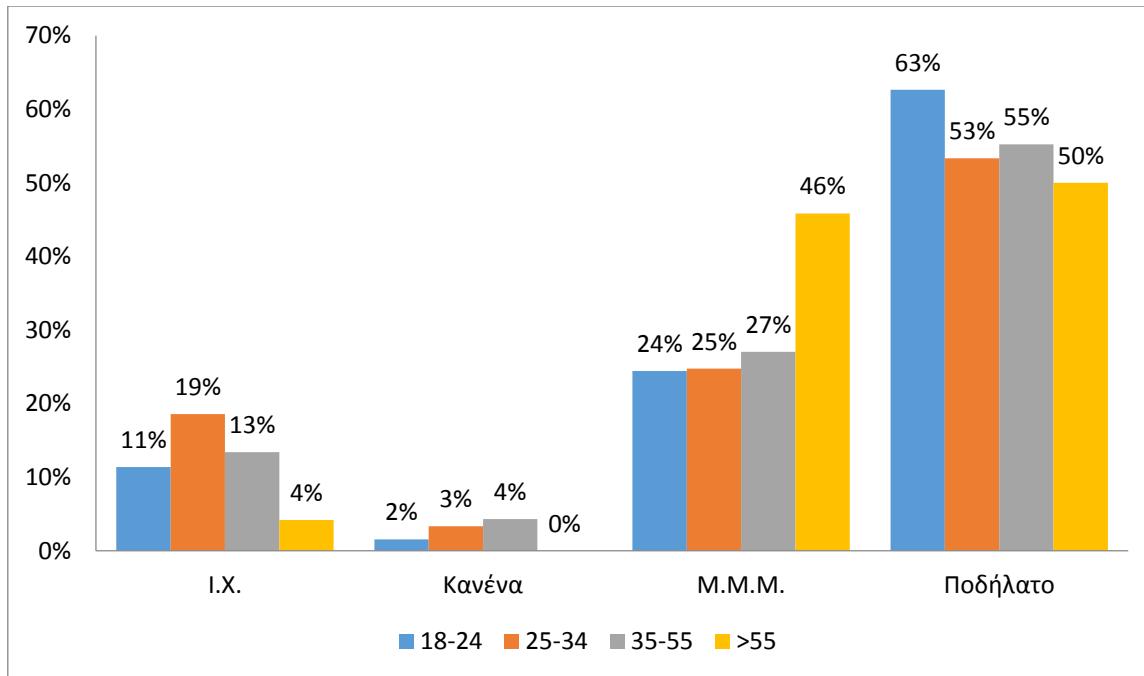
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9 Ποσοστιαία κατανομή για την ερώτηση 'πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων'



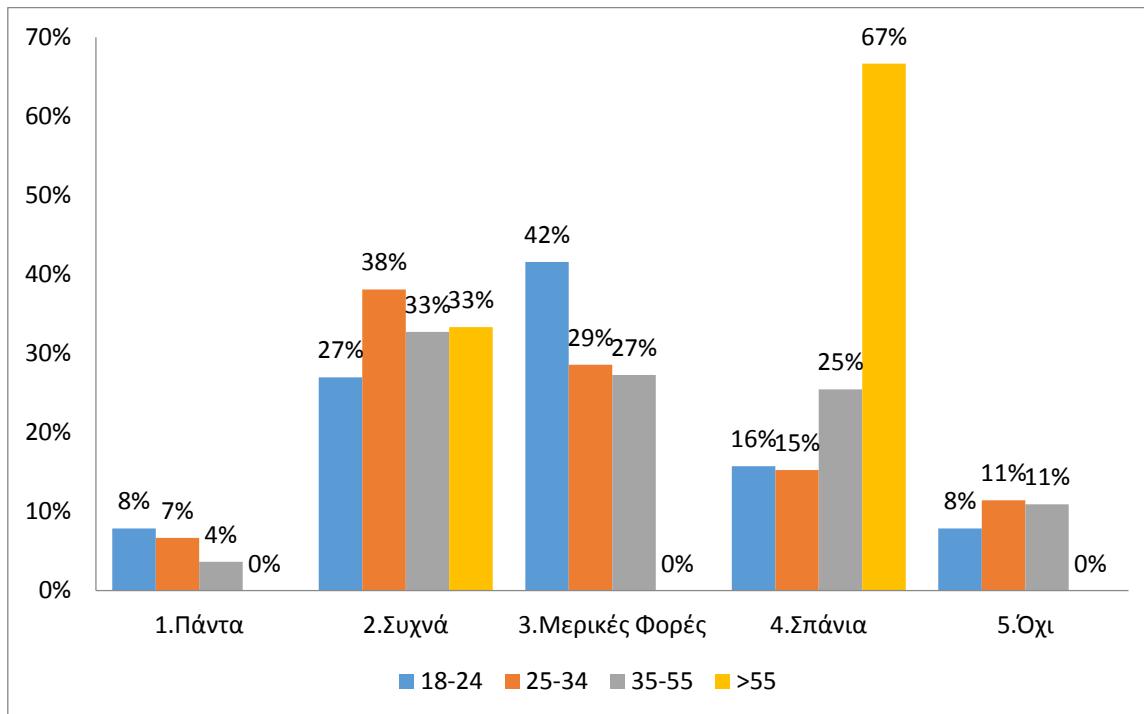
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10 Κατανομή ανά φύλο στις απαντήσεις των σεναρίων



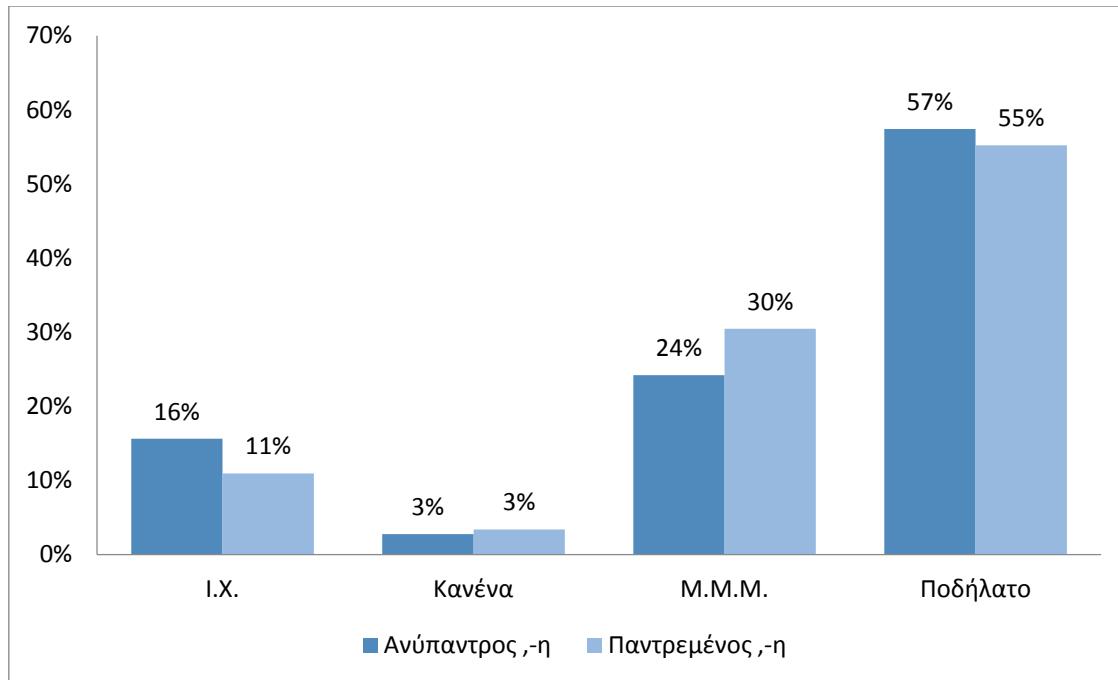
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.11 Κατανομή ανά φύλο στην ερώτηση ‘πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων’



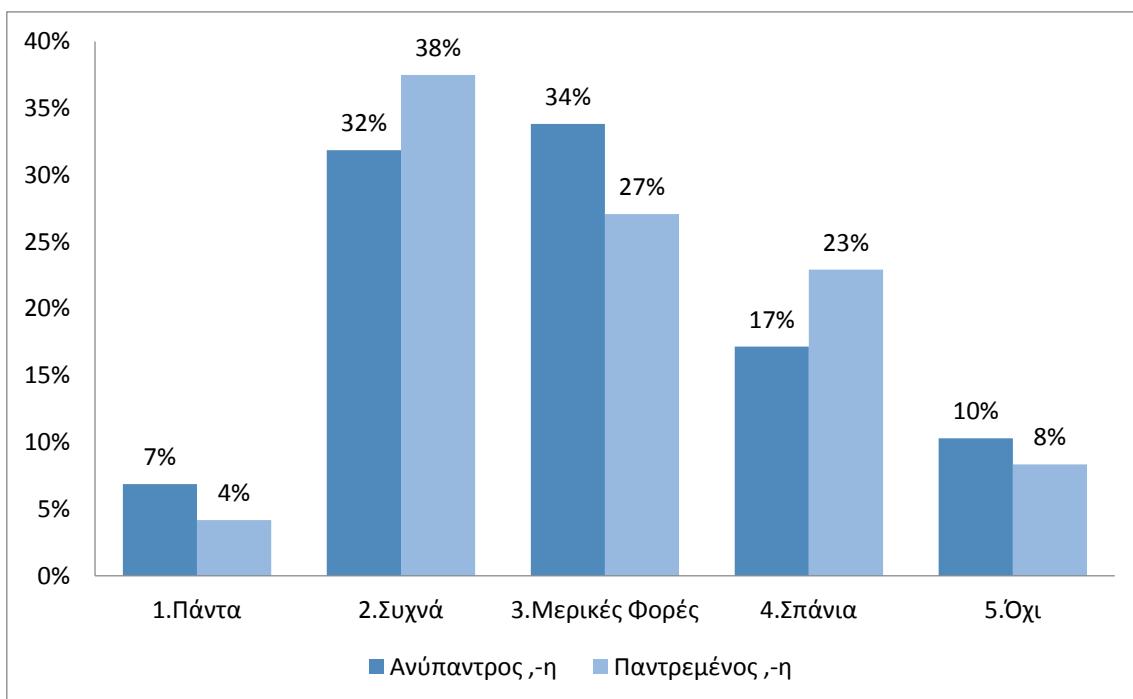
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.12 Κατανομή ανά ηλικία στις απαντήσεις των σεναρίων



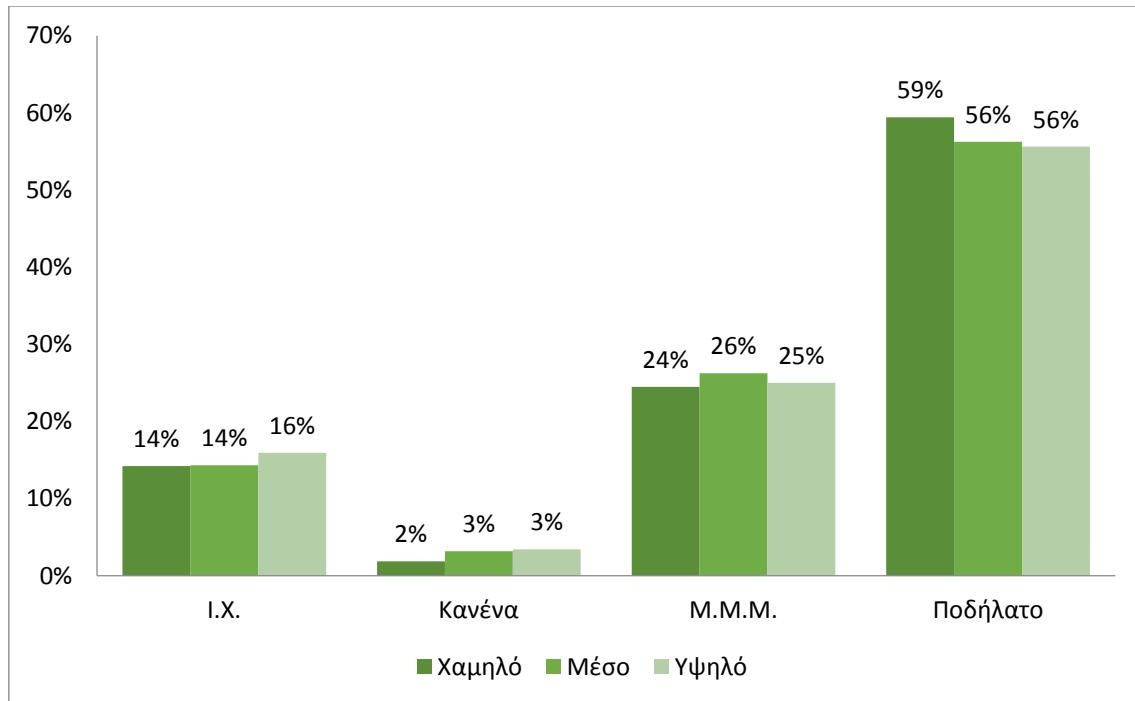
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.13 Κατανομή ανά ηλικία στην ερώτηση 'πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων'



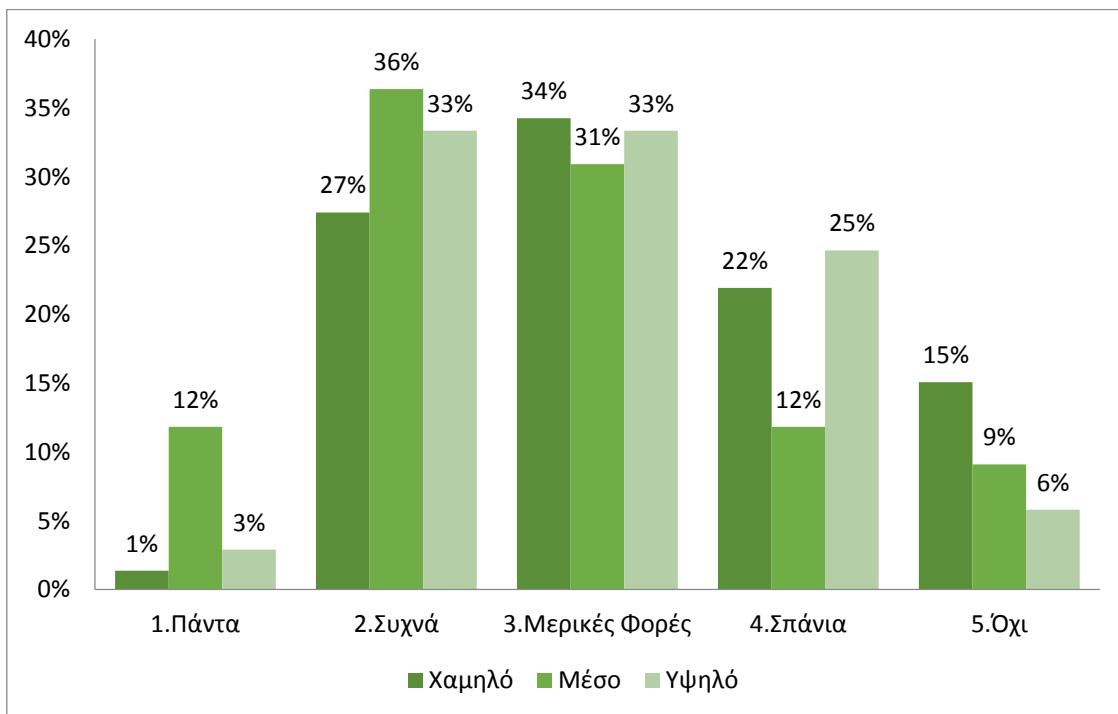
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.14 Κατανομή ανά οικογενειακή κατάσταση στις απαντήσεις των σεναρίων



