



**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής**

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ
ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ:
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ
POISSON**

Δήμητρα Π. Μιχαλάκα

Επιβλέπων: Ματθαίος Γ. Καρλαύτης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

Θερμές ευχαριστίες στον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. κ. Μ. Καρλαύτη για την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την ιδιαίτερα πολύτιμη καθοδήγηση του καθόλη τη διάρκεια της εκπόνησης της, καθώς και για την παραχώρηση του απαραίτητου λογισμικού LIMDEP.

Επίσης, θερμές ευχαριστίες στον κ. Κ. Κεραπτσόγλου για τις χρήσιμες συμβουλές του και την πολύτιμη συνεισφορά του στη συλλογή της απαραίτητης βιβλιογραφίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γ. Χρυσικόπουλο για τη βοήθεια του.

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

Δήμητρα Μιχαλάκα

“Χαρακτηριστικά και αριθμός μετεπιβιβάσεων στις αστικές συγκοινωνίες: υπολογισμός με χρήση παλινδρόμησης Poisson”

Δήμητρα Π. Μιχαλάκα

Επιβλέπων: Ματθαίος Γ. Καρλαύτης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΣΥΝΟΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων μεταξύ επιβατικών μέσων στα μεγάλα αστικά κέντρα. Το θέμα αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη λειτουργία των μέσων μαζικής μεταφοράς αλλά και στο γενικότερο σχεδιασμό αστικών δικτύων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε εκτενής βάση δεδομένων από ερωτηματολόγια, η οποία περιέχει στοιχεία και χαρακτηριστικά που αφορούν στις μετακινήσεις προσώπων στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής. Με βάση το μη-γραμμικό πρότυπο παλινδρόμησης κατά Poisson (Poisson regression) πραγματοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι και προέκυψαν οι στατιστικά σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων στο αστικό δίκτυο της Αττικής. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων που αφορούν τους χρήστες των μεταφορικών μέσων, καθώς και την επιλογή μέσου. Για παράδειγμα, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας χρήσης ενώ ελαττώνεται με την αύξηση του δείκτη ιδιοκτησίας οχημάτων στο νοικοκυριό. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει το εύρημα ότι η επιλογή μέσου μετακίνησης αποτελεί τον πλέον σημαντικό παράγοντα καθορισμού του αριθμού των μετεπιβιβάσεων.

Λέξεις κλειδιά: Αριθμός μετεπιβιβάσεων, μέσο μετακίνησης, αστικές συγκοινωνίες

“Characteristics and number of transfers between urban transport mode: Analysis using Poisson regression”

Dimitra P. Michalaka

Supervisor: Matthew G. Karlaftis, Assistant Professor NTUA

ABSTRACT

The purpose of this Thesis is the examination of factors, which influence the number of transfers among transport modes in large urban centres. For this reason, an extensive data set from the Athens area, containing trip and socio-demographic characteristics for passengers of various modes, was used. By applying the non-linear Poisson regression model, statistical tests were carried out and the main statistical parameters that influence the number of transfers in the urban network of Attica were revealed. The results of the analysis showed that the number of transfers is influenced by a number of factors, related both to passenger characteristics and mode chains selected. For instance, the number of transfers increases with the augment of the use of the means of transport whereas it decreases with the increase of vehicle ownership. In general, the selection of modes for completing the trip is highly influential towards estimating the number of transfers.

Key words: Number of transfers, means of transport, urban transports

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων μεταξύ επιβατικών μέσων στα μεγάλα αστικά κέντρα. Ειδικότερα, συσχετίζονται τα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν στις μετακινήσεις προσώπων με τις μετεπιβιβάσεις που πραγματοποιούνται σε μεγάλα αστικά δίκτυα. Το θέμα αυτό είναι παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί οι μετεπιβιβάσεις χαρακτηρίζουν όλα τα δίκτυα μεταφορών, παρέχουν περισσότερες επιλογές διαδρομών, μειώνουν το κόστος λειτουργίας των δικτύων αστικών συγκοινωνιών, αυξάνουν την απόδοση των μεταφορικών συστημάτων αλλά επηρεάζουν και το γενικότερο σχεδιασμό των αστικών δικτύων.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε εκτενής βάση δεδομένων από ερωτηματολόγια, η οποία περιέχει στοιχεία και χαρακτηριστικά που αφορούν στις μετακινήσεις προσώπων στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής. Πιο συγκεκριμένα, περιέχει στοιχεία που αφορούν στα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των επιβατών, στην επιλογή μεταφορικού μέσου, στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων, στη συχνότητα χρήσης των Αστικών Συγκοινωνιών, στο σκοπό και στο κόστος της μετακίνησης, καθώς και στον χρόνο μετακίνησης. Τα στοιχεία είχαν συλλεχθεί κατά την πραγματοποίηση εκτενούς έρευνας που έγινε το 2003 με αρμόδιο φορέα τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας (Ο.Α.Σ.Α.).

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και τα προς ανάλυση στοιχεία, καταλληλότερη μέθοδος για τη επεξεργασία των στοιχείων αυτών κρίθηκε η μέθοδος της παλινδρόμησης κατά Poisson (Poisson regression), με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων και ανεξάρτητες την επιλογή μέσου και τα λοιπά χαρακτηριστικά των μετακινήσεων και των μετακινούμενων. Η μέθοδος αυτή θεωρείται η πιο κατάλληλη λόγω του γεγονότος ότι οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής είναι διακριτές και ακέραιες και προσαρμόζονται καλύτερα στην κατανομή Poisson. Με βάση το πρότυπο παλινδρόμησης κατά Poisson πραγματοποιήθηκαν στατιστικοί έλεγχοι και προέκυψαν οι (στατιστικά) σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων στο αστικό δίκτυο της Αττικής.

Από την επεξεργασία αυτή προκύπτει ότι οι στατιστικά σημαντικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων του νομού Αττικής είναι η

επιλογή μέσου ή συνδυασμού μέσων μετακίνησης, ο σκοπός για τον οποίο γίνεται μια μετακίνηση, η συχνότητα χρήσης του μέσου μεταφοράς, η κατοχή κάρτας απεριορίστων διαδρομών, ο αριθμός των οχημάτων στο νοικοκυριό, το εισόδημα των χρηστών, η μετακίνηση από ανάγκη ή επιλογή, η ηλικία και ο αριθμός των ενηλίκων σε ένα νοικοκυριό μεταξύ άλλων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία είναι αυξημένης σημαντικότητας γιατί δείχνουν τους παράγοντες που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων στα συστήματα αστικών συγκοινωνιών και έτσι είναι δυνατόν να γίνουν οι απαραίτητες επεμβάσεις για τη βελτίωση της λειτουργικότητας και αποτελεσματικότητας αυτών. Επίσης, μπορεί να γίνει καλύτερη διευθέτηση των μετακινήσεων.

Η διερεύνηση αυτή κρίθηκε σημαντική γιατί δεν υπάρχει κανένα δίκτυο αστικών συγκοινωνιών που να μην χαρακτηρίζεται από μετεπιβιβάσεις αφού είναι ανέφικτο να γίνεται εξυπηρέτηση όλων των περιοχών με ενιαίες διαδρομές.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Μετεπιβιβάσεις.....	1
1.2 Μετεπιβιβάσεις στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας.	1
1.3. Διερεύνηση και Προτυποποίηση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων.....	5
1.4. Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	6
1.5. Δομή της Εργασίας.....	7
 2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	8
2.1 Εισαγωγή.....	8
2.2 Έρευνες σχετικές με τις αλυσίδες μετακίνησης σε διάφορες περιοχές και καταστάσεις.....	8
2.3 Έρευνες σχετικές με παράγοντες που επηρεάζουν τις αλυσίδες μετακίνησης	10
2.4 Έρευνες που έχουν ως σκοπό τη μοντελοποίηση των πολύπλοκων μετακινήσεων και παραγόντων που σχετίζονται με αυτές.....	12
2.5 Έρευνες συμπεριφοράς ατόμων σχετικά με τις αλυσίδες μετακίνησης.....	16
2.6 Έρευνες σχετικές με δίκτυα μετεπιβιβάσεων.....	17
2.7 Συμπεράσματα.....	20
 3. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	22
3.1. Βάση Δεδομένων.....	22
3.1.1. Γενικά.....	22
3.1.2. Σύνταξη Ερωτηματολογίων.....	22
3.1.3. Περιοχή Μελέτης.....	24
3.1.4. Δειγματοληψία.....	25
3.1.5. Έρευνα Πεδίου.....	25
3.1.6. Μέγεθος Δείγματος.....	26
3.1.7. Χαρακτηριστικά Πληθυσμού Έρευνας.....	27
3.1.8. Προφίλ Επιβατών.....	31
3.1.9. Χρόνοι Μετακίνησης.....	33
3.1.10 Αριθμός μετεπιβιβάσεων.....	34
3.2 Μεθοδολογία.....	40

3.2.1 Βασικές έννοιες.....	41
3.2.2 Πιθανοτική κατανομή των μετρήσεων	44
3.3 Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων (modeling).....	45
3.3.1 Γραμμικά πρότυπα	45
3.3.2 Μη γραμμικά πρότυπα- Μοντέλα δεδομένων από μετρήσεις	46
3.3.2.1 Πρότυπο Παλινδρόμησης Poisson	47
3.3.2.2 Μέτρα καλής προσαρμογής (goodness-of-fit measures) του Πρότυπου Παλινδρόμησης Poisson.....	50
3.3.2.3 Το Μοντέλο Αρνητικής Διωνυμικής Παλινδρόμησης.....	52
3.3.2.4 Μοντέλα παλινδρόμησης zero-Inflated Poisson και Αρνητικής Διωνυμικής (ZIP models).....	54

4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 59

4.1 Εισαγωγή Δεδομένων.....	59
4.1.1 Εισαγωγή.....	59
4.1.2 Εισαγωγή Δεδομένων.....	60
4.1.3 Ανεξάρτητες Μεταβλητές	60
4.1.4 Εξαρτημένες Μεταβλητές	62
4.1.5 Μορφοποίηση Δεδομένων	62
4.2 Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων.....	65
4.2.1 Εισαγωγή.....	65
4.2.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Παλινδρόμησης Poisson	66
4.2.2.1 Η Επιρροή του τύπου μέσων.....	68
4.2.2.2 Η Επιρροή του σκοπού μετακίνησης	69
4.2.2.3 Η Επιρροή της συχνότητας χρήσης.....	69
4.2.2.4 Η Επιρροή της κατοχής κάρτας απεριόριστων διαδρομών.....	69
4.2.2.5 Η Επιρροή του αριθμού των Ι.Χ. στο νοικοκυριό	70
4.2.2.6 Η Επιρροή του εισοδήματος	70
4.2.2.7 Η Επιρροή του λόγου χρήσης μέσων μαζικής μεταφοράς.....	70
4.2.2.8 Η Επιρροή του φύλου	70
4.2.2.9 Η Επιρροή της ηλικίας.....	71
4.2.2.10 Η Επιρροή του αριθμού των ενήλικων ατόμων στο νοικοκυριό	71
4.2.2.11 Η Επιρροή του δείκτη κατοχής οχημάτων των ενήλικων σε σχέση με την κοινωνική τάξη.....	71

4.2.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	72
4.2.3.1 Η Επιρροή του τύπου μέσων.....	73
4.2.3.2 Η Επιρροή της συχνότητας χρήσης.....	73
4.2.3.3 Η Επιρροή της κατοχής κάρτας απεριορίστων διαδρομών.....	74
4.2.3.4 Η Επιρροή της κοινωνικής τάξης.....	74
4.2.3.5 Η Επιρροή του λόγου χρήσης των αστικών συγκοινωνιών	74
4.2.3.6 Η Επιρροή της ηλικίας.....	74
4.2.3.7 Η Επιρροή του αριθμού των ενηλίκων στο νοικοκυριό.....	74
4.2.4 Σύγκριση των μοντέλων της Γραμμικής Παλινδρόμησης και της Παλινδρόμησης κατά Poisson.....	75
4.3 Διαφορές προτύπων Παλινδρόμησης Poisson και Γραμμικής Παλινδρόμησης σε μικρό σχετικά δείγμα τιμών	76
4.4 Ανακεφαλαίωση των αποτελεσμάτων.....	77
 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	78
5.1 Συμπεράσματα.....	78
5.1.1 Εισαγωγή.....	78
5.1.2 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα.....	78
5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	83

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Μετεπιβιβάσεις

Μετεπιβίβαση νοείται η κάθοδος ενός ατόμου από ένα μεταφορικό μέσο και η επιβίβαση του σε ένα άλλο είτε αυτό είναι της ίδιας κατηγορίας, για παράδειγμα από ένα λεωφορείο σε ένα άλλο, από μια γραμμή του μετρό σε άλλη, είτε είναι διαφορετικής κατηγορίας, για παράδειγμα από λεωφορείο σε μετρό, από Ι.Χ. σε μετρό, με σκοπό την άφιξη του στον επιθυμητό προορισμό (Vuchic, 2005).

Μετεπιβιβάσεις μπορεί να πραγματοποιηθούν για διάφορους λόγους. Αρχικά, από την πλευρά των μετακινούμενων, μετεπιβιβάσεις είναι πιθανό να γίνουν όταν δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση, με ένα μεταφορικό μέσο, του σημείου που βρίσκονται με τον τελικό τους προορισμό οπότε τότε είναι απαραίτητες και υποχρεωτικές. Επίσης, μπορεί να επιλεγεί μια μεταφορά με μετεπιβιβάσεις για να μειωθεί ο χρόνος διαδρομής ή για τη διέλευση από συγκεκριμένες περιοχές. Από την άλλη πλευρά, σε όλα τα μεταφορικά δίκτυα υπάρχουν μετεπιβιβάσεις για μείωση του κόστους και εξοικονόμηση ενέργειας με την καλύτερη διεύθυνση των μετακινήσεων, για αποφυγή υπερκάλυψης διαδρομών και για λόγους ανεφοδιασμού.

Από τους παραπάνω λόγους φαίνεται ότι οι μετεπιβιβάσεις είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία σε κάθε είδους μεταφορά είτε πρόκειται για χερσαία, θαλάσσια ή αεροπορική.

1.2 Μετεπιβιβάσεις στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας.

Όπως σε κάθε δίκτυο μεταφορών, έτσι και στο δίκτυο αστικών συγκοινωνιών της Αθήνας οι μετεπιβιβάσεις είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του. Το μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε η διέλευση μέσα από το κέντρο να είναι, σχεδόν πάντα, απαραίτητη όταν κάποιος επιθυμεί να μετακινηθεί από μια περιοχή σε άλλη.

Σύμφωνα με έρευνα Συγκοινωνιακής Συμπεριφοράς Επιβατικού Κοινού που πραγματοποιήθηκε το 2003, με ατομικές συνεντεύξεις στους επιβάτες Αστικών Συγκοινωνιών αλλά και σε οδηγούς Ι.Χ., για τον Ο.Α.Σ.Α (Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών), το ποσοστό των επιβατών που πραγματοποιούν

μετεπιβιβάσεις στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας εξαρτάται από το μέσο μεταφοράς, το φύλο, τη συχνότητα χρήσης αλλά και το εισόδημα των χρηστών. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιεί καθένας από τους μετακινούμενους προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν. Οι πίνακες είναι για τις Αστικές Συγκοινωνίες και το ιδιωτικό μέσο.

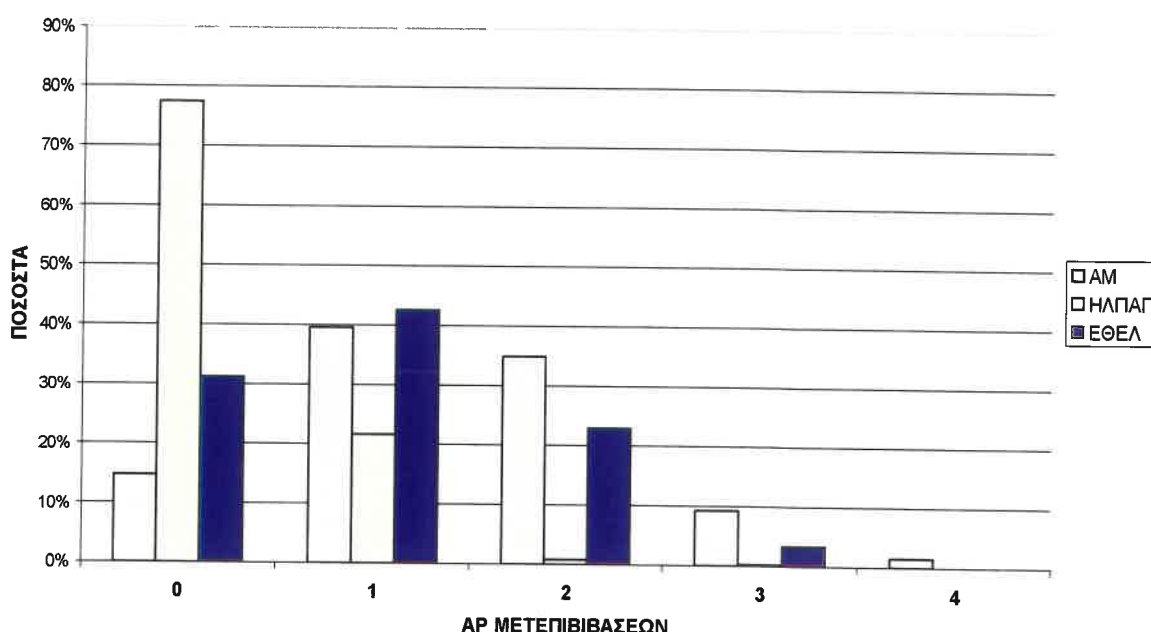
Πίνακας 1.1 : Αριθμός μετεπιβιβάσεων ανά μέσο

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΜΕΣΟ								
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΜΕΣΟ						ΣΥΝΟΛΙΚΑ	
	ΜΕΤΡΟ		ΗΛΠΑΠ		ΕΘΕΛ			
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό
0	309	15% (±2,0%)	387	77% (±4,0%)	469	31% (±2,0%)	1165	28% (±1,0%)
1	834	40% (±2,0%)	108	22% (±4,0%)	640	43% (±2,0%)	1582	39% (±1,0%)
2	735	35% (±2,0%)	4	1% (±1,0%)	344	23% (±2,0%)	1083	26% (±1,0%)
3	195	9% (±1,0%)	1	0% (±0,0%)	50	3% (±1,0%)	246	6% (±1,0%)
4	32	2% (±1,0%)	0	0% (±0,0%)	0	0% (±0,0%)	32	1% (±0,0%)
ΣΥΝΟΛΟ	2105	100%	500	100%	1503	100%	4108	100%

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των επιβατών των Αστικών Συγκοινωνιών που ολοκληρώνει τη μετακίνηση του με μία επιβίβαση συναντάται στον ΗΛΠΑΠ με ποσοστό που πλησιάζει το 80%. Το ανάλογο ποσοστό στην ΕΘΕΛ ισούται με το 30% των επιβατών και στο ΜΕΤΡΟ είναι ακόμη μικρότερο (15%). Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο των ΗΛΠΑΠ καλύπτει και εξυπηρετεί μεγάλο μέρος των μετακινήσεων εντός του κέντρου.

Περίπου το 40% των χρηστών του ΜΕΤΡΟ και της ΕΘΕΛ και το 20% του ΗΛΠΑΠ πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Ένας στους τρεις επιβάτες του ΜΕΤΡΟ αλλά και στους τέσσερις επιβάτες της ΕΘΕΛ πραγματοποιούν δύο μετεπιβιβάσεις. Τρεις μετεπιβιβάσεις εμφανίζονται κυρίως στους χρήστες ΜΕΤΡΟ σε ποσοστό 10%. Επίσης, τέσσερις μετεπιβιβάσεις πραγματοποιούνται μόνο από τους χρήστες του ΜΕΤΡΟ αλλά σε πολύ μικρό ποσοστό.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΜΕΣΟ



Διάγραμμα 1-1: Αριθμός μετεπιβιβάσεων ανά μέσο

Επίσης από την έρευνα προέκυψαν και άλλα συμπεράσματα σχετικά με τη πραγματοποίηση μετεπιβιβάσεων τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Οι μετεπιβιβάσεις που πραγματοποιούν οι επιβάτες του ΜΕΤΡΟ και της ΕΘΕΛ επηρεάζονται από το φύλο των χρηστών, το εισόδημα και τη συχνότητα χρήσης.

Συγκεκριμένα, για τους επιβάτες του ΜΕΤΡΟ προέκυψαν τα συμπεράσματα που ακολουθούν. Οι άνδρες επιβάτες πραγματοποιούν κυρίως μια με δύο μετεπιβιβάσεις ενώ οι γυναίκες επιβάτες πραγματοποιούν σε μεγαλύτερο ποσοστό μία μετεπιβίβαση και σε λίγο μικρότερο ποσοστό δύο. Επίσης, οι καθημερινοί και οι συχνοί χρήστες του ΜΕΤΡΟ πραγματοποιούν συνήθως μια μετεπιβίβαση, ενώ οι σπάνιοι χρήστες μέχρι και τρεις. Επιπλέον, οι μισοί περίπου επιβάτες που έχουν υψηλό εισόδημα αλλάζουν μέσο μεταφοράς μόνο μία φορά. Αντιθέτως οι επιβάτες με μέσο και μικρό εισόδημα συνήθως χρησιμοποιούν δύο με τρία μέσα μεταφοράς.

Σε ό,τι αφορά στους επιβάτες της ΕΘΕΛ ισχύουν τα παρακάτω. Οι άνδρες επιβάτες που χρησιμοποιούν ένα μέσο μεταφοράς ανέρχονται περίπου στο ένα τρίτο ενώ οι γυναίκες επιβάτες που χρησιμοποιούν ένα μέσο μεταφοράς είναι λιγότερες. Επιπροσθέτως, η πλειοψηφία ανδρών και γυναικών πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Οι επιβάτες της ΕΘΕΛ, γενικά, συμπεριφέρονται με πανομοιότυπο τρόπο ανεξαρτήτως φύλου, εισοδήματος και συχνότητας χρήσης.

Οι οδηγοί Ι.Χ., αντιθέτως με τη συμπεριφορά των επιβατών των μέσων μαζικής μεταφοράς, ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους με το αυτοκίνητο, δηλαδή δεν πραγματοποιούν μετεπιβιβάσεις. Πολύ μικρό είναι το ποσοστό εκείνων που μετά από τα επιλεγμένα σημεία των συνεντεύξεων σταθμεύουν και πραγματοποιούν αλλαγή μέσου. Το δεύτερο μεταφορικό μέσο που χρησιμοποιούν είναι είτε το ΜΕΤΡΟ είτε ο ΗΣΑΠ με ίσα ποσοστά εμφάνισης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας που δείχνει τις μετεπιβιβάσεις των οδηγών Ι.Χ..

Πίνακας 1-2 : Αριθμός μετεπιβιβάσεων οδηγών Ι.Χ.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ ΟΔΗΓΩΝ Ι.Χ.		
Μετεπιβιβάσεις	Αριθμός	Ποσοστό
0	984	98% ($\pm 1,0\%$)
1	16	2% ($\pm 1,0\%$)
Σύνολο	1000	100%

Ο τύπος των μέσων (δηλαδή ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ και ΜΕΤΡΟ) που χρησιμοποιούν οι επιβάτες αλλά και ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιούν προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα είναι σημαντικά στοιχεία, των οποίων η γνώση θα βοηθήσει σημαντικά στο συγκοινωνιακό σχεδιασμό και προγραμματισμό. Ο συνδυασμός των στοιχείων αυτών μας δίνει το γενικό προφίλ των επιβατών. Για παράδειγμα, ο επιβάτης που μετακινείται με όχημα της ΕΘΕΛ και πραγματοποιεί μετεπιβίβαση σε άλλο όχημα της ΕΘΕΛ είναι χρήστης ενός μόνο μέσου (δηλαδή ΕΘΕΛ) και πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Άλλο σημαντικό στοιχείο που συνθέτει το προφίλ του χρήστη είναι και οι λόγοι που τον οδήγησαν σε μία επιλογή μέσου για διαδρομές που εξυπηρετούνται από διάφορα μέσα.

Σύμφωνα με στοιχεία από την έρευνα, οι μισοί περίπου επιβάτες της ΕΘΕΛ χρησιμοποιούν ένα τύπο μέσου (ΕΘΕΛ), από τους οποίους 1 στους 3 πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Επειδή όμως δεν αλλάζει τύπο μέσου, προκύπτει ότι μετεπιβιβάζεται σε άλλο όχημα της ΕΘΕΛ. Παρόμοια λογική αντιστοιχεί σε ΗΛΠΑΠ και ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ. Σε n τύπους μέσων, με πλήθος μετεπιβιβάσεων μεγαλύτερο ή ίσο του n , ο χρήστης έχει χρησιμοποιήσει περισσότερες από μία φορές συγκεκριμένο τύπο μέσου.

1.3 Διερεύνηση και Προτυποποίηση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων

Είναι ευρέως γνωστό και επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο ότι η επιλογή μέσου καθορίζεται από τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Πολλές φορές γίνεται επιλογή μέσου από τους χρήστες με κριτήριο την ελαχιστοποίηση των μετεπιβιβάσεων. Όμως, αν εξεταστούν προσεκτικά τα δίκτυα μεταφορών γίνεται φανερό ότι ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή, συχνά η επιλογή μέσου καθορίζει τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Αυτό μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα αν αναφερθούν τα εξής παραδείγματα:

1. Ένας μετακινούμενος επιλέγει ένα μεταφορικό μέσο με κριτήριο την ελάχιστη απόσταση βαδίσματος και ας τον οδηγήσει στη πραγματοποίηση περισσότερων μετεπιβιβάσεων.
2. Η επιλογή αεροπλάνου για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων προϋποθέτει τουλάχιστον μία μετεπιβίβαση για λόγους ανεφοδιασμού ή πλήρωσης μεγαλύτερων αεροσκαφών για μείωση του κόστους.