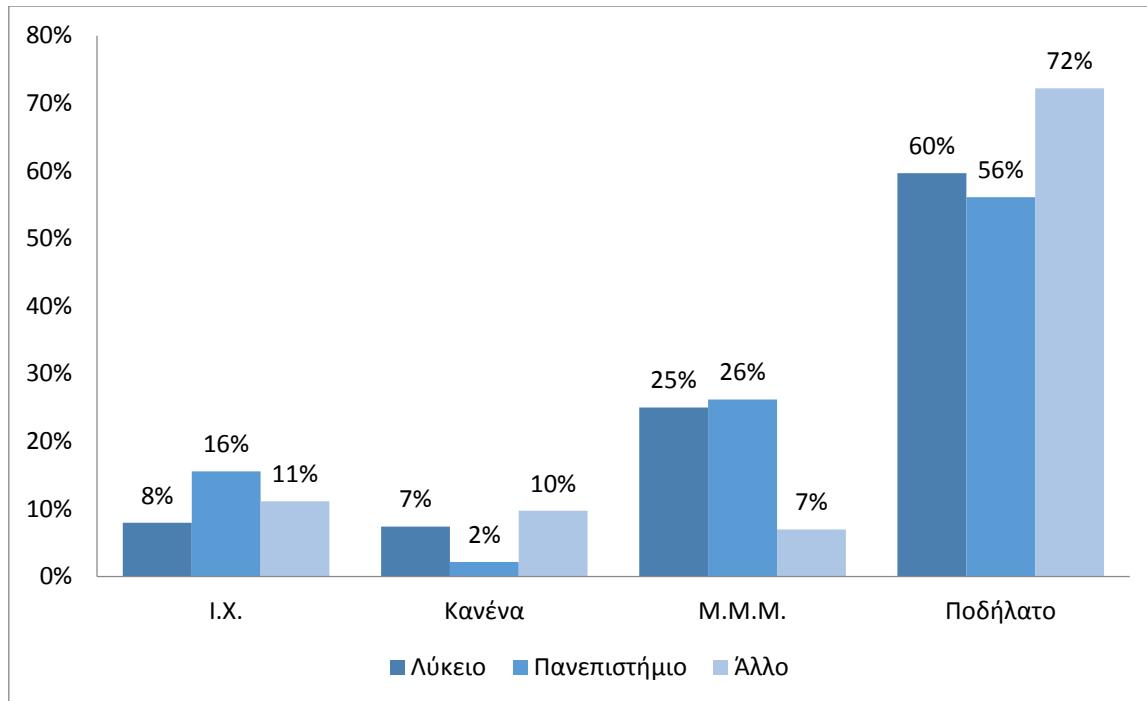
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.15 Κατανομή ανά οικογενειακή κατάσταση στην ερώτηση ‘πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων’



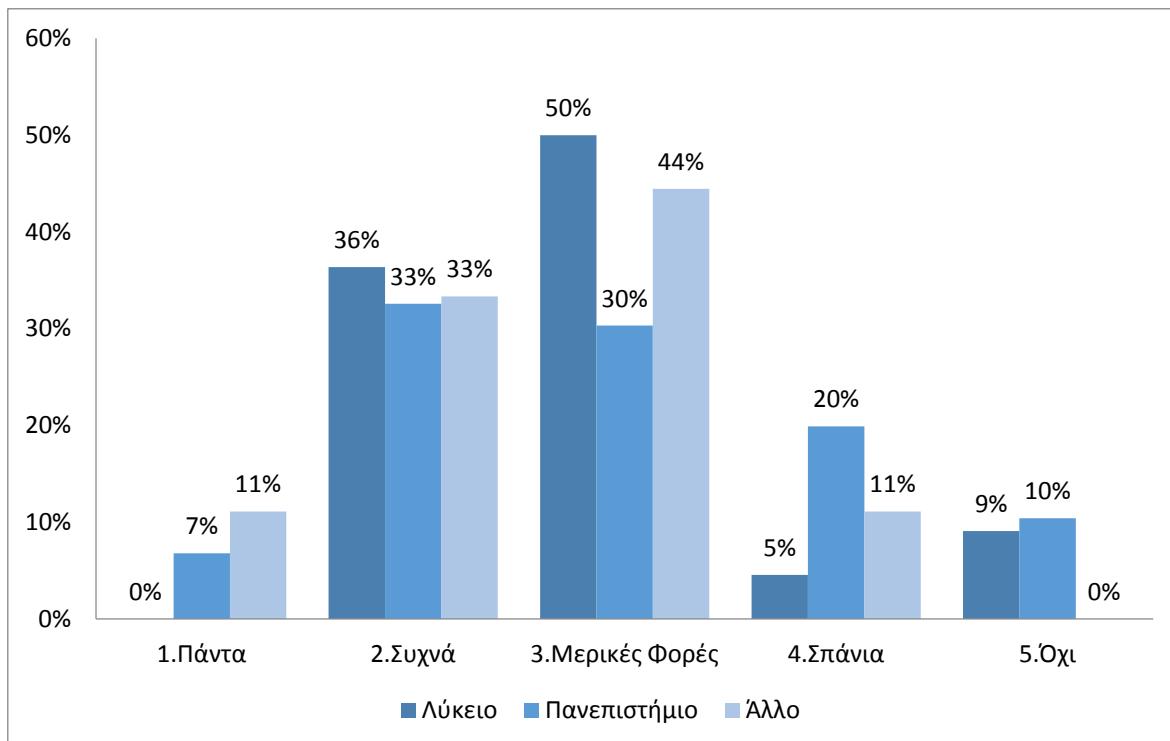
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.16 Κατανομή ανά οικογενειακό εισόδημα στις απαντήσεις των σεναρίων



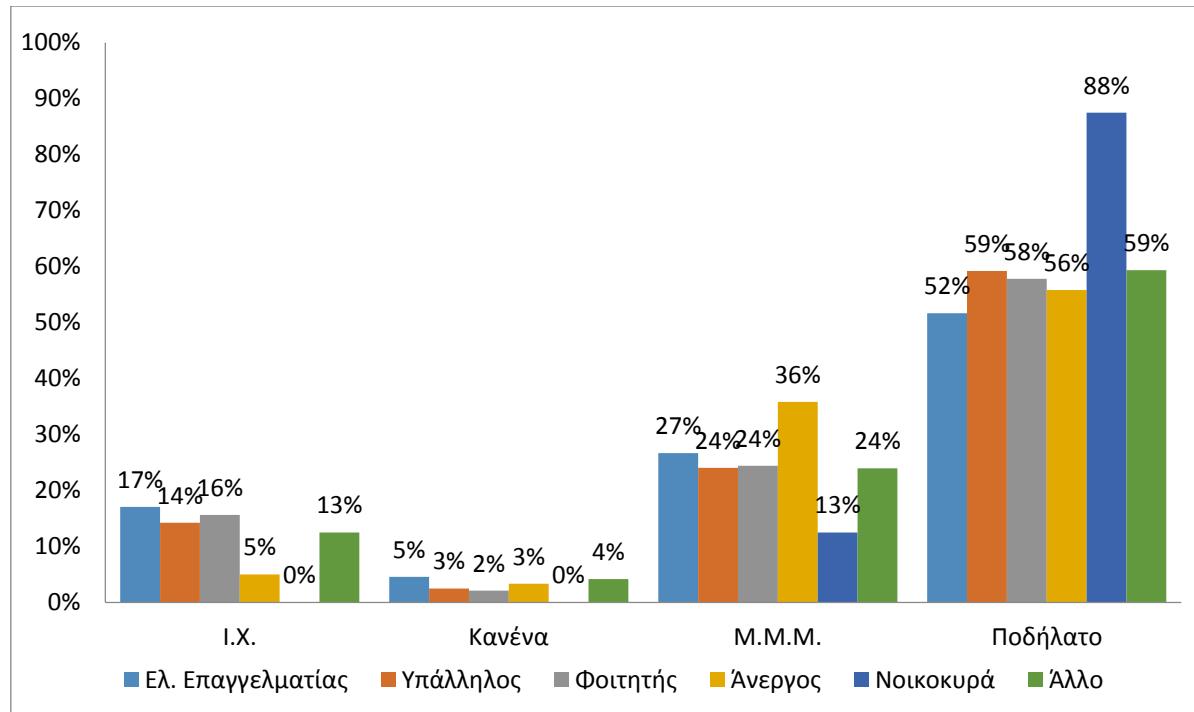
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.17 Κατανομή ανά οικογενειακό εισόδημα στην ερώτηση ‘πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων’



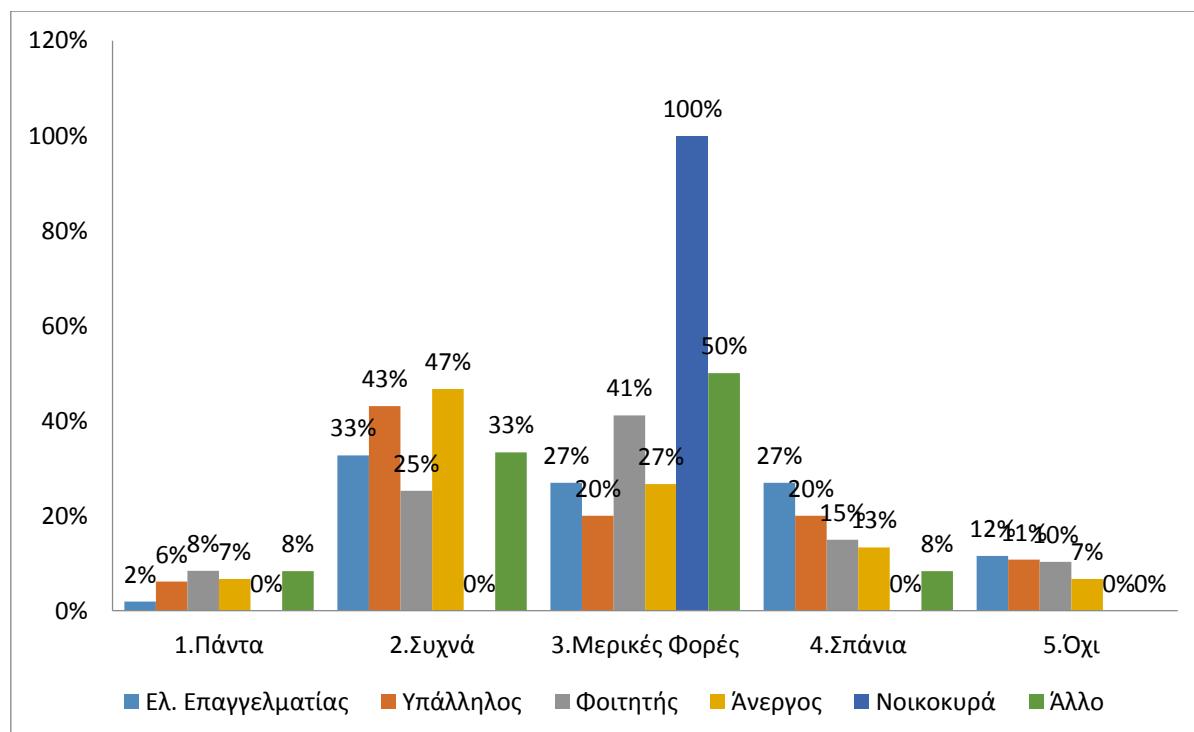
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.18 Κατανομή ανά μορφωτικό επίπεδο στις απαντήσεις των σεναρίων



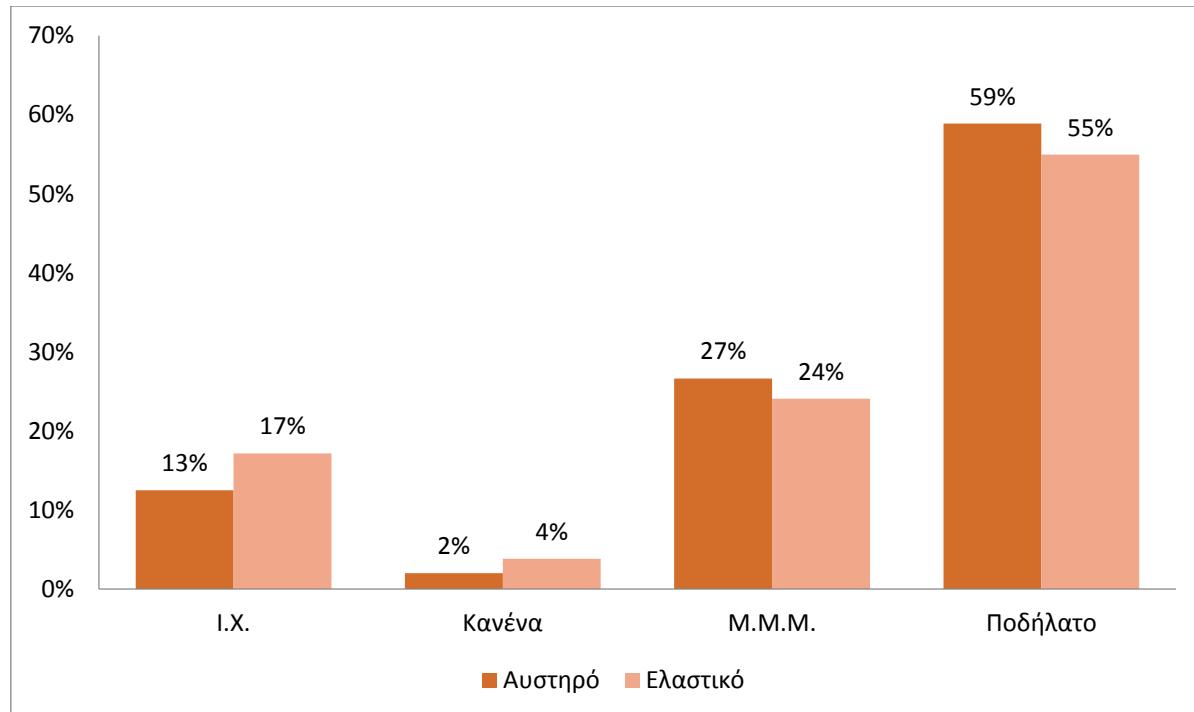
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.19 Κατανομή ανά μορφωτικό επίπεδο στην ερώτηση 'πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων'



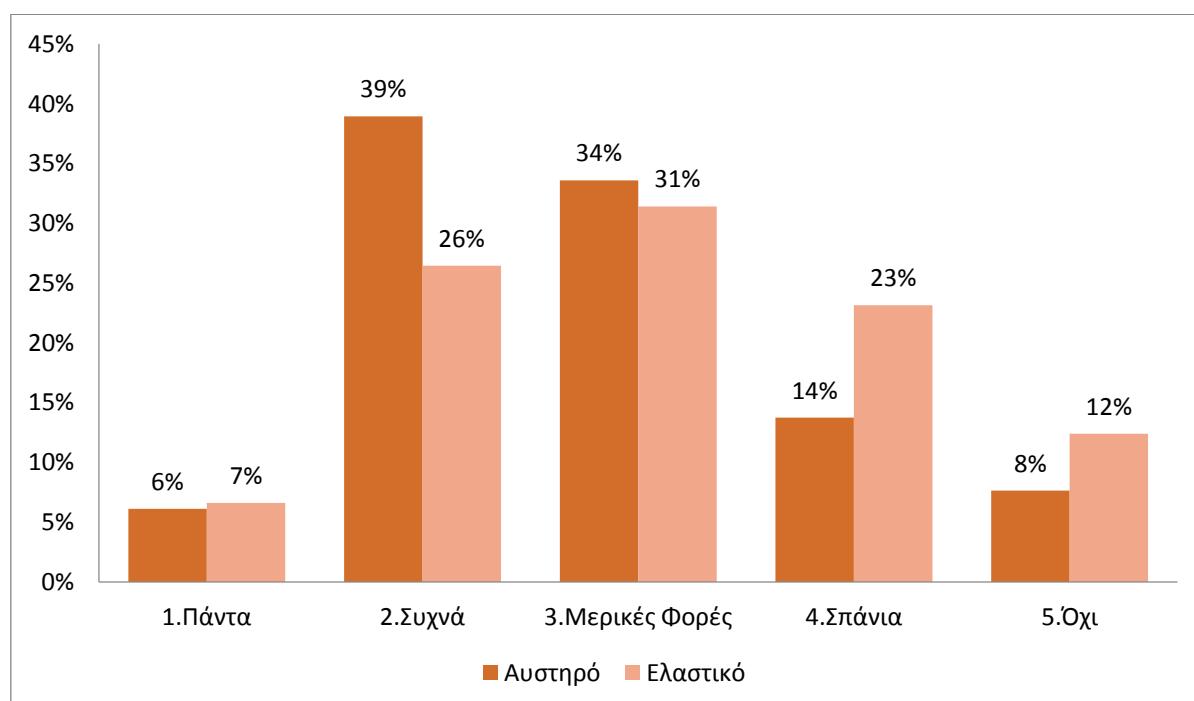
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.20 Κατανομή ανά επάγγελμα στις απαντήσεις των σεναρίων



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.21 Κατανομή ανά επάγγελμα στην ερώτηση ‘πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων’



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.22 Κατανομή ανά είδος ωραρίου στις απαντήσεις των σεναρίων



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.23 Κατανομή ανά είδος ωραρίου στην ερώτηση ‘πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσατε το σύστημα ενοικίασης ποδηλάτων’

Στα ανωτέρω διαγράμματα, παρατηρείται ότι οι συμμετέχοντες στην έρευνα **φαίνεται να είναι πιο νέοι σε ηλικία** (στην πλειοψηφία τους κάτω των 35 ετών), με αποτέλεσμα να είναι μεγαλύτερο το ποσοστό των ανύπαντρων, και **κάπως υψηλό το ποσοστό των φοιτητών**, αλλά και με **μειωμένο ποσοστό κατοχής αυτοκινήτου**. Αυτά έχουν ως αποτέλεσμα ένα υψηλότερο από το αναμενόμενο ενδιαφέρον για το ποδήλατο, γεγονός που αντανακλάται στα αποτελέσματα τόσο της απλής όσο και της σύνθετης στατιστικής επεξεργασίας.

Έπρεπε να βρεθούν τρόποι προσέλκυσης ατόμων μεγαλύτερων σε ηλικία και μη δικυκλιστών προκειμένου να υπάρχει μεγαλύτερη ομοιομορφία στο δείγμα, όμως κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό στην παρούσα έρευνα λόγω περιορισμένου χρόνου.

Γενικά παρατηρείται **καλή κατανομή όσον αφορά στο φύλο**, καθώς και στον αριθμό **των εβδομαδιαίων μετακινήσεων** εντός του Δήμου Αθηναίων, ενώ παρατηρείται ότι η πλειοψηφία του δείγματος (51%) **χρειάζεται μία μέση τιμή χρόνου** (περίπου 30 λεπτά) **για μια τυπική ημερήσια μετακίνηση**. Επίσης παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος έχει **εκπαίδευση Πανεπιστημίου**. Αυτό δεν είναι αντιπροσωπευτικό του συνολικού πληθυσμού, αλλά με τα σημερινά δεδομένα, και συνυπολογίζοντας ότι το δείγμα αποτελείται κυρίως από άτομα κάτω των 35 ετών, δεν αναμένεται το ποσοστό να πέσει κάτω του 50%.

5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Μετά τη συλλογή και την επεξεργασία των στοιχείων στο πρόγραμμα EXCEL, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της Λογιστικής Παλινδρόμησης και τη χρήση του πολυωνυμικού λογιστικού προτύπου.

Περιγράφονται, επομένως, αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την **εφαρμογή της μεθοδολογίας** και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των κατάλληλων μοντέλων. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

Τέλος, στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και περιγράφονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία και πραγματοποιείται προσπάθεια εξήγησής τους με βάση τη λογική, την εμπειρία και στοιχεία από τη σχετική βιβλιογραφία. Η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων** διακρίνεται σε τρεις φάσεις:

- ❖ Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
- ❖ Περιγραφή των αποτελεσμάτων
- ❖ Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση του μοντέλου, όσο και σχετικά διαγράμματα που επιτρέπουν τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕΣΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό των τεσσάρων συναρτήσεων χρησιμότητας, οι οποίες θεωρήθηκε ότι εξηγούν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επιλογή μέσου από τους μετακινούμενους.

.5.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων στο EXCEL, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων, μέσω της λογιστικής παλινδρόμησης.

Για την ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων παλινδρόμησης, δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων, σε αρχείο του EXCEL, που περιελάμβανε για κάθε μέσο μεταφοράς (I.X., M.M.M., ποδήλατο) τον χρόνο, το κόστος και το επίπεδο άνεσης, όπως αυτά καθορίζονται από τα σενάρια δεδηλωμένης που περιγράφονται στις παραγράφους 4.2.1 και 4.2.3, καθώς και τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των ερωτώμενων, όπως αυτά συλλέχθηκαν από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις του τέταρτου μέρους του ερωτηματολογίου.

Η βάση δεδομένων περιείχε 2016 γραμμές, καθώς απαντήθηκαν 252 ερωτηματολόγια, που το καθένα από αυτά περιλάμβανε 8 σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης. Δηλαδή, κάθε γραμμή της βάσης δεδομένων αντιστοιχούσε στα δεδομένα ενός μόνο σεναρίου, μαζί με τα χαρακτηριστικά του ερωτώμενου.

Έτσι, σε κάθε γραμμή της βάσης υπήρχε :

- ο αύξον αριθμός του ερωτώμενου (**Id**), από 1 έως 252,
- η επιλογή του στο αντίστοιχο σενάριο (**C_choice**), με τιμές από το 1 έως το 4, όπου ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στο I.X., ο αριθμός 2 στα M.M.M., ο αριθμός 3 στο ποδήλατο και ο αριθμός 4 στην επιλογή ‘κανένα’,
- ο χρόνος του κάθε μέσου (**xi1**), με τις τιμές που αναφέρονται στο αντίστοιχο σενάριο, όπου $i=1,2,3$, με 1 για το I.X., 2 για τα M.M.M. και 3 για το ποδήλατο,
- το κόστος για κάθε μέσο (**xi2**), με τις τιμές που αναφέρονται στο αντίστοιχο σενάριο, όπου $i=1,2,3$ όπως παραπάνω,
- το επίπεδο άνεσης κάθε μέσου (**xi3**), με τιμές 0 και 1, όπου το 0 αντιστοιχεί σε χαμηλό επίπεδο άνεσης και το 1 σε υψηλό, όπως τα επίπεδα αυτά αναφέρονται στο αντίστοιχο σενάριο, και με $i=1,2,3$ όπως παραπάνω.

Στην τέταρτη επιλογή, αυτή του ‘κανένα από τα υπόλοιπα’, δεν δόθηκαν τιμές χρόνου, κόστους και άνεσης στα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης και επομένως δεν συμπεριλήφθηκε κάτι αντίστοιχο στη βάση δεδομένων.

Εκτός από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω, κάθε γραμμή περιείχε τιμές και για:

- το φύλο (**GenderF**), με τιμές 0 και 1, όπου 0 αν ο ερωτώμενος ήταν άντρας και 1 αν ήταν γυναίκα,
- την ηλικία, η οποία χωρίστηκε σε 4 ξεχωριστές μεταβλητές:

- **Age1**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν από 18 έως 24 χρονών και 0 αν όχι,
 - **Age2**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν από 25 έως 34 χρονών και 0 αν όχι,
 - **Age3**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν από 35 έως 55 χρονών και 0 αν όχι,
 - **Age4**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν άνω των 55 χρονών και 0 αν όχι,
- την οικογενειακή κατάσταση (**Married**), με τιμές 0 και 1, όπου 1 αν ο ερωτώμενος ήταν παντρεμένος και 0 αν όχι,
 - το εισόδημα, το οποίο χωρίστηκε σε 3 ξεχωριστές μεταβλητές:
 - **IncomeL**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος απάντησε πως έχει χαμηλό οικογενειακό εισόδημα και 0 αν όχι,
 - **IncomeM**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος απάντησε πως έχει μέσο οικογενειακό εισόδημα και 0 αν όχι,
 - **IncomeH**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος απάντησε πως έχει υψηλό οικογενειακό εισόδημα και 0 αν όχι,
 - την εκπαίδευση, η οποία χωρίστηκε σε 3 ξεχωριστές μεταβλητές:
 - **Educ2**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος δήλωσε πως έχει μορφωτικό επίπεδο λυκείου και 0 αν όχι,
 - **Educ3**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος δήλωσε πως έχει μορφωτικό επίπεδο πανεπιστημίου και 0 αν όχι,
 - **Educ4**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος δήλωσε πως έχει μορφωτικό επίπεδο διαφορετικό από τα προηγούμενα δύο και 0 αν όχι,
 - το επάγγελμα, το οποίο χωρίστηκε σε 6 ξεχωριστές μεταβλητές:
 - **Occu1**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν υπάλληλος και 0 αν όχι,
 - **Occu2**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν ελεύθερος επαγγελματίας και 0 αν όχι,
 - **Occu4**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν άνεργος και 0 αν όχι,
 - **Occu5**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ήταν φοιτητής και 0 αν όχι,
 - **Occu6**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ασχολούταν με οικιακά και 0 αν όχι,
 - **Occu7**, με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος δεν άνηκε σε καμία από τις κατηγορίες που του αναφέρθηκαν και 0 αν ανήκε,
 - και την ελαστικότητα του ωραρίου (**Flex**), με τιμή 1 αν ο ερωτώμενος απάντησε ότι έχει ελαστικό ωράριο και 0 αν όχι.
 - Τέλος, στο αρχείο περιλαμβάνονταν και 4 στήλες, με ονόματα av1, av2, av3 και av4, οι οποίες έπαιρναν τιμές 1 και 0. Η av1 δήλωνε το αν η εναλλακτική του I.X. ήταν διαθέσιμη, η av2 αν η εναλλακτική των M.M.M. ήταν διαθέσιμη, η av3 αν η

εναλλακτική του ποδηλάτου ήταν διαθέσιμη, και ομοίως η αν4 αν επιλογή του ‘κανένα από τα προηγούμενα’ ήταν διαθέσιμη. Οι μεταβλητές αυτές έπαιρναν τιμή 1 αν ναι και 0 αν όχι. Επειδή σε όλα τα σενάρια ήταν διαθέσιμες και οι 4 εναλλακτικές, οι στήλες αυτές έχουν παντού την τιμή 1.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο ερωτηματολόγιο, η ερώτηση της εκπαίδευσης περιελάμβανε και το μορφωτικό επίπεδο γυμνασίου, καθώς επίσης η ερώτηση του επαγγέλματος περιελάμβανε και το επάγγελμα του εργάτη. Οι επιλογές αυτές δεν συμπεριλήφθηκαν στις ανεξάρτητες μεταβλητές καθώς μέσα στο δείγμα δεν υπήρχαν άτομα που να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Το γεγονός αυτό, όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 4.10, δεν επηρεάζει την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος, και επομένως ούτε και την ακρίβεια της ανάλυσης, καθώς η συγκεκριμένες κατηγορίες αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό του πληθυσμού.

Έτσι, προέκυψε ένα αρχείο με 2017 σειρές, 2016 για κάθε απαντημένο σενάριο και μία με τα ονόματα των στηλών που μπαίνει πριν τις άλλες, και με 34 στήλες.

5.2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Με στόχο τη διερεύνηση της πιθανότητας καθενός από τα τρία μέσα μεταφοράς να επιλεγεί, ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρήθηκε η C_choice, δηλαδή η επιλογή μίας από τις τέσσερις εναλλακτικές. Η μεταβλητή αυτή είναι διακριτή καθώς είναι δυνατόν να λάβει μόνο 4 τιμές (1, 2, 3, 4).

Για τον λόγο αυτό η ανάλυση έγινε με λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης, και πιο συγκεκριμένα πολυωνυμική ανάλυση παλινδρόμησης (multinomial logistic regression), καθώς υπάρχουν πάνω από δύο εναλλακτικές.

Η ανάλυση επιλέχθηκε να γίνει με το στατιστικό πρόγραμμα BIOGEME-v17, καθώς θεωρήθηκε το πιο κατάλληλο για ανάλυση πολυωνυμικών λογιστικών προτύπων, το οποίο θεωρεί συνάρτηση χρησιμότητας της μορφής:

$$U_i = ASC_i + \beta_1 * x_{i1} + \beta_2 * x_{i2} + \dots + \beta_j * x_{ij}$$

όπου ASC_i , με $i=1,2,\dots$ (όσες και οι εναλλακτικές, στην παρούσα έρευνα 4), και $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j$, με $j=1,2,3,\dots$ (όσες είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές, στην παρούσα έρευνα αρχικά 22), συντελεστές που πρέπει να υπολογιστούν, ενώ $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}$ είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές. Να σημειωθεί ότι οι συντελεστές ASC_i είναι ειδικές σταθερές των εναλλακτικών (alternative specific constants), και δεν προσδιορίζονται όλες.

Για τη λειτουργία του στατιστικού αυτού λογισμικού απαιτείται ο καθορισμός δύο αρχείων, του αρχείου δεδομένων εισόδου (αρχείο DAT) και του αρχείου ελέγχου (αρχείο MOD).

Στο **αρχείο εισόδου**, που έχει τη μορφή αρχείου DAT, εισάγονται τα στοιχεία της τελικής βάσης δεδομένων, όπως αυτά παρουσιάστηκαν παραπάνω. Η διαδικασία μετατροπής του αρχείου EXCEL σε αρχείο DAT είναι η εξής: αρχικά αντιγράφεται η βάση δεδομένων από το EXCEL σε αρχείο σημειωματάριου, και στη συνέχεια το αρχείο αυτό αποθηκεύεται με το επιθυμητό όνομα, που έχει όμως την κατάληξη '.dat'.

Το **αρχείο ελέγχου** είναι εκείνο στο οποίο περιγράφονται από το χρήστη οι λεπτομέρειες που απαιτεί το μοντέλο. Περιέχει δηλαδή μια σειρά από χρήσιμες πληροφορίες προκειμένου το πρόγραμμα να ολοκληρώσει με επιτυχία τη στατιστική ανάλυση των στοιχείων που περιέχονται στο αρχείο δεδομένων εισόδου.

Το αρχείο αυτό δημιουργείται σε μορφή σημειωματάριου στον υπολογιστή και αποθηκεύεται με την κατάληξη '.mod'.

Αυτό το αρχείο αποτελείται από πολλά διαφορετικά τμήματα, τα περισσότερα από τα οποία όμως είναι προαιρετικά. Για την παρούσα έρευνα, υποχρεωτικά ήταν τα ακόλουθα έξι τμήματα:

1. **Τμήμα περιγραφής προτύπου** (section Model Description): εδώ γράφεται ένα κείμενο που να περιγράφει το μοντέλο. Μπορεί να περιέχει πολλές σειρές, κάθε σειρά όμως πρέπει να ξεκινάει με διπλά εισαγωγικά όπως φαίνεται παρακάτω. Στο τμήμα αυτό, επίσης, δηλώνεται στο BIOGEME 1.7 το όνομα του αρχείου εισόδου που πρέπει να διαβάσει. Συντάσσεται ως εξής:

[ModelDescription]

" multinomial logit model for using cars, public transport, bycicles or" "none of the previous"
" data file: dat#1.dat "

2. **Τμήμα επιλογής** (section Choice): περιγράφει στο BIOGEME 1.7 που μπορεί να βρεθεί η εξαρτημένη μεταβλητή. Συντάσσεται ως εξής:

[Choice]

C_Choice (το όνομα που δώσαμε στη στήλη των επιλογών στο αρχείο DAT)

Πρέπει να σημειωθεί ότι η σύνταξη πρέπει να ταυτίζεται στα δύο αρχεία και ότι το C_Choice με το C_choice διαφέρουν.