Υπάρχουν και πολλά άλλα παραδείγματα που δείχνουν ότι η χρησιμοποίηση ενός μέσου είτε είναι μετά από επιλογή είτε είναι αναγκαστική, γιατί δεν υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές, καθορίζει τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί πολλά πρότυπα που είναι ικανά να προβλέψουν την επιλογή του μέσου συνάρτησε πολλών παραγόντων, ένας εκ των οποίων είναι ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων. Όμως, δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα κάποιο πρότυπο που θα μπορεί να προβλέπει τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου προτύπου είναι σημαντική για τους παρακάτω λόγους:

Πρώτον, με την προτυποποίηση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων είναι δυνατό να γίνεται γνωστό σε ποια κατάσταση βρίσκεται το σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών μιας πόλης και με τον τρόπο αυτό να μπορούν να γίνουν επεμβάσεις και βελτιώσεις για τη βελτιστοποίηση της χωρητικότητας του δικτύου ή τη βελτίωση της λειτουργικότητάς του. Το θέμα αυτό είναι σημαντικό γιατί δείχνει την αποτελεσματικότητα του συστήματος σε σχέση με την κάλυψη όλων των περιοχών με μέσα μαζικής μεταφοράς και με το πόσο κάποιες μετακινήσεις είναι εφικτές αν

απαιτούν πολλές αλλαγές μέσων. Ο σωστός σχεδιασμός αποτελεί, επίσης, σημαντικό αντικείμενο μελέτης για τους συγκοινωνιολόγους μηχανικούς που προσπαθούν για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού δικτύου μεταφορών.

Δεύτερον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι αν μπορούν να προβλεφθούν οι μετεπιβιβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν ανάλογα το μέσο ή τον προορισμό, είναι δυνατόν να γίνει ενημέρωση των μετακινούμενων για τις μετεπιβιβάσεις που θα κάνουν αναλόγως με την επιλογή τους. Ακόμα αν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν φανερώνουν ένα αποτελεσματικό δίκτυο μπορεί να γίνει διαφήμιση του συστήματος των μέσων μαζικής μεταφοράς για προσέλκυση περισσότερων χρηστών.

Τρίτον, όταν υπολογιστεί ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων σε ένα δίκτυο είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την βελτίωση των χρόνων ανταπόκρισης και ελαχιστοποίησης τους σε διαδρομές που απαιτούν περισσότερες από μία μετεπιβιβάσεις. Αυτό το θέμα αφορά κυρίως τους Συγκοινωνιολόγους μηχανικούς που ασχολούνται με το σχεδιασμό των διαδρομών.

Τέταρτον, μπορούν να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες βελτιώσεις στην υποδομή στα σημεία που πραγματοποιούνται οι μετεπιβιβάσεις για να μη δυσανασχετούν οι χρήστες την ώρα αναμονής.

1.4 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Επειδή οι μετεπιβιβάσεις είναι αναπόσπαστο μέρος σε όλα τα δίκτυα μεταφορών αφού είναι ανέφικτο να γίνεται εξυπηρέτηση όλων των περιοχών με ενιαίες διαδρομές είναι μείζονος σημασίας να μπορεί να προβλεφθεί ο αριθμός τους. Από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι φανερό το πόσο σημαντικό είναι το θέμα της διερεύνησης και προτυποποίησης του αριθμού των μετεπιβιβάσεων, με μαθηματικά πρότυπα, για τον σωστό συγκοινωνιακό σχεδιασμό και τη βελτίωση των υπάρχοντων μεταφορικών συστημάτων.

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των παραμέτρων των προτύπων προέρχονται από ερωτηματολόγια που αναφέρονται σε επιβάτες των Α.Σ. και σε οδηγούς Ι.Χ. Τα ερωτηματολόγια αυτά περιέχουν ερωτήσεις που αφορούν την επιλογή μέσου, τον αριθμό μετεπιβιβάσεων, το χρόνο ταξιδιού, το κόστος, τη συχνότητα χρήσης συγκεκριμένης διαδρομής, το σκοπό μετακίνησης, τα κοινωνικό-οικονομικά χαρακτηριστικά (όπως, φύλο, ηλικία, εισόδημα, αριθμός Ι.Χ.

στο νοικοκυριό, χρήση Α.Σ. από ανάγκη ή από επιλογή) και τις αλλαγές μέσου. Έτσι, στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει προσπάθεια διερεύνησης και προτυποποίησης του αριθμού των μετεπιβιβάσεων στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Αθήνας.

1.5 Δομή της Εργασίας

Η διάταξη των κεφαλαίων της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα έχει την μορφή που παρουσιάζεται παρακάτω:

Το **2^ο κεφάλαιο** περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που αφορά σε θέματα που αναφέρονται στις αλυσίδες μετακίνησης σε διάφορες περιοχές και καταστάσεις. Επίσης, παρουσιάζει έρευνες σχετικές με το πώς διάφοροι παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά του ταξιδιού, τα χαρακτηριστικά των μετακινούμενων, ο χώρος και ο χρόνος και τα κινητά τηλέφωνα επηρεάζουν τις αλυσίδες μετακίνησης, και έρευνες που έχουν ως σκοπό τη μοντελοποίηση των πολύπλοκων μετακινήσεων και παραγόντων που σχετίζονται με αυτές. Επίσης εκθέτονται αναλύσεις που εξετάζουν την συμπεριφορά των ανθρώπων απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης και τέλος μελέτες που ασχολούνται με θέματα σχετικά με τα δίκτυα μεταφορών όπως ο σχεδιασμός αυτών, η βελτιστοποίησή τους και η επιρροή τους από διάφορους παράγοντες.

Το **3^ο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την περιγραφή της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιείται στη στατιστική επεξεργασία και στην παρουσίαση της επιλεγόμενης μεθοδολογίας. Περιγράφεται ο τρόπος με βάση τον οποίο έγινε η διεξαγωγή της έρευνας. Αναφέρεται αναλυτικότερα η διαμόρφωση του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή των στοιχείων της έρευνας και τέλος, παρουσιάζονται οι απαντήσεις που δόθηκαν σε κάθε ερώτηση και γίνεται σχολιασμός τους.

Το **4^ο κεφάλαιο** περιέχει τη στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων που συγκεντρώθηκαν και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας πεδίου. Επιπρόσθετα, διατυπώνονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα.

Το **5^ο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την παρουσίαση των τελικών αποτελεσμάτων και την ερμηνεία τους και τέλος παρατίθενται σχετικές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε στο εισαγωγικό κεφάλαιο, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό τη διερεύνηση και προτυποποίηση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων. Πριν την παρουσίαση των στοιχείων, του τρόπου επεξεργασίας τους και της επιλεγόμενης μεθοδολογίας, κρίνεται απαραίτητο να γίνει αναφορά στις συστηματικές προσπάθειες ερευνητών στη διεθνή βιβλιογραφία οι οποίες έχουν ως κύριο στόχο τη μελέτη των πολύπλοκων μετακινήσεων, δηλαδή αυτών που περιέχουν περισσότερα του ενός μεταφορικά μέσα και γίνονται για την κάλυψη πολλών αναγκών (για παράδειγμα, εργασία, ψώνια, αναψυχή κ.α.), γνωστών ως αλυσίδες μετακίνησης (trip chains) στη βιβλιογραφία.

Η ανασκόπηση αυτή στην ξένη, κυρίως, βιβλιογραφία έχει να παρουσιάσει θέματα που αναφέρονται στις αλυσίδες μετακίνησης σε διάφορες περιοχές και καταστάσεις. Επίσης παρουσιάζει έρευνες σχετικές με το πώς διάφοροι παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά του ταξιδιού, τα χαρακτηριστικά των μετακινούμενων, ο χώρος και ο χρόνος και τα κινητά τηλέφωνα επηρεάζουν τις αλυσίδες μετακίνησης. Στη συνέχεια αναφέρονται έρευνες που έχουν ως σκοπό τη μοντελοποίηση των πολύπλοκων μετακινήσεων και παραγόντων που σχετίζονται με αυτές. Επίσης εκθέτονται αναλύσεις που εξετάζουν την συμπεριφορά των ανθρώπων απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης και τέλος μελέτες που ασχολούνται με θέματα σχετικά με τα δίκτυα μεταφορών όπως ο σχεδιασμός αυτών, η βελτιστοποίηση τους και η επιρροή τους από διάφορους παράγοντες.

2.2 Έρευνες σχετικές με τις αλυσίδες μετακίνησης σε διάφορες περιοχές και καταστάσεις

Οι αλυσίδες μετακίνησης μελετήθηκαν από τον Kitamura (1985) σε μια υποθετική γραμμική πόλη χρησιμοποιώντας την ιδέα της ενοποίησης των ευκαιριών με τις υποθέσεις χρηστικότητας (utilitarian assumptions) για απόφαση πραγματοποίησης μιας μετακίνησης. Η πιθανότητα αποδοχής ενός μοντέλου ευκαιριών (*utilities model*) ερμηνεύεται ως μια παράμετρος που αντιπροσωπεύει την

εκλεκτικότητα (selectivity) ενός μετακινούμενου στην επιλογή ευκαιρίας. Ο μετακινούμενος θεωρείται ότι γνωστοποιεί το επίπεδο της εκλεκτικότητας του, έτσι ώστε η αναμενόμενη χρησιμότητα του δικτύου να μεγιστοποιείται και η απόσταση του ταξιδιού για την προσέγγιση δεδομένων ευκαιριών να ελαχιστοποιείται. Σύμφωνα με αυτό το σκεπτικό, τα χαρακτηριστικά των αλυσίδων μετακίνησης όπως η απόσταση μεταξύ των μέσων μετακίνησης, το επίπεδο της εκλεκτικότητας και η τάση για πραγματοποίηση αλυσίδων μετακίνησης σχετίζονται με τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν μια γραμμική πόλη (πυκνότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών, χρησιμότητα κάθε μεταφορικού μέσου και αντιλαμβανόμενο κόστος μετακίνησης). Τελικά η ανάλυση έδειξε πόσο σημαντική επιρροή έχει η κατανομή των χρησιμότητων των ευκαιριών στη τάση για πραγματοποίηση αλυσίδων μετακίνησης.

Οι Krygsman και Dijst (2001) μελέτησαν τα ταξίδια που συμπεριλαμβάνουν διάφορα μεταφορικά μέσα στην Ολλανδία. Ενδιαφέρθηκαν για αυτό το θέμα γιατί οι μετακινήσεις των ατόμων χρησιμοποιώντας περισσότερα του ενός μεταφορικά μέσα έχουν ιδιαίτερη σημασία στις αναπτυγμένες χώρες ως μια εναλλακτική καλύτερη και πιο φιλική προς το περιβάλλον, από ότι η χρήση του αυτοκινήτου. Αυτό οδήγησε στην υποστήριξη και προώθηση ποικίλων στρατηγικών και σχεδιαστικών μεθόδων και στην εκτίμηση της σημασίας ύπαρξης διάφορων εναλλακτικών για τη πραγματοποίηση ταξιδιών με πολλά μέσα. Προηγούμενες προσπάθειες είχαν γίνει για τον προσδιορισμό των εμπλοκών του χωρόχρονου των σύνθετων μεταφορών στη συμπεριφορά των ατόμων απέναντι στα ταξίδια και την κάλυψη των αναγκών τους. Η προκείμενη έρευνα ασχολήθηκε με την ανάλυση των σύνθετων ταξιδιών για να καθορίσει ποια είναι τα ιδιαίτερα δημογραφικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά των χρηστών στην Ολλανδία που τα επηρεάζουν. Η ιδέα αναπτύχθηκε ακολουθώντας προηγούμενες βιβλιογραφικές αναφορές σχετικές με το θέμα και χρησιμοποίησε δεδομένα από την έρευνα που διεξήχθη το 1998 στις εθνικές Ολλανδικές μεταφορές. Για την ανάλυση, η οποία ήταν πολυκριτηριακή κρίθηκε κατάλληλο το Δυναμικό μοντέλο Logit (*Binary Logit model*). Στη βάση της ανάλυσης τα συμπεράσματα προέκυψαν αφού λήφθηκαν υπόψιν οι δυνατοί συνδυασμοί των μεταφορικών μέσων, ο αριθμός των ταξιδιών, η χρονική διάρκεια των ταξιδιών, το είδος του μεταφορικού μέσου και η απόσταση του ταξιδιού. Επίσης δόθηκε προσοχή στη μοναδική φθίνουσα συνάρτηση της απόστασης (*distance decay function*) του κάθε μέσου για τα διαφορετικά στάδια σε μια σύνθετη μετακίνηση. Τελικά αναπτύχθηκε ένα πλαίσιο για τα τυπικά χαρακτηριστικά των σύνθετων ταξιδιών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν

από την πολυκριτηριακή ανάλυση έδειξαν ότι υπάρχουν χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ατόμων (ηλικία, γένος, διαθεσιμότητα Ι.Χ., επάγγελμα και άλλα) που επηρεάζουν τα σύνθετα ταξίδια.

Αλυσίδες μετακίνησης μελετήθηκαν και από τους Karlaftis κ.α. (2007) κατά τη διάρκεια μεγάλων γεγονότων. Συγκεκριμένα η μεθοδολογία παράχθηκε και εφαρμόστηκε σε δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων στην Αθήνα το 2004. Οι τάσεις για το μεταφορικό σχεδιασμό κατά τη διάρκεια μεγάλων γεγονότων συνεπάγεται εκτεταμένη χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών που πρόκειται να εξυπηρετήσει αυξημένη ζήτηση μετακινήσεων κατά τη διάρκεια ενός τέτοιου γεγονότος. Στη μελέτη αυτή γίνεται προσπάθεια να προτυποποιηθεί η συμπεριφορά των επιβατών απέναντι στις πολύπλοκες αλυσίδες μετακίνησης με τη χρήση της μη-ομογενούς διαδικασίας λήψης αποφάσεων Markov (non homogeneous Markov Decision Process). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μελλοντικά γεγονότα που θα λάβουν χώρα στη περιοχή της Αθήνας.

2.3 Έρευνες σχετικές με παράγοντες που επηρεάζουν τις αλυσίδες μετακίνησης

Οι Wallace κ.α. (1990) ερεύνησαν ποιοι παράγοντες οδηγούν έναν μετακινούμενο στη πραγματοποίηση αλυσίδων μετακίνησης. Ο αντικειμενικός σκοπός της έρευνας τους ήταν να αποφασιστεί εμπειρικά ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τη τάση των μετακινούμενων να ενώνουν δυο ή περισσότερα ταξίδια σε μία μετακίνηση και σε ποιο βαθμό επηρεάζουν τα τοπικά κέντρα στον αστικό χώρο τις αλυσίδες μετακίνησης. Επιπρόσθετα επιθυμούσαν να εκτιμήσουν τα πιθανά αποτελέσματα που επιφέρουν οι στρατηγικές διαχείρισης της ζήτησης για μεταφορά απέναντι στη τάση για αλυσίδες μετακίνησης. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ένα μοντέλο Αρνητικής Διωνυμικής Παλινδρόμησης (*negative binomial regression model*) στο οποίο ο αριθμός των ταξιδιών σε μια αλυσίδα σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του νοικοκυριού των μετακινούμενων, του ταξιδιού και της μορφής του αστικού χώρου. Μετά την ανάπτυξη του μοντέλου αναλύθηκε η σημαντικότητα των μεταβλητών που σχετίζονται με τα άτομα. Τελικά βρέθηκε ότι χαρακτηριστικά από κάθε κατηγορία ήταν στατιστικώς σημαντικά ενώ αρκετές μεταβλητές βοήθησαν

στη περιγραφή της επιρροής συγκεκριμένων στρατηγικών διαχείρισης της ζήτησης για μεταφορά και στην εύρεση των συγγενικών αποτελεσμάτων που έχουν αυτά στην συμπεριφορά απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης (μερικές από τις μεταβλητές αυτές αυξάνουν την τάση για πραγματοποίηση αλυσίδων μετακίνησης ενώ άλλες τις μειώνουν).

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Vande και Steenberghen (2005) είχε ως σκοπό να κατανοηθεί καλύτερα πόσο καθοριστικοί παράγοντες είναι ο χώρος και ο χρόνος στην επιλογή ενός μεταφορικού μέσου. Η επιρροή των αλυσίδων μετακίνησης έχει ληφθεί υπόψιν στο καθορισμό της σχέσης μεταξύ της επιλογής μεταφορικού μέσου και των παραγόντων χρόνου. Η πηγή των δεδομένων ήταν έρευνα μέσω τηλεφώνου σε έναν μεγάλο αριθμό Βέλγων που διεξήχθη το 1998-1999, συμπληρωμένη με μια πιο πρόσφατη βάση δεδομένων, η οποία περιείχε για κάθε μετακίνηση τον εκτιμημένο χρόνο διάρκειας της με δημόσιες συγκοινωνίες. Αυτό επέτρεψε τη σύγκριση μεταξύ του πραγματικού χρόνου μετακίνησης και του εκτιμημένου χρόνου με τα δημόσια μέσα συγκοινωνίας. Χρησιμοποιώντας τεχνικές παλινδρόμησης και τεχνικές υπολογισμού της ελαστικότητας η σχέση μεταξύ των συνιστωσών του χρόνου μετακίνησης και της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Με την ανάλυση προέκυψε σε επίπεδο ταξιδιού με μέσα συγκοινωνίας η καθαρή σχέση μεταξύ του χρόνου αναμονής και βαδίσματος. Σε επίπεδο αλυσίδας μετακίνησης οι μεταβλητές του χρόνου ταξιδιού για ολόκληρη την αλυσίδα οδηγούν σε μια σημαντική βελτίωση στην ερμηνεία του μοντέλου παλινδρόμησης.

Η επιρροή των κινητών τηλεφώνων στις μετακινήσεις μελετήθηκε από τους Srinivasan και Raghavender (2006). Στις μέρες μας τα κινητά τηλέφωνα είναι απαραίτητα εργαλεία, προσιτά σε εκατομμύρια ανθρώπους που προσφέρουν απεριόριστες δυνατότητες επικοινωνίας. Η επιρροή τους εξετάστηκε στις τρεις διαστάσεις που σχετίζονται με τις μετακινήσεις: στη πραγματοποίηση αλυσίδων που δεν είναι σχεδιασμένες, την πραγματοποίηση στάσεων σε μία διαδρομή, κανονισμένων χρησιμοποιώντας κινητά τηλέφωνα και τα ψώνια μέσου τηλεφώνου. Η μελέτη έγινε χρησιμοποιώντας δεδομένα από 400 εργάτες στη πόλη Chennai. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά από στατιστική ανάλυση ήταν ότι τα κινητά τηλέφωνα επηρεάζουν και τις τρεις διαστάσεις των μετακινήσεων. Επίσης υπήρξε η ένδειξη ότι τα κοινωνικά χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων, η χρήση κινητών τηλεφώνων και το είδος των μετακινήσεων είναι στενά συνδεδεμένα. Εκτός των

κινητών τηλεφώνων τα χαρακτηριστικά εργασίας των ατόμων (διάρκεια των ωρών εργασίας, η ελαστικότητα στο ωράριο), τα προσωπικά και οικογενειακά χαρακτηριστικά (ηλικία, γένος, διαθέσιμος αριθμός Ι.Χ.) είχαν επιρροή στις τρεις διαστάσεις των μετακινήσεων.

Ο Davinson (1991) ασχολήθηκε με αλυσίδες μετακίνησης αλλά διαφορετική οπτική γωνία. Συγκεκριμένα μελέτησε την επιρροή των αλυσίδων μετακίνησης που πραγματοποιούν οι υπάλληλοι των προάστιων πάνω στη διαχείριση της μεταφορικής ζήτησης. Η μελέτη έγινε με δεδομένα που είχαν συλλεχθεί από 42 τοποθεσίες εργασίας και 1845 υπαλλήλους με ερωτηματολόγια. Τα δεδομένα έδειξαν ότι οι υπάλληλοι των προάστιων είναι εξαρτημένοι από τα ιδιωτικά τους οχήματα για να καλύψουν τις καθημερινές τους ανάγκες. Επειδή αυτό λειτουργεί αποτρεπτικά στη πραγματοποίηση μετακίνησης με πολλούς σκοπούς, η έρευνα έδειξε ότι είναι ανάγκη να δοθεί μεγάλη προσοχή σε ολόκληρο το ταξίδι από το σπίτι στη δουλειά και αντίστροφα, με τη δημιουργία νέων υπηρεσιών που θα υποστηρίζουν τις διαδρομές με στάσεις για την κάλυψη των αναγκών των μετακινούμενων, και με καλύτερο σχεδιασμό των χρήσεων γης. Η ολοκλήρωση της μελέτης οδήγησε στο συμπέρασμα ότι χρειάζεται ένα πολύπλοκο σύστημα που θα δίνει κίνητρα και θα ανταμείβει όσους αλλάζουν συμπεριφορά, συνδυάζοντας διάφορους σκοπούς σε μία διαδρομή για να μειωθεί η ζήτηση των μετακινήσεων προς τα προάστια.

2.4 Έρευνες που έχουν ως σκοπό τη μοντελοποίηση των πολύπλοκων μετακινήσεων και παραγόντων που σχετίζονται με αυτές

Ένα μοντέλο για την παραγωγή μετακινήσεων και τις αλυσίδες μετακίνησης αναπτύχθηκε από τους Goulias κ.α. (1990) χρησιμοποιώντας ιδέες από μια ανάλυση βασισμένη σε δραστηριότητες. Η δομή αυτού του μοντέλου είναι επαναλαμβανόμενη, περιγράφοντας ένα μηχανισμό αποφάσεων που λαμβάνονται διαδοχικά. Σε αυτό το μοντέλο ο αριθμός των αλυσίδων μετακίνησης εκφράζεται ως συνάρτηση της συχνότητας των ταξιδιών ανάλογα με τον τύπο της δραστηριότητας που πραγματοποιείται κάθε φορά. Στη συνέχεια αποδεικνύεται ότι το μοντέλο αυτό μπορεί να εφαρμοστεί στον καθορισμό του αριθμού μετακινήσεων που παράγονται με βάση την οικία ή όχι. Τα αποτελέσματα βασίστηκαν σε δεδομένα από την Μητροπολιτική περιοχή του Detroit και συγκρίθηκαν με αυτά από προηγούμενη

μελέτη με δεδομένα από την Ολλανδία. Διαφορές παρατηρήθηκαν όχι μόνο στη σημασία και την εκτίμηση των παραμέτρων αλλά και στην επιλογή του μηχανισμού ανάλυσης.

Μια πολυκριτηριακή προσέγγιση σε υπερδίκτυο (hypernetwork) για τη μοντελοποίηση πολυδιάστατων δραστηριοτήτων και πολύπλοκων αλυσίδων μετακίνησης έγινε από τους Arrentze και Timmermans (2004). Προτυποποιήθηκαν ολόκληρες αλυσίδες μετακίνησης (περιοδείες), οι οποίες μπορεί να περιείχαν πολυδιάστατες δραστηριότητες και πολλά μεταφορικά μέσα, με την αναπαράσταση μιας επέκτασης του δικτύου, σαν διαδρομές ελαχιστοποίησης του κόστους. Η επέκταση βασίστηκε στη σκέψη ότι αν ενοποιηθούν τα επιμέρους κόστη σε μια μετακίνηση μπορεί ως συνέπεια να αλλάξουν, η επιλογή του μέσου και των δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια της περιοδείας. Για τη μοντελοποίηση, το δίκτυο μετά την επέκταση, περιείχε τόσες φορές το δίκτυο όσες ήταν οι πιθανές θέσεις δραστηριοτήτων και οι θέσεις μετεπιβιβάσεων. Έτσι η συνάρτηση των γενικευμένων κοστών και τα σημεία έναρξης και πέρατος της διαδρομής μπορούν να οριστούν ως εξαρτημένα. Τελικά η εφαρμογή έδειξε πως ένα πολυκριτηριακό δίκτυο μπορεί να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της επιρροής των μεταβλητών σχεδιασμού του δικτύου στην επιλογή διαδρομής.

Στην Ολλανδία παρουσιάστηκε ένα πλαίσιο για τη μοντελοποίηση ενός δικτύου επαυξημένων καταστάσεων (multi-modal State-Augmented network) από τον Lo κ.α. (2003). Σε αυτό το δίκτυο εισάγονται αυτόματοι πιθανοί κανόνες μετακίνησης και μη-γραμμικές τιμές εισιτηρίων ή χρησιμότητας. Αυτό το είδος δικτύου δίνει τη δυνατότητα μοντελοποίησης των μετακινούμενων που ενώνουν τις επιλογές για πολύπλοκες διαδρομές σε ένα δίκτυο με πολλές υπηρεσίες κατά τη μεταφορά δεδομένων των χαρακτηριστικών των υπηρεσιών. Για την ενίσχυση αυτής της προσέγγισης έγινε μία μελέτη για τις υπηρεσίες κατά τη μεταφορά μεταξύ του Διεθνούς Αερολιμένα του Hong Kong και στη πόλη της δυτικής Kowloon.

Νέα δεδομένα για τη προτυποποίηση της συμπεριφοράς απέναντι στην επιλογή διαδρομής σε πολύπλοκα συστήματα παρουσιάστηκαν από τους Bovy και Hoogendoorn-Lanser (2005). Η ανάλυση κάλυπτε ολόκληρο το ταξίδι από την προέλευση ως τον προορισμό περιλαμβάνοντας και μετακινήσεις με τρένο. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από έρευνες που περιείχαν τις επιλογές των ατόμων από 235 μετακινήσεις με βάση την οικία στις οποίες το τρένο ήταν το βασικό μέσο μετακίνησης. Οι διαδρομές ήταν μεταξύ Rotterdam και Dordrecht στην Ολλανδία και

ο μέσος χρόνος ταξιδιού ήταν 50 λεπτά. Ιεραρχικά πρότυπα *Logit* τύπου *Nested* (*Hierarchical Nested Logit models*) υπολογίστηκαν για να ληφθούν υπόψη αναρτηρήτες ομοιότητες μεταξύ των εναλλακτικών μεταξύ διαδρομών που τελειώνουν στο σπίτι ή κάπου αλλού. Επίσης κατασκευάστηκε ένα πιο πολύπλοκο μοντέλο βασισμένο στις αρχές διαφορετικότητας το οποίο λέγεται *Multi-nested GEV*, το οποίο βελτιώνει την ερμηνεία και τονίζει τη σημαντικότητα ενός ταξιδιού με πολλές διαδρομές που καταλήγει στη οικία.