3. **Τμήμα Βήτα** (section Beta): το τμήμα αυτό περιγράφει στο BIOGEME 1.7 τη λίστα των συντελεστών που πρέπει να εκτιμήσει. Συντάσσεται ως εξής:

[Beta]

// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)

ASC1 0 -10000 10000 1

ASC2 0 -10000 10000 0

ASC3 0 -10000 10000 0

ASC4 0 -10000 10000 0

BETA1 0 -10000 10000 0

BETA2 0 -10000 10000 0

Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε γραμμή που αρχίζει με το σύμβολο ‘//’ αγνοείται από το πρόγραμμα και χρησιμοποιείται για να περιλάβει σχόλια.

Το τμήμα οργανώνεται σε στήλες:

- Η πρώτη στήλη περιέχει τα ονόματα των συντελεστών.
- Η δεύτερη στήλη περιέχει μία προκαθορισμένη τιμή (συνήθως 0).
- Η τρίτη και τέταρτη στήλη περιέχουν κατώτατα και ανώτατα όρια (lower and upper bounds) της τιμής του κάθε συντελεστή. Η χρήση των προκαθορισμένων τιμών -10000 και 10000 είναι κατάλληλη για την πλειοψηφία των περιπτώσεων.
- Η τελευταία στήλη δηλώνει στο πρόγραμμα αν ο συντελεστής πρέπει να εκτιμηθεί (δηλώνεται με την τιμή 0) ή να διατηρηθεί στην προκαθορισμένη του τιμή, δηλαδή το 0, παίρνοντας την τιμή 1. Στο παράδειγμα αυτό, δεν εκτιμώνται όλες οι ειδικές σταθερές των εναλλακτικών. Έτσι, η ASC1 κλειδώνεται στην προκαθορισμένη της τιμή 0 με την τοποθέτηση της τιμής 1 στην τελευταία στήλη.

4. **Τμήμα Χρησιμότητας** (Section Utilities): Εδώ περιγράφεται ο προσδιορισμός των συναρτήσεων χρησιμότητας. Ο προσδιορισμός κάθε νέας εναλλακτικής πρέπει να ξεκινάει σε καινούργια σειρά, ενώ μπορεί στην πράξη να καταλαμβάνει αρκετές σειρές.

Για κάθε μία από τις συναρτήσεις χρησιμότητας, τέσσερις καταχωρήσεις πρέπει να προσδιορίζονται:

- Το όνομα αναγνώρισης της εναλλακτικής, με τη μορφή αριθμού συνεπή και συμβατού με τον τομέα επιλογής,
- Το όνομα της εναλλακτικής,
- Η κατάσταση διαθεσιμότητας. Στην περίπτωση αυτή, γίνεται άμεση αναφορά σε μια από τις καταχωρίσεις του αρχείου εισόδου.
- Η γραμμική σε παραμέτρους (linear-in-parameter) συνάρτηση χρησιμότητας συντάσσεται με μία λίστα από όρους, οι οποίοι χωρίζονται με ένα +. Κάθε όρος απαρτίζεται από το όνομα ενός συντελεστή και το όνομα μιας μεταβλητής, τα οποία χωρίζονται από ένα *. Τονίζεται ότι για την σύνταξη των δύο αυτών συμβόλων (+ και *) απαιτείται ένα κενό πριν και ένα κενό μετά.

Έτσι, το τμήμα χρησιμότητας συντάσσεται ως εξής:

```
[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression
1 Alt1 av1 ASC1 * one + BETA1 * x11 + BETA2 * x12 +...
2 Alt2 av2 ASC2 * one + BETA1 * x21 + BETA2 * x22 +...
```

3 Alt3 av3 ASC3 * one + BETA1 * x31 + BETA2 * x32 +...

4 Alt4 av4 ASC4 * one + BETA1 * x41 + BETA2 * x42 +...

5. **Τμήμα Εκφράσεων** (Section Expressions): περιγράφει στο BIOGEME 1.7 πώς να υπολογίσει τα στοιχεία που δεν είναι άμεσα διαθέσιμα από το αρχείο εισόδου. Σε αυτό το παράδειγμα το μόνο τέτοιο στοιχείο είναι το 'one'. Συντάσσεται ως εξής:

[Expressions]

```
// Define here arithmetic expressions for name that are not
// directly available from the data
one = 1
```

6. **Τμήμα Προτύπου** (Section Model): προσδιορίζει στο BIOGEME 1.7 ποιες υποθέσεις πρέπει να γίνουν όσων αφορά στα σφάλματα, δηλαδή ποιος τύπου προτύπου πρέπει να υπολογιστεί. Για την παρούσα έρευνα είναι το πολυωνυμικό λογαριθμικό πρότυπο (multinomial logit model). Συντάσσεται ως εξής:

[Model]

```
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
```

Συνεπώς, το αρχείο ελέγχου έχει τη μορφή που φαίνεται στον πίνακα 5.1.

```
[ModelDescription]
"multinomial logit model for using cars, public transport, bycycles or none of the previous"
"data file: dat#1.dat"

[Choice]
c_choice

[Beta]
//Name value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
ASC1 0 -10000 10000 1
ASC2 0 -10000 10000 0
ASC3 0 -10000 10000 0
ASC4 0 -10000 10000 0
BETA1 0 -10000 10000 0
BETA2 0 -10000 10000 0
BETA3 0 -10000 10000 0
BGENDER 0 -10000 10000 0
BAGE1 0 -10000 10000 0
BAGE2 0 -10000 10000 0
BAGE3 0 -10000 10000 1
BAGE4 0 -10000 10000 0
BMARRIED 0 -10000 10000 0
BINCOMEL 0 -10000 10000 1
BINCOMEM 0 -10000 10000 0
BINCOMEH 0 -10000 10000 0
BEDUC2 0 -10000 10000 1
BEDUC3 0 -10000 10000 0
BEDUC4 0 -10000 10000 0
BOCCU1 0 -10000 10000 0
BOCCU2 0 -10000 10000 1
BOCCU4 0 -10000 10000 0
BOCCU5 0 -10000 10000 0
BOCCU6 0 -10000 10000 0
BOCCU7 0 -10000 10000 0
BFLEX 0 -10000 10000 0

[utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression
1 Alt1 av1 ASC1 * one + BETA1 * x11 + BETA2 * x12 + BETA3 * x13 + BGENDER * GenderF +
2 Alt2 av2 ASC2 * one + BETA1 * x21 + BETA2 * x22 + BETA3 * x23 + BGENDER * GenderF +
3 Alt3 av3 ASC3 * one + BETA1 * x31 + BETA2 * x32 + BETA3 * x33 + BGENDER * GenderF +
4 Alt4 av4 ASC4 * one

[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
one = 1

[Model]
//multinomial logit model
$MNL
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Τελική μορφή του αρχείου ελέγχου (MOD file)

Το BIOGEME 1.7 εκτελείται αφού εισαχθεί στη γραμμή εντολών το κείμενο ‘biogeme mymodel sample.dat’, όπου το ‘mymodel’ είναι το όνομα του αρχείου mod και το sample το όνομα του αρχείου dat.

Το πρώτο μοντέλο που δοκιμάζεται στο BIOGEME 1.7 δεν περιέχει ανεξάρτητες μεταβλητές στη συνάρτηση χρησιμότητας (cyclesmod#0.mod), σε αντίθεση με το δεύτερο μοντέλο που τις περιέχει όλες (cyclesmod#2.mod).

Εφόσον ληφθούν τα αποτελέσματα από τα δύο αυτά μαθηματικά πρότυπα, το επόμενο βήμα είναι η **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Αυτό που επιδιώκεται είναι η μέγιστη συνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα αποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Η διερεύνηση έγινε μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS. Από τα δεδομένα που εξήχθησαν, προέκυψε ότι οι μεταβλητές της ηλικίας και της οικογενειακής κατάστασης είναι συσχετισμένες μεταξύ τους. Έτσι επιλέχτηκε να εισαχθεί μόνο η μεταβλητή της ηλικίας στο μοντέλο. Η δεύτερη συσχέτιση που προέκυψε ήταν ανάμεσα στο επάγγελμα και το εισόδημα. Οπότε, επιλέχθηκε να διατηρηθεί η μεταβλητή του εισοδήματος. Η τρίτη συσχέτιση που προέκυψε, όμως, ανάμεσα στην εκπαίδευση και το εισόδημα, δεν ήταν τόσο ξεκάθαρη, γι' αυτό και διατηρήθηκαν και οι δύο μεταβλητές στις αρχικές δοκιμές, με σκοπό να διερευνηθεί η επιρροή, και των δύο μαζί αλλά και της καθεμίας χωριστά, στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Επόμενο βήμα είναι ο **στατιστικός έλεγχος** των μοντέλων με σκοπό την επιλογή εκείνου που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα. Το πρόγραμμα αυτό κάνει εύκολο τον στατιστικό έλεγχο μεταξύ των μοντέλων, παρέχοντας ορισμένες πληροφορίες κατά την εξαγωγή των συμπερασμάτων (αρχείο αποτελεσμάτων, αρχείο REP).

Η **στατιστική εμπιστοσύνη** του μοντέλου αξιολογείται μέσω του **ελέγχου Wald**, που είναι αντίστοιχος του ελέγχου t-test που γίνεται στην απλή γραμμική και στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών. Καθορίζεται δηλαδή ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο.

Ο δείκτης Wald ορίζεται από τη σχέση:

$$\text{Wald} = \beta_i / \text{s.e.}$$

όπου s.e. = τυπικό σφάλμα (standard error).

Από την παραπάνω σχέση παρατηρείται ότι όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα αυξάνεται ο συντελεστής Wald. Για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης ορίζεται μία κρίσιμη τιμή του Wald. Έτσι, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και μεγάλο μέγεθος δείγματος, είναι $\text{Wald}=1,7$. Οι μεταβλητές των οποίων οι απόλυτες τιμές του Wald είναι μικρότερες από 1,7 δε θα συμπεριλαμβάνονται στην επόμενη δοκιμή για τη διαμόρφωση του μοντέλου.

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης παίζει η **πιθανοφάνεια**. Το κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio Test, LRT) εξηγείται αναλυτικά στην παράγραφο 3.8. Υπενθυμίζεται ότι εάν η τιμή του LRT είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 για ρ βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, τότε το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνεται αποδεκτό.

Ο συντελεστής ρ^2 καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου και είναι αντίστοιχος του δείκτη R^2 της απλής γραμμικής αλλά και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Αναλυτική περιγραφή του συντελεστή βρίσκεται στην παράγραφο 3.8. Εδώ υπενθυμίζεται ότι η τιμή του ρ^2 κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή αυτή στη μονάδα τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών X και Y. Επίσης, στην πράξη η τιμή αυτή συνήθως δεν ξεπερνά το 0,45

Φυσικά πρέπει πάντα να εξετάζεται εάν τα αποτελέσματα του μοντέλου οδηγούν σε λογικά συμπεράσματα και εάν μπορούν να ερμηνευτούν με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και αντιλήψεις.

Τέλος, εξετάζεται η περίπτωση του **ιεραρχικού λογιστικού προτύπου (nested logit model)**, θεωρώντας το I.X. και τα M.M.M. ως μηχανοκίνητα μέσα, ενώ το ποδήλατο και την επιλογή του 'κανένα από τα προηγούμενα' ως ανεξάρτητες εναλλακτικές, και η περίπτωση των **δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data)**, καθώς ο κάθε ερωτώμενος έχει απαντήσει σε οχτώ διαφορετικά σενάρια και έτσι διερευνάται εάν τα σφάλματα επηρεάζονται από ατομική ετερογένεια. Οι ανωτέρω μέθοδοι εξηγούνται στις παραγράφους 3.5.3 και 3.5.4 αντίστοιχα.

5.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Προκειμένου να βρεθεί το βέλτιστο πρότυπο που θα είναι στατιστικά αποδεκτό, αλλά και θα ερμηνεύεται λογικά, **έγιναν αρκετές δοκιμές** και δοκιμάστηκαν ποικίλοι συνδυασμοί ανεξάρτητων μεταβλητών. Κάποιες από τις αρχικές μεταβλητές αφαιρέθηκαν, καθώς βρέθηκαν συσχετισμένες με κάποιες άλλες, ενώ στη συνέχεια αφαιρέθηκαν και οι μεταβλητές των οποίων οι τιμές του δείκτη Wald των συντελεστών τους δήλωναν μικρή στατιστική σημαντικότητα.

Κατά τη διαδικασία **εξαγωγής του τελικού μοντέλου**, εξετάστηκε επίσης η ενοποίηση της ηλικίας σε δύο και τρεις κατηγορίες αντί των τεσσάρων αρχικών, καθώς επίσης δοκιμάστηκε και η εισαγωγή διαφορετικών συντελεστών ηλικίας σε κάθε συνάρτηση χρησιμότητας. Εξετάστηκαν επίσης τα αποτελέσματα από τις δοκιμές των προτύπων nested logit και panel data.

Η δοκιμή με τη μέθοδο του nested logit, θεωρώντας ως μία κατηγορία τα I.X. και τα M.M.M., καθότι μηχανοκίνητα, και ως δεύτερη το ποδήλατο, δεν έδειξε σημαντική την κατηγοριοποίηση αυτή και έτσι η μέθοδος απορρίφθηκε. Η διερεύνηση του μοντέλου με τη μέθοδο των **panel data** έδειξε ότι η ατομική ετερογένεια, η οποία αντιστοιχεί σε τυχαία διακύμανση των παρατηρούμενων επιλογών εξαιτίας διαφορών μεταξύ των ατόμων, είναι σημαντική. Έτσι, τα επόμενα μοντέλα που εξετάστηκαν ακολουθούν την μέθοδο αυτή. Τα μοντέλα που προέκυψαν με την εφαρμογή της μεθόδου των panel data ακολουθούν πλέον μικτό πολυωνυμικό λογιστικό πρότυπο (mixed multinomial logit model) καθώς υπολογίζεται στο πρότυπο και μία στοχαστική παράμετρος που αφορά στο σφάλμα λόγω ετερογένειας.

Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι ενώ **πριν την εισαγωγή** της μεθόδου των panel data στο πρότυπο η ανεξάρτητη μεταβλητή της ελαστικότητας του ωραρίου έβγαινε στατιστικά σημαντική, με την εισαγωγή της μεθόδου των panel data πλέον δεν είναι. Αυτό σημαίνει ότι η επιρροή της ελαστικότητας του ωραρίου στις εξαρτημένες μεταβλητές οφειλόταν σε μεγαλύτερο βαθμό στην ετερογένεια των ατόμων και λιγότερο στη συσχέτισή της με τις εξαρτημένες μεταβλητές.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι δείκτες r^2 και LRT από τις ανωτέρω δοκιμές. Η τελευταία γραμμή αντιστοιχεί στο μοντέλο που επιλέχθηκε ως βέλτιστο και που αναλύεται στην επόμενη παράγραφο.

		Όνομα mod	Rho-square	Likelihood ratio test	
Κενό αρχείο		cyclesmod#0	0,24	1.343,287	
Πλήρες αρχείο		cyclesmod#2	0,346	1.932,427	
Με εισόδημα					
Εκπαίδευση	Ηλικίες	Όνομα mod	Rho-square	Likelihood ratio test	
Με	4 /1η δοκιμή	cyclesmod-a1	0,342	1.913,646	
	4	cyclesmod-a2	0,343	1.916,842	
Με	3	cyclesmod-a3a	0,343	1.916,804	
	2	cyclesmod-a3b	0,342	1.910,765	
Χωρίς	4	cyclesmod-a4a	0,34	1.898,740	
	2	cyclesmod-a4b	0,339	1.893,888	
Χωρίς εισόδημα					
Εκπαίδευση	Ηλικίες	Όνομα mod	Rho-square	Likelihood ratio test	
Με	2	cyclesmod-b	0,341	1.907,710	
Με	3	cyclesmod-b2	0,342	1.912,453	
Με μερική	2	cyclesmod-c	0,341	1.907,667	
	2 /1 συντελεστής	cyclesmod-d	0,339	1.892,214	
		cyclesmod-d2	0,344	1.925,321	
Χωρίς	2 /3 συντελεστές	cyclesmod-d2nested			
panel data					
Χωρίς εισόδημα					
Εκπαίδευση	Ηλικίες	Συντελεστές βασικών μεταβλ.	Όνομα mod	Rho-square	Likelihood ratio test
Με	Μόνο για I.X./2 ηλικ.		cyclesmod-4paneldata1	0,364	2037,253
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.		cyclesmod-4paneldata2	0,364	2033,684
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	3 συντελεστές χρόνου	cyclesmod-4paneldata2.1	0,367	2049,678
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	συντ. χρονου διαφ. Για I.X.	cyclesmod-4paneldata2.2	0,366	2044,176
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	συντ. χρονου διαφ. Για ποδ.	cyclesmod-4paneldata2.3	0,366	2045,491
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	χρόνος για I.X., 3 κόστος	cyclesmod-4paneldata2.2.1	0,368	2054,576
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	χρόνος για I.X., κόστος για ποδ.	cyclesmod-4paneldata2.2.2	0,366	2044,404
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	χρ. Για I.X., κοστ. Για ποδ., 3 άνεσης	cyclesmod-4paneldata2.2.2.	0,367	2053,894
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	χρ. για I.X., κόστος και αν. για ποδ.	cyclesmod-4paneldata2.2.2.	0,367	2053,632
Χωρίς	Μόνο για I.X./2 ηλικ.	χρ. για I.X., κόστος και αν. για ποδ.	cyclesmod-5paneldata2.2.2.	0,369	2060,216
Χωρίς	για M.M.M.,ποδ./2	χρ. για I.X., κόστος και αν. για ποδ.	cyclesmod-6paneldata2.2.2.	0,368	2059,126

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Αποτελέσματα αρχικών δοκιμών

5.2.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα από τα αρχικά μοντέλα της λογιστικής παλινδρόμησης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μαθηματικές σχέσεις που αναπτύχθηκαν για να υπολογίσουν την πιθανότητα να επιλεγεί η κάθε εναλλακτική. Οι μαθηματικές αυτές σχέσεις υπολογίζουν τη συνάρτηση χρησιμότητας U ή αλλιώς Utility Function. Επομένως, η πιθανότητα για μία εναλλακτική να επιλεγεί είναι:

$$P = \frac{e^U}{\sum e^U}$$

Από το τελικό μοντέλο προκύπτουνε οι ακόλουθες συναρτήσεις:

$$U_{IX} = 5.98 - 0.0497 * X_{11} - 0.184 * X_{12} + 0.537 * X_{13} + 2.75 * GenderF + 2.95$$

$$U_{MMM} = 6.30 - 0.0830 * X_{21} - 0.184 * X_{22} + 0.537 * X_{23} + 3.25 * GenderF + 0.600 * Age1 + 2.95$$

$$U_{ποδ.} = 6.39 - 0.0830 * X_{31} - 0.274 * X_{32} + 0.953 * X_{33} + 2.48 * GenderF + 0.905 * Age1 + 2.95$$

- Για το ποδήλατο:**

Εξετάζεται αρχικά, η **συνάρτηση χρησιμότητας του ποδηλάτου**. Παρατηρείται ότι η συνάρτηση αυτή εξαρτάται από το χρόνο (X31), το κόστος (X32), την άνεση (χ33), το φύλο (GenderF) αλλά και την ηλικία (Age1).

Ο χρόνος στη συνάρτηση χρησιμότητας του ποδηλάτου έχει συντελεστή -0.0830. Αυτό σημαίνει ότι για αύξηση του χρόνου κατά μία μονάδα υπάρχει μείωση της τιμής του U κατά 0.0830. Δηλαδή, όσο αυξάνεται ο χρόνος του ποδηλάτου, μειώνεται η πιθανότητα του να επιλεγεί. Αυτό ως παρατήρηση δεν προκαλεί ιδιαίτερη έκπληξη, καθώς είναι γνωστό ότι ο ελάχιστος χρόνος μετακίνησης αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια επιλογής μέσου μεταφοράς.