Επειδή τα προηγούμενα πρότυπα για τις μεταφορές δεν ήταν ικανά να περιγράψουν επαρκώς τα πολύπλοκα ταξίδια, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο από τον Benjamins κ.α. (2001) που βασίζεται στο συνδυασμό όλων των δικτύων των μεταφορικών μέσων σε ένα μόνο υπερδίκτυο. Η διαφορά μεταξύ της επιλογής μέσου και της επιλογής διαδρομής αντικαθίσταται από την επιλογή διαδρομής σε ένα υπερδίκτυο. Στη μελέτη περιγράφονται τα βασικά βήματα για την μοντελοποίηση της επιλογής διαδρομής. Αρχικά κατασκευάζεται το υπερδίκτυο, στη συνέχεια παράγεται μια ρεαλιστική σειρά από διαδρομές και τέλος η επιλογή διαδρομής δίνεται όπως μια σειρά από διαδρομές. Για τη μοντελοποίηση της επιλογής διαδρομής χρησιμοποιήθηκε το Συνδυαστικό κατά ζεύγη πρότυπο *Logit* (*Paired Combinatorial Logit model*) που μπορεί να λάβει υπόψη την επικάλυψη διαδρομών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από πραγματική εφαρμογή έδειξαν ότι οι μετακινούμενοι από ένα τμήμα του πληθυσμού μπορεί να χρησιμοποιούν διαδρομές που προορίζονται για κάποιο άλλο τμήμα του πληθυσμού.

Οι Festa κ.α. (2003) μετά από έρευνα που διεξήχθη σε μια μετρίου μεγέθους πόλη πρότειναν ένα μοντέλο διαχωρισμού που αναπαράγει την επιλογή του επικρατούντος μεταφορικού μέσου σε μια αλυσίδα μετακίνησης. Το καθοριστικό μοντέλο ήταν η συνάρτηση *Multinomial Logit* με πέντε εναλλακτικές επιλογές : την προτίμηση της μετακίνησης με τα πόδια, με δίκυκλο, με αυτοκίνητο ως οδηγός, με αυτοκίνητο ως επιβάτης και με λεωφορείο.

Στη διατύπωση της συστηματικής χρησιμότητας της ύπαρξης εναλλακτικών επιλογών και των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες (χρόνος ταξιδιού και κόστος), έχουν συμπεριληφθεί μερικές κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές όπως η ηλικία, το φύλο, η επαγγελματική κατάσταση και άλλα. Επιπλέον έχουν ληφθεί υπόψη δύο μεταβλητές που αναφέρονται η μια στο τύπο της δραστηριότητας και η άλλη στον αριθμό των ταξιδιών που γίνονται σε μια

μετακίνηση. Αυτές οι μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση του φαινομένου σε σχέση με τις παρεχόμενες υπηρεσίες και της συμπεριφοράς των χρηστών.

Ο Kim κ.α. (2005) παρουσίασαν ένα μοντέλο για αλυσίδες δραστηριοτήτων περιγραφόμενο ως ένα πρόβλημα χρήσης χρόνου. Διαφορετικά από τα ήδη υπάρχοντα μοντέλα, το πρόβλημα της χρήσης του χρόνου περιλαμβάνει όλες τις χαρακτηριστικές μεταβλητές που σχετίζονται με το χρόνο, όπως πότε και πού εκτελείται μια δραστηριότητα και πόση διάρκεια έχει. Για να ενσωματωθεί το πρόβλημα χρήσης χρόνου σε ανάλυση του δικτύου μεταφορών, το ευκαιριακό κόστος του χρόνου ταξιδιού προτυποποιείται μέσω μιας προσέγγισης με περιορισμούς και η σημασία της κάθε δραστηριότητας παριστάνεται από τις χρονικά εξαρτημένες κατανομές χρησιμότητας. Στο μοντέλο, μεταξύ των εναλλακτικών δραστηριοτήτων, η δραστηριότητα με τη μεγαλύτερη χρησιμότητα εμπεριέχεται στο καθημερινό διαθέσιμο εισόδημα κάθε ατόμου. Σε όλη τη διάρκεια επιλογής μεθόδου, όχι μόνο ο τύπος της δραστηριότητας αλλά και ο χρόνος έναρξης της και η διάρκεια της ήταν ταυτόχρονα βασισμένα στον αντιλαμβανόμενο χρόνο διαδρομής από τα άτομα για την εκπλήρωση της δραστηριότητας. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε σε αυτή τη μελέτη μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα δίκτυο μεσαίου μεγέθους για να εξεταστεί η καταλληλότητα του. Η εφαρμογή έδειξε την πρακτικότητα των μοντέλων που βασίζονται στις δραστηριότητες. Επίσης πως μπορούν να επεκταθούν οι εφαρμογές των μοντέλων ζήτησης μεταφοράς στην ανάλυση της αγοράς περιγράφοντας πως με ένα μοντέλο μπορούν να αναλυθούν οι επιρροές της βελτίωσης του μεταφορικού δικτύου στα πρότυπα μετακινήσεων και στις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες των ζωνών μετακίνησης ειδικά με τα ψώνια και τις δραστηριότητες αναψυχής.

Ο Kitamura (1984) πραγματοποίησε μια έρευνα η οποία εστίαζε στο πως οι αλυσίδες μετακίνησης επηρεάζουν την επιλογή του προορισμού και στο πως τα ταξίδια μπορούν να εξεταστούν χωριστά και ανεξάρτητα. Αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για την επιλογή προορισμού το οποίο χρησιμοποιεί τη «μελλοντική αναμενόμενη χρησιμότητα» μιας ζώνης προορισμού ως ένα μέτρο της ελκυστικότητας του. Αυτή η «μελλοντική αναμενόμενη χρησιμότητα» εξηγεί την μελλοντική εξάρτηση της επιλογής προορισμού και έτσι αντιπροσωπεύει την εξάρτηση μεταξύ των επιλογών διαδρομών σε μία αλυσίδα μετακίνησης. Επίσης η χρήση του μοντέλου διευκόλυνε τη συσχέτιση των εξαρτημένων διαδοχικών επιλογών με εξωγενείς παράγοντες. Το μοντέλο διατυπώθηκε με μία παράμετρο που αντιπροσώπευε το μέγεθος της μελλοντικής εξάρτησης. Η τιμή της παραμέτρου αυτής εκτιμήθηκε στην εμπειρική

ανάλυση και κατέληξε να είναι πολύ διαφορετική του μηδενός. Επιπροσθέτως βρέθηκε ότι ο εκτιμώμενος χρόνος ταξιδιού και οι χαρακτηριστικές μεταβλητές της ζώνης μετακίνησης διαφέρουν σημαντικά όταν η παράμετρος αυτή δεν συμπεριλαμβάνεται στο μοντέλο. Μετά την εμπειρική ανάλυση αποδείχθηκε ότι η επιλογή προορισμού είναι χρονικά εξαρτημένη και οι συντελεστές του χρόνου διαδρομής και των χαρακτηριστικών μεταβλητών των ζωνών μπορεί να αλληλοεπηρεάζονται αν αυτή η εξάρτηση δεν ληφθεί υπόψιν με το κατάλληλο τρόπο.

2.5 Έρευνες συμπεριφοράς ατόμων σχετικά με τις αλυσίδες μετακίνησης

Από τον Nishii και άλλους (1988) διεξάχθηκε μια εμπειρική ανάλυση για τη συμπεριφορά των ανθρώπων απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης. Σε αυτή την έρευνα εξεταζόταν η συμπεριφορά των μετακινούμενων, για το πότε μια στάση για δραστηριότητες διαφορετικές της δουλειάς, εισάγεται στη βασική διαδρομή σπίτι-δουλειά-σπίτι. Το βασικό ερώτημα που εξεταζόταν ήταν πότε ένας μετακινούμενος πραγματοποιεί μία δραστηριότητά του κάνοντας μια στάση στη διαδρομή για τη δουλειά του και πότε σχεδιάζει ένα ξεχωριστό ταξίδι από το σπίτι του για την πραγματοποίηση αυτής. Για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα διατυπώθηκε ένα θεωρητικό μοντέλο ενώ ταυτόχρονα έγινε και μία εμπειρική ανάλυση. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν ήταν ότι η πιθανότητα να πραγματοποιήσει κάποιος ένα ξεχωριστό ταξίδι για να ικανοποιήσει μία ανάγκη του, εκτός αυτής της δουλειάς, αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας του ταξιδιού και μειώνεται όσο αυξάνονται η απόσταση της διαδρομής, το κόστος και ο αριθμός δυνατοτήτων που έχει. Αποτέλεσμα επίσης της έρευνας ήταν ότι η συμπεριφορά απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης αλλάζει με το χρόνο παρόλο που ο ρυθμός των ταξιδιών συνήθως παραμένει σταθερός.

Οι McGuckin και Murakami (1999) εξέτασαν τη συμπεριφορά των ανθρώπων απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης και ειδικά τη διαφορά στις μετακινήσεις ανδρών και γυναικών χρησιμοποιώντας δεδομένα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1995 σε ολόκληρη την Ουάσιγκτον για τις προσωπικές μετακινήσεις. Διαπίστωσαν ότι το φύλο των ατόμων μαζί με τον τύπο του κάθε νοικοκυριού επηρεάζουν τις καθημερινές μετακινήσεις. Τα δεδομένα έδειξαν ότι οι γυναίκες κάνουν περισσότερες

διαδρομές για να καλύψουν τις ανάγκες του νοικοκυριού. Οι γυναίκες, ειδικά οι μητέρες, συνήθως πραγματοποιούν στάσεις καθώς πηγαίνουν ή επιστρέφουν από τη δουλειά για την κάλυψη των αναγκών του σπιτιού. Τα αποτελέσματα προέκυψαν από στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Τελικά προέκυψε το ερώτημα για το τι πρόκειται να συμβεί στο μέλλον αν αλλάξει η θέση της γυναίκας στην αγορά εργασίας ή η δυναμική του νοικοκυριού. Αν πραγματοποιηθούν αυτές οι αλλαγές θα επηρεάσουν άμεσα την ανάπτυξη προγραμμάτων σχετικά με τις μετεπιβιβάσεις, το σχεδιασμό των χρήσεων γης και των τηλεπικοινωνιών.

Μια πρόσφατη πολυκριτηριακή ανάλυση της συμπεριφοράς απέναντι στις αλυσίδες μετακίνησης πραγματοποιήθηκε από τους Noland και Thomas (2006). Εξέτασαν τη σχέση μεταξύ των αλυσίδων μετακίνησης και της μορφής του αστικού χώρου. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκε έρευνα που έγινε στη χώρα τους για τις μετακινήσεις που παράγονται από τα νοικοκυριά (2001) για την εκτίμηση των μετακινήσεων από τα νοικοκυριά και τα άτομα και των χαρακτηριστικών των διαδρομών, σχετικά με μια ορισμένη πυκνότητα ιδιωτικών κατοικιών. Το πρότυπο Ordered Probit και η συνάρτηση Αρνητική Διωνυμική (Negative Binomial) χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των παραγόντων που σχετίζονται με την τάση για ένωση ταξιδιών σε πολύπλοκες διαδρομές, αναφερόμενες ως αριθμός στάσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περιβάλλοντα με χαμηλή πυκνότητα οδηγούν σε αλυσίδες μετακίνησης και διαδρομές με περισσότερες στάσεις κατά μήκος της διαδρομής. Αυτό προκύπτει και από ανάλυση σε επίπεδο νοικοκυριού. Επίσης από την ανάλυση δεν υπήρξε ένδειξη για το ότι περισσότερο προσβάσιμες περιοχές έχουν την τάση να παράγουν περισσότερες μετακινήσεις όπως ανέφεραν ο Crane (1996) και Krizek (2003).

2.6 Έρευνες σχετικές με δίκτυα μετεπιβιβάσεων

Οι Lee και Vuchic (2002) παρουσίασαν μια επαναληπτική προσέγγιση για την επίλυση του προβλήματος σχεδιασμού ενός δικτύου μεταφορών, συγκεκριμένα με μεταβλητή ζήτηση μετακινήσεων, δεδομένης αμετάβλητης συνολικής ζήτησης. Η μελέτη ασχολείται με τα δυναμικά χαρακτηριστικά της σχέσης μεταξύ της μεταβλητής ζήτησης ταξιδιών σε μια μετακίνηση και του βέλτιστου σχεδιασμού ενός δικτύου μεταφορών. Επίσης η επικείμενη προσέγγιση είναι περισσότερο επιθυμητή

για σχεδιασμό δικτύου μεταφορών αφού η ζήτηση μετεπιβιβάσεων εξαρτάται από τη μορφή του δικτύου και τη συχνότητα των δρομολογίων. Η βασική προσέγγιση παράγει το βέλτιστο δίκτυο μεταφορών από το αρχικό δίκτυο το οποίο προϋποθέτει το συντομότερο χρόνο ταξιδιού μέσα στο όχημα, μέσω επανάληψης της ανατιθέμενης διαδικασίας και της βελτίωσης αυτής μέχρι να μη γίνεται περαιτέρω βελτίωση του δικτύου. Με μεταβλητή ζήτηση, η διαδικασία διαχωρισμού των ταξιδιών στα μέσα προστίθεται στο βασικό μοντέλο για την παραγωγή του βέλτιστου δικτύου και την εκτίμηση της ταυτόχρονης ζήτησης για μετακινήσεις. Επιπροσθέτως η μελέτη έδειξε τη σχέση μεταξύ του σχεδιασμού του βέλτιστου δικτύου μεταφορών και των δεδομένων εισόδου για το σχεδιασμό του, όπως η ταχύτητα πραγματοποίησης μετεπιβιβάσεων, το συνολικό μέγεθος της ζήτησης και το κόστος μετεπιβίβασης.

Ο Aldaihani κ.α. (2003) ανέπτυξαν ένα αναλυτικό μοντέλο που βοηθάει αυτούς που παίρνουν αποφάσεις στο σχεδιασμό ενός μικτού δικτυωτού δικτύου (hybrid grid network) που περιλαμβάνει τα καθορισμένα και αμετάβλητα δρομολόγια και την εξυπηρέτηση της μεταβλητής ζήτησης. Ο αντικειμενικός στόχος του μοντέλου ήταν ο καθορισμός του βέλτιστου αριθμού ζωνών σε μία περιοχή όπου η κάθε ζώνη θα προμηθεύεται από ένα αριθμό οχημάτων που θα εξυπηρετούν την μεταβλητή ζήτηση. Το έργο των πρόσθετων οχημάτων είναι να μεταφέρουν τους επιβάτες σε μια από τις σταθερές γραμμές διαδρομών αν ο προορισμός τους είναι σε μία διαφορετική ζώνη, ή στο τελικό τους προορισμό αν αυτός βρίσκεται στην ίδια ζώνη.

Οι Zhao κ.α. (2004) παρουσίασαν μια μεθοδολογία για τη βελτιστοποίηση του δικτύου των μεταφορικών διαδρομών (transit route network). Οι αντικειμενικοί σκοποί της μελέτης ήταν η ελαχιστοποίηση των μετεπιβιβάσεων και η μεγιστοποίηση της κάλυψης. Η διατύπωση συνίσταται από την αναπαράσταση των βημάτων για την επίλυση του δικτύου μεταφορικών διαδρομών που είναι ορισμένα τοπικά και επαναληπτικά και από μια στοχαστική διάταξη έρευνας ικανή να εντοπίσει το ευρέως αναμενόμενο βέλτιστο αποτέλεσμα βασισμένο σε αλγόριθμο simulated annealing και σε αλγόριθμο άπληστης αναζήτησης (greedy search algorithm).

Οι Zhao και Ubaka (2004) παρουσίασαν μια μαθηματική προσέγγιση για τη βελτιστοποίηση του δικτύου μεταφορικών διαδρομών. Ο σκοπός ήταν να παραχθεί ένα αποτελεσματικό υπολογιστικό εργαλείο για τη βελτιστοποίηση μεγάλων σε έκταση δικτύων μεταφορικών δρομολογίων. Οι αντικειμενικοί στόχοι ήταν να ελαχιστοποιηθούν οι μετεπιβιβάσεις και να βελτιστοποιηθεί η ανταπόκριση των δρομολογίων ενώ παράλληλα να μεγιστοποιηθεί η κάλυψη. Η διαμόρφωση της

μεθοδολογίας αποτελείται από τρία μέρη: την αναπαράσταση της επίλυσης του δικτύου μεταφορικών διαδρομών, την αναπαράσταση των περιορισμών του δικτύου και των δρομολογίων για τις μεταφορές και την διερεύνηση των πιθανών λύσεων. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε ως πρόγραμμα στον υπολογιστή και εξετάστηκε χρησιμοποιώντας αποτελέσματα που είχαν δημοσιευτεί σε προηγούμενες μελέτες. Τελικά στην έρευνα παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα από τα τεστ και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης πραγματικού δικτύου μεγάλων διαστάσεων στη Φλόριντα (Miami-Dade Country).

Ο τομέας κεντρικού προγραμματισμού των μεταφορών της Βοστώνης (central transportation planning) (1997) μελέτησε το κόστος των μετεπιβιβάσεων (transfer penalties) στη διαδικασία λήψης απόφασης για την επιλογή μεταφορικού μέσου στον αστικό χώρο για λογαριασμό της Ομοσπονδιακής Διοίκησης Μεταφορών (Federal Transit Administration). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε για να καθορίσει αν αυτό το κόστος είναι δυνατόν να ποσοτικοποιηθεί. Σε αυτή τη περίπτωση η Ομοσπονδιακή Διοίκηση Μεταφορών θα είχε μια βάση πάνω στην οποία θα ήταν δυνατόν να αξιολογεί την αξία των μοντέλων που υπάρχουν για τις μετακινήσεις και τις προβλέψεις για τον αριθμό των διαδρομών, πραγματοποιούμενων από τους ανθρώπους, που αυτά παράγουν. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από την έρευνα που έγινε για τις μεταφορές σε νοικοκυριά στη περιοχή της Βοστώνη και δεδομένα τοποθετημένα με το χέρι για την αντίσταση στη μετακίνηση, τα μοντέλα επιλογής μέσου περιέχουν μεταβλητές που σχετίζονται με τις μετεπιβιβάσεις. Το κόστος των μετεπιβιβάσεων για τα ταξίδια που αφορούν εργασία βρέθηκε και ποσοτικοποιήθηκε. Στα μοντέλα, που βασίστηκαν σε μια εξαιρετικά προσεκτικά κατασκευασμένη βάση δεδομένων, μια εικονική μεταβλητή για μετεπιβίβαση που δείχνει εάν μια μετεπιβίβαση είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση μιας διαδρομής αποδείχθηκε ως μια μεταβλητή μέτριας σημαντικότητας. Βρέθηκε να είναι ισοδύναμη με 12 έως 15 λεπτά που χρόνου μεταφοράς μέσα σε ένα όχημα. Επίσης μια ενδιαφέρουσα και χρήσιμη πληροφορία που προέκυψε από την έρευνα ήταν ότι οι αντιστάσεις στη μετακίνηση που τοποθετήθηκαν και το να οριστεί αρκετά ελεύθερα το πότε μια μετεπιβίβαση είναι ένα διαθέσιμο μέσο, είχε σημαντική επιρροή στην εκτίμηση του μοντέλου και κατέληξε σε πιο ακριβείς συντελεστές παραμέτρου.

Ο Abdel-Aty (1998) μελέτησε την επιρροή των προχωρημένων συστημάτων πληροφόρησης στον αριθμό των μετακινήσεων που κάνουν οι άνθρωποι για την

κάλυψη των αναγκών τους χρησιμοποιώντας δεδομένα από τηλεφωνική συνέντευξη που διεξήχθη σε δύο μητροπολιτικές περιοχές στη βόρεια Καλιφόρνια. Οι κύριοι στόχοι της μελέτης ήταν να ερευνηθεί αν η αναβαθμισμένη πληροφόρηση για τις μεταφορές μπορεί να αυξήσει την αποδοχή μετεπιβιβάσεων και να καθορίσει τους τύπους και τα επίπεδα πληροφόρησης που είναι επιθυμητά από τους μετακινούμενους. Η έρευνα περιλάμβανε μια μέθοδο που παρουσιάζει ρεαλιστικές σειρές επιλογών περιέχοντας τα προτιμώμενα είδη πληροφόρησης από τους μετακινούμενους και τους πραγματικούς χρόνους ταξιδιού. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε η τεχνική μοντελοποίησης Ordered Probit. Τα αποτελέσματα έδειξαν ένα πολλά υποσχόμενο δυναμικό της προχωρημένης πληροφόρησης των μεταφορών στην αύξηση της αποδοχής των μετεπιβιβάσεων ως ένα μέσο μετακίνησης. Επίσης η έρευνα απέδειξε ότι η συχνότητα της εξυπηρέτησης, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων, η διαθεσιμότητα θέσεων, ο χρόνος βαδίσματος για την προσέγγιση μιας στάσης και η ενημέρωση για τα εισιτήρια είναι μεταξύ των πιο σημαντικών τύπων πληροφόρησης που επιθυμούν οι μετακινούμενοι. Ο χρόνος πραγματοποίησης μιας διαδρομής, το εισόδημα, η μόρφωση και το αν ένας μετακινούμενος μοιράζεται το αυτοκίνητο με άλλους, ήταν μεταξύ των παραγόντων που συμβάλλουν στη πιθανότητα χρησιμοποίησης των μεταφορικών συστημάτων με δεδομένη την ύπαρξη επαρκούς πληροφόρησης.

2.7 Συμπεράσματα

Στην παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση παρουσιάστηκαν έρευνες και μελέτες που έχουν γίνει κυρίως στο εξωτερικό για τα δίκτυα μεταφορών, τις αλυσίδες μετακίνησης και για παράγοντες που σχετίζονται με αυτές. Οι μετακινήσεις των ατόμων χρησιμοποιώντας περισσότερα του ενός μεταφορικά μέσα, δηλαδή η δημιουργία αλυσίδων μετακινήσεων, έχουν ιδιαίτερη σημασία γιατί μπορούν να συμβάλλουν σε αποσυμφόρηση των μεγάλων αστικών κέντρων που τα τελευταία χρόνια έχουν μεγάλα κυκλοφοριακά προβλήματα. Επίσης μπορούν να κριθούν ως μια εναλλακτική καλύτερη και πιο φιλική προς το περιβάλλον από ότι η χρήση του αυτοκινήτου.

Αυτό οδήγησε στην υποστήριξη και προώθηση ποικίλων στρατηγικών και σχεδιαστικών μεθόδων και στην εκτίμηση της σημασίας ύπαρξης διάφορων

εναλλακτικών για τη πραγματοποίηση ταξιδιών με πολλά μέσα. Ακόμα στην εκτίμηση διαφόρων παραγόντων που οδηγούν τους ανθρώπους στη πραγματοποίηση μετακινήσεων κατά τις οποίες συνδυάζουν πολλούς σκοπούς και των συντελεστών που βελτίωση τους επιφέρει αύξηση της πραγματοποίησης σύνθετων μετακινήσεων. Ενώ έχει μελετηθεί πλήθος θεμάτων που σχετίζονται με τα μεταφορικά δίκτυα, δεν έχει γίνει ωστόσο προσπάθεια αναλυτικής μελέτης του αριθμού των μετεπιβιβάσεων που είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία στα δίκτυα μεταφορών. Επίσης δεν έχει μέχρι σήμερα δημιουργηθεί κάποιο μοντέλο που να προβλέπει τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων σε συνάρτηση με παράγοντες που τον επηρεάζουν όπως για παράδειγμα τα χαρακτηριστικά των ατόμων, το χρόνο μετακίνησης, το μέσο μετακίνησης καθώς και το αν μια μετακίνηση γίνεται από ανάγκη ή επιλογή.

Στην παρούσα διπλωματική γίνεται προσπάθεια διερεύνησης και προτυποποίησης του αριθμού των μετεπιβιβάσεων στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Αθήνας, η οποία είναι μια από τις μεγαλύτερες μητροπόλεις. Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιείται μια βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα περισσότερων από 4900 μετακινούμενων στην ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής.

3. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Βάση Δεδομένων

3.1.1 Γενικά

Η συγκοινωνιακή συμπεριφορά των επιβατών είναι ένα φαινόμενο δύσκολο να μελετηθεί εξαιτίας της πολυδιάστατης μορφής του. Οι επιλογές των επιβατών όσον αφορά το μέσο μετακίνησης που επιλέγουν για τη πραγματοποίηση μιας διαδρομής, τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων, το χρόνο βαδίσματος και αναμονής στις στάσεις όπως επίσης και το κόστος της διαδρομής είναι δύσκολο να προβλεφθούν και να ποσοτικοποιηθούν. Χρειάζεται μακροχρόνια μελέτη και ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες, όπως κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των επιβατών, σκοπός χρήσης και άλλα. Η έρευνα αυτή βασίζεται συνηθέστερα στη μέθοδο ατομικών συνεντεύξεων στα οχήματα, σε στάσεις (σταθμούς), σε επιλεγμένα οδικά σημεία, και στη χρήση κατάλληλα δομημένων ερωτηματολογίων για τη καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης και της αντίληψης της ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών. Τα ερωτηματολόγια αυτά αναφέρονται στους επιβάτες Αστικών Συγκοινωνιών και τους οδηγούς Ι. Χ. (της πρωτεύουσας) αλλά και στην κατάλληλη περιοχή η οποία καλύπτεται από το Δίκτυο Αστικών Συγκοινωνιών.