Το κόστος στη συνάρτηση χρησιμότητας του ποδηλάτου έχει συντελεστή -0.274. Δηλαδή, για αύξηση του κόστους κατά μία μονάδα, προκύπτει μείωση της τιμής του U κατά 0.274. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνοντας το κόστος, μειώνεται η πιθανότητα να επιλεγεί το ποδήλατο. Και αυτή η παρατήρηση, ομοίως, φαίνεται λογική, καθώς η αύξηση στο κόστος ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας είναι αναμενόμενο να επηρεάσει, και κυρίως να μειώσει, τη ζήτησή του. Αυτό που πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό, είναι ότι η παράμετρος του κόστους για τη συνάρτηση του ποδηλάτου βγήκε στατιστικά μη σημαντική. Και αυτό διότι ο δείκτης Wald για το κόστος του ποδηλάτου βγήκε -1.41, με απόλυτη τιμή μικρότερη του 1.7. Αυτό δε σημαίνει ότι η παράμετρος του κόστους δεν είναι σημαντική για την πλειοψηφία του δείγματος. Σημαίνει όμως ότι είναι σημαντική σε βαθμό (οριακά) μικρότερο του 95%. Για να εξηγηθεί η οριακή αυτή ανεξαρτησία του ποδηλάτου από το κόστος, παρατηρούνται οι απαντήσεις που λήφθηκαν για την ερώτηση Γ13, δηλαδή στην ερώτηση ‘είστε διατεθειμένος,-η να πληρώσετε 0€/ώρα; 0.5€/ώρα; 1€/ώρα; 1.5€/ώρα;’.

Στον πίνακα 5.3 φαίνονται τα ποσοστά των θετικών απαντήσεων για κάθε προτεινόμενη τιμή. Οι απαντήσεις στο μέρος αυτό του ερωτηματολογίου δεν ταυτίζονται απαραίτητα με τις απαντήσεις που λήφθηκαν για τα εναλλακτικά σενάρια. Παρόλα αυτά, αποτελεσμάτων. Έτσι, παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των ερωτώμενων (89.3%) ήταν διατεθειμένη να πληρώσει 0.5€ την ώρα, σε μεγαλύτερο ποσοστό από όλες τις υπόλοιπες προτεινόμενες τιμές. Επίσης, σημειώνεται ότι από μηδενική τιμή μέχρι τα 0.5€ ανά ώρα η μεταβολή του ποσοστού των θετικών απαντήσεων είναι πολύ μικρή. Παρά το ότι αυτές οι τιμές είναι για μία ώρα ενοικίασης ενώ

τα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης αναφέρονται σε τιμές για μισή ώρα ενοικίασης, η μέγιστη διαδρομή στα σενάρια είναι μισής ώρας και έτσι οι ερωτώμενοι έχουν ως μέγιστη τιμή της συνολικής χρήσης του συστήματος τα 0.5€. Έτσι, με χρήση της ερώτησης Γ13, ίσως μπορεί να εξηγηθεί η σχετική ανεξαρτησία του ποδηλάτου από το κόστος, ενώ πρέπει να τονισθεί ότι για σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης με διαφορετικές τιμές κόστους για το ποδήλατο, τα αποτελέσματα, κατά πάσα πιθανότητα, θα απείχαν πολύ από αυτά της παρούσας έρευνας.

	0.0 ευρώ / ώρα	0.5 ευρώ / ώρα	1.0 ευρώ / ώρα	1.5 ευρώ / ώρα
Ναι	77,8%	89,3%	47,2%	10,3%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Ποσοστά θετικών απαντήσεων για κάθε προτεινόμενη τιμή

Εν συνεχεία, εξετάζεται ο συντελεστής **της άνεσης**. Παρατηρείται ότι είναι θετικός (0.953), γεγονός που σημαίνει ότι αύξηση της άνεσης κατά μία μονάδα συνεπάγεται αύξηση της συνάρτησης πιθανότητας κατά 0.953. Δηλαδή όσο αυξάνεται η άνεση για το ποδήλατο, αυξάνεται και η πιθανότητά του να επιλεγεί. Αυτό, ενδεχομένως, οφείλεται στο γεγονός ότι στον ορισμό του υψηλού επιπέδου άνεσης για τα ποδήλατα συμπεριλαμβάνεται και η ύπαρξη ποδηλατοδρόμων. Από τις απαντήσεις στην ερώτηση B10 (πόσο σας αποτρέπουν οι παρακάτω παράγοντες από τη χρήση ποδηλάτου), στην έλλειψη ποδηλατοδρόμων απάντησαν 'Πολύ' σε ποσοστό **60.8%**, το οποίο αναδεικνύεται πρώτο σε σημαντικότητα, καθώς δεύτερη έρχεται η έλλειψη σεβασμού από τους άλλους οδηγούς με ποσοστό 53.2%, και τρίτη η μειωμένη ασφάλεια σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τρόπους μεταφοράς με ποσοστό 44.7%.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι, σε απόλυτη τιμή, ο συντελεστής της άνεσης είναι **σημαντικά μεγαλύτερος** από τους συντελεστές του χρόνου και του κόστους. Δηλαδή, η μεταβολή στην άνεση επηρεάζει την πιθανότητα επιλογής ποδηλάτου περισσότερο από ότι ο χρόνος και το κόστος. Αυτό ίσως να μπορεί να αιτιολογηθεί με το ότι, με τον τρόπο που είναι ορισμένη, η άνεση εμπεριέχει την έννοια της ασφάλειας όσον αφορά στο ποδήλατο, καθώς περιλαμβάνει (ή όχι) ποδηλατοδρόμους και καλό (ή κακό) κυκλοφοριακό περιβάλλον. Υπό αυτό το πρίσμα, φαίνεται λογικό η ασφάλεια να επηρεάζει περισσότερο από το κόστος και τον χρόνο.

Το φύλο στη συνάρτηση χρησιμότητας του ποδηλάτου έχει επίσης θετικό συντελεστή (2.48). Στη βάση δεδομένων έχει ληφθεί μηδέν για άντρα και μονάδα για γυναίκα. Γίνεται έτσι αντιληπτό ότι για γυναίκα (δηλαδή μονάδα στη μεταβλητή του φύλου) η συνάρτηση χρησιμότητας αυξάνεται κατά 2.48. Αυτό όμως, έρχεται σε αντίθεση με τη μεταβολή της πιθανότητας. Η πιθανότητα να επιλεγεί από γυναίκα το ποδήλατο είναι μικρότερη από ότι

να επιλεγεί από άντρα, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν στο επόμενο υποκεφάλαιο. Αυτό συμβαίνει γιατί η εξίσωση της πιθανότητας του ποδηλάτου να επιλεγεί είναι συνάρτηση και των τριών εξισώσεων χρησιμότητας. Έτσι, ενώ η συνάρτηση χρησιμότητας του ποδηλάτου αυξάνει, οι συναρτήσεις χρησιμότητας των M.M.M. και του I.X. αυξάνουν περισσότερο, με αποτέλεσμα η πιθανότητα του ποδηλάτου να επιλεγεί να μειώνεται. Το ότι το ποδήλατο έχουν περισσότερες πιθανότητες να το επιλέξουν οι άντρες συνάδει με τα ποσοστά των σεναρίων στα οποία επιλέχτηκε το ποδήλατο, τα οποία όμως δεν λαμβάνουν υπόψην την ετερογένεια των ατόμων και επομένως ενδέχεται να αποκλίνουν από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αρκετά λογικό αν αναλογιστεί κανείς ότι οι αθλητικές επιδόσεις και αντοχές των αντρών είναι μεγαλύτερες από αυτές των γυναικών, αλλά και το ότι η χρήση ποδηλάτου απαιτεί συγκεκριμένο ενδυματολογικό τύπο, που δεν συμφωνεί απαραίτητα με την ενδυμασία μιας γυναίκας.

Το θετικό πρόσημο **της ηλικίας** (0.864) δηλώνει ότι για τιμή της μεταβλητής Age1 ίση με μονάδα η συνάρτηση χρησιμότητας του ποδηλάτου αυξάνεται κατά 0.864. Η Age1 παίρνει τιμή 1 αν ο ερωτώμενος ανήκει στην ηλικιακή κατηγορία 18-24 χρονών και 0 αν όχι. Δηλαδή, αν ο ερωτώμενος είναι από 18 έως 24 χρονών η πιθανότητα να επιλεγεί το ποδήλατο αυξάνεται. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι το ποδήλατο θέλει καλή φυσική κατάσταση, η οποία συναντάται πιο εύκολα στις νεαρές ηλικίες. Επιπρόσθετοι λόγοι ίσως να είναι το ότι οι πιο νέοι ενδεχομένως είναι πιο εξοικειωμένοι με το ποδήλατο, είτε για μετακίνηση είτε για άσκηση είτε για διασκέδαση, ή ακόμα και το ότι είναι πιο ανοιχτοί σε εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης.

- Συνολικά:**

Εξετάζοντας τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών ξεχωριστά για το κάθε μέσο, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές των συντελεστών για κάποια μεταβλητή έβγαιναν κοινές στις δύο ή και στις τρεις εξισώσεις. Έτσι, προτιμήθηκε μια απλοποίηση του μοντέλου, που όμως δεν επηρεάζει την ακρίβειά του, και αντί για τρεις διαφορετικούς συντελεστές στις τρεις εξισώσεις χρησιμότητας, για μια δεδομένη ανεξάρτητη μεταβλητή, όπου οι τιμές ήταν πολύ κοντινές, μπήκαν τελικά δύο ή και ένας (κοινός) συντελεστής. Έτσι, ο χρόνος για τα M.M.M. και τα ποδήλατα έχει κοινό συντελεστή, και το κόστος, όπως και η άνεση, έχει κοινό συντελεστή για I.X. και M.M.M. ενώ για το φύλο προτιμήθηκαν τρεις διαφορετικοί συντελεστές.

Το ότι **ο συντελεστής**, και κατ' επέκταση και **η επιρροή**, **του χρόνου** για το ποδήλατο **είναι κοινός** με εκείνον των M.M.M. ίσως να εξηγείται από το γεγονός ότι ο χρόνος είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα που έχουν αυτά τα δύο μέσα (ειδικά όταν ως βάση των M.M.M. θεωρηθεί το μετρό) σε αντίθεση με τα I.X.. Έτσι, για αύξηση του χρόνου τους μειώνεται το πλεονέκτημά τους αυτό και άρα και η συνάρτηση χρησιμότητας τους. Τα I.X. επίσης επηρεάζονται αρνητικά από την αύξηση του χρόνου, όπως είναι λογικό, αλλά με μικρότερο (σε απόλυτη τιμή) συντελεστή. Αυτό ίσως να αιτιολογείται με το ότι οι χρήστες αυτοκινήτων είναι πιο εξοικειωμένοι με την χρονική διάρκεια της μετακίνησης τους, ότι

μπορούν (με μικρές αποκλίσεις) να την υπολογίσουν, και έτσι μια αύξηση στη διάρκεια αυτή να είναι αναμενόμενη.

Οι συντελεστές **κόστους** των τριών εναλλακτικών **δεν μπορούν να αναλυθούν** σε αυτή τη φάση καθώς οι ανεξάρτητες μεταβλητές του κόστους παίρνουν διαφορετική τιμή για το κάθε μέσο.

Όσον αφορά στους συντελεστές της άνεσης, το ότι το ποδήλατο έχει αρκετά μεγαλύτερο συντελεστή από τις άλλες δύο εναλλακτικές ενδεχομένως οφείλεται στην **ύπαρξη ή όχι ποδηλατοδρόμων** που υπεισέρχεται στην έννοια της άνεσης για το ποδήλατο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, και που καθιστούν την άνεση πολύ σημαντική για το ποδήλατο. Οι άλλες δύο εναλλακτικές επηρεάζονται σχεδόν το ίδιο, καθώς η άνεση για αυτές ορίζεται με παραπλήσιο τρόπο, χωρίς να έχει κάποιο στοιχείο, όπως για το ποδήλατο οι ποδηλατόδρομοι, που να τις διαφοροποιεί σημαντικά.

Επίσης, το ότι η ηλικία επηρεάζει περισσότερο την επιλογή του ποδηλάτου από των Μ.Μ.Μ. ενδεχομένως να εξηγείται με το ότι οι πιο νέοι ενδεχομένως να είναι πιο εξοικειωμένοι με το ποδήλατο, είτε για μετακίνηση είτε για άσκηση είτε και για διασκέδαση, ή ακόμα και το ότι είναι πιο ανοιχτοί σε εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ενώ η προτίμηση των Μ.Μ.Μ. από τους πιο νέους, αν και σε μικρότερη κλίμακα από την περίπτωση του ποδηλάτου, ίσως μπορεί να εξηγηθεί με την έλλειψη διπλώματος οδήγησης ή εξοικείωσης των νέων με τα Ι.Χ., ή ακόμα και με την απουσία κατοχής Ι.Χ. στις νεαρές ηλικίες. Στους πίνακες που ακολουθούν φαίνονται τα ποσοστά κατοχής αυτοκινήτου ανά ηλικία καθώς και τα ποσοστά χρόνων οδηγικής εμπειρίας ανά ηλικία, που ενισχύουν την παραπάνω θεωρία.

Κατοχή Ι.Χ.	Όχι	Ναι
18-24	59,6%	40,4%
25-34	26,7%	73,3%
35-55	9,3%	90,7%
>55	0,0%	100,0%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 Ποσοστά κατοχής αυτοκινήτου ανά ηλικία

Οδηγική Εμπειρία	0-4 χρόνια	5-9 χρόνια	>10 χρόνια
18-24	76,4%	19,1%	4,5%
25-34	24,8%	50,5%	24,8%
35-55	7,4%	1,9%	90,7%
>55	0,0%	0,0%	100,0%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 Ποσοστά χρόνων οδηγικής εμπειρίας ανά ηλικία

Η ανεξαρτησία του I.X. από την ηλικία ενδεχομένως εξηγείται από το ότι επιλέγεται σε παρόμοια ποσοστά από όλες τις ηλικιακές κατηγορίες.

Κάτι τελευταίο που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι το ότι το φύλο και στις τρεις εξισώσεις έχει θετικό συντελεστή. Αυτό από μόνο του δεν φαίνεται καταρχήν λογικό καθώς κάποια από τις τρεις εναλλακτικές θα έπρεπε να προτιμάται και από τους άντρες. Αυτό αποδίδεται στο ότι οι άντρες έχουν απαντήσει σε μεγαλύτερο ποσοστό την επιλογή ‘κανένα’, η οποία δεν περιλαμβάνεται στις εξεταζόμενες συναρτήσεις. Στον πίνακα 5.6 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των σεναρίων ανάλογα με το φύλο. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα του πίνακα δεν ταυτίζονται με τα αποτελέσματα των τελικών μοντέλων λόγω της ετερογένειας των ατόμων που στον πίνακα 5.6 δεν έχει ληφθεί υπόψην. Παρόλα αυτά αποτελούν ένα γνώμονα για την εξήγηση των συμπερασμάτων.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑ ΦΥΛΟ			
ΣΥΝΟΛΟ	Άντρας	Γυναίκα	Γενικό άθροισμα
I.X.	14%	15%	15%
Κανένα	5%	1%	3%
M.M.M.	20%	32%	25%
Ποδήλατο	61%	52%	57%
Γενικό άθροισμα	100%	100%	100%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 Απαντήσεις σεναρίων ανά φύλο

5.2.5 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η σχετική επιρροή των μεταβλητών στα μοντέλα που αφορούν την πιθανότητα να επιλεγεί η κάθε εναλλακτική υπολογίστηκαν με τη θεωρία της ελαστικότητας με σχέσεις που αφορούν στο λογιστικό μοντέλο παλινδρόμησης.

Με την ελαστικότητα υπολογίζεται η επιρροή που έχουν μικρές αλλαγές των ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στην πιθανότητα επιλογής κάποιας εναλλακτικής. Η ελαστικότητα είναι αδιάστατο μέγεθος και η τιμή της ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί τις εκατό της μεταβολής της πιθανότητας $P(i)$ που προκαλείται από μία μεταβολή του x_{ki} κατά 1%. Σημειώνεται ότι πρόκειται για σημειακές ελαστικότητες (point elasticities), που αφορούν σε μικρές μεταβολές των μεταβλητών και υπολογίζονται από την μερική παράγωγο για κάθε παρατήρηση από τη σχέση (Washington et al. 2003):

$$E_{x_{ink}}^{P(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{ink}} \frac{x_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{ink}} = \left[1 - \sum_{i=1}^I P_n(i) \right] x_{ink} \beta_k$$

όπου $P(i)$ είναι η πιθανότητα της εναλλακτικής (i) και x_{ink} η τιμή της μεταβλητής (k) για την εναλλακτική (i) του ατόμου (n) και I το πλήθος των εναλλακτικών που περιέχουν τη μεταβλητή x_{ink} .