Οι μετεπιβιβάσεις είναι ένα σημαντικό στοιχείο στα μεταφορικά δίκτυα. Αυτό συμβαίνει και στο δίκτυο της Αθήνας. Οι επιβάτες των αστικών συγκοινωνιών αλλά και των ιδιωτικών οχημάτων πραγματοποιούν μετεπιβιβάσεις ανάλογα με διάφορα χαρακτηριστικά τους, όπως η ηλικία, το εισόδημα και το πόσο συχνά χρησιμοποιούν το κάθε μεταφορικό μέσο. Όμως, οι επιβάτες δε δέχονται να κάνουν πάνω από έναν ορισμένο αριθμό μετεπιβιβάσεων.

3.1.2 Σύνταξη Ερωτηματολογίων

Για τη καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης επιλέχθηκε η μέθοδος των ατομικών συνεντεύξεων από τους ερευνητές. Στη συνέχεια έγινε η οργάνωση και ο προγραμματισμός της έρευνας, καθορίστηκαν δηλαδή τα πακέτα εργασιών που έπρεπε να πραγματοποιηθούν για την επίτευξη των στόχων της έρευνας καθώς και τα

χρονικά πλαίσια της κάθε εργασίας. Αναπτύχθηκαν ταυτόχρονα ξεχωριστά ερωτηματολόγια ανάλογα με το μέσο μετακίνησης. Σε στενή συνεργασία με τον ΟΑΣΑ, επελέγη ο τρόπος διεξαγωγής των μετρήσεων, προσδιορίστηκε το μέγεθος του δείγματος και η χρονική και χωρική κατανομή του δείγματος των μετρήσεων. Τέλος καθορίστηκαν οι οργανωτικές παράμετροι υλοποίησης των μετρήσεων και πραγματοποιήθηκε η εκπαίδευση των εποπτών και συνεντευκτών όπως επίσης ελέγχθηκε η ευκολία στην κατανόηση από τους ερωτώμενους με πιλοτικές συνεντεύξεις.

Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε με ατομικές συνεντεύξεις σε επιλεγμένα σημεία και διαδρομές. Στη συνέχεια ελέγχθηκαν τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια για την ακρίβεια, την επάρκεια και τη λογική τους συνέπεια, για τυχόν μεροληψίες καθώς και για την πληρότητα κατά την καταγραφή. Ακολούθησε η κωδικογράφηση των στοιχείων και η δημιουργία της βάσης δεδομένων με χρήση ειδικού λογισμικού.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της έρευνας, δημιουργήθηκαν τρία ξεχωριστά ερωτηματολόγια προσαρμοσμένα στον τύπο του μέσου μετακίνησης. Συγκεκριμένα συντάχθηκε ένα ερωτηματολόγιο για τους επιβάτες των λεωφορείων (ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ), ένα για τους επιβάτες μέσου σταθερής τροχιάς (ΑΜ, ΗΣΑΠ) και ένα για τους οδηγούς ΙΧ. Η βάση αυτών των ερωτηματολογίων σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτει τις ανάγκες σχεδιασμού του ΟΑΣΑ.

Στα ερωτηματολόγια συμπληρώνονταν αρχικά από τους ερευνητές στοιχεία που αφορούσαν τον τόπο και χρόνο διεξαγωγής της συνέντευξης. Κατόπιν οι ερωτώμενοι κλήθηκαν να περιγράψουν την μετακίνηση που εκτελούσαν τη συγκεκριμένη στιγμή με λεπτομέρεια ως προς το είδος των μέσων που χρησιμοποίησαν καθώς και εκείνων που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν. Επίσης, ζητήθηκε από τους επιβάτες να περιγράψουν τους χρόνους διαδρομής σε κάθε μέσο, καθώς και τους χρόνους εντός οχήματος και αναμονής στις στάσεις/ σταθμούς. Επίσης, ζητήθηκαν οι λόγοι που οδηγούν τους επιβάτες στη χρήση των μέσων που επιλέγουν. Τέλος ακολούθησαν ερωτήσεις που είχαν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά των χρηστών όπως επάγγελμα, μορφωτικό επίπεδο, μέγεθος νοικοκυριού, αριθμός ΙΧ στο νοικοκυριό κ.α. Από την συνδυαστική ανάλυση ορισμένων ερωτήσεων προκύπτει το εισόδημα (και εμμέσως η κοινωνική τάξη) των ερωτώμενων.

Η δομή του ερωτηματολογίου είναι τέτοια ώστε να διαχωρίζεται νοητά σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος συμπεριλαμβάνονται ερωτήσεις που περιγράφουν τη

μετακίνηση και στο δεύτερο ερωτήσεις που αφορούν τα κοινωνικά-οικονομικά χαρακτηριστικά των χρηστών.

Σε γενικές γραμμές, τα ερωτηματολόγια διαμορφώθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύχρηστα και απλά στην καταγραφή των απαντήσεων. Ιδιαίτερη μέριμνα λήφθηκε ώστε ο μέσος χρόνος διάρκειας της συνέντευξης να κυμαίνεται από 5 έως 10 λεπτά, γεγονός που συνέβαλλε στην ελαχιστοποίηση της κόπωσης του ερωτώμενου, αυξάνοντας έτσι την αξιοπιστία των απαντήσεων.

3.1.3 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης για την παρούσα έρευνα καθορίστηκε λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω κριτήρια:

- Δυνατότητα επιλογής μέσου για συγκεκριμένη διαδρομή
- Δυνατότητα μετεπιβίβασης
- Κομβικότητα σημείου/ σταθμού

Για παράδειγμα, πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις στο σταθμό Εθνικής Άμυνας του Μετρό, στις στάσεις ΕΘΕΛ και ΗΛΠΑΠ που βρίσκονται πλησίον του σταθμού αυτού καθώς και σε ΙΧ που κινούνταν στο οδικό τμήμα μπροστά από τις συγκεκριμένες στάσεις με κατεύθυνση προς το κέντρο. Η δυνατότητα επιλογής μέσου συνίσταται στο γεγονός ότι ο οδηγός του ΙΧ έχει την επιλογή να συνεχίσει με το αυτοκίνητό του ή να το σταθμεύσει στον ειδικό χώρο στάθμευσης και να επιβιβαστεί στο Μετρό ή σε όχημα ΕΘΕΛ που τον εξυπηρετεί. Αντίστοιχα, ο χρήστης Αστικών Συγκοινωνιών έχει την επιλογή να μετεπιβιβαστεί σε όχημα ΕΘΕΛ ή στο Μετρό. Ο χρήστης Αστικών Συγκοινωνιών που έχει ήδη επιβιβαστεί σε όχημα ΕΘΕΛ σε περιφερειακό δήμο, έχει την επιλογή με την άφιξή του στη συγκεκριμένη περιοχή να συνεχίσει με το ίδιο μέσο ή να κάνει μετεπιβίβαση στο Μετρό.

Άλλη περιοχή διεξαγωγής συνεντεύξεων ήταν ο σταθμός Ομόνοιας του Μετρό αλλά και του ΗΣΑΠ, που επίσης αποτελεί κομβικό σημείο ενώ παράλληλα προσφέρει τη δυνατότητα μετεπιβίβασης (στους επιβάτες). Ο τρόπος λοιπόν επιλογής όλων των σημείων που αποτέλεσαν την περιοχή μελέτης έγινε λαμβάνοντας υπόψη ένα ή περισσότερα από τα προαναφερθέντα κριτήρια.

3.1.4 Δειγματοληψία

Ο πληθυσμός-στόχος από τον οποίο έπρεπε να αντληθούν οι δειγματοληπτούμενες μονάδες στα πλαίσια της παρούσης έρευνας είναι τα φυσικά πρόσωπα άνω των 15 ετών που μετακινούνται εντός της περιοχής μελέτης, με μέσα Αστικών Συγκοινωνιών ή με αυτοκίνητο.

Για τη συλλογή του δείγματος ακολουθήθηκε η μέθοδος της πολυσταδιακής στρωματοποιημένης δειγματοληψίας. Στην πρώτη διάσταση της έρευνας (μέσο μετακίνησης) τα στρώματα της έρευνας ήταν οι τέσσερις φορείς των Αστικών Συγκοινωνιών (ΜΕΤΡΟ, ΗΣΑΠ, ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ) και το ιδιωτικό όχημα (ΙΧ).

Στη δεύτερη διάσταση (χρήστης) το δείγμα είναι στρωματοποιημένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η συγκέντρωση και ανάλυση των στοιχείων με βάση:

- Το φύλο
- Τη συχνότητα χρήσης του συγκεκριμένου μέσου
- Την ηλικία του ερωτώμενου
- Το εισόδημα του ερωτώμενου (τρεις κλάσεις: υψηλό, μεσαίο, χαμηλό)

Με την εν λόγω δειγματοληπτική μέθοδο, εξασφαλίζεται η τυχαιότητα και η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά του πραγματικού πληθυσμού του δικτύου έρευνας.

3.1.5 Έρευνα Πεδίου

Η διεξαγωγή των συνεντεύξεων πραγματοποιήθηκε τις τυπικές εργάσιμες μέρες από 26/5/2000 έως 14/6/2000, στο χρονικό διάστημα από 7.00 π. μ. έως 7.00 μ. μ., με εξαίρεση τα ΙΧ όπου η διάρκεια ήταν 7.00 π. μ.-14.00 μ. μ. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στα χρονικά πλαίσια της έρευνας. Τα κριτήρια χρονικής διάρκειας των μετρήσεων για κάθε σημείο ήταν τα εξής:

- Μέγιστη δυνατή κάλυψη της επιβατικής κίνησης μιας τυπικής ημέρας.
- Κατανομή συνεντεύξεων στο ευρύτερο χρονικό διάστημα της συλλογής στοιχείων.

Έτσι, ο συνολικός αριθμός συνεντεύξεων που είχε καθοριστεί στη φάση σχεδιασμού δεν εξαντλούνταν στο μικρότερο δυνατό διάστημα, αλλά κατανεμόταν σε ώρες εντός και εκτός αιχμής, σε πρωινές αλλά και απογευματινές ώρες και σε διάφορες, όχι απαραίτητα συνεχόμενες, ημέρες.

Ειδικές κυκλοφοριακές καταστάσεις που δημιουργήθηκαν από έκτακτα γεγονότα (π.χ. πορείες) και επομένως άλλαζαν προσωρινά τη μορφή της κυκλοφορίας και τη συμπεριφορά του επιβατικού κοινού, εξαιρέθηκαν από τις μετρήσεις. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίστηκε, κατά το δυνατό, η τυχαιότητα και η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά του πραγματικού πληθυσμού της έρευνας.

Επόπτες και συνεντεύκτες που ασχολήθηκαν με τη συλλογή στοιχείων εκπαιδεύτηκαν κατάλληλα με σκοπό να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η αποφυγή μεροληψιών στη συλλογή και τον έλεγχο των δεδομένων.

Οι συνεντεύξεις στους επιβάτες των οχημάτων της **ΕΘΕΛ** πραγματοποιήθηκαν εντός των οχημάτων με σκοπό να ληφθεί καλύτερη διασπορά πληθυσμού. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο δεδομένου ότι τυχόν συνεντεύξεις σε στάσεις πιθανότατα να περιελάμβαναν πληθυσμό μόνο από τις κοντινές περιοχές. Η επιλογή των περιοχών επιβίβασης των ερευνητών έγινε με βάση την απόστασή τους από σταθμούς μετρό.

Οι συνεντεύξεις στους επιβάτες οχημάτων του **ΗΛΠΑΠ** πραγματοποιήθηκαν εντός των οχημάτων στην περιοχή της πλατείας Αττικής, ενώ στην περιοχή κοντά στο Μέγαρο Μουσικής οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν στη στάση.

Οι συνεντεύξεις στους επιβάτες συρμών του **METPO** πραγματοποιήθηκαν στους σταθμούς του Μετρό σε κατάλληλα σημεία ώστε να διαχωρίζονται οι επιβιβάσεις ανά κατεύθυνση καθώς και η μετεπιβίβαση.

Οι συνεντεύξεις στους οδηγούς **ΙΧ** πραγματοποιήθηκαν σε τρία επιλεγμένα οδικά τμήματα στην κατεύθυνση προς το κέντρο με τη συνεργασία της τροχαίας. Οι συγκεκριμένες συνεντεύξεις διεξήχθησαν δύο τυπικές ημέρες σε κάποιο σημείο για κάθε ένα από αυτά τα τρία επιλεγμένα οδικά τμήματα.

3.1.6 Μέγεθος Δείγματος

Στο αρχικό στάδιο της έρευνας προβλεπόταν ότι ο συνολικός αριθμός πλήρων συνεντεύξεων συγκοινωνιακής συμπεριφοράς των επιβατών που θα λαμβάνονταν ως δείγμα ανάλυσης, θα έπρεπε να ανέρχεται σε 5100 ερωτηματολόγια συνολικά. Το

μέγεθος αυτό προβλεπόταν από τις τεχνικές προδιαγραφές της έρευνας και θεωρείται ικανοποιητικό με βάση τη διεθνή εμπειρία σε αντίστοιχες μελέτες για ασφαλή εκτίμηση των παραμέτρων μετακίνησης. Επίσης καθορίστηκε ο αριθμός των ερωτηματολογίων ανά σταθμό Μετρό και ανά κατεύθυνση σε αυτόν, καθώς και ο αριθμός των ερωτηματολογίων για ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ και ΙΧ ανά περιοχή.

Από τα 5100 ερωτηματολόγια επιλέχθηκαν τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια, με βάση την ακρίβεια, την επάρκεια και τη λογική τους συνέπεια, για τυχόν μεροληψίες καθώς και για την πληρότητα τους κατά την καταγραφή. Τελικά, για επεξεργασία, προέκυψαν 4921 ερωτηματολόγια. Κατά την επεξεργασία των ερωτηματολογίων, μέρος της οποίας έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, Version 10.0), προέκυψε ο παρακάτω πίνακας (καθώς και οι πίνακες που θα ακολουθήσουν) ο οποίος, σε πρώτη φάση, δίνει τον αριθμό και το ποσοστό των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν στο κάθε μέσο ή σε συνδυασμό αυτών και επομένως και το πλήθος των μετακινούμενων με το κάθε μέσο. Παρατηρείται ότι το 30% των μετακινούμενων επέλεγον το συνδυασμό μετρό/ λεωφορείο, το 25% μόνο λεωφορείο, ακολουθούν ο συνδυασμός μετρό/ Ι. Χ. (21%), Ι. Χ. (20%) και τέλος μετρό με ποσοστό περίπου 3.6%.

Πίνακας 3.1.: Πλήθος μετακινούμενων ανά μέσο.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
Λεωφορείο	1251	25,4
Μετρό/λεωφορείο	1476	30,0
Μετρό/Ι.Χ.	1023	20,8
Μετρό	175	3,6
Ι.Χ.	996	20,2
Σύνολο	4921	100,0

3.1.7 Χαρακτηριστικά Πληθυσμού Έρευνας

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η δειγματοληπτική μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν αυτή της πολυσταδιακής δειγματοληψίας. Τα στρώματα της έρευνας ήταν οι φορείς Αστικών Συγκοινωνιών ΕΘΕΛ, ΑΜ, και ΗΛΠΑΠ και το ιδιωτικό μέσο. Συγκεκριμένα δείγμα από την ΕΘΕΛ συλλέχθηκε από τους τέσσερις τύπους γραμμών του δικτύου της: αξονικές, διαδημοτικές, κεντρικές, και διακεντρικές. Επελέγη τυχαίο δείγμα γραμμών, μεγέθους ανάλογου της επιβατικής

κίνησης (proportional to size sampling). Τέλος, έγινε απλή τυχαία δειγματοληψία για τον περιορισμό ποσοτώσεων φύλου και ηλικίας. Με την εν λόγω δειγματοληπτική μέθοδο, εξασφαλίζεται η τυχαιότητα και αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά του πραγματικού πληθυσμού του δικτύου της έρευνας. Παρακάτω παρατίθενται πίνακες με τα ποσοστά των χρηστών ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης και με τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των μετακινούμενων.

Πίνακας 3.1.7.1: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
Διάφορες (0)	1778	36,1
Εργασία (1)	3143	63,9
Σύνολο	4921	100,0

Στον παραπάνω πίνακα ο σκοπός των μετακινήσεων αναφέρεται στις μετακινήσεις για εργασία και για άλλους λόγους. Από τα αποτελέσματα που εμφανίζονται σε αυτόν γίνεται φανερό ότι οι μετακινήσεις για εργασία (3143) είναι σαφώς περισσότερες (1,77 φορές) από τις μετακινήσεις για την πραγματοποίηση διάφορων άλλων δραστηριοτήτων (1778).

Πίνακας 3.1.7.2.: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με το φύλο.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
Άνδρες	2222	45,2
Γυναίκες	2699	54,8
Σύνολο	4921	100,0

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα που δείχνει την κατανομή του δείγματος ανάλογα με το φύλο των μετακινούμενων, οι γυναίκες εμφανίζονται να κάνουν τις περισσότερες μετακινήσεις με τα μέσα στα οποία έγιναν τα ερωτηματολόγια. Συγκεκριμένα, αποτελούν σχεδόν το 55% των μετακινούμενων ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους άντρες ανέρχεται σε 45%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι γυναίκες είναι οι συχνότεροι χρήστες των Αστικών Συγκοινωνιών με σημαντική διαφορά, σε ποσοστό, από τους άντρες οι οποίοι εμφανίζονται συνηθέστερα ως οδηγοί Ι.Χ.

Πίνακας 3.1.7.3: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με το εισόδημα.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
Χαμηλό	540	11,0
Μεσαίο	2952	60,0
Υψηλό	1429	29,0
Σύνολο	4921	100,0

Η κατανομή του δείγματος ανά εισόδημα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα από αυτή τη κατανομή, όπως γίνεται φανερό από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό μετακινούμενων, γενικά, (δηλαδή με το σύστημα Αστικών Συγκοινωνιών αλλά και με Ι. Χ.) έχει μεσαίο εισόδημα (ποσοστό 60%). Τα άτομα με υψηλό εισόδημα, έπονται με ποσοστό περίπου 30%. Αυτό συμβαίνει επειδή τα άτομα αυτά είναι συνήθως κάτοικοι των προαστίων και όχι του κέντρου της Αθήνας, οπότε υποχρεούνται να διανύουν μεγάλες αποστάσεις καθημερινά για τις οποίες προτιμούν το Ι. Χ.. Τέλος τα άτομα με χαμηλό εισόδημα, εμφανίζονται με ποσοστό αρκετά χαμηλό (πλησίον του 10%). Το χαμηλό αυτό ποσοστό μετακινούμενων που έχουν μικρό εισόδημα οφείλεται στον μεγάλο αριθμό ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν από επιβάτες του μετρό και από οδηγούς Ι. Χ., όπου οι χρήστες τους ανήκουν στην μεσαία και κυρίως στην ανώτερη τάξη. Συμπερασματικά, αναφέρεται ότι οι αστικές συγκοινωνίες έχουν χρήστες που ανήκουν σε όλες σχεδόν τις επαγγελματικές και κοινωνικές τάξεις. Υπάρχει όμως μία ξεκάθαρη τάση οι χρήστες να είναι άτομα χαμηλότερης εκπαίδευσης και κοινωνικής τάξης (όπου η τάξη υπολογίζεται ως συνδυασμός επαγγέλματος, μόρφωσης και εργασίας του ερωτώμενου και του αρχηγού της οικογένειάς του).

Σε ό,τι αφορά στον αριθμό Ι. Χ. στο νοικοκυριό, παρατηρείται ότι στην περίπτωση του ενός Ι. Χ. το ποσοστό των μετακινούμενων είναι περίπου 25% ενώ για δύο Ι. Χ. το ποσοστό των μετακινούμενων διπλασιάζεται, γεγονός που καταδεικνύει, ότι με την αύξηση του δείκτη ιδιοκτησίας Ι. Χ. αυτοκινήτων αυξάνονται και οι μετακινήσεις γενικότερα. Όταν ο αριθμός των Ι. Χ. σε ένα νοικοκυριό είναι μεγαλύτερος του τρία, το πλήθος των μετακινούμενων μειώνεται σημαντικά. Αυτό μάλλον σημαίνει ότι στο συγκεκριμένο δείγμα ο αριθμός αυτών που έχουν στην

κατοχή τους περισσότερα από τρία αυτοκίνητα είναι πολύ μικρός και δεν μπορεί να οδηγήσει σε σωστά συμπεράσματα.

Πίνακας 3.1.7.4: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με τον αριθμό Ι.Χ. στο νοικοκυριό.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
1,0	1204	24,5
2,0	2519	51,2
3,0	979	19,9
4,0	159	3,2
5,0	52	1,1
6,0	8	0,2
Σύνολο	4921	100,0

Το πλήθος των μετακινούμενων ανάλογα με την ηλικία τους, όπως γίνεται εμφανές από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση του δείγματος, είναι πολύ μικρό για ηλικίες μικρότερες των 18 ετών με ποσοστό συμμετοχής στα ερωτηματολόγια 0,3%. Αυτό συμβαίνει διότι οι μετακινήσεις για τις μικρότερες ηλικίες καθώς και για τις μεγαλύτερες (>65) δεν είναι συχνές, αφενός λόγω ηλικίας και αφετέρου λόγω έλλειψης διπλώματος οδήγησης για τις μικρές ηλικιακές ομάδες. Οι επιβάτες που είναι μεγαλύτεροι των 65 ετών και που έχουν δίπλωμα οδήγησης είναι πιθανό να επιλέγουν για τις μετακινήσεις τους το αυτοκίνητο. Αυτό βέβαια ισχύει σε μερικές περιπτώσεις, αφού με την αύξηση της ηλικίας η ικανότητα για οδήγηση μειώνεται, εμφανίζοντας σημαντική στροφή προς τις Αστικές Συγκοινωνίες. Για τις ηλικιακές ομάδες των 19-24, 25-34, το ποσοστό των μετακινούμενων αυξάνεται από 23,1% σε 30,7% ενώ στη συνέχεια με την αύξηση της ηλικίας προκαλείται μείωση του ποσοστού αυτού.

Πίνακας 3.1.7.5.: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με την ηλικία.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
≤18	16	0,3
19-24	1136	23,1
25-34	1513	30,7
35-44	1033	21,0
45-54	697	14,2
55-64	390	7,9
>65	136	2,8
Σύνολο	4921	100,0

Το ποσοστό των μετακινούμενων εξετάζεται επίσης και σε σχέση με τον αριθμό των μελών του νοικοκυριού που είναι άνω των 18 ετών. Έτσι προκύπτει το συμπέρασμα ότι, με την αύξηση των μελών από 2 μέχρι 3, το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 15,9% και 38,3% αντίστοιχα, ενώ από το σημείο αυτό και έπειτα μειώνεται λόγω του δείγματος το οποίο γίνεται πολύ μικρό και πιθανότατα μη-αντιπροσωπευτικό.

Πίνακας 3.1.7.6.: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων, στο νοικοκυριό, άνω των 18.

Αριθμός μελών ≥ 18	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
2,0	780	15,9
3,0	1885	38,3
4,0	1037	21,1
5,0	992	20,2
6,0	227	4,6
Σύνολο	4921	100,0

3.1.8 Προφίλ Επιβατών

Στα πλαίσια της έρευνας αυτής ζητήθηκε από τους επιβάτες Αστικών Συγκοινωνιών και τους οδηγούς των Ι.Χ. να περιγράψουν λεπτομερώς τη μετακίνησή τους. Ο αριθμός των ερωτηματολογίων που προκύπτει επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά (προφίλ) των χρηστών των Αστικών Συγκοινωνιών και των οδηγών Ι.Χ. με στατιστική ακρίβεια άνω του 95%. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με το πλήθος και τον τύπο των μέσων που χρησιμοποιούν, τη συχνότητα χρήσης των Α. Σ. ή του ΙΧ καθώς και τους χρόνους εντός και εκτός οχήματος

Πίνακας 3.1.8.1: Αριθμός τύπων μέσων που χρησιμοποιούν οι επιβάτες

Τύποι μέσων	Πλήθος των τύπων μέσων (Προφίλ επιβατών)	
	Αριθμός	Ποσοστό
ΕΘΕΛ	2060	41,9%
ΗΛΠΑΠ	985	20,0%
Μετρό	749	15,2%
ΙΧ	411	8,4%
4	682	13,9%
5	21	0,4%
6	13	0,3%
Σύνολο	4921	100,0%

Πίνακας 3.1.8.2: Αριθμός τύπων μέσων που χρησιμοποιούν οι επιβάτες
ΠΛΗΘΟΣ ΤΩΝ ΤΥΠΩΝ ΜΕΣΩΝ (ΠΡΟΦΙΛ ΕΠΙΒΑΤΩΝ)

ΤΥΠΟΙ ΜΕΣΩΝ	ΕΝΑΣ		ΔΥΟ		ΤΡΕΙΣ		ΤΕΣΣΕΡΙΣ		ΣΥΝΟΛΟ
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	
ΕΘΕΛ	771	51% (±2,5%)	646	43% (±2,5%)	86	6% (±1,2%)	0	0% (±0,0%)	1503
ΗΛΠΑΠ	402	80% (±3,5%)	96	19% (±3,5%)	2	0% (±0,6%)	0	0% (±0,0%)	500
ΜΕΤΡΟ	524	25% (±1,8%)	1203	57% (±2,1%)	363	17% (±1,6)	15	1% (±0,4%)	2105
ΙΧ	984	98% (±0,8%)	16	2% (±0,8%)	0	0% (±0,0%)	0	0% (±0,0%)	1000

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται ότι ένας στους δύο επιβάτες, που ρωτήθηκαν σε οχήματα της ΕΘΕΛ, χρησιμοποιεί έναν τύπο μέσου (ΕΘΕΛ) για τη μετακίνηση του. Οι υπόλοιποι χρησιμοποιούν δύο τύπους, ενώ πολύ μικρό ποσοστό, περίπου 6% τρεις τύπους. Στο ΜΕΤΡΟ, το μεγαλύτερο ποσοστό (60%) χρησιμοποιεί δύο τύπους μέσων ενώ το 25% μόνο ΜΕΤΡΟ.

Σε ό,τι αφορά στο πλήθος των μέσων που χρησιμοποιείται, δηλαδή τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων που είναι απαραίτητο να γίνουν προκειμένου να ολοκληρωθεί η μετακίνηση, παρατηρείται ότι το ποσοστό που δεν μετεπιβιβάζεται (δηλαδή το ποσοστό των μετακινούμενων που δεν αποβιβάζονται από κάποιο μέσο για να επιβιβαστούν σε κάποιο άλλο) είναι περίπου 40%. Το ποσοστό των μετακινούμενων που πραγματοποιούν περισσότερες της μιας μετεπιβιβάσεις δηλαδή μία, δύο ή τρεις είναι 20%, 15% και 8% αντίστοιχα. Για τέσσερις, πέντε ή έξι μετεπιβιβάσεις τα ποσοστά που φαίνονται στον πίνακα 3.1.8.1 δεν είναι αξιόπιστα λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος και της μη-αντιπροσωπευτικότητάς του.

Πίνακας 3.1.8.1: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με τον αριθμό μετεπιβιβάσεων.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
0	2060	41,9
1	985	20,0
2	749	15,2
3	411	8,4
4	682	13,9
5	21	0,4
6	13	0,3
Σύνολο	4921	100,0

Το δείγμα της έρευνας στις Αστικές Συγκοινωνίες προήλθε κυρίως από καθημερινούς χρήστες (ποσοστό μεγαλύτερο του 40%) και ακολουθούν οι συχνοί χρήστες (ποσοστό 30%). Αποτέλεσμα αυτής της κατανομής του δείγματος ήταν η συγκέντρωση ακριβέστερων στοιχείων. Ο επιβάτης που πραγματοποιεί καθημερινά ή έστω συχνά (δηλαδή 2 με 3 φορές την εβδομάδα) μία διαδρομή είναι περισσότερο ακριβής σχετικά με τους χρόνους που έδωσε (χρόνος διαδρομής, αναμονής σε στάσεις, βαδίσματος, κλπ), τα δρομολόγια που περιέγραψε (ακρίβεια στις περιοχές προέλευσης και προορισμού, είδος μέσων, αριθμό γραμμών) καθώς και κατασταλαγμένος για τα αίτια που τον οδηγούν στη συγκεκριμένη συγκοινωνιακή συμπεριφορά.

Πίνακας 3.1.8.2: Πλήθος μετακινούμενων ανάλογα με τη συχνότητα χρήσης.

	Πλήθος μετακινούμενων	Ποσοστό μετακινούμενων (%)
Καθημερινά	1997	40,6
Μέχρι 2 φορές την εβδομάδα	1530	31,1
Μέχρι 3 φορές το μήνα	711	14,4
1 φορά το μήνα	323	6,6
Πρώτη φορά	360	7,3
Σύνολο	4921	100,0

3.1.9 Χρόνοι Μετακίνησης

Το σύστημα των Αστικών Συγκοινωνιών (εκτός του Μετρό) καθώς και το σύστημα μεταφοράς με ιδιωτικό μέσο και ταξί χρησιμοποιούν το ίδιο οδικό δίκτυο υποδομής με αποτέλεσμα να επηρεάζονται άμεσα μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, τα δομικά και λειτουργικά προβλήματα του δικτύου αυτού επιδρούν περισσότερο στις Α.Σ. λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους των οχημάτων καθώς και των λειτουργικών τους χαρακτηριστικών αλλά και των συχνών στάσεων. Γενικά, όσον αφορά τα οδικά μέσα μεταφοράς (Ι.Χ. και Α.Σ.) παρατηρούνται μεγάλοι χρόνοι ταξιδιού σε αντίθεση με το Μετρό που δεν επηρεάζεται από το οδικό δίκτυο και οι χρόνοι ταξιδιού με το μέσο αυτό είναι σταθεροί και σχετικά, σύντομοι.

Πίνακας 3.1.9.1: Χρόνοι μετακίνησης ανάλογα με το μέσο (η τυπική απόκλιση εμφανίζεται μέσα στην παρένθεση)

	Λεωφορείο	Λεωφορείο/ Μετρό	Μετρό/ I.X.	Μετρό	I.X.	Συνολικός χρόνος για όλα τα οχήματα
Εντός οχήματος	43,8 (28,5)	49,7 (33,4)	27,2 (13,3)	20,5 (13,9)	44,9 (20,8)	40,4 (28,2)
Εκτός οχήματος	13,7 (3,7)	17,6 (8,6)	13,0 (6,4)	16,1 (7,3)	5,6 (2,3)	13,7 (7,6)
Συνολικός χρόνος	57,5 (28,4)	67,3 (33,3)	40,2 (15,8)	36,6 (17,3)	50,4 (20,5)	54,1 (28,7)

Από τον πίνακα 3.1.9.1. μπορεί εύκολα να παρατηρηθεί ότι ο χρόνος εντός οχήματος εμφανίζεται αρκετά μικρότερος (21') στις μετακινήσεις που πραγματοποιούνται με χρήση του μετρό αποκλειστικά, ακολουθούν οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται με συνδυασμό μετρό και I.X. (27'). Όσο αφορά το χρόνο εκτός οχήματος είναι αρκετά μεγάλος για τις μετακινήσεις με μετρό (17') και αυτό οφείλεται, πιθανότατα στο χρόνο βαδίσματος τον οποίο είναι διατεθειμένοι να διαθέσουν οι χρήστες του μετρό. Ο μικρότερος χρόνος εκτός οχήματος εμφανίζεται στην περίπτωση χρήσης I.X. (6') και αυτό γιατί το I.X. είναι ένα μέσο που κατά κανόνα εκτελεί μετακινήσεις από πόρτα σε πόρτα αλλά ο χρόνος εντός είναι αρκετά μεγάλος (45'). Ο συνδυασμός μετρό/ I.X. εμφανίζεται να έχει λίγο μεγαλύτερο χρόνο εντός οχήματος (27') από ότι το μετρό και μικρότερο χρόνο εκτός οχήματος (13'). Ο μεγαλύτερος χρόνος εκτός αλλά και εντός οχήματος συναντάται στο συνδυασμό λεωφορείο/ μετρό, ακολουθεί το I.X. με μεγάλο χρόνο εντός οχήματος και τέλος το λεωφορείο (44').

3.1.10 Αριθμός μετεπιβιβάσεων

Σύμφωνα με την έρευνα, που όπως προαναφέρθηκε πραγματοποιήθηκε με ατομικές συνεντεύξεις στους επιβάτες Αστικών Συγκοινωνιών αλλά και σε οδηγούς I.X., το ποσοστό των επιβατών που πραγματοποιούν μετεπιβιβάσεις στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας εξαρτάται από το μέσο, το φύλο, τη συχνότητα χρήσης αλλά και τη κοινωνική τάξη. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιεί καθένας από τους μετακινούμενους προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του

φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν. Οι πίνακες είναι για τις Αστικές Συγκοινωνίες και το ιδιωτικό μέσο.

Πίνακας 3.1.10.1: Αριθμός μετεπιβιβάσεων ανά μέσο

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΜΕΣΟ								
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΜΕΣΟ						ΣΥΝΟΛΙΚΑ	
	ΜΕΤΡΟ		ΗΛΙΑΠ		ΕΘΕΛ			
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό
0	309	15% (±2,0%)	387	77% (±4,0%)	469	31% (±2,0%)	1165	28% (±1,0%)
1	834	40% (±2,0%)	108	22% (±4,0%)	640	43% (±2,0%)	1582	39% (±1,0%)
2	735	35% (±2,0%)	4	1% (±1,0%)	344	23% (±2,0%)	1083	26% (±1,0%)
3	195	9% (±1,0%)	1	0% (±0,0%)	50	3% (±1,0%)	246	6% (±1,0%)
4	32	2% (±1,0%)	0	0% (±0,0%)	0	0% (±0,0%)	32	1% (±0,0%)
ΣΥΝΟΛΟ	2105	100% (±0,0%)	500	100% (±0,0%)	1503	100% (±0,0%)	4108	100% (±0,0%)

Από τον παρακάτω πίνακα φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των επιβατών των Αστικών Συγκοινωνιών που ολοκληρώνει τη μετακίνησή του με μία επιβίβαση συναντάται στον ΗΛΙΑΠ με ποσοστό που πλησιάζει το 80%. Το ανάλογο ποσοστό στην ΕΘΕΛ ισούται με το 30% των επιβατών και στο ΜΕΤΡΟ είναι ακόμη μικρότερο (15%). Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι το δίκτυο των ΗΛΙΑΠ καλύπτει και εξυπηρετεί μεγάλο μέρος των μετακινήσεων εντός του κέντρου.

Περίπου το 40% των χρηστών του ΜΕΤΡΟ και της ΕΘΕΛ και το 20% του ΗΛΙΑΠ πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Ένας στους τρεις επιβάτες του ΜΕΤΡΟ αλλά και στους τέσσερις επιβάτες της ΕΘΕΛ πραγματοποιούν δύο μετεπιβιβάσεις. Τρεις μετεπιβιβάσεις εμφανίζονται κυρίως στους χρήστες ΜΕΤΡΟ σε ποσοστό 10%. Επίσης, τέσσερις μετεπιβιβάσεις πραγματοποιούνται μόνο από τους χρήστες του ΜΕΤΡΟ αλλά σε πολύ μικρό ποσοστό.

Παρακάτω ακολουθούν δύο πίνακες σχετικά με τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιούν οι επιβάτες του ΜΕΤΡΟ και της ΕΘΕΛ κατά φύλο, συχνότητα χρήσης και κοινωνική τάξη για να δοθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των μετεπιβιβάσεων. Οι πίνακες αφορούν αυτά τα μέσα γιατί οι επιβάτες τους πραγματοποιούν μεγαλύτερο αριθμό μετεπιβιβάσεων σε σχέση με τα άλλα μεταφορικά μέσα.

Πίνακας 3.1.10.2: Αριθμός μετεπιβιβάσεων επιβατών ΜΕΤΡΟ ανά φύλο, συχνότητα χρήσης και κοινωνική τάξη

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΜΕΤΡΟ - ΑΡ. ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ					
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΦΥΛΟ				ΣΥΝΟΛΟ
	ΑΝΔΡΕΣ		ΓΥΝΑΙΚΕΣ		
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός
0	121	14% (±2,0%)	188	15% (±2,0%)	309
1	334	38% (±3,0%)	500	41% (±3,0%)	834
2	331	38% (±3,0%)	404	33% (±3,0%)	735
3	84	10% (±2,0%)	111	9% (±2,0%)	195
4	12	1% (±1,0%)	20	2% (±1,0%)	32
ΣΥΝΟΛΟ	882	100% (±0,0%)	1223	100% (±0,0%)	1503

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΜΕΤΡΟ – ΑΡ. ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ							
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ						ΣΥΝΟΛΟ
	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ		ΣΥΧΝΑ		ΣΠΑΝΙΑ		
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός
0	216	15% (±2,0%)	62	13% (±3,0%)	31	31% (±3,0%)	309
1	559	39% (±3,0%)	200	43% (±4,0%)	75	43% (±4,0%)	834
2	500	35% (±2,0%)	154	33% (±4,0%)	81	23% (±4,0%)	735
3	135	9% (±2,0%)	45	10% (±3,0%)	155	3% (±5,0)	335
4	24	2% (±1,0%)	5	1% (±1,0%)	3	0% (±1,0%)	32
ΣΥΝΟΛΟ	1434	100%	466	100%	345	100%	2245

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΜΕΤΡΟ – ΑΡ. ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ							
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΕΙΣΟΔΗΜΑ						ΣΥΝΟΛΟ
	Υψηλό		Μεσαίο		Χαμηλό		
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	
0	59	15% (±3,0%)	213	15% (±2,0%)	37	12% (±4,0%)	309
1	183	45% (±5,0%)	534	38% (±3,0%)	117	39% (±5,0%)	834
2	118	29% (±4,0%)	500	36% (±3,0%)	117	39% (±5,0%)	735
3	37	9% (±3,0%)	131	9% (±2,0%)	27	9% (±3,0%)	195
4	6	1% (±1,0%)	22	2% (±1,0%)	4	1% (±1,0%)	32
ΣΥΝΟΛΟ	403	100%	1400	100%	302	100%	2105

Από τους παραπάνω αναλυτικούς πίνακες προκύπτουν τα εξής:

- Α) Ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων δε διαφοροποιείται ιδιαίτερα με το φύλο του επιβάτη. Οι άνδρες επιβάτες του ΜΕΤΡΟ πραγματοποιούν κυρίως μια με δύο μετεπιβιβάσεις. Οι γυναίκες επιβάτες του ΜΕΤΡΟ πραγματοποιούν σε μεγαλύτερο ποσοστό μία μετεπιβίβαση και σε λίγο μικρότερο ποσοστό δύο.
- Β) Οι καθημερινοί και οι συχνοί χρήστες του ΜΕΤΡΟ πραγματοποιούν στο μεγαλύτερο μέρος τους μια μετεπιβίβαση, ενώ οι σπάνιοι χρήστες μέχρι και τρεις.
- Γ) Ένας στους δύο περίπου επιβάτες με υψηλό εισόδημα αλλάζει μέσο μεταφοράς μόνο μία φορά. Οι επιβάτες με μεσαίο και χαμηλό εισόδημα συνήθως χρησιμοποιούν δύο με τρία μέσα μεταφοράς.

Πίνακας 3.1.10.3: Αριθμός μετεπιβιβάσεων επιβατών ΕΘΕΛ ανά φύλο, συχνότητα χρήσης και κοινωνική τάξη

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΕΘΕΛ - ΑΡ.ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ					
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΦΥΛΟ				ΣΥΝΟΛΟ
	ΑΝΔΡΕΣ		ΓΥΝΑΙΚΕΣ		
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	
0	174	35% (±4,0%)	295	29% (±3,0%)	469
1	205	41% (±4,0%)	435	43% (±3,0%)	640
2	107	21% (±4,0%)	237	24% (±3,0%)	344
3	12	2% (±2,0%)	38	4% (±1,0%)	50
ΣΥΝΟΛΟ	498	100%	1005	100%	1503

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΕΘΕΛ – ΑΡ. ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ							
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ						ΣΥΝΟΛΟ
	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ		ΣΥΧΝΑ		ΣΠΑΝΙΑ		
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	
0	267	29% (±3,0%)	164	38% (±5,0%)	38	27% (±7,0%)	469
1	397	42% (±3,0%)	173	41% (±5,0%)	70	49% (±8,0%)	640
2	234	25% (±3,0%)	79	19% (±4,0%)	31	22% (±7,0%)	344
3	37	4% (±1,0%)	10	2% (±2,0%)	3	2% (±2,0%)	50
ΣΥΝΟΛΟ	935	100%	426	100%	142	100%	1503

ΕΠΙΒΑΤΕΣ ΕΘΕΛ – ΑΡ. ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ							
ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΕΙΣΟΔΗΜΑ						ΣΥΝΟΛΟ
	Υψηλό		Μέσο		Χαμηλό		
	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός
0	28	23% (±8,0%)	310	31% (±3,0%)	131	34% (±5,0%)	469
1	51	43% (±9,0%)	448	45% (±3,0%)	141	37% (±5,0%)	640
2	34	28% (±8,0%)	210	21% (±3,0%)	100	26% (±4,0%)	344
3	7	6% (±3,0%)	34	3% (±1,0%)	9	2% (±2,0%)	50
ΣΥΝΟΛΟ	403	100%	1002	100%	381	100%	1503

Οι άνδρες επιβάτες της ΕΘΕΛ που χρησιμοποιούν ένα μέσο μεταφοράς ανέρχονται στο 35%. Το αντίστοιχο ποσοστό για τις γυναίκες ανέρχεται στο 30%. Η πλειοψηφία ανδρών και γυναικών πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Γενικά δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διαφορές στη συμπεριφορά των δύο φύλων. Επίσης δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές στη συμπεριφορά των επιβατών της ΕΘΕΛ ανάλογα με τη συχνότητα χρήσης και το εισόδημα.

Οι οδηγοί ΙΧ ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους με το αυτοκίνητο, δηλαδή δεν πραγματοποιούν μετεπιβιβάσεις. Πολύ μικρό είναι το ποσοστό εκείνων που μετά από τα επιλεγμένα σημεία των συνεντεύξεων σταθμεύουν και πραγματοποιούν αλλαγή μέσου. Το δεύτερο μέσο που χρησιμοποιούν είναι είτε το ΜΕΤΡΟ είτε ο ΗΣΑΠ με ίσα ποσοστά εμφάνισης.

Πίνακας 3.1.10.4: Αριθμός μετεπιβιβάσεων οδηγών Ι.Χ.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ ΟΔΗΓΩΝ Ι.Χ.		
Μετεπιβιβάσεις	Αριθμός	Ποσοστό
0	984	98% ($\pm 1,0\%$)
1	16	2% ($\pm 1,0\%$)
ΣΥΝΟΛΟ	1000	100%

Ο τύπος των μέσων (δηλαδή ΕΘΕΛ, ΗΛΠΑΠ, ΗΣΑΠ και ΜΕΤΡΟ) που χρησιμοποιούν οι επιβάτες αλλά και ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιούν προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα είναι σημαντικά στοιχεία των οποίων η γνώση θα βοηθήσει σημαντικά στο συγκοινωνιακό σχεδιασμό και προγραμματισμό. Ο συνδυασμός των στοιχείων αυτών μας δίνει το γενικό προφίλ των επιβατών. Πια παράδειγμα, ο επιβάτης που μετακινείται με όχημα της ΕΘΕΛ και πραγματοποιεί μετεπιβίβαση σε άλλο όχημα της ΕΘΕΛ είναι χρήστης ενός μόνο μέσου (δηλαδή ΕΘΕΛ) και πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Άλλο σημαντικό στοιχείο που συνθέτει το προφίλ του χρήστη είναι και οι λόγοι που τον οδήγησαν σε μία επιλογή μέσου για διαδρομές που εξυπηρετούνται από διάφορα μέσα.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο συνδυαστικός πίνακας 'τύπων μέσων-πλήθους μετεπιβιβάσεων' ανά μέσο, τα αποτελέσματα του οποίου επιβεβαιώνονται από τους επιμέρους προηγούμενους πίνακες.

**Πίνακας 3.1.10.5: Αριθμός μετεπιβιβάσεων ανά πλήθος τύπων μέσων
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΥΠΟΥ ΜΕΣΩΝ ΜΕ ΑΡΙΘΜΟ ΜΕΤΕΠΙΒΙΒΑΣΕΩΝ**

ΤΥΠΟΙ ΜΕΣΩΝ	ΑΡ. ΜΕΤ/ΣΕΩΝ	ΕΘΕΛ		ΗΛΠΑΠ		ΜΕΤΡΟ	
		Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό	Αριθμός	Ποσοστό
1	0	469	31,2% (±2,0%)	387	77,4% (±4,0%)	309	14,7% (±2,0%)
	1	302	20,1% (±2,0%)	15	3,0% (±1,0%)	215	10,2% (±1,0%)
2	1	338	22,5% (±2,0%)	93	18,6% (±3,0%)	619	29,4% (±2,0%)
	2	308	20,5% (±2,0%)	3	0,6% (±1,0%)	584	27,7% (±2,0%)
3	2	36	2,4% (±2,0%)	1	0,2% (±0,0%)	151	7,2% (±1,0%)
	3	50	3,3% (±2,0%)	1	0,2% (±0,0%)	190	9,0% (±1,0%)
	4	0	0,0% (±0,0%)	0	0,0% (±0,0%)	22	1,0% (±0,0%)
4	3	0	0,0% (±0,0%)	0	0,0% (±0,0%)	5	0,2% (±0,0%)
	4	0	0,0% (±0,0%)	0	0,0% (±0,0%)	0	0,5% (±0,0%)
ΣΥΝΟΛΟ		1503	100,0%	500	100,0%	2105	100,0%

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα το 50% των επιβατών της ΕΘΕΛ χρησιμοποιεί ένα τύπο μέσου (ΕΘΕΛ), από τους οποίους 1 στους 3 πραγματοποιεί μία μετεπιβίβαση. Επειδή όμως δεν αλλάζει τύπο μέσου, προκύπτει ότι μετεπιβιβάζεται σε άλλο όχημα της ΕΘΕΛ. Παρόμοια λογική αντιστοιχεί σε ΗΛΠΑΠ και ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ. Στο τελευταίο, περίπου το 15%, εξυπηρετείται με μία γραμμή ΜΕΤΡΟ, ενώ το 10% και με τις δύο. Σε n τύπους μέσων, με πλήθος μετεπιβιβάσεων μεγαλύτερο ή ίσο του n , ο χρήστης έχει χρησιμοποιήσει περισσότερες από μία φορές συγκεκριμένο τύπο μέσου.

3.2 Μεθοδολογία

Τα στοιχεία συνοπτικά παραπάνω αποτελούν τη βάση δεδομένων. Απαραίτητο στάδιο πριν τη διαδικασία αυτή αποτελεί η περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου, στο οποίο θα βασιστεί η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, παρατίθενται όλες οι βασικές έννοιες και οι κυριότερες στατιστικές θεωρίες για την κατανόηση του τρόπου ανάπτυξης των μαθηματικών προτύπων. Στη

συνέχεια, παρουσιάζονται όλα τα επιμέρους στοιχεία που αφορούν το επιλεγμένο μη γραμμικό πρότυπο παλινδρόμησης Poisson (Poisson Regression).

3.2.1 Βασικές έννοιες

Η Στατιστική είναι ένας κλάδος των Εφαρμοσμένων Μαθηματικών που ασχολείται με τη συλλογή, τη συνοπτική παρουσίαση και ανάλυση-ερμηνεία παρατηρήσεων που υπόκεινται σε τυχαίες μεταβολές με τελικό στόχο την εξαγωγή βάσιμων συμπερασμάτων και τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας. Οι παρατηρήσεις αφορούν ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά των μονάδων ενός συνόλου που ονομάζεται *πληθυσμός (population)*. Οι σπουδαστές του Α' έτους του Ε.Μ.Π., για παράδειγμα, ή οι επιβάτες των μέσων μαζικής μεταφοράς αποτελούν παραδείγματα πληθυσμών.

Το σύνολο των μονάδων του πληθυσμού από τις οποίες λαμβάνουμε τις παρατηρήσεις ονομάζεται *δείγμα*. Συχνά επίσης δείγμα ονομάζουμε τις ίδιες τις παρατηρήσεις. Είναι προφανές ότι τα οποιαδήποτε συμπεράσματα στα οποία θα μας οδηγήσει η ανάλυση του δείγματος θα πρέπει να μπορούν να επεκταθούν σε ολόκληρο τον πληθυσμό. Για να γίνει όμως αυτή η μεταφορά των συμπερασμάτων από το ειδικό, δηλαδή το δείγμα, στο γενικό, δηλαδή τον πληθυσμό, θα πρέπει το δείγμα να είναι 'αντιπροσωπευτικό' του πληθυσμού. Η αντιπροσωπευτικότητα ή όχι του δείγματος εξαρτάται από τον τρόπο συλλογής των μονάδων.

Τα χαρακτηριστικά ως προς τα οποία εξετάζουμε έναν πληθυσμό ονομάζονται *μεταβλητές (variables)*. Οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει μια μεταβλητή ονομάζονται *τιμές της μεταβλητής*. Από τη διαδοχική εξέταση των ατόμων του πληθυσμού ως προς ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά τους προκύπτει μια σειρά από δεδομένα που λέγονται στατιστικά δεδομένα ή παρατηρήσεις. Τα στατιστικά δεδομένα δεν είναι κατ' ανάγκη διαφορετικά. Για παράδειγμα, αν εξετάσουμε την επιλογή μέσου μετακίνησης μέσα στην πόλη ενός αριθμού ατόμων είναι πιθανό περισσότερα του ενός άτομα να έχουν επιλέξει το ίδιο μέσο μετακίνησης. Όμως, οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει η μεταβλητή 'μέσο μετακίνησης' είναι οι εξής: λεωφορείο, τρόλεϊ, τραμ, μετρό, Ι.Χ., ταξί.

Η τιμή την οποία μπορούν να λάβουν οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται σε μια μέτρηση είναι τυχαία, με την έννοια ότι η τιμή αυτή εξαρτάται από το αποτέλεσμα της μέτρησης και μόνο μετά τη μέτρηση γίνεται γνωστή. Για να περιγραφεί αυτή η

τιμή χρησιμοποιείται ο όρος *τυχαία μεταβλητή*, ένας από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους όρους στις φυσικές επιστήμες. Αναφέρεται στα χαρακτηριστικά ή στις ιδιότητες εκείνες, στις οποίες ξεχωριστά άτομα ή αντικείμενα διαφέρουν μεταξύ τους. Έτσι, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες το χαρακτηριστικό αυτό ή η ιδιότητα αυτή είναι συγκεκριμένη και περιπτώσεις στις οποίες είναι αφηρημένη.