Σημειώνεται, ωστόσο, ότι οι παραπάνω σχέσεις δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν σε διακριτές μεταβλητές. Για τον υπολογισμό της ελαστικότητας των μεταβλητών αυτών χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας (pseudoelasticity) (Shankar & Mannerling, 1996; Chang & Mannerling, 1999), η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία διακριτή τιμή της μεταβλητής στην άλλη. Για διπές διακριτές μεταβλητές, η ψευδοελαστικότητα υπολογίζεται από τη σχέση (Ulfarsson & Mannerling, 2004):

$$E_{x_{ink}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^I e^{\beta_i x_n}}{\sum_{i=1}^I e^{\Delta(\beta_i x_n)}} - 1$$

όπου i είναι το πλήθος των πιθανών επιλογών, $\Delta(\beta' x_n)$ είναι η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1, ενώ $\beta' x_n$ είναι η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει την τιμή 0, και β_{ik} είναι η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk} .

Εφόσον η παραπάνω σχέση αφορά σε κάθε άτομο (n), η σχετική ελαστικότητα αφορά στην ευαισθησία του συγκεκριμένου ατόμου στην αλλαγή της μεταβλητής και επομένως πρόκειται για εξατομικευμένη ελαστικότητα (disaggregate elasticity). Για τον υπολογισμό της συγκεντρωτικής ελαστικότητας (aggregate elasticity), από την οποία προκύπτει η ευαισθησία του συνόλου του δείγματος στην εξεταζόμενη μεταβολή, ως προς την αντίστοιχη συνολική μεταβολή της πιθανότητας επιλογής μιας εναλλακτικής, εφαρμόζεται η σχέση (Ben-Akiva & Lerman, 1985):

$$E_{x_{ik}}^{P(i)} = \frac{\sum_{n=1}^N P_n(i) E_{x_{ink}}^{P_n(i)}}{\sum_{n=1}^N P_n(i)}$$

Επομένως, η συγκεντρωτική ελαστικότητα του δείγματος στη συγκεκριμένη μεταβολή υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των εξατομικευμένων ελαστικοτήτων με βάση τις αντίστοιχες πιθανότητες επιλογής.

Από τον επόμενο πίνακα, προκύπτει **το είδος και το μέγεθος της επιρροής** της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΠΟΔΗΛΑΤΟ			I.X.			M.M.M.		
	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	β_i	Wald	Σχετική επιρροή
			e_i			e_i			e_i
ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ									
Άνεση	0.953	9.44		0.537	6.25		0.537	6.25	
Ηλικία	0.905	5.61					0.600	3.33	
Φύλο	2.48	2.06		2.78	2.30		3.25	2.69	
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ									
Χρόνος	-0.083	-15.99	-0,575	-0.0497	-6.97	-0,774	-0.083	-15.99	-1,328
Κόστος	-0.274	-1.36	-0,025	-0.184	-5.26	-0,870	-0.184	-5.26	-0,176

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΕΛΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ

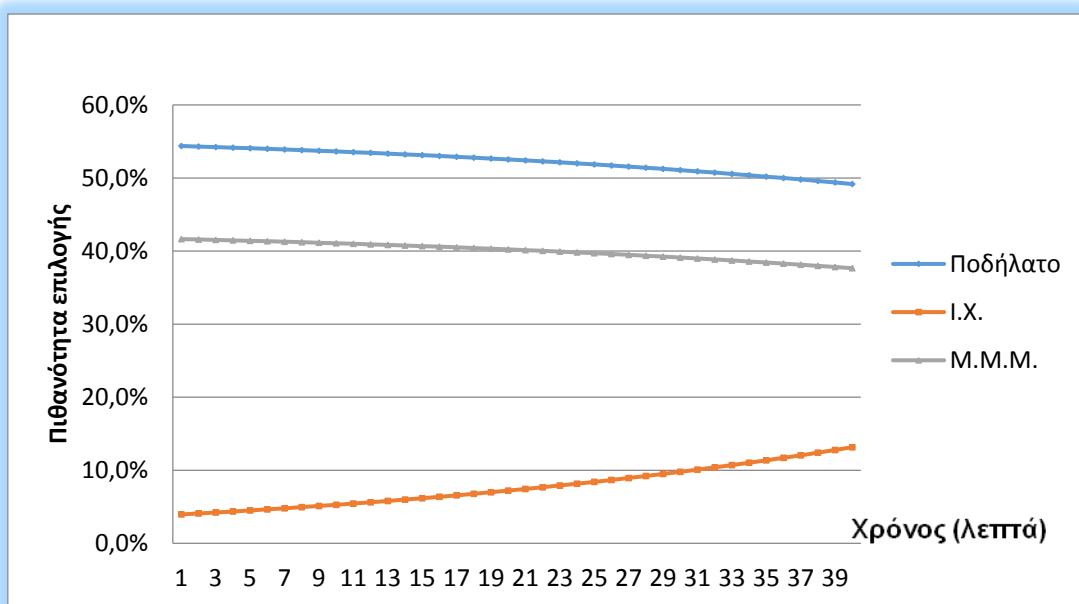
5.2.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα ευαισθησίας, που σχεδιάστηκαν με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών σε κάθε μία από τις τρεις εξαρτημένες (I.X., M.M.M. και ποδήλατο).

Εδώ υπενθυμίζεται ότι το δείγμα μας αποτελείται στην πλειοψηφία από άτομα κάτω των 35 ετών, ηλικιακή κατηγορία που αναμένεται να είναι πιο φιλική προς την χρήση ποδηλάτου, καθώς και το ότι τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν από έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης. Σε περίπτωση εφαρμογής του συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων και διεξαγωγής έρευνας αποκαλυπτόμενης προτίμησης, τα αποτελέσματα αναμένεται να διαφέρουν. (Οι απαντήσεις που λήφθηκαν αντιστοιχούν σε υποθετικά σενάρια, οπότε είναι πιθανό να μην ταυτίζονται με τις επιλογές των ατόμων στις πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας.)

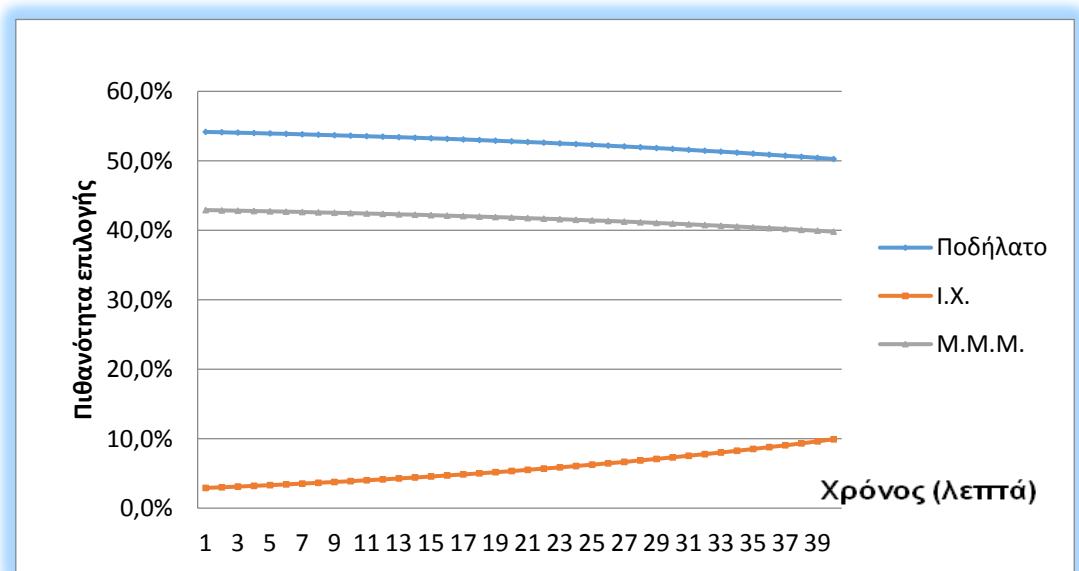
Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι τα παρακάτω διαγράμματα πιθανοτήτων έχουν δημιουργηθεί για κοινό επίπεδο άνεσης των τριών εναλλακτικών καθώς και ανάλογες τιμές κόστους (δηλαδή μέσο κόστος και υψηλό κόστος, ανάλογα με το εύρος τιμών της κάθε εναλλακτικής, και στις τρεις ταυτόχρονα).

Γυναίκες, ηλικίας 18-24, Υψηλό
επίπεδο άνεσης, μέσο κόστος



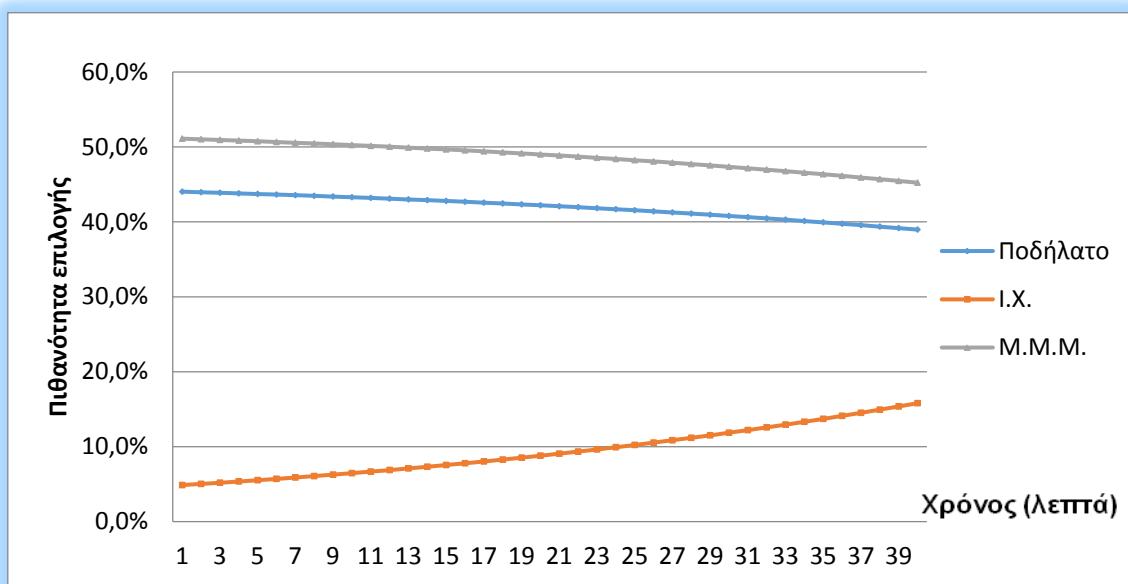
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για γυναίκες ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο άνεσης και μέσο κόστος.

Γυναίκες, ηλικίας 18-24, Υψηλό
επίπεδο άνεσης, υψηλό κόστος



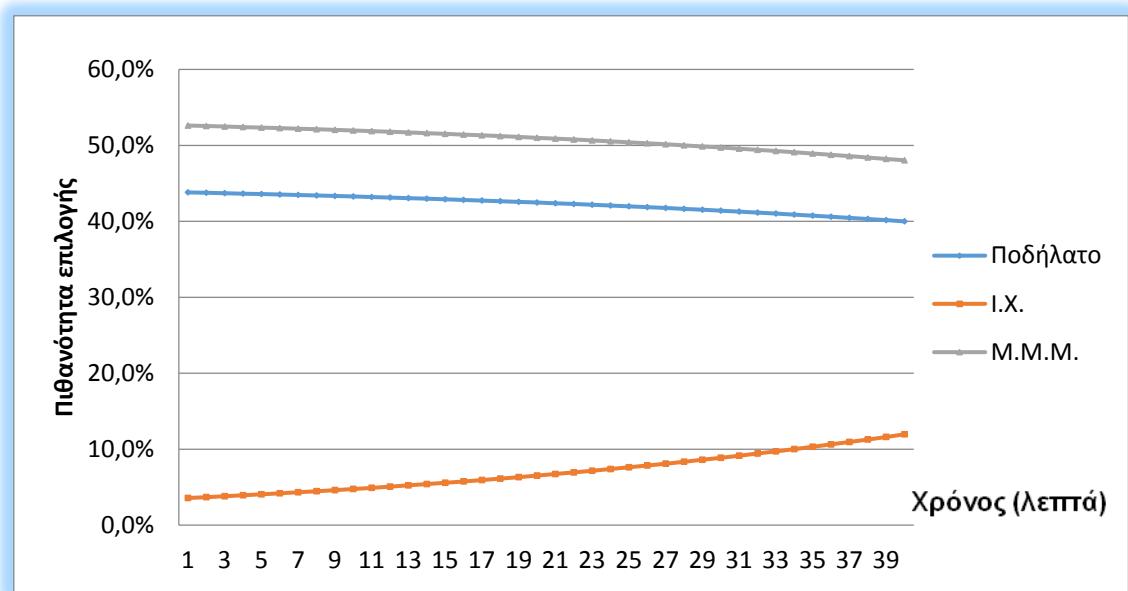
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για γυναίκες ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο άνεσης και υψηλό κόστος.

Γυναίκες, ηλικίας 18-24, Χαμηλό
επίπεδο άνεσης, μέσο κόστος



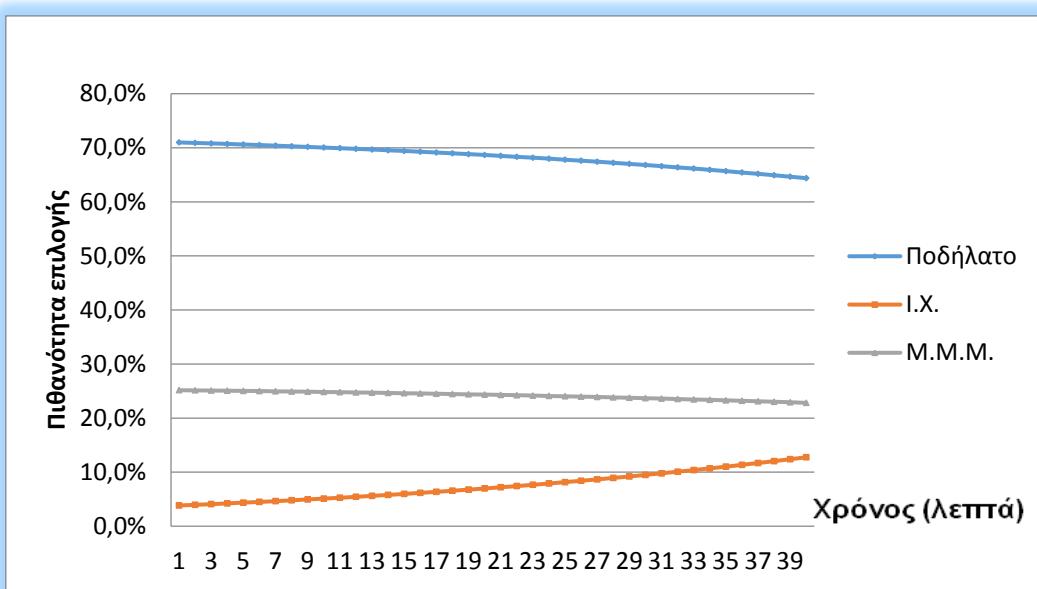
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για γυναίκες ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο άνεσης και μέσο κόστος.

Γυναίκες, ηλικίας 18-24, Χαμηλό
επίπεδο άνεσης, υψηλό κόστος



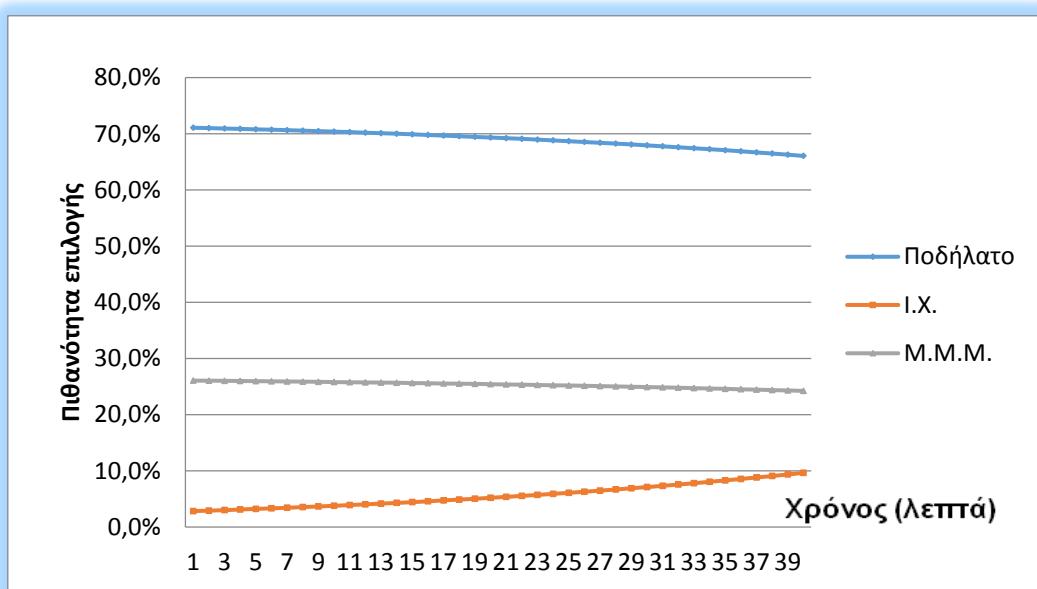
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για γυναίκες ηλικίας 18-24, χαμηλό επίπεδο άνεσης και υψηλό κόστος.

Άντρες, ηλικίας 18-24, Υψηλό επίπεδο άνεσης, μέσο κόστος



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για άντρες ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο άνεσης και μέσο κόστος.

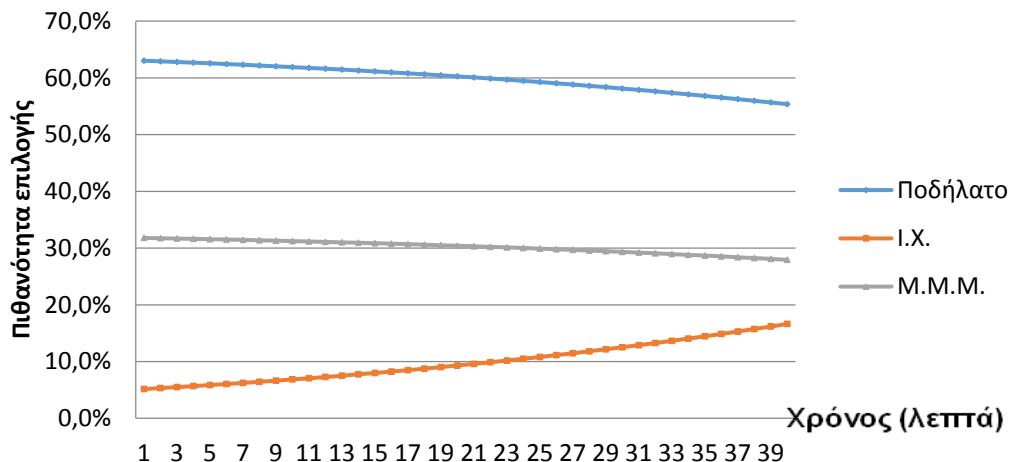
Άντρες, ηλικίας 18-24, Υψηλό επίπεδο άνεσης, υψηλό κόστος



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για άντρες ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο άνεσης και υψηλό κόστος.

Άντρες, ηλικίας 18-24, Χαμηλό
επίπεδο άνεσης, μέσο κόστος

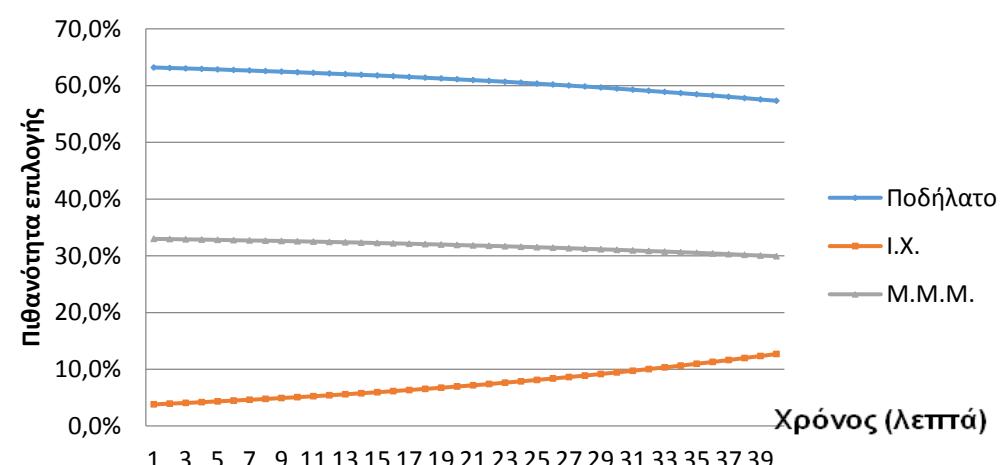
Μεταβολή πιθανότητας με το χρόνο



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για άντρες ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο άνεσης και μέσο κόστος.

Άντρες, ηλικίας 18-24, Χαμηλό
επίπεδο άνεσης, υψηλό κόστος

Μεταβολή πιθανότητας με το χρόνο



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8 Μεταβολή πιθανότητας επιλογής του κάθε μέσου με το χρόνο, για άντρες ηλικίας 18-24, υψηλό επίπεδο άνεσης και μέσο κόστος.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα παρατηρείται ότι:

- Μεγαλύτερη πιθανότητα επιλογής **από τους άντρες** σε κάθε περίπτωση έχει το ποδήλατο, σε αντίθεση με τις γυναίκες που παρουσιάζουν μικρότερα ποσοστά επιλογής ποδηλάτου, και που για χαμηλό επίπεδο άνεσης είναι πιο πιθανό να επιλέξουν τα M.M.M..
- **Ανεξαρτήτως φύλου**, η πιθανότητα επιλογής ποδηλάτου **μειώνεται** για μεταβολή του επιπέδου άνεσης από υψηλό σε χαμηλό, με ταυτόχρονη αύξηση της πιθανότητας επιλογής των M.M.M.
- Επίσης όμοια και για τα δύο φύλα, με **αύξηση του κόστους** (από τη μέση τιμή για κάθε εναλλακτική στην μέγιστη) υπάρχει μείωση της πιθανότητας επιλογής του I.X., αύξηση της πιθανότητας επιλογής των M.M.M. και σχεδόν σταθερή πιθανότητα επιλογής ποδηλάτου. Η έλλειψη αυτή μεταβολής του διαγράμματος για τα ποδήλατα είναι αναμενόμενη καθώς η μεταβολή του κόστους του ποδηλάτου είναι της τάξεως των 0.25€, πολύ μικρότερη από τη μεταβολή του κόστους για τα άλλα δύο μέσα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτου για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε πώς επηρεάζεται η επιλογή ανάμεσα στο σύστημα ενοικιαζόμενων ποδηλάτων, τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα μέσα μαζικής μεταφοράς ή και κανενός από τα τρία.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η βιβλιογραφική αναζήτηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Στη συνέχεια ακολούθησε ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου και η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας την εμπειρία από σχετικές έρευνες διεθνώς. Τα σενάρια κυκλοφοριακών συνθηκών που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκαν με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης (stated preference method), είναι 16 στο σύνολο, και ο κάθε ερωτώμενος κλήθηκε να απαντήσει σε μία ομάδα οχτώ σεναρίων. Το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο για τη συλλογή των απαντήσεων.

Για τη στατιστική ανάλυση αναπτύχθηκαν μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν τέσσερα μοντέλα, ένα για κάθε εναλλακτική επιλογή. Αρχικά η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για έναν αυξημένο αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών με σκοπό να αποσαφηνιστούν οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις και να βρεθούν εκείνες που τελικά επηρεάζουν της τέσσερις εξαρτημένες μεταβλητές, το ποδήλατο, το Ι.Χ. τα Μ.Μ.Μ. και την επιλογή κανενός από τα τρία. Εξετάστηκαν τα αποτελέσματα των μοντέλων με την εφαρμογή του ιεραρχικού λογιστικού προτύπου, που όμως έδειξαν ότι η ιεραρχική επιλογή ανάμεσα σε μηχανοκίνητα και μη μηχανοκίνητα μέσα δεν είναι σημαντική για την παρούσα έρευνα. Στη συνέχεια εξετάστηκε η ύπαρξη δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data), δηλαδή η επιρροή της ετερογένειας των ατόμων στις απαντήσεις που λήφθηκαν. Η επιρροή αυτή βγήκε σημαντική για την ανάλυση των απαντήσεων στα σενάρια

δεδηλωμένης προτίμησης της παρούσας έρευνας, και έτσι εφαρμόστηκε και για τα τελικά μοντέλα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή των μοντέλων έγινε έπειτα από αρκετές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε η ανάπτυξη και επεξήγηση των τελικών μοντέλων που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία, αφού πρώτα ελέγχθηκε κατά πόσο αυτά πληρούν τους απαραίτητους στατιστικούς ελέγχους. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα αποτελέσματα των τελικών μοντέλων

Ανεξάρτητες μεταβλητές	ΠΟΔΗΛΑΤΟ			I.X.			M.M.M.		
	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	β_i	Wald	Σχετική επιρροή
			e_i			e_i			e_i
ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ									
Άνεση	0.953	9.44		0.537	6.25		0.537	6.25	
Ηλικία	0.905	5.61					0.600	3.33	
Φύλο	2.48	2.06		2.78	2.30		3.25	2.69	
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ									
Χρόνος	-0.083	-15.99	-0,575	-0.0497	-6.97	-0,774	-0.083	-15.99	-1,328
Κόστος	-0.274	-1.36	-0,025	-0.184	-5.26	-0,870	-0.184	-5.26	-0,176

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με τον κύριο στόχο που τέθηκε αρχικά. Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής των μαθηματικών μοντέλων, τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- Η πιθανότητα επιλογής ενός συστήματος ενοικίασης πιο δηλάτων για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων **επηρεάζεται από τον χρόνο, το κόστος και την άνεση** της μετακίνησης, ενώ από τα χαρακτηριστικά του μετακινούμενου εκείνα που επηρεάζουν είναι το φύλο και η ηλικία. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν και με τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

2. Η επιρροή αυτή της επιλογής του ποδηλάτου από το χρόνο, και πιο συγκεκριμένα η μείωση της πιθανότητας επιλογής του με αύξηση του χρόνου μετακίνησης, μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψην ότι στην παρούσα περίπτωση το ποδήλατο αντιμετωπίζεται ως μεταφορικό μέσο και όχι ως μέσο ψυχαγωγίας ή εκγύμνασης. Έτσι, είναι κατανοητό ότι για κάθε μέσο μεταφοράς **ο ελάχιστος δυνατός χρόνος μετακίνησης αποτελεί ισχυρό κίνητρο** για την επιλογή του, ενώ ισχύει το αντίστροφο για αυξανόμενο χρόνο.
3. Βρέθηκε επίσης ότι το κόστος αποτελεί, έστω και οριακά, έναν παράγοντα για την επιλογή του συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων. Η επιρροή αυτή μπορεί εύκολα να εξηγηθεί αν αναλογιστεί κανείς ότι η ενοικίαση ποδηλάτων είναι μια παρεχόμενη επί πληρωμή υπηρεσία και **η ζήτηση κάθε υπηρεσίας συνίθως αυξάνεται με την μείωση του κόστους της**.
4. Η συσχέτιση της επιλογής του ποδηλάτου με το επίπεδο άνεσης (στο οποίο συμπεριλαμβάνεται και η έννοια της ασφάλειας) μπορεί να αιτιολογηθεί με τη χρήση του ποδηλάτου ως μέσο μεταφοράς στην παρούσα έρευνα, αλλά και με τη συσχέτιση του επιπέδου άνεσης με την ύπαρξη ποδηλατοδρόμων. Είναι αναμενόμενο ότι όσο αυξάνεται το επίπεδο άνεσης ενός μέσου μεταφοράς και όσο βελτιώνονται οι παρεχόμενες υπηρεσίες η ζήτηση να αυξάνεται. Παράλληλα, όπως φάνηκε από τα στατιστικά αποτελέσματα του Β' μέρους του ερωτηματολογίου, **η πλειοψηφία των μετακινούμενων θεωρεί πολύ αποτρεπτικό παράγοντα την απουσία ποδηλατοδρόμων**, κάτι που αυτόματα καθιστά την άνεση αρκετά σημαντικό παράγοντα για τη χρήση του συστήματος.
5. Η αυξημένη πιθανότητα **επιλογής του ποδηλάτου από άντρες** ενδεχομένως να μπορεί να εξηγηθεί από τις καλύτερες αθλητικές επιδόσεις και μεγαλύτερες αντοχές των αντρών, καθώς επίσης και από τον περιορισμό που βάζει το ποδήλατο στην ενδυμασία μιας γυναίκας.