Προκύπτουν επομένως, δύο κατηγορίες μεταβλητών:

- 1) Οι *ποιοτικές ή κατηγορικές* των οποίων οι τιμές δεν είναι αριθμοί και μετρούνται ποιοτικά. Τέτοιες είναι, για παράδειγμα, το φύλο (με τιμές άντρας, γυναίκα), η οικονομική κατάσταση των ανθρώπων (που μπορεί να χαρακτηριστεί ως κακή, μέτρια, καλή ή πολύ καλή), καθώς και το ενδιαφέρον των ατόμων που ζουν σε μια πόλη για τη βελτίωση των αστικών συγκοινωνιών που μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλό, μέτριο, χαμηλό ή μηδαμινό.
- 2) Οι *ποσοτικές*, των οποίων οι τιμές είναι αριθμοί, μετριοούνται ποσοτικά και διακρίνονται:
 - α) Σε *συνεχείς μεταβλητές* που μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή ενός διαστήματος πραγματικών αριθμών (α, β) και η κατανομή τους είναι συνεχής. Τέτοιες μεταβλητές είναι, για παράδειγμα, ο χρόνος που χρειάζεται ένα άτομο για να ολοκληρώσει μια συγκεκριμένη διαδρομή ή η διάρκεια αναμονής των επιβατών σε μια στάση.
 - β) Σε *διακριτές μεταβλητές*, που παίρνουν μόνο 'μεμονωμένες' τιμές, δηλαδή έχουν πεπερασμένο πλήθος δυνατών τιμών και η κατανομή τους είναι διακριτή. Τέτοιες μεταβλητές είναι, για παράδειγμα, ο αριθμός των ατόμων που επιλέγουν ως μέσο μετακίνησης το μετρό (με τιμές 1,2,...). Περαιτέρω, οι διακριτές μεταβλητές χωρίζονται στις εξής κατηγορίες μεταβλητών:
 - i) *Ονομαστικές μεταβλητές* που παίρνουν τιμές που έχουν αποκλειστικά συμβολική λειτουργία και όχι κάποια φυσική σημασία. Τέτοιου είδους είναι, για παράδειγμα, οι μεταβλητές στη περίπτωση που γίνεται απεικόνιση της επιλογής μέσου μεταφοράς ενός ατόμου, που έχει επιλέξει μεταξύ έξι διαφορετικών ειδών στα μέσα μεταφοράς (λεωφορείο, τρόλεϊ, μετρό, τραμ, Ι.Χ., ταξί). Στην περίπτωση αυτή, καθεμιά από τις έξι μεταβλητές αντιστοιχεί μονοσήμαντα σε ένα μεταφορικό μέσο.
 - ii) *Διατεταγμένες μεταβλητές*. Κάθε μεταβλητή εκφράζει μια φυσική διάταξη και απεικονίζει μια κατάσταση κατά τρόπο που δεν επιδέχεται

αλλαγή της σειράς των μεταβλητών. Τέτοιου είδους είναι οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για να κριθεί, για παράδειγμα, η στάθμη της κυκλοφοριακής εξυπηρέτησης μιας οδού. Αυτές μπορεί να είναι Α, Β, C, D, E και F. Στην περίπτωση αυτή είναι λάθος το επίπεδο εξυπηρέτησης E να τεθεί πριν από το D.

- iii) *Ακέραιες μεταβλητές* που παίρνουν ακέραιες τιμές μεγαλύτερες ή ίσες με το μηδέν. Οι μεταβλητές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, για την καταγραφή του αριθμού των υπαλλήλων του ΟΑΣΑ (με τιμές 1,2,...).

Η βασική έννοια που διέπει τη μελέτη των διαφόρων στατιστικών μεγεθών μιας μετρούμενης ποσότητας με βάση τη Στατιστική Θεωρία, είναι η μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι διάφορες τιμές της ποσότητας αυτής (Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986). Για την παρούσα Διπλωματική Εργασία η ποσότητα αυτή είναι ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιούν οι μετακινούμενοι στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας. Αν συμβολιστεί με f η συχνότητα με την οποία εμφανίζεται το πόσες φορές πραγματοποιείται μετεπιβίβαση στο σύνολο αυτών που μετρήθηκαν, τότε το μέγεθος $f/\Sigma f$ είναι η πιθανότητα με την οποία η μεταβλητή που μετράται παίρνει μια συγκεκριμένη τιμή από αυτές που έχουν καταγραφεί. Η κατανομή (συνάρτηση) με την οποία η παραπάνω πιθανότητα συσχετίζεται με τις αντίστοιχες καταγεγραμμένες τιμές αποτελεί την *κατανομή ή συνάρτηση πιθανότητας* (Φραντζεσκάκης & Γιαννόπουλος, 1986).

Κανονική κατανομή ή κατανομή Gauss είναι μια συνάρτηση πιθανότητας, όπως αυτή ορίστηκε παραπάνω, η οποία αναφέρεται στην περίπτωση μόνο συνεχών μεταβλητών και ορίζεται από τη σχέση:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

Χαρακτηριστικές τιμές που αντιπροσωπεύουν το δείγμα των μεταβλητών αποτελούν οι παράμετροι. Αυτές είναι ο μέσος όρος μ του δείγματος και η διασπορά σ^2 , η οποία εκφράζει πόσο μακριά βρίσκονται οι τιμές της συνάρτησης πιθανότητας από τη μέση τιμή του δείγματος:

$$\mu = \int_{-\infty}^{+\infty} x * f(x) dx$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 f(x) dx$$

Κατανομή Poisson είναι η αντίστοιχη συνάρτηση πιθανότητας που ακολουθείται συνήθως στην περίπτωση διακριτών μεταβλητών, με τύπο:

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

Αντίστοιχη παράμετρος με εκείνες, που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι ο διάμεσος λ :

$$\lambda = \alpha + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots$$

3.2.2 Πιθανοτική κατανομή των μετρήσεων

Οι στατιστικές κατανομές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την περιγραφή φαινομένων που εμπεριέχουν το στοιχείο του τυχαίου. Ωστόσο, απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση τους αποτελεί ο έλεγχος κατά πόσο προσαρμόζεται καλά μια θεωρητική κατανομή σε μια πειραματική (η οποία έχει προκύψει από μετρήσεις). Αυτή η διαδικασία γίνεται μέσω του *στατιστικού ελέγχου*, που εκφράζει αν η δυνατή σύμπτωση των παραμέτρων της θεωρητικής, με εκείνες της πειραματικής κατανομής, είναι ικανοποιητική.

Επιλέγεται, επομένως, μια κατανομή από τις θεωρητικές, που να είναι παρόμοια με την πειραματική, και κατόπιν ελέγχεται η υπόθεση ότι η πραγματική κατανομή, της οποίας δείγμα αποτελούν οι μετρήσεις, δεν είναι ίδια με τη θεωρητική κατανομή, που εξετάζεται. Η πιθανότητα να γίνει λάθος στην παραπάνω υπόθεση, δηλαδή να απορριφθεί κατά λάθος η θεωρητική κατανομή ενώ στην πραγματικότητα είναι ίδια με τη πραγματική, καθορίζεται από το *επίπεδο σημαντικότητας*, που επιλέγεται. Έτσι, όταν επιλεγεί, για παράδειγμα, ένα επίπεδο σημαντικότητας 95%, δηλαδή επίπεδο εμπιστοσύνης 0,05, γίνεται αποδεκτό ότι κατά τον έλεγχο καλής προσαρμογής η θεωρητική κατανομή θα απορριφθεί σε 5% των περιπτώσεων ως ακατάλληλη ενώ

στην πραγματικότητα θα μπορούσε να θεωρηθεί η ίδια με την πραγματική κατανομή. Το πιο συνηθισμένο κριτήριο καλής προσαρμογής είναι το χ^2 -κριτήριο.

3.3 Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων (modeling)

3.3.1 Γραμμικά πρότυπα

Για την επεξήγηση φαινομένων και τη διατύπωση προβλέψεων με βάση γνωστές και προϋπάρχουσες συνθήκες, που είναι ένα από τα μεγαλύτερα πεδία έρευνας για το Συγκοινωνιολόγο Πολιτικό Μηχανικό, απαιτείται ο ορισμός δύο διαφορετικών τύπων μεταβλητών: της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης.

Εξαρτημένη μεταβλητή (dependent variable) ονομάζεται η μεταβλητή της οποίας η συγκεκριμένη διαμόρφωση πρόκειται να προβλεφθεί. Μια μεταβλητή που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής, ονομάζεται *ανεξάρτητη μεταβλητή* (independent variable). Ο ρόλος της στατιστικής προτυποποίησης είναι να προσδιορίσει αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών, προκάλεσε ή όχι κάποια αλλαγή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Έτσι, είναι αναγκαίο η επιλεγμένη εξαρτημένη μεταβλητή να είναι στον επιθυμητό βαθμό ευαίσθητη στις επιδράσεις της ανεξάρτητης μεταβλητής, αξιόπιστη στη μέτρησή της και έγκυρη αναφορικά με το φαινόμενο, το οποίο μελετάει.

Επομένως, μόνο όταν αναπτύσσεται μια συστηματική σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές, είναι δυνατό να προβλεφθούν συστηματικά οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, με βάση τα γνωστά επίπεδα της ανεξάρτητης. Για την περιγραφή αυτής της σχέσης, η οποία αναπτύσσεται ανάμεσα σε μια εξαρτημένη μεταβλητή και σε ορισμένες ανεξάρτητες μεταβλητές, δημιουργείται ένα *μαθηματικό πρότυπο* (mathematical model). Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου είναι μια στατιστική διαδικασία, η οποία συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων, που περιγράφουν αυτή τη σχέση. Μια εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

$$y = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + b_i * x_i + \varepsilon$$

Βέβαια, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στη μαθηματική μορφή της παραπάνω εξίσωσης, ανάλογα με το αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή. Είναι φανερό ότι σε κάθε περίπτωση ακολουθείται διαφορετική διαδικασία προκειμένου να βρεθεί η ακριβής μορφή της σχέσης αυτής.

Στην Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression) η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Συνεπώς, ο κάθε συντελεστής (εκτιμήτρια) b_i , ο οποίος υπολογίζεται για τις ανεξάρτητες μεταβλητές, έχει μια διπλή ιδιότητα. Πρώτον, δηλώνει την κατεύθυνση της επιρροής της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Δηλαδή, αν ο συντελεστής έχει θετικό πρόσημο, η αύξηση της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής προκαλεί αύξηση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (και το αντίστροφο για αρνητικό πρόσημο). Δεύτερον, η τιμή του έχει φυσική σημασία. Δηλαδή, αν ο συντελεστής μιας ανεξάρτητης μεταβλητής έχει την τιμή +2,1, για παράδειγμα, αυτό σημαίνει ότι κάθε μια μονάδα αύξησης στην τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής προκαλεί 2,1 μονάδες αύξηση στην εξαρτημένη. Σημειώνεται ότι ο συντελεστής αυτός (εκτιμήτρια) οφείλει να είναι αμερόληπτος, δηλαδή η πρόβλεψη να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, αποτελεσματικός, δηλαδή να παρουσιάζει όσο το δυνατό μικρότερη διασπορά και συνεπώς, δηλαδή το δείγμα να είναι ικανοποιητικά μεγάλο.

Όταν όμως η εξαρτημένη μεταβλητή σε μια εξίσωση είναι διακριτή ακέραια, όπως στη περίπτωση των μετεπιβιβάσεων τότε δεν είναι στατιστικώς ορθό να χρησιμοποιηθούν οι τεχνικές της γραμμικής παλινδρόμησης. Αυτό συμβαίνει διότι η εξαρτημένη μεταβλητή παραβιάζει δύο από τις βασικές προϋποθέσεις αυτής της μεθόδου. Πρώτον είναι διακριτή και δεύτερον δεν είναι κανονικά κατανοημένη. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη χρήσης άλλων, μη γραμμικών προτύπων.

3.3.2 Μη γραμμικά πρότυπα- Πρότυπα δεδομένων από μετρήσεις

Τα δεδομένα από μετρήσεις αποτελούνται από θετικές διακριτές μεταβλητές και συναντιούνται συχνά στη μοντελοποίηση των φαινομένων που σχετίζονται με τις μεταφορές. Παραδείγματα μεταβλητών από δεδομένα από μετρήσεις στο σύστημα μεταφορών αποτελούν, ο αριθμός των αλλαγών ταξιδιού για τη προσέγγιση ενός προορισμού ανά εβδομάδα, η συχνότητα της χρήσης τεχνολογίας ITS από τους οδηγούς σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ο αριθμός των οχημάτων που

περιμένουν σε μια ουρά και ο αριθμός των ατυχημάτων που παρατηρούνται σε τμήματα οδών ανά έτος. Πολλά άλλα παραδείγματα βρίσκονται στη λήψη μιας απόφασης από τον οδηγό, τα οποία περιγράφονται στον Mannering (1998). Ένα συνηθισμένο λάθος είναι η μοντελοποίηση των δεδομένων από μετρήσεις όπως τα δεδομένα συνεχών μεταβλητών χρησιμοποιώντας το πρότυπο παλινδρόμησης ελαχίστων τετραγώνων. Αυτό δεν είναι (αυστηρώς) σωστό γιατί τα μοντέλα παλινδρόμησης, πρώτον, διότι παράγουν προβλέψιμες μεταβλητές που δεν είναι διακριτές και δεύτερον μπορούν να προβλέψουν μεταβλητές που είναι αρνητικές. Αυτά τα δύο έρχονται σε αντίφαση με τα δεδομένα από μετρήσεις. Αυτοί οι περιορισμοί κάνουν την ανάλυση με πρότυπα παλινδρόμησης ακατάλληλη για τη μοντελοποίηση δεδομένων από μετρήσεις χωρίς τη τροποποίηση των εξαρτημένων μεταβλητών.

Τα δεδομένα από μετρήσεις προτυποποιούνται σωστά χρησιμοποιώντας έναν αριθμό από μεθόδους, εκ των οποίων οι πιο δημοφιλείς είναι η κατανομή Poisson και η Αρνητική Διωνυμική Παλινδρόμηση. Η κατανομή Poisson είναι η πιο δημοφιλής από τις δύο και εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα δεδομένων από μετρήσεις στις μεταφορές. Η κατανομή Poisson προσεγγίζει, γεγονότα δεδομένων από μετρήσεις, όπως ατυχήματα, αριθμό των οχημάτων που περιμένουν σε μια ουρά κ.ο.κ.. Μια απαίτηση της κατανομής Poisson είναι ότι ο μέσος όρος των μετρήσεων πρέπει να ισούται με τη διασπορά αυτών. Όταν η διασπορά είναι σημαντικά μεγαλύτερη από το μέσο όρο, τα δεδομένα λέγεται ότι είναι ιδιαίτερα 'διασκορπισμένα'. Σε πολλές περιπτώσεις, τα ιδιαίτερα 'διασκορπισμένα' δεδομένα προτυποποιούνται επιτυχώς, χρησιμοποιώντας την Αρνητική Διωνυμική κατανομή.

3.3.2.1 Πρότυπο Παλινδρόμησης Poisson

Για να βοηθηθεί η περιγραφή των κυριότερων στοιχείων του προτύπου παλινδρόμησης Poisson θα θεωρηθεί ο αριθμός των ατυχημάτων που συμβαίνουν κάθε χρόνο σε διάφορες διασταυρώσεις / κόμβους μέσα σε μια πόλη. Στο πρότυπο παλινδρόμησης Poisson, η πιθανότητα της διασταύρωσης i να έχει y_i ατυχήματα κάθε χρόνο (όπου y_i είναι θετική διακριτή μεταβλητή) δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$P(y_i) = \frac{\text{EXP}(-\lambda_i) \lambda_i^{y_i}}{y_i!}$$

όπου $P(y_i)$ η πιθανότητα μια διασταύρωση i να έχει y_i ατυχήματα κάθε χρόνο και λ_i η παράμετρος της κατανομής Poisson για τη διασταύρωση i που είναι ίση με τον αναμενόμενο αριθμό ατυχημάτων στη διασταύρωση i ανά χρόνο, $E(y_i)$. Τα πρότυπα παλινδρόμησης Poisson εκτιμώνται καθορίζοντας τη παράμετρο Poisson λ_i (ο αναμενόμενος αριθμός γεγονότων ανά περίοδο) ως μια συνάρτηση από ερμηνευτικές μεταβλητές (explanatory variables). Για το παράδειγμα των ατυχημάτων σε ένα κόμβο, οι ερμηνευτικές μεταβλητές μπορεί να περιέχουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κόμβων, τη σήμανση, τον τύπο των πεζοδρομίων, την ορατότητα και ούτω καθεξής. Η πιο συνηθισμένη σχέση μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών και της παραμέτρου Poisson είναι το λογαριθμικό-γραμμικό μοντέλο (log-linear model),

$$\lambda_i = \text{EXP}(\beta x_i) \text{ ή ισοδύναμα } \text{LN}(\lambda_i) = \beta x_i,$$

όπου x_i είναι ένα διάνυσμα (vector) των ερμηνευτικών μεταβλητών και β είναι ένα διάνυσμα (vector) των εκτιμώμενων παραμέτρων. Σε αυτή τη διατύπωση, ο αναμενόμενος αριθμός γεγονότων ανά περίοδο δίνεται από τον τύπο $E(y_i) = \lambda_i = \text{EXP}(\beta x_i)$. Αυτό το μοντέλο εκτιμάται με τη μέθοδο της μεγίστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood estimation), με συνάρτηση πιθανοφάνειας δοσμένη ως,

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\text{EXP}[-\text{EXP}(\beta x_i)] [\text{EXP}(\beta x_i)]^{y_i}}{y_i!}$$

Ο λογάριθμος της συνάρτησης πιθανοφάνειας είναι απλούστερος στη χρήση και δίδεται ως εξής:

$$LL(\beta) = \sum_{i=1}^n [-\text{EXP}(\beta x_i) + y_i \beta x_i - \text{LN}(y_i!)]$$

Όπως με τα περισσότερα στατιστικά μοντέλα, οι εκτιμώμενες παράμετροι χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή συμπερασμάτων για άγνωστα χαρακτηριστικά του πληθυσμού που επηρεάζουν τη μέθοδο μετρήσεων. Οι εκτιμητές της μεγίστης

πιθανοφάνειας παράγουν τους παραμέτρους Poisson που είναι, ασυμπτωτικά κανονικές (asymptotically normal) και ασυμπτωτικά αποτελεσματικές (asymptotically efficient).

Για να εξεταστούν τα εκτιμημένα αποτελέσματα των παραμέτρων, ελαστικότητες (elasticities) υπολογίζονται για το καθορισμό των οριακών επιρροών (marginal effects) των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι ελαστικότητες παρέχουν μια εκτίμηση της επιρροής της μεταβλητής στην αναμενόμενη συχνότητα και εξηγείται ως η επιρροή από μια αλλαγή της τάξεως του 1% στην μεταβλητή πάνω στην αναμενόμενη συχνότητα λ_i . Για παράδειγμα, μια ελαστικότητα -1.32 σημαίνει ότι μια αύξηση 1% στη μεταβλητή μειώνει την αναμενόμενη συχνότητα κατά 1,32%. Οι ελαστικότητες είναι ο σωστός τρόπος εκτίμησης της σχετικής επιρροής κάθε μεταβλητής στο μοντέλο. Η ελαστικότητα της συχνότητας λ_i δίδεται ως εξής:

$$E_{x_{ik}}^{\lambda_i} = \frac{\partial \lambda_i}{\partial x_{ik}} * \frac{x_{ik}}{\lambda_i} = \beta_k x_{ik}$$

όπου E παριστάνει την ελαστικότητα, x_{ik} είναι η τιμή της k ανεξάρτητης μεταβλητής για τη παρατήρηση i , β_k είναι η εκτιμώμενη παράμετρος για την k ανεξάρτητη μεταβλητή και λ_i είναι η αναμενόμενη συχνότητα για την παρατήρηση i . Σημειώνεται ότι οι ελαστικότητες υπολογίζονται για κάθε μια παρατήρηση i . Είναι συνηθισμένο να αναφέρεται μια μοναδική ελαστικότητα ως ο μέσος όρος των ελαστικοτήτων για όλες τις παρατηρήσεις i . Η ελαστικότητα της προηγούμενης ισότητας είναι μόνο κατάλληλη για συνεχείς μεταβλητές όπως το πλάτος μιας λωρίδας αυτοκινητοδρόμου και το μήκος μιας κατακόρυφης καμπύλης. Αυτό δεν είναι βάσιμο (ή σωστό) για μη συνεχείς μεταβλητές όπως οι μεταβλητές δείκτες που παίρνουν τιμές από 0 ή 1. Για αυτές τις μεταβλητές, η ψευδό-ελαστικότητα υπολογίζεται για να εκτιμηθεί μια ελαστικότητα των μεταβλητών κατά προσέγγιση. Η ψευδό-ελαστικότητα δίνει μια αυξημένη αλλαγή στη συχνότητα που πραγματοποιείται από τις αλλαγές στις μεταβλητές δείκτες (indicator variables). Η ψευδό-ελαστικότητα, για τις μεταβλητές δείκτες, υπολογίζεται ως εξής:

$$E_{x_{ik}}^{\lambda_i} = \frac{\text{EXP}(\beta_k) - 1}{\text{EXP}(\beta_k)}$$

Επίσης, σημειώνεται ότι η πιθανότητες Poisson για την παρατήρηση i υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$P_{0,i} = \text{EXP}(-\lambda_i)$$

$$P_{j,i} = \left(\frac{\lambda_i}{i} \right) P_{j-1,i}, j = 1, 2, 3, \dots; i = 1, 2, \dots, n$$

όπου $P_{0,i}$ η πιθανότητα της παρατήρησης i να πάρει την τιμή 0, δηλαδή να συμβούν 0 γεγονότα στην καθορισμένη περίοδο παρατήρησης.

3.3.2.2 Μέτρα καλής προσαρμογής (goodness-of-fit measures) του Προτύπου Παλινδρόμησης Poisson

Υπάρχουν πολυάριθμοι έλεγχοι καλής προσαρμογής (goodness-of-fit (GOF) statistics) που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της καταλληλότητας του προτύπου παλινδρόμησης Poisson σε δεδομένα από παρατήρηση. Όπως αναφέρθηκε, όταν γίνεται επιλογή μεταξύ εναλλακτικών μοντέλων, στατιστικές GOF πρέπει να ληφθούν υπόψιν μαζί με τη πιθανότητα και τη συμφωνία του μοντέλου με τις προσδοκίες.

Ο έλεγχος λόγου πιθανοφάνειας είναι ένας έλεγχος που χρησιμοποιείται συχνά για να εκτιμηθεί το καταλληλότερο μοντέλο από δύο 'ανταγωνιζόμενα' μοντέλα. Παρέχει έναν επιπλέον λόγο για την υποστήριξη του ενός μοντέλου, που είναι συχνά ένα ολοκληρωμένο μοντέλο, ενάντια στο άλλο μοντέλο που είναι περιορισμένο έχοντας μειωμένο αριθμό παραμέτρων.

Ο έλεγχος λόγου πιθανοφάνειας είναι:

$$-2[LL(\beta_R) - LL(\beta_U)],$$

όπου $LL(\beta_R)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας στη σύγκλιση του 'περιορισμένου' μοντέλου (μερικές φορές θεωρούνται οι παράμετροι στο β ίσοι με το 0 ή περιέχεται μόνο ο σταθερός όρος για να εξεταστεί η καταλληλότητα του μοντέλου και $LL(\beta_U)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας στη σύγκλιση του μη περιορισμένου μοντέλου) $\hat{\lambda}_i$. Αυτό το στατιστικό τεστ είναι το χ^2 με βαθμούς ελευθερίας όσους η διαφορά του

αριθμού των παραμέτρων στο περιορισμένο και στο μη-περιορισμένο μοντέλο (δηλαδή η διαφορά του αριθμού των παραμέτρων στους διανυσματικούς παράγοντες β_R και β_U).

Το σύνολο των παρεκκλίσεων του μοντέλου, G^2 , είναι ίσο με το μηδέν για ένα μοντέλο με άριστη καταλληλότητα. Σημειώνεται, ωστόσο, ότι επειδή η παρατηρηθείσα y_i είναι μια διακριτή μεταβλητή ενώ η αναμενόμενη προβλεπόμενη μεταβλητή $\hat{\lambda}_i$ είναι συνεχής, το G^2 ίσο με το μηδέν είναι ένα θεωρητικό κατώτερο όριο. Αυτό το στατιστικό τεστ δίνεται ως εξής:

$$G^2 = 2 \sum_{i=1}^n y_i \ln \left(\frac{y_i}{\hat{\lambda}_i} \right)$$

Ένα ακριβώς ισοδύναμο μέτρο με το R^2 στη γραμμική παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων δεν είναι διαθέσιμο στο πρότυπο παλινδρόμησης Poisson εξαιτίας της μη γραμμικότητας του υποθετικού μέσου όρου ($E[y|X]$) και της ετεροσκεδαστικότητας στη παλινδρόμηση. Ένα παρόμοιο στατιστικό τεστ βασίζεται στα τυποποιημένα κατάλοιπα,

$$R_p^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \hat{\lambda}_i}{\sqrt{\hat{\lambda}_i}} \right]^2}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \bar{y}}{\sqrt{\bar{y}}} \right]^2},$$

όπου ο αριθμητής είναι όμοιος με τη μεταβολή της Y η οποία εκφράζεται μέσω των καταλοίπων (error or residual sum of squares), δηλαδή η ανεξήγητη διακύμανση των δεδομένων και ο παρονομαστής είναι όμοιος με την ολική διακύμανση στα δεδομένα ή στις μεταβολές της Y (total sum of squares).

Ένα άλλο μέτρο για την εύρεση της καταλληλότητας ενός μοντέλου είναι το στατιστικό τεστ ρ^2 . Το ρ^2 είναι:

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)},$$

όπου $LL(\beta)$ είναι ο λογάριθμος πιθανοφάνειας στη σύγκλιση με παράμετρο το διάνυσμα β και $LL(0)$ είναι ο αρχικός λογάριθμος πιθανοφάνειας (με όλες τις παραμέτρους να τείνουν στο μηδέν). Το ‘τέλειο’ μοντέλο θα μπορούσε να έχει μια συνάρτηση πιθανοφάνειας ίση με το ένα (όλα τα επιλεγμένα εναλλακτικά αποτελέσματα θα προβλέπονταν από ένα μοντέλο με πιθανότητα ένα, και το προϊόν αυτών διαμέσου των παρατηρήσεων θα ήταν, επίσης, ένα) και ο λογάριθμος πιθανοφάνειας μπορεί να ήταν μηδέν δεδομένο ένα ρ^2 ίσο με ένα. Έτσι το ρ^2 είναι μεταξύ του μηδενός και του ένα και όσο πιο κοντά στο ένα είναι, τόσο περισσότερο εξηγείται η διασπορά του εκτιμώμενου μοντέλου. Περισσότερες πληροφορίες για τα μέτρα καλής προσαρμογής (GOF) για το πρότυπο παλινδρόμησης Poisson βρίσκονται στους Cameron και Windmeijer (1993), Gurmu και Trivedi (1994), και Greene (1995b).

3.3.2.3 Το Μοντέλο Αρνητικής Διωνυμικής Παλινδρόμησης

Η βασική υπόθεση του προτύπου Poisson είναι ότι ο μέσος όρος είναι ίσος με τη διασπορά της υπό εξέταση μεταβλητής, δηλαδή $E[y_i] = VAR[y_i]$. Αν αυτή η ισότητα δεν ισχύει, τα δεδομένα λέγεται ότι είναι ‘υπερβολικά’ διασκορπισμένα ($E[y_i] > VAR[y_i]$), και η εκτιμήτρια επηρεάζεται αν δεν ληφθούν διορθωτικά μέτρα. Η υπερβολική διασπορά μπορεί να εμφανιστεί για ποικίλους λόγους, αναλόγως το φαινόμενο υπό έρευνα. Πρωταρχική μέριμνα σε πολλές έρευνες είναι να εξαιρεθούν από την παλινδρόμηση οι μεταβλητές που επηρεάζουν την αναλογία Poisson διαμέσου των παρατηρήσεων.

Το μοντέλο Αρνητικής Διωνυμικής παλινδρόμησης προκύπτει ξαναγράφοντας την ισότητα $\lambda_i = \text{EXP}(\beta x_i)$ ή ισοδύναμα $\text{LN}(\lambda_i) = \beta x_i$, για κάθε παρατήρηση i ,

$$\lambda_i = \text{EXP}(\beta x_i + \varepsilon_i)$$

όπου $\text{EXP}(\varepsilon_i)$ είναι ένας όρος σφάλματος της κατανομής Γάμμα με μέσο όρο ίσο με 1 και διασπορά α^2 . Η πρόσθεση αυτού του όρου επιτρέπει στη διασπορά να διαφέρει από το μέσο όρο όπως παρακάτω:

$$\text{VAR}[y_i] = E[y_i][1 + \alpha E[y_i]] = E[y_i] + \alpha E[y_i]^2.$$

Το πρότυπο γραμμικής παλινδρόμησης θεωρείται ως ένα μοντέλο με περιορισμούς του μοντέλου αρνητικής διωνυμικής παλινδρόμησης καθώς η α προσεγγίζει το μηδέν, που σημαίνει ότι η επιλογή μεταξύ αυτών των δύο μοντέλων εξαρτάται από την τιμή της παραμέτρου α . Η παράμετρος α συχνά αναφέρεται ως παράμετρος διασποράς. Η αρνητική διωνυμική κατανομή έχει τον τύπο:

$$P(y_i) = \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(1/\alpha) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{y_i},$$

όπου $\Gamma(\cdot)$ είναι η συνάρτηση Γάμμα. Αυτό καταλήγει στη συνάρτηση πιθανοφάνειας:

$$L(\lambda_i) = \prod_i \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(1/\alpha) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{y_i},$$

Όταν τα δεδομένα είναι ‘υπερβολικά’ διασκορπισμένα, ο εκτιμώμενος όρος διακύμανσης είναι μεγαλύτερος από ότι σε μια πραγματική διαδικασία Poisson. Όσο ο διασκορπισμός των δεδομένων γίνεται μεγαλύτερος τόσο αυξάνεται και η εκτιμώμενη διασπορά και κατά συνέπεια όλα τα συνηθισμένα λάθη των εκτιμώμενων παραμέτρων γίνονται μεγαλύτερα.

Ένα τεστ για τον υπερβολικό διασκορπισμό δίδεται από τους Cameron και Trivedi (1990) βασισμένο στην υπόθεση ότι υπό το μοντέλο Poisson, $(y_i - E[y_i])^2 - E[y_i]$ έχει μέσο όρο μηδέν, όπου $E[y_i]$ είναι η εκτιμώμενη παράμετρος $\hat{\lambda}_i$. Έτσι, άκυρες και εναλλακτικές υποθέσεις παράγονται, όπως οι παρακάτω:

$$H_0 : VAR[y_i] = E[y_i]$$

$$H_A : VAR[y_i] = E[y_i] + \alpha g(E[y_i])$$

όπου $g(E[y_i])$ είναι μία συνάρτηση των προβλεπόμενων υπολογισμών που συχνά δίδουν τις τιμές των $g(E[y_i]) = E[y_i]$ ή $g(E[y_i]) = E[y_i]^2$. Για να διεξαχθεί αυτό το τεστ, μία απλή γραμμική παλινδρόμηση υπολογίζεται όπου Z_i έχει παλινδρομηθεί πάνω στο W_i , όπου

$$Z_i = \frac{(y_i - E[y_i])^2 - y_i}{E[y_i]\sqrt{2}}$$

$$W_i = \frac{g(E[y_i])}{\sqrt{2}}$$

Μετά την εφαρμογή της παλινδρόμησης ($Z_i = bW_i$) με $g(E[y_i]) = E[y_i]$ και $g(E[y_i]) = E[y_i]^2$, αν b είναι στατιστικώς σημαντική και στις δύο περιπτώσεις, τότε H_0 απορρίπτεται για τη συνάρτηση g .

3.2.2.4 Μοντέλα παλινδρόμησης zero-Inflated Poisson και Αρνητικής Διωνυμικής (ZIP models)

Υπάρχουν ορισμένα φαινόμενα όπου η παρατήρηση μηδενικών γεγονότων κατά τη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης μπορεί να εμφανιστεί από δύο ποιοτικά διαφορετικές καταστάσεις. Μία κατάσταση είναι πιθανόν να προέρχεται απλά από αποτυχία να παρατηρηθεί ένα γεγονός κατά τη διάρκεια της περιόδου παρατήρησης. Άλλη, ποιοτικά διαφορετική κατάσταση, είναι πιθανόν να προέρχεται από αδυναμία να συμβεί ένα γεγονός. Ακολουθεί ένα παράδειγμα. Μια έρευνα για τις μεταφορές αναζητά πόσες φορές ένας μετακινούμενος έχει χρησιμοποιήσει τα μέσα μαζικής μεταφοράς για να πάει στη δουλειά την προηγούμενη εβδομάδα. Ένα μηδενικό που έχει παρατηρηθεί μπορεί να προκύψει με δύο διαφορετικούς τρόπους. Πρώτον, την προηγούμενη εβδομάδα ο μετακινούμενος μπορεί να έχει διαλέξει ένα άλλο μέσο μετακίνησης αντί των μέσων μαζικής μεταφοράς. Εναλλακτικά, ο μετακινούμενος

μπορεί ποτέ να μην έχει χρησιμοποιήσει τα μέσα μαζικής μεταφοράς, ως αποτέλεσμα άλλων υποχρεώσεων στη διαδρομή προς και από το χώρο εργασίας. Έτσι, δύο καταστάσεις μπορούν να συμβούν στην πραγματικότητα, η μία είναι μια τυπική κατάσταση στη διαδικασία μετρήσεων και η άλλη μια 'μηδενική' κατάσταση.

Στις περιπτώσεις που περιέχεται μια μηδενική κατάσταση μπορεί να είναι λιγότερο ξεκάθαρες. Ας αναλογιστούμε τα ατυχήματα που συμβαίνουν κάθε χρόνο σε ένα τμήμα αυτοκινητοδρόμου ενός χιλιομέτρου. Για τα ευθύγραμμα τμήματα του αυτοκινητοδρόμου με πλατιές λωρίδες, μικρό κυκλοφοριακό φόρτο και χωρίς πλευρικά εμπόδια, η πιθανότητα να συμβεί ένα ατύχημα είναι εξαιρετικά μικρή, ωστόσο ακόμα παραμένει γιατί ένα ασυνήθιστο ανθρώπινο λάθος μπορεί να προκαλέσει ένα ατύχημα. Αυτά τα τμήματα μπορούν να συμπεριληφθούν στη κατάσταση μηδενικών μετρήσεων ατυχημάτων γιατί η πιθανότητα ατυχήματος είναι πολύ μικρή. Έτσι, αυτή η μηδενική κατάσταση αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου η πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός είναι εξαιρετικά σπάνια σε σύγκριση με τις συνηθισμένες καταστάσεις όπου το να λάβει χώρα ένα γεγονός είναι αναπόφευκτο και ακολουθεί γνωστές διαδικασίες μετρήσεων (Lambert, 1992). Δύο πλευρές της μη-ποιοτικής διάκρισης της μηδενικής κατάστασης είναι αξιοσημείωτες. Πρώτον, υπάρχει μια υπεροχή των μηδενικών στα δεδομένα, περισσότερα από τα αναμενόμενα στη κατανομή Poisson. Δεύτερον, μια δοκιμασμένη μονάδα δεν απαιτείται να βρίσκεται για πάντα στη μηδενική ή περίπου μηδενική κατάσταση αλλά μπορεί να μετακινηθεί από αυτές τις καταστάσεις στη κατάσταση με τις συνηθισμένες μετρήσεις με θετική πιθανότητα. Έτσι, η μηδενική ή περίπου μηδενική κατάσταση, αντανακλά μία αμελητέα πιθανότητα σε σύγκριση με τη συνηθισμένη κατάσταση.

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από δύο διαχωρισμένες καταστάσεις (την μηδενική και αυτή που περιλαμβάνει τις συνηθισμένες μετρήσεις) συχνά πάσχουν από υπερβολική διασπορά αν θεωρηθούν ως μέρη μιας ενιαίας κατάστασης γιατί ο αριθμός των μηδενικών είναι αυξημένος από την ύπαρξη μηδενικής κατάστασης. Συχνά δεν είναι γνωστό αν η παρατήρηση είναι στη μηδενική κατάσταση. Η στατιστική ανάλυση πρέπει να ξεχωρίσει τις δύο καταστάσεις ως μέρος της διαδικασίας εκτίμησης του μοντέλου. Μοντέλα που εξηγούν αυτό το σύστημα διπλής-κατάστασης αναφέρονται ως μοντέλα zero-inflated (Mullahey, 1986, Lambert, 1992, Greene, 2000).

Για να εξεταστούν φαινόμενα με τις διαδικασίες μετρήσεων zero-inflated, τα μοντέλα παλινδρόμησης zero-inflated Poisson (ZIP) και Zero-inflated Αρνητική

Διωνυμική (ZINB) θα πρέπει να αναπτυχθούν. Το μοντέλο ZIP θεωρεί ότι τα γεγονότα, $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$, είναι ανεξάρτητα και το μοντέλο έχει το παρακάτω τύπο:

$$y_i = 0 \text{ με πιθανότητα } p_i + (1 - p_i) \text{EXP}(-\lambda_i)$$

$$y_i = y \text{ με πιθανότητα } [(1 - p_i) \text{EXP}(-\lambda_i) \lambda_i^y] / y!$$

όπου y είναι ο αριθμός των γεγονότων ανά περίοδο. Οι εκτιμήτριες της μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου παλινδρόμησης ZIP και τα διαστήματα εμπιστοσύνης καθορίζονται από τους ελέγχους λόγου πιθανοφάνειας.

Το μοντέλο παλινδρόμησης ZINB ακολουθεί παρόμοια διατύπωση με γεγονότα, $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$, ανεξάρτητα και

$$y_i = 0 \text{ με πιθανότητα } p_i + (1 - p_i) \left[\frac{\frac{1}{\alpha}}{\left(\frac{1}{\alpha}\right) + \lambda_i} \right]^{1/\alpha}$$

$$y_i = y \text{ με πιθανότητα } (1 - p_i) \left[\frac{\Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha}\right) + y\right) u_i^{1/\alpha} (1 - u_i)^y}{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) y!} \right], y = 1, 2, 3, \dots$$

όπου $u_i = (1/\alpha) / [(1/\alpha) + \lambda_i]$. Οι μέθοδοι μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται ξανά για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου παλινδρόμησης ZINB.

Τα μοντέλα zero-inflated αναφέρουν ότι η διαδικασία παραγωγής δεδομένων έχει μια τεχνική τμηματικού διαχωρισμού που παρέχεται για τους δύο τύπους των μηδενικών. Η διαδικασία διαχωρισμού θεωρείται ότι ακολουθεί μια πιθανοτική διαδικασία logit ή probit ή άλλες πιθανοτικές διαδικασίες. Ένα αξιοσημείωτο σημείο είναι ότι πρέπει να υπάρχει σοβαρή δικαιολογία για να γίνει πιστευτό ότι η διαδικασία διαχωρισμού υπάρχει από πριν για να γίνει κατάλληλος αυτός ο τύπος του

στατιστικού μοντέλου. Πρέπει να υπάρχει μία βάση για να γίνει πιστευτό ότι αυτό το τμήμα της διαδικασίας είναι στη μηδενική κατάσταση.

Για να εξεταστεί η καταλληλότητα της χρησιμοποίησης ενός μοντέλου zero-inflated και όχι ενός κλασικού μοντέλου, ο Vuong (1989) πρότεινε ένα στατιστικό τεστ για τα μοντέλα non-nested που ταιριάζουν απόλυτα σε περιπτώσεις που οι κατανομές (Poisson ή Αρνητική Διωνυμική) είναι καθορισμένες.

Ο στατιστικός έλεγχος γίνεται για κάθε παρατήρηση ως εξής:

$$m_i = LN \left(\frac{f_1(y_i | X_i)}{f_2(y_i | X_i)} \right),$$

όπου $f_1(y_i | X_i)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας-πιθανότητας του μοντέλου 1 και $f_2(y_i | X_i)$ η συνάρτηση πυκνότητας-πιθανότητας του μοντέλου 2. Χρησιμοποιώντας αυτό, το στατιστικό τεστ του Vuong για τον έλεγχο της υπόθεσης non-nested του μοντέλου 1 κατά του μοντέλου 2 είναι (Greene, 2000, Shankar et al., 1997):

$$V = \frac{\sqrt{n} \left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n m_i \right]}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}} = \frac{\sqrt{n} (\bar{m})}{S_m},$$

όπου $\bar{m}$ είναι ο μέσος όρος,

$$\left(\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n m_i \right), S_m$$

είναι η τυπική απόκλιση και n το μέγεθος του δείγματος. Η τιμή του Vuong είναι ασυμπτωτικά τυπικά κανονικά κατανεμημένα (αν συγκριθεί με τις τιμές z) και αν $|V|$ είναι μικρότερο από $V_{critical}$ (1,96 για 95% επίπεδο σημαντικότητας), το τεστ δεν υποστηρίζει την επιλογή ενός μοντέλου σε σχέση με κάποιο άλλο. Μεγάλες θετικές τιμές της V , μεγαλύτερες από $V_{critical}$ υποστηρίζουν το μοντέλο 1 αντί του μοντέλου 2, ενώ μεγάλες αρνητικές τιμές υποστηρίζουν το μοντέλο 2. Για παράδειγμα, αν συγκριθούν οι εναλλακτικές της αρνητικής διωνυμικής, μία θα άφηνε την $f_1(.)$ να γίνει η συνάρτηση πυκνότητας της ZINB και την $f_2(.)$ να γίνει η συνάρτηση πυκνότητας του μοντέλου αρνητικής διωνυμικής. Σε αυτή την περίπτωση, θεωρώντας

ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, αν $V > 1,96$, το στατιστικό τεστ υποστηρίζει το ZINB ενώ τιμή $V < 1,96$ υποστηρίζει την αρνητική διωνυμική. Τιμές μεταξύ σημαίνουν ότι το τεστ δεν είναι πειστικό. Το τεστ Vuong μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί με όμοιο τρόπο για την εξέταση των μοντέλων Poisson και ZIP Poisson.

Επειδή σχεδόν πάντα η υπερβολική διασπορά των δεδομένων περιέχει πληθώρα μηδενικών, δεν είναι πάντα εύκολο να αποφασιστεί πότε η πληθώρα των μηδενικών προέρχεται από αληθινή υπερβολική διασπορά ή από τμηματικό διαχωρισμό. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην λανθασμένη επιλογή του προτύπου αρνητικής διωνυμικής όταν το σωστό μοντέλο μπορεί να είναι ένα μοντέλο ZIP. Για να δοθεί κάποια κατεύθυνση στη λύση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιείται το στατιστικό τεστ Vuong που συγκρίνει τα αντίστοιχα μοντέλα.

4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή Δεδομένων

4.1.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας διαπραγματεύεται την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 3. Η επεξεργασία που εφαρμόζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία στηρίζεται σε ένα πλήθος στοιχείων τα οποία έχουν συλλεχθεί κατά την πραγματοποίηση έρευνας που έγινε το 2003 με αρμόδιο φορέα τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας (Ο.Α.Σ.Α.) ενώ την οργάνωση της έρευνας είχε αναλάβει ο Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τη βάση δεδομένων. Η υλοποίηση της επεξεργασίας έγινε με την βοήθεια του λογισμικού LIMDEP (Version 7.0).

Η δομή του παρόντος κεφαλαίου είναι η εξής:

Αρχικά, πριν την επεξεργασία είναι απαραίτητος ο καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών της επεξεργασίας με κατάλληλη επιλογή από το σύνολο των στοιχείων της βάσης δεδομένων. Έπειτα, αναζητήθηκε ένα πρότυπο *Παλινδρόμησης Poisson* το οποίο να δίνει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και των εκάστοτε χρησιμοποιούμενων ανεξάρτητων μεταβλητών. Στην συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας και αναλύεται η επιρροή των χρησιμοποιούμενων ανεξάρτητων μεταβλητών στις εξαρτημένες. Ταυτόχρονα, όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο του προτύπου της *Παλινδρόμησης κατά Poisson*, όσο και του προτύπου της *Γραμμικής Παλινδρόμησης*, ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους και να εκτιμηθούν πιθανές διαφορές των αποτελεσμάτων τους.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα του προτύπου *Παλινδρόμησης Poisson* για την προτυποποίηση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων.

Έτσι, αυτά είναι:

1. επιτρέπει την επεξεργασία στοιχείων που δεν είναι κανονικά κατανεμημένα,
2. δεν οδηγεί σε μεροληπτική εκτίμηση (biased estimation) των παραμέτρων που προτύπου, επειδή δεν απαιτεί η ανεξάρτητη μεταβλητή να ακολουθεί την κανονική κατανομή,
3. είναι το πλέον κατάλληλο μοντέλο για την προτυποποίηση ανεξάρτητων μεταβλητών που δεν έχουν συνεχείς τιμές αλλά διακριτές.

4.1.2 Εισαγωγή Δεδομένων

Η επιλογή μιας μεταβλητής και ο χαρακτηρισμός της ως ανεξάρτητης υπόκειται σε ορισμένους κανόνες που αφορούν, κυρίως, την φύση και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Συνεπώς, για να γίνει κατάλληλη αξιολόγηση των επιμέρους χαρακτηριστικών που πρόκειται να χαρακτηριστούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές, απαιτείται η πλήρης καταγραφή τους και η άμεση μελέτη των ιδιοτήτων που αυτά εκφράζουν. Άλλωστε, για την επιλογή ενός στοιχείου ως ανεξάρτητης μεταβλητής στα πλαίσια μιας μελέτης αξιολόγησης, είναι απαραίτητη, αρχικά, η ανάλυση της ταυτότητάς του και η εκτίμηση της χρησιμότητάς του ως εξωγενούς παράγοντα επίδρασης. Με αυτή τη λογική, σε μια έρευνα εκτίμησης της επίδρασης παραγόντων όπως είναι τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των επιβατών, η επιλογή του μέσου, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων, η συχνότητα χρήσης των Αστικών Συγκοινωνιών, ο σκοπός μετακίνησης και το κόστος της μετακίνησης, στον χρόνο μετακίνησης, τα συλλεγόμενα στοιχεία, που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία, θα πρέπει να αναφέρονται στο προφίλ των επιβατών καθώς και στις απαντήσεις που έδωσαν σύμφωνα με τα ερωτηματολόγια που είχαν συνταχθεί για τους σκοπούς της έρευνας, όσο αφορά τους παραπάνω παράγοντες.

4.1.3 Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Στην παρούσα διπλωματική έχουν επιλεγεί ως ανεξάρτητες μεταβλητές της επεξεργασίας δεδομένων, οι εξής:

1. Η χρήση Λεωφορείου (DBUS)
2. Η χρήση Λεωφορείου – Μετρό (DBUSAM)

3. Η χρήση Μετρό (DAM)
4. Η χρήση Μετρό - I.X. (DAMIX)
5. Η χρήση I.X. (DIX)
6. Σκοπός Μετακίνησης (0 για εργασία, 1 για άλλο),(PURP)
7. Συχνότητα Χρήσης (FREQUSE)
8. Η κατοχή κάρτας απεριόριστων διαδρομών (CARD)
9. Αριθμός I.X. στο νοικοκυριό (NOIX)
10. Εισόδημα (χαμηλό, μέσο, υψηλό), (SOCIAL)
11. Η χρήση συγκοινωνίας από ανάγκη ή επιλογή (NEED)
12. Φύλλο (SEX)
13. Ηλικία (AGE2)
14. Αριθμός των Ατόμων στο νοικοκυριό άνω των 18 (AGE18)

Οι πληροφορίες αυτές συγκεντρώνονται με τη βοήθεια ερωτήσεων κατάλληλα διατυπωμένων, ώστε να μην υπάρξει ο κίνδυνος σύγχυσης των ερωτώμενων επιβατών. Τα (14) στοιχεία που αναφέρθηκαν αποτελούν σημαντικό τμήμα της βάσης δεδομένων και προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην επεξεργασία ως ανεξάρτητες μεταβλητές απαιτείται να μην είναι συσχετιζόμενες. Επομένως, κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών που αναφέρονται στην συχνότητα χρήσης (FREQUSE), στον αριθμό I.X. στο νοικοκυριό (NOIX), στο κοινωνικό επίπεδο των επιβατών (SOCIAL), στο φύλλο (SEX), στην ηλικία (AGE) και στον αριθμό των ατόμων στο νοικοκυριό ηλικίας άνω των 18 (AGE18). Τα αποτελέσματα της συσχέτισης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1. Διαπιστώνεται ότι μεταξύ των μεταβλητών δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Συνεπώς, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα στην επεξεργασία οι μεταβλητές αυτές ως ανεξάρτητες.

Πίνακας 4.1: Συντελεστής Συσχέτισης μεταξύ των Ανεξάρτητων Μεταβλητών.

	NOTRAN	FREQUSE	NOIX	SOCIAL	SEX	AGE	AGE18
NOTRAN	1,00	0,06	-0,17	-0,12	0,16	-0,16	0,05
FREQUSE	0,06	1,00	-0,01	0,03	-0,02	0,14	-0,00
NOIX	-0,17	-0,01	1,00	-0,01	-0,09	0,03	0,26
SOCIAL	-0,12	0,04	-0,01	1,00	-0,06	0,18	0,01
SEX	0,16	-0,02	-0,09	-0,06	1,00	-0,08	0,01
AGE	-0,16	0,14	0,02	0,18	-0,08	1,00	-0,10
AGE18	0,05	-0,00	0,26	0,01	0,01	-0,10	1,00

4.1.4 Εξαρτημένες Μεταβλητές

Με τον όρο *εξαρτημένη μεταβλητή* νοείται κάθε στοιχείο που είναι δυνατό να αντιπροσωπεύει μια ιδιότητα ή ένα χαρακτηριστικό και η εμφάνιση του οποίου εξαρτάται και επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες που αναφέρονται ως ανεξάρτητες μεταβλητές.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται η εκτίμηση της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως αυτές ορίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιεί ένα άτομο που θέλει να μετακινηθεί στο ευρύτερο λεκανοπέδιο Αττικής. Δηλαδή, η εξαρτημένη μεταβλητή στην παρούσα εργασία είναι **ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων**.

4.1.5 Μορφοποίηση Δεδομένων

Την επιλογή των πληροφοριών, που χρειάζονται στην επεξεργασία, ακολουθεί η συγκέντρωση των στοιχείων σε ένα αρχείο excel και ο χαρακτηρισμός τους με κατάλληλα επιλεγόμενες ονομασίες στην αγγλική γλώσσα. Παρακάτω φαίνονται οι ονομασίες των μεταβλητών:

Πίνακας 4.2: Ονομασία ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών στο αρχείο της επεξεργασίας.