6. Τα άτομα που ανήκουν στην ηλικιακή κατηγορία από 18 έως 24 φαίνεται επίσης να προτιμάνε το ποδήλατο, καθώς για απαντήσεις από αυτές τις ηλικίες η πιθανότητα επιλογής του ποδηλάτου αυξάνεται. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι για **το ποδήλατο απαιτείται καλή φυσική κατάσταση**, η οποία συναντάται πιο εύκολα στις νεαρές ηλικίες. Επιπρόσθετοι λόγοι ίσως είναι το ότι οι πιο νέοι ενδεχομένως να είναι πιο εξοικειωμένοι με το ποδήλατο, είτε για μετακίνηση είτε για άσκηση είτε για διασκέδαση, ή ακόμα και το ότι είναι πιο ανοιχτοί σε εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης.
7. Το ιεραρχικό λογιστικό πρότυπο (nested logit model) αποδείχθηκε ότι δεν έχει εφαρμογή για την παρούσα έρευνα. Δηλαδή, προέκυψε ότι **η (ιεραρχική) επιλογή ανάμεσα σε μηχανοκίνητα και μη μηχανοκίνητα μέσα μετακίνησης δεν υπήρξε** κριτήριο για τις απαντήσεις που λήφθηκαν.

8. Αντίθετα, η διερεύνηση της ύπαρξης **δυναμικών διαστρωματικών στοιχείων (panel data)** έβγαλε θετικά αποτελέσματα και βοήθησε τόσο στη βελτίωση και ακρίβεια των τελικών μοντέλων όσο και στην ερμηνεία τους. Τα δυναμικά διαστρωματικά στοιχεία λαμβάνουν υπόψην το σφάλμα εκείνο που οφείλεται στην ετερογένεια των ατόμων, και που σε περιπτώσεις πολλαπλών απαντήσεων από ένα άτομο (όπως στην παρούσα έρευνα) είναι δυνατό να υπολογιστεί.
9. Κατά τη διαδικασία εξαγωγής των τελικών προτύπων, ως ανεξάρτητες μεταβλητές εξετάστηκαν επίσης η εκπαίδευση, το επάγγελμα, το εισόδημα, η οικογενειακή κατάσταση και η ευελιξία του ωραρίου εργασίας που όμως **δεν βρέθηκε να επηρεάζουν** στην επιλογή του ποδηλάτου. Κάποιες από αυτές τις μεταβλητές ενδεχομένως να υποκαθίστανται μερικώς από τη μεταβλητή της ηλικίας.
10. Η μέθοδος της **Λογιστικής Παλινδρόμησης** είναι κατάλληλη για την ανάλυση έρευνας με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Τα τελικά μαθηματικά μοντέλα, τα οποία αναπτύχθηκαν με τη χρήση της μεθόδου αυτής, θεωρούνται γενικά αξιόπιστα, αφού είχαν καλή προσαρμογή στα δεδομένα. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες αντίστοιχες διερευνήσεις, μετά από τις απαραίτητες προσαρμογές.
11. Τέλος, επισημαίνεται ότι το υψηλότερο από το αναμενόμενο ενδιαφέρον για το ποδήλατο λόγω του διαδικτυακού χαρακτήρα της έρευνας έχει άμεση επιρροή στα αποτελέσματα τόσο της απλής όσο και της σύνθετης στατιστικής επεξεργασίας.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων, είναι δυνατό να διατυπωθούν οι συνολικές προτάσεις της Διπλωματικής Εργασίας, όπως αυτές συνοψίζονται παρακάτω.

Η εταιρεία που θα είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία και την εκμετάλλευση ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτων στο Δήμο Αθηναίων, πρέπει να γνωρίζει για την σπουδαιότητα που παίζει η **ύπαρξη συστήματος ποδηλατοδρόμων** στην επιλογή χρήσης του ποδηλάτου από τους μετακινούμενους. Η ύπαρξη συστήματος ποδηλατοδρόμων, η τοποθέτηση κατάλληλης σηματοδότησης, αλλά και η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των υπόλοιπων χρηστών του οδικού δικτύου σχετικά με τους χρήστες ποδηλάτων είναι κάποια από τα μέτρα που θα βοηθήσουν στην αποφυγή ατυχημάτων και θα ενισχύσουν το αίσθημα ασφάλειας που χρειάζεται μεγάλος αριθμός μετακινούμενων προκειμένου να επιλέξει το ποδήλατο έναντι κάποιας άλλης εναλλακτικής μετακίνησης.

Τα ανωτέρω μέτρα θα συμβάλλουν στην ομαλή κυκλοφορία όλων των χρηστών του οδικού δικτύου ενώ ταυτόχρονα θα βοηθήσουν και στην **βελτιστοποίηση του χρόνου**

μετακίνησης των ποδηλάτων, παράμετρος που είναι επίσης πολύ σημαντική για την επιλογή μέσου μεταφοράς.

Τέλος, η υπεύθυνη εταιρεία πρέπει να ελαχιστοποιήσει το κόστος ενοικίασης, καθώς το σύστημα ενοικιαζόμενων ποδηλάτων πρέπει να είναι ανταγωνιστικό όχι μόνο των I.X. αλλά και των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, **με συγκρίσιμο τόσο τον χρόνο όσο και το κόστος** μιας τυπικής μετακίνησης.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας μελετήθηκε η επιρροή του χρόνου, του κόστους, της άνεσης, καθώς και ποικίλων δημογραφικών χαρακτηριστικών των ερωτώμενων στην επιλογή ενός συστήματος ενοικίασης ποδηλάτου για τις μετακινήσεις εντός του Δήμου Αθηναίων. Αρκετά ενδιαφέρουσα θα ήταν η **επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας με επιπλέον μεταβλητές**, όπως οι καιρικές συνθήκες, ο λόγος και η συχνότητα μετακίνησης αλλά και η κατοχή αυτοκινήτου.

Αλλαγή στις τιμές του χρόνου και κυρίως του κόστους στα σενάρια δεδηλωμένης προτίμησης αναμένεται να επιφέρει αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα, και ως εκ τούτου μια τέτοια διερεύνηση θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Ένα ακόμα βήμα περαιτέρω έρευνας θα ήταν η διεξαγωγή της ίδιας ανάλυσης **σε άλλες περιοχές** της πόλης, ή και σε ολόκληρο το λεκανοπέδιο Αττικής, καθώς και σε άλλες πόλεις της χώρας, με στόχο να διερευνηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν στην επιλογή ποδηλάτου σε άλλες περιοχές, με διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες αλλά και διαφορετική τοπογραφία και να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα ελεγχθεί εάν οι παράγοντες που η παρούσα έρευνα έδειξε ότι επηρεάζουν στην επιλογή του συστήματος ποδηλάτου στο Δήμο Αθηναίων έχουν την ίδια βαρύτητα ανεξαρτήτως Δήμου ή κοινότητας.

Επιπλέον, σε επόμενη φάση θα μπορούσε να μελετηθεί η εφαρμογή άλλων, πιο σύνθετων στατιστικών μεθόδων, όπως επίσης και η εφαρμογή τους σε ένα μεγαλύτερο δείγμα.

Τέλος, η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα μπορούσε να **επαναληφθεί μετά από εφαρμογή** ενός αντίστοιχου συστήματος ενοικιαζόμενων ποδηλάτων, όπου πλέον η έρευνα μπορεί να γίνει με τη μέθοδο της αποκαλυπτόμενης προτίμησης, ώστε να μελετηθεί η απόκλιση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων, αλλά και σε τακτά χρονικά διαστήματα προκειμένου να μελετηθεί η μεταβολή των προτιμήσεων σε ίδιες κυκλοφοριακές συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Axhausen K., Beyerle A., Schumacher H., Choosing the Type of Parking: A Stated Preference Approach, Paper presented at the UTSG – conference, London, 1988.
2. Basu D., Hunt D., Valuing of attributes influencing the attractiveness of suburban train service in Mumbai city: a stated preference approach, Transport Research Part A, Elsevier Ltd, 2012.
3. Bates, J., “Econometrics Issues in SP Analysis”, Journal of Transport Economics and Policy, January 1988.
4. Ben-Akiva M., Lerman S. R., Discrete Choice Analysis: Theory and Application to TravelDemand, The MIT Press, 1994.
5. Ben-Akiva M., Discrete Choice Analysis: Predicting Demand and Market Shares, The MIT Press, 2007.
6. Bolduc D., Discrete Panel Data; Estimation with Stated Preferences Surveys, Département d' économie Université Laval, EPFL, 2007.
7. Devarasety P., Burris M., Shaw D., The value of travel time and reliability – evidence from a stated preference survey and actual usage, Transport Research Part A, Elsevier Ltd, 2012.
8. Fearnley N., Flugel S., Ramjerdi F., Passengers' valuations of universal design measures in public transport, Research in Transport Business & Management, Elsevier Ltd, 2011.
9. Feo M., Espino R., Garcia L., A stated preference analysis of Spanish freight forwarders modal choice on the south-west Europe Motorway of the Sea, Transport Policy, Elsevier Ltd, 2010.
10. Fowkes A., Wardman M., The logit model and the consequences of interpersonal taste variations, Paper presented at UTSG annual conference, Birmingham, 1985.
11. Gauthier A., Hughes C., Kost C., etc., The Bike-share Planning Guide, ITDP, 2013.
12. Green P., Srinivasan V., Conjoint analysis in consumer research: Issues and outlook, Journal of consumer research, Vol. 5, pp 103 – 212, 1978.
13. Golias J., Yannis G., Harvatis M., Off-Street Parking Choice Sensitivity, Transportation Planning and Technol., Vol.25, pp.333-348, Taylor & Francis Ltd, 2002.
14. Hensher D., King J., Parking demand and responsiveness to supply, pricing and location in the Sydney central business district, Transport Research Part A, Elsevier Science Ltd, 2001.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

15. Iraguen P., Ortuzar J., Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: an Internet-based Web page stated preference survey, *Accident Analysis & prevention*, Elsevier Ltd, 2003.
16. ITF-OECD Working Group on Cycling Safety, *Cycling, Health and Safety*, International Transport Forum, OECD, 2013.
17. Jappinen S., Toivonen T., Salonen M., Modeling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach, *Applied geography*, Elsevier Ltd, 2013.
18. Jeffrey J., Μέθοδοι Προβλέψεων για Οικονομικές – Επιχειρηματικές Αποφάσεις, εκδόσεις GUTENBERG, 1987.
19. Kroes E., Sheldon R., Stated Preference Methods: An Introduction, *Journal of Transport, Economics and Policy*, 1988.
20. Kroes E., Sheldon R., Beswick M., Stated preference microsimulation models from qualitative inputs to estimate market shares in intercity travel., Proceeding of the 1986 ESOMAR congress, Monte Carlo, 1986.
21. Lin J., Yang T., Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints, *transport Research Part E*, Elsevier Ltd, 2010.
22. Lin J., Yang T., Chang Y., A hub location inventory model for bicycle sharing system design: Formulation and solution, *Computers & Industrial Engineering*, Elsevier Ltd, 2011.
23. Lin L., Pioche A., Stander P., Estimating sales volume potential for innovative products with case histories, Proceeding of the 1986 ESOMAR congress, Monte Carlo, 1986.
24. Liu Z., Jia X., Cheng W., Solving the last mile problem: Ensure the success of Public Bicycle sharing System in Beijing, 8th International Conference on Traffic and Transport Studies, Procedia, Elsevier Ltd, China, 2012.
25. Rizzi L., Ortuzar J., Stated preference in the valuation of interurban road safety, *Accident Analysis & prevention*, Elsevier Ltd, 2002.
26. Romero J., Ibeas A., Moura J., Benavente J., Alonso B., A simulation-optimisation approach to design efficient systems of Bike-sharing, 15th meeting of the EURO Working Group on transportation, Procedia, Elsevier Ltd, 2012
27. Sheldom J., Steer J., The use of conjoint analysis in transport research, Paper presented to the 1982 PTRC Summer Annual Meeting, Warwick, 1982.
28. Tanrıverdi C., Shakibaei S., Tezcan O., A stated preference study on individuals' transportation decisions, focused on Marmay Project in Istanbul, 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation, Elsevier Ltd, 2012.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

29. Tsamboulas D., Parking fare thresholds: a policy tool, *Transport policy*, Elsevier Ltd, 2001.
30. Yannis G., Stated Preference Methods in Transport research, *Journal of Transport, Economics and Policy*, 1999.
31. Αγγελούση Κ., Κανελοπούλου Α., Προσδιορισμός του ανθρώπινου κόστους οδικών ατυχημάτων & ευαισθησίας των οδηγών απέναντι στην πιθανότητα ατυχήματος, διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε. Μ. Π., 2002
32. Βλαστός Θ., Το Δίκυκλο στην αυριανή ελληνική πόλη: Η πραγματικότητα, οι στόχοι και οι πολιτικές, 2003.
33. Βλαστός Θ., Φτιάχνοντας πόλεις για ποδήλατο: Στοιχεία αισθητικής και κατασκευής, 2001.
34. Βλαστός Θ., Μπιρμπίλη Τ., Διαμορφώσεις και πολιτικές για την ένταξη του ποδηλάτου στην ελληνική πόλη: Διερεύνηση γεωμετρικών προδιαγραφών με βάση την ευρωπαϊκή εμπειρία, 2000.
35. Κανελλαϊδης Γ., Συμβολή στη διερεύνηση της επιλογής του συγκοινωνιακού μέσου σε υπεραστικές μετακινήσεις και της αντίληψης της ασφάλειας, διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π. Αθήνα Μάιος 1982.
36. Χαλαπάς Σ., Ανάλυση ευαισθησίας της δεδηλωμένης προτίμησης των Ελλήνων οδηγών απέναντι στην αστυνόμευση για την οδική ασφάλεια, διπλωματική εργασία στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Ε. Μ. Π., 2001.
37. <http://bikes.oobrien.com/global.php>
38. <http://el.wikipedia.org/wiki/ποδήλατο>
39. http://el.wikipedia.org/wiki/Σύστημα_αυτόματης_μίσθωσης_ποδηλάτων
40. <http://en.wikipedia.org/wiki/Vélib'>
41. <http://www.neasmyrni.net.gr/portal2>