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ
Τύπος Μέσου	Αριθμός Μετεπιβιβάσεων (NOTRAN)
Σκοπός Μετακίνησης (PURP)	
Συχνότητα Χρήσης (FREQUSE)	
Κατοχή κάρτας απεριόριστων διαδρομών (CARD)	
Αριθμός Ι.Χ. στο νοικοκυριό (NOIX)	
Εισόδημα (SOCIAL)	
Χρήση από ανάγκη (NEED)	
Φύλο (SEX)	
Ηλικία (AGE2)	
Αριθμός Ατόμων ηλικίας άνω των 18 (AGE18)	

Στη συνέχεια, θεωρήθηκε απαραίτητο να γίνει καθορισμός κάποιων νέων ανεξάρτητων μεταβλητών που πιθανόν να επηρέαζαν την ανεξάρτητη μεταβλητή,

δηλαδή των αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Αυτές οι μεταβλητές είναι: ο δείκτης κατοχής οχημάτων κάθε ενήλικου ατόμου στο νοικοκυριό και ο δείκτης κατοχής οχημάτων σε σχέση με την κοινωνική τάξη. Οι παραπάνω μεταβλητές ορίζονται ως εξής:

A) Δείκτης κατοχής οχημάτων κάθε ενήλικου ατόμου στο νοικοκυριό = αριθμός IX στο νοικοκυριό προς αριθμό ατόμων άνω των 18 ετών στο νοικοκυριό ($NOIXAG18 = NOIX/AGE18$)

B) Δείκτης κατοχής οχημάτων σε σχέση με την κοινωνική τάξη = Δείκτης κατοχής οχημάτων κάθε ενήλικου ατόμου στο νοικοκυριό επί κοινωνική τάξη (κατώτερη, μεσαία, ανώτερη) ($NOIX18_1 = NOIXAG18 * SOCIAL1$, $NOIX18_2 = NOIXAG18 * SOCIAL2$, $NOIX18_3 = NOIXAG18 * SOCIAL3$)

Σε δεύτερη φάση ακολουθεί η μορφοποίηση των δεδομένων, σε κάθε στήλη των οποίων έχει δοθεί ειδική ονομασία. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την εισαγωγή, για κάθε κατηγορία δεδομένων, αριθμητικών συμβόλων που αντιπροσωπεύουν κάθε κατηγορία ποιοτικής επιλογής ανάλογα με την φύση της μεταβλητής. Αποτελεί απαραίτητο στάδιο για την εφαρμογή του επιλεγόμενου στατιστικού προτύπου.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να παρουσιαστεί το εύρος τιμών κάθε μεταβλητής:

1. Τύπος Μέσου, αν το μέσο που χρησιμοποιείται είναι το Λεωφορείο η μεταβλητή (DBUS) έχει τον αριθμό 1, στο συνδυασμό Λεωφορείο – Μετρό (DBUSAM) αντιστοιχεί ο αριθμός 2, στο Μετρό (DAM) αντιστοιχεί ο αριθμός 3, στο συνδυασμό Μετρό – Ι.Χ. (DAMIX) ο αριθμός 4 και στο Ι.Χ. (DIX) το 5. Δηλαδή η κατηγοριοποίηση, που εμφανίζεται και στα ερωτηματολόγια, είναι διατεταγμένη (1, 2, 3, 4, 5).
2. Σκοπός Μετακίνησης, αν ο σκοπός της μετακίνησης είναι η εργασία τίθεται ο αριθμός 1, ενώ αν η μετακίνηση γίνεται για άλλους λόγους τίθεται ο αριθμός 0.
3. Συχνότητα Χρήσης, χρησιμοποιείται η ήδη ορισμένη στα ερωτηματολόγια ακόλουθη διάταξη:

Καθημερινά	1
Μέχρι 2 φορές την εβδομάδα	2
Μέχρι 3 φορές το μήνα	3
1 φορά το μήνα	4
Πρώτη φορά	5

4. Κατοχή κάρτας απεριορίστων διαδρομών, για τους επιβάτες που έχουν στην κατοχή τους κάρτα απεριορίστων τίθεται ο αριθμός 1 ενώ για αυτούς που για αυτούς που μετακινούνται χωρίς κάρτα τίθεται ο αριθμός 0.
5. Αριθμός I.X. στο νοικοκυριό, στην περίπτωση αυτή η αρίθμηση που χρησιμοποιείται δε συμβολίζει ποιοτικές επιλογές αλλά τον πραγματικό αριθμό I.X. που έχει στην κατοχή του το κάθε νοικοκυριό. Η αρίθμηση αυτή είναι από 1 έως 6.
6. Εισόδημα, όσο αφορά το κοινωνικό επίπεδο διακρίνονται τρεις κατηγορίες, χαμηλό στο οποίο τίθεται ο αριθμός 1, μεσαίο στο οποίο αντιστοιχεί ο αριθμός 2 και στο υψηλό ο αριθμός 3.
7. Χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, εάν κάποιο άτομο χρησιμοποιεί τα μέσα μαζικής μεταφοράς από ανάγκη τίθεται ο αριθμός 1, ενώ αν τα χρησιμοποιεί από επιλογή τίθεται ο αριθμός 0.
8. Φύλο, εάν ο χρήστης των Αστικών Συγκοινωνιών είναι άντρας τίθεται ο αριθμός 0, ενώ αν είναι γυναίκα ο αριθμός 1.
9. Αριθμός ατόμων στο νοικοκυριό με ηλικία ≥ 18 , σε αυτή την περίπτωση η αρίθμηση που χρησιμοποιείται δε συμβολίζει ποιοτικές επιλογές αλλά το πλήθος των μελών σε κάποιο νοικοκυριό που είναι άνω των 18 ετών.
10. Ηλικία, και σε αυτή τη περίπτωση αυτή η αρίθμηση που χρησιμοποιείται δε συμβολίζει ποιοτικές επιλογές αλλά την πραγματική ηλικία των ατόμων άνω των 18 ετών.

4.2 Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων

4.2.1 Εισαγωγή

Ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων που πραγματοποιεί κάποιο άτομο που επιθυμεί να μετακινηθεί από ένα σημείο σε κάποιο άλλο είναι η εξαρτημένη μεταβλητή, για την οποία έγινε στατιστική επεξεργασία. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων αποτελεί μια *Ακέραια Διακριτή* μεταβλητή. Σύμφωνα με την υπάρχουσα διεθνή βιβλιογραφία το πρότυπο που ενδείκνυται για την περίπτωση αυτήν και με βάση το οποίο έγινε η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση, είναι το πρότυπο της *Παλινδρόμησης Poisson* (Greene, 1993). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν είναι εκείνες που αναφέρονται στο υποκεφάλαιο 4.1.2. Έτσι, έπειτα από πλήθος δοκιμών και συνδυασμών ανεξαρτήτων μεταβλητών, η ανάλυση οδήγησε στην επιλογή του σημαντικότερου προτύπου. Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές, έγινε στατιστική επεξεργασία με την μέθοδο της *Γραμμικής Παλινδρόμησης*. Τα αποτελέσματα των δυο προτύπων παρουσιάζονται και συγκρίνονται στα υποκεφάλαια 4.2.3 και 4.2.4.

Από την επεξεργασία των στοιχείων προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Για να μπορέσουν όμως να γίνουν αποδεκτά, πρέπει να υποστούν τον κατάλληλο στατιστικό έλεγχο. Έτσι, στην προκειμένη περίπτωση και για το σύνολο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ο έλεγχος αυτός γίνεται σύμφωνα με το Κριτήριο-*t* του Student (*t-ratio*). Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 4.1, στον οποίο απεικονίζονται οι ‘κρίσιμες τιμές’ (*critical values*) που πρέπει να λαμβάνει το κριτήριο-*t* για να είναι στατιστικά σημαντικός ο συντελεστής ο οποίος υπολογίζεται από το επιλεγμένο πρότυπο παλινδρόμησης (*Γραμμικής ή Poisson*). Στην περίπτωση που ισχύει αυτό, η ανεξάρτητη μεταβλητή έχει στατιστικά σημαντική επιρροή στην εξαρτημένη.

Πίνακας 4.1 : Κρίσιμες τιμές ελέγχου με βάση το κριτήριο-t του Student.

Βαθμοί ελευθερίας ν	Επίπεδο εμπιστοσύνης				
	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
50	1,229	1,676	2,009	2,403	2,678
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Για παράδειγμα, σύμφωνα με τις τιμές του Πίνακα 4.1, εάν η απόλυτη τιμή του κριτηρίου-t ενός συντελεστή είναι μικρότερη από την τιμή 1,282, τότε η παράμετρος στην οποία γίνεται ο έλεγχος δεν είναι στατιστικά σημαντική για επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Αντίστοιχα συνεπάγεται πως η ανεξάρτητη αυτή μεταβλητή δεν επηρεάζει την εξαρτημένη, που στην προκειμένη περίπτωση είναι τα ατυχήματα. Εάν η απόλυτη τιμή του κριτηρίου-t είναι στο διάστημα τιμών [1,282, 1,645], τότε η παράμετρος η οποία ελέγχεται είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 90%. Εάν η απόλυτη τιμή του κριτηρίου-t βρίσκεται στο διάστημα τιμών [1,645, 1,960], τότε η παράμετρος στην οποία γίνεται ο έλεγχος είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Εάν η απόλυτη τιμή του κριτηρίου-t είναι στο διάστημα τιμών [1,960, 2,326], τότε η παράμετρος στην οποία γίνεται ο έλεγχος είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 97,5%. Τέλος, εάν η απόλυτη τιμή του κριτηρίου-t είναι μεγαλύτερη από την τιμή 2,326, τότε η παράμετρος στην οποία γίνεται ο έλεγχος είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 99%.

4.2.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Παλινδρόμησης Poisson

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Παλινδρόμησης Poisson όπως αυτά προέκυψαν μετά από στατιστική επεξεργασία στο λογισμικό LIMDEP. Η στατιστική επεξεργασία για τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων με την μέθοδο της *Παλινδρόμησης Poisson* κατέληξε, ύστερα από σειρά ελέγχων, στην δημιουργία ενός τελικού προτύπου. Στον Πίνακα 4.2, παρουσιάζεται το πρότυπο αυτό, όπου και παρατηρείται η σύνδεση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων (εξαρτημένη μεταβλητή) με τις στατιστικά σημαντικές ανεξάρτητες μεταβλητές.

Πίνακας 4.2 : Αποτελέσματα προτύπου Παλινδρόμησης Poisson για τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων.

Παλινδρόμηση Poisson			
Εξαρτημένη μεταβλητή: Αριθμός μετεπιβιβάσεων			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Τιμή παραμέτρου	Έλεγχος t (t-test)	Οριακή Επιρροή
DBUS	1,73	13,47	1,53
DAM	2,62	21,15	2,33
DBUSAM	3,12	25,31	2,77
DAMIX	3,05	22,27	2,71
PURP	-0,06	-1,66	-0,05
FREQUSE	0,02	1,83	0,02
CARD	0,09	2,66	0,08
NOIX	0,33	5,99	0,29
SOCIAL	-0,83	-12,02	-0,74
NEED	0,12	3,80	0,11
AGE2	-0,03	-8,19	-0,03
AGE18	-0,20	-6,78	-0,18
NOIX18_1	-1,80	-9,37	-1,60
NOIX18_2	-1,30	-7,14	-1,15
NOIX18_3	-0,72	-3,11	-0,64
SOCAG2	0,01	7,09	0,01

Ο Πίνακας αυτός αποτελείται από τέσσερις στήλες. Στην πρώτη στήλη εμφανίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου. Οι μεταβλητές αυτές προέκυψαν έπειτα από την στατιστική επεξεργασία ως οι στατιστικά σημαντικότερες από το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών. Στην δεύτερη στήλη παρουσιάζονται οι αριθμητικοί συντελεστές (coefficient estimates) για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, όπως προέκυψαν από την ανάλυση με βάση την *Παλινδρόμηση Poisson*. Στο σημείο αυτό υπενθυμίζεται πως οι συντελεστές αυτοί δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον ως προς το μέγεθος της αριθμητικής επιρροής που έχουν στην εξαρτημένη μεταβλητή και αυτό διότι η συγκεκριμένη επιρροή δεν είναι άμεσα μετρήσιμη και υπολογίσιμη. Εκείνο που ενδιαφέρει είναι το *πρόσημο* των συντελεστών. Δηλαδή, αν ο συντελεστής έχει θετικό πρόσημο, η αύξηση στην τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής προκαλεί αύξηση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (και το αντίστροφο για αρνητικό πρόσημο). Η τιμή του κριτηρίου-t (t-ratio), είναι αυτή που εμφανίζεται στην τρίτη στήλη. Η τιμή αυτή συγκρίνεται με τις τιμές του Πίνακα 4.1 και κατά συνέπεια προκύπτει το στατιστικό επίπεδο σημαντικότητας για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή. Στην τέταρτη και τελευταία στήλη παρατίθενται οι τιμές της Οριακής Επιρροής

(Marginal Effect). Εδώ αξίζει να επαναληφθεί πως η οριακή επιρροή είναι αυτή που καθορίζει το μέγεθος της επιρροής της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη.

4.2.2.1 Η Επιρροή του τύπου μέσων

Όπως είναι γνωστό ο τύπος μέσου που μπορεί να επιλέξει ένας μετακινούμενος δεν είναι ένας, έτσι στην επεξεργασία ο τύπος μέσου χωρίζεται σε επιλογή λεωφορείου, μετρό, λεωφορείου και μετρό, μετρό και Ι.Χ., που είναι οι πιο συνήθεις επιλογές που κάνει κάποιος μετακινούμενος. Η επιλογή κάθε μέσου ή συνδυασμού μέσων επηρεάζει σημαντικά τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων, όπως παρατηρείται από τα στοιχεία του πίνακα 4.3.

Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή του λεωφορείου ως μέσο μετακίνησης συνεπάγεται, *ceteris paribus*, υψηλότερο αριθμό μετεπιβιβάσεων απ' ότι με το Ι.Χ.. Επίσης, κατ' αναλογία αύξηση του μεριδίου αγοράς των λεωφορείων συνεπάγεται και αύξηση του συνολικού αριθμού μετεπιβιβάσεων στο αστικό δίκτυο όπως φαίνεται από το θετικό πρόσημο της τιμής της παραμέτρου.

Αντίστοιχα η επιλογή του μετρό ως μέσο μετακίνησης συνεπάγεται μεγαλύτερο αριθμό μετεπιβιβάσεων απ' ότι με το Ι.Χ., ακόμα και με το λεωφορείο, σύμφωνα με τις τιμές των οριακών τιμών των δύο μεταβλητών.

Επίσης, η επιλογή λεωφορείου και μετρό σε μία μετακίνηση, όπως και η επιλογή μετρό και ιδιωτικού οχήματος συνεπάγονται περισσότερες μετεπιβιβάσεις απ' ότι η επιλογή Ι.Χ. ή οποιουδήποτε άλλου μέσου. Η τιμή της οριακής τιμής των δύο αυτών μεταβλητών είναι αρκετά μεγάλη που σημαίνει ότι όσο περισσότερα διαθέσιμα μέσα υπάρχουν σε ένα δίκτυο μεταφορών τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων σε όλο το δίκτυο.

Γενικά, η επιλογή λεωφορείου, μετρό, λεωφορείου και μετρό όπως και λεωφορείου και Ι.Χ. ως μέσα μετακίνησης οδηγούν σε μεγαλύτερο αριθμό των μετεπιβιβάσεων απ' ότι με μόνο το Ι.Χ. γιατί όλες οι τιμές παραμέτρου αυτών των μεταβλητών έχουν θετικό πρόσημο, σύμφωνα με το μοντέλο που προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία. Επίσης το επίπεδο σημαντικότητας που καθορίζεται από τον έλεγχο *t* είναι πολύ μεγάλο αφού όλες οι τιμές του ελέγχου είναι μεγαλύτερες από 13,47.

4.2.2.2 Η Επιρροή του σκοπού μετακίνησης

Η τιμή παραμέτρου του σκοπού μετακίνησης όπως προέκυψε από το μοντέλο έχει αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι όταν μία μετακίνηση έχει ως σκοπό την εργασία, οι μετεπιβιβάσεις είναι χαμηλότερες απ' ό,τι αν ο σκοπός ήταν άλλος (για παράδειγμα διασκέδαση, ψώνια, κλπ.). Γενικά, ο σκοπός μετακίνησης είναι από τις ανεξάρτητες μεταβλητές με χαμηλή επιρροή στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων γιατί έχει μικρή τιμή οριακής επιρροής.

4.2.2.3 Η Επιρροή της συχνότητας χρήσης

Η συχνότητα χρήσης δείχνει πόσο συχνά χρησιμοποιεί κάποιος τις αστικές συγκοινωνίες. Από το πρότυπο προκύπτει ότι, όσο πιο συχνά χρησιμοποιεί ένας μετακινούμενος τα μέσα μαζικής μεταφοράς, τόσο αυξάνονται οι μετεπιβιβάσεις. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι όσοι χρησιμοποιούν συχνά αστικές συγκοινωνίες γνωρίζουν καλύτερα τις εναλλακτικές επιλογές που έχουν για τη πραγματοποίηση μιας συγκεκριμένης μετακίνησης και στο ότι είναι πιο εξοικειωμένοι στη πραγματοποίηση μετεπιβιβάσεων, όπως επίσης και στο ότι γνωρίζουν ότι πολλές φορές ο χρόνος μιας διαδρομής μειώνεται αν γίνει ο κατάλληλος συνδυασμός μέσων.

4.2.2.4 Η Επιρροή της κατοχής κάρτας απεριόριστων διαδρομών

Όπως παρατηρείται από το πρόσημο του συντελεστή του αριθμού ατόμων που έχουν κάρτα απεριόριστων διαδρομών, αύξηση αυτού του αριθμού προκαλεί αύξηση των μετεπιβιβάσεων. Αυτό σημαίνει ότι τα άτομα που έχουν κάρτα απεριόριστων διαδρομών, πραγματοποιούν και περισσότερες μετεπιβιβάσεις, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε πολλούς λόγους όπως για παράδειγμα, στο ότι πραγματοποιούν γενικά μεγάλο αριθμό μετακινήσεων και στο ότι γνωρίζουν καλύτερα τις εναλλακτικές επιλογές που έχουν για τις μετακινήσεις τους.

4.2.2.5 Η Επιρροή του αριθμού των I.X. στο νοικοκυριό

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την επεξεργασία αναφορικά με τον αριθμό των I.X. που υπάρχουν σε κάποιο νοικοκυριό είναι ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των I.X. σε ένα νοικοκυριό τόσο αυξάνεται και ο συνολικός αριθμός μετεπιβιβάσεων. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση γιατί η χρήση του I.X. συνεπάγεται μηδενικές μετεπιβιβάσεις συνεπώς με αύξηση των I.X. δεν είναι λογικό να αυξάνονται οι μετεπιβιβάσεις στο δίκτυο μεταφορών.

4.2.2.6 Η Επιρροή του εισοδήματος

Από την ανάλυση προέκυψε ότι τα άτομα με υψηλό εισόδημα κάνουν γενικά λιγότερες μετεπιβιβάσεις και ότι, όσο αυξάνεται το εισόδημα, τόσο μειώνεται ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων. Αυτό είναι πιθανό να οφείλεται και στο ότι τα υψηλά εισοδήματα παρουσιάζουν πολύ συχνότερη χρήση των I.X., τα οποία, όπως αναφέρθηκε και στην υποενότητα 4.2.2.1, παρουσιάζουν μηδενικές μετεπιβιβάσεις.

4.2.2.7 Η Επιρροή του λόγου χρήσης μέσω μαζικής μεταφοράς

Η παρούσα ανεξάρτητη μεταβλητή επηρεάζει θετικά τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων που σημαίνει ότι όταν αυξάνονται τα άτομα που χρησιμοποιούν από ανάγκη τις αστικές συγκοινωνίες, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων αυξάνεται. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την τιμή της οριακής επιρροής, όταν οι άνθρωποι που μετακινούνται με μέσα μαζικής μεταφοράς επειδή δεν έχουν άλλη επιλογή αυξάνονται κατά μία μονάδα, οι μετεπιβιβάσεις αυξάνονται περίπου κατά 0,1.

4.2.2.8 Η Επιρροή του φύλου

Μετά από διάφορες δοκιμές στο μοντέλο για τον προσδιορισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που επηρεάζουν σημαντικά τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων, προέκυψε ότι το φύλο των μετακινούμενων δεν είναι στατιστικά σημαντική μεταβλητή. Αυτό σημαίνει ότι οι γυναίκες πραγματοποιούν, κατά μέσο όρο, τον ίδιο αριθμό μετεπιβιβάσεων με τους άνδρες.

4.2.2.9 Η Επιρροή της ηλικίας

Όσον αφορά την επιρροή της ηλικίας στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων, από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψε ότι όσο αυξάνεται η ηλικία των μετακινούμενων, τόσο μειώνονται οι μετεπιβιβάσεις. Δηλαδή, τα άτομα μεγάλης ηλικίας πραγματοποιούν λιγότερες μετεπιβιβάσεις σε σχέση με τα άτομα μικρότερης ηλικίας.

4.2.2.10 Η Επιρροή του αριθμού των ενήλικων ατόμων στο νοικοκυριό

Το συμπέρασμα που εξάγεται από το πρότυπο αναφορικά με την ανεξάρτητη μεταβλητή των ενήλικων ατόμων σε ένα νοικοκυριό είναι ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των ενηλίκων σε μια οικογένεια, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων. Η μείωση αυτή είναι κατά απόλυτο τιμή περίπου 0,18 σύμφωνα με την τιμή της οριακής επιρροής.

4.2.2.11 Η Επιρροή του δείκτη κατοχής οχημάτων των ενηλίκων σε σχέση με την κοινωνική τάξη

Για την εύρεση του καταλληλότερου μοντέλου για τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων κρίθηκε σκόπιμο να εισαχθούν στην επεξεργασία ανεξάρτητες μεταβλητές που δείχνουν τον δείκτη κατοχής οχημάτων των ενηλίκων σε σχέση με το εισόδημα τους. Από τα αποτελέσματα του τελικού προτύπου προέκυψε ότι όταν αυξάνεται ο δείκτης οχημάτων μειώνεται ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων ανεξαρτήτως εισοδήματος. Αυτό, όμως, που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι όταν ο δείκτης οχημάτων αυξηθεί κατά το ίδιο ποσοστό στις τρεις διαφορετικές κατηγορίες εισοδήματος, οι μετεπιβιβάσεις που πραγματοποιούν τα άτομα που λαμβάνουν το χαμηλότερο εισόδημα είναι πολύ λιγότερες από ότι αυτές που κάνουν τα άτομα με υψηλό εισόδημα. Πιο αναλυτικά, από τις τιμές των οριακών τιμών, προκύπτει ότι όταν ο δείκτης οχημάτων των ενηλίκων με χαμηλό εισόδημα αυξηθεί κατά ένα τότε ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων μειώνεται κατά 1,60 περίπου. Όσον αφορά τα άτομα με μεσαίο εισόδημα οι μετεπιβιβάσεις μειώνονται κατά 1,15 περίπου ενώ οι μετεπιβιβάσεις των ατόμων με υψηλό εισόδημα μειώνονται κατά 0,64 περίπου.

4.2.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Γραμμικής Παλινδρόμησης

Έπειτα από τη στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το πρότυπο *Παλινδρόμησης Poisson* και την εύρεση των ανεξαρτήτων μεταβλητών του τελικού προτύπου, έγινε χρήση του προτύπου της *Γραμμικής Παλινδρόμησης* κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές. Η επεξεργασία αυτή έγινε για συγκριτικούς λόγους. Θεωρήθηκε δηλαδή χρήσιμο να συγκριθούν τα αποτελέσματα δύο διαφορετικών προτύπων σε σχέση τόσο με το πρόσημο, όσο και με το μέγεθος της επιρροής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3 που ακολουθεί.

Στην πρώτη στήλη του πίνακα 4.3, αναγράφονται οι χρησιμοποιούμενες ανεξάρτητες μεταβλητές. Στην δεύτερη στήλη, παρατίθενται οι συντελεστές για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, όπως πλέον προέκυψαν από την ανάλυση με βάση την *Γραμμική Παλινδρόμηση*. Με βάση τη θεωρία της Γραμμικής Παλινδρόμησης, οι συντελεστές αυτοί δηλώνουν τόσο την κατεύθυνση της επιρροής της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη, όσο και την φυσική σημασία τους. Έτσι, αν ο συντελεστής έχει θετικό πρόσημο, η αύξηση στην τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής προκαλεί αύξηση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (και το αντίστροφο για αρνητικό πρόσημο). Ταυτόχρονα, οι ίδιοι συντελεστές καθορίζουν και το μέγεθος της επιρροής της αλλαγής σε μια ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Οι τιμές που βρίσκονται στη τρίτη στήλη του πίνακα 4.3, είναι οι τιμές του κριτηρίου-t για τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Πίνακας 4.3 : Αποτελέσματα προτύπου Γραμμικής Παλινδρόμησης για τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων.

Γραμμική Παλινδρόμηση		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Τιμή παραμέτρου	Έλεγχος t (t-test)
DBUS	0,22	6,84
DAM	0,83	25,61
DBUSAM	1,47	45,80
DAMIX	1,28	23,23
PURP	-	-
FREQUSE	0,03	3,91
CARD	0,12	5,40
NOIX	-	-
SOCIAL	-0,02	-1,65
NEED	0,16	7,37
AGE2	-0,01	-1,95
AGE18	0,02	2,73
NOIX18_1	-	-
NOIX18_2	-	-
NOIX18_3	-	-
SOCAG2	-	-

4.2.3.1 Η Επιρροή του τύπου μέσων

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω αποτελέσματα, η επιλογή κάθε μέσου ή συνδυασμού μέσων είναι ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων και στο πρότυπο της γραμμικής παλινδρόμησης. Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή των μέσων μαζικής μεταφοράς ή συνδυασμού μέσων μαζικής μεταφοράς και Ι.Χ. συνεπάγεται και αύξηση του συνολικού αριθμού μετεπιβιβάσεων από ότι η χρήση μόνο του Ι.Χ

4.2.3.2 Η Επιρροή της συχνότητας χρήσης

Το συμπέρασμα που εξάγεται σχετικά με την ανεξάρτητη μεταβλητή που δείχνει τη συχνότητα χρήσης είναι ότι όσο αυξάνεται αυτή, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων λόγω του θετικού προσήμου της μεταβλητής.

4.2.3.3 Η Επιρροή της κατοχής κάρτας απεριόριστων διαδρομών

Το θετικό πρόσημο του συντελεστή του αριθμού ατόμων που έχουν κάρτα απεριόριστων διαδρομών δείχνει ότι αύξηση αυτού του αριθμού προκαλεί αύξηση των μετεπιβιβάσεων. Αυτό σημαίνει ότι τα άτομα που έχουν κάρτα απεριόριστων διαδρομών, πραγματοποιούν γενικά περισσότερες μετεπιβιβάσεις.

4.2.3.4 Η Επιρροή του εισοδήματος

Όσον αφορά την επιρροή του εισοδήματος στις συνολικές μετεπιβιβάσεις που πραγματοποιούνται στο αστικό δίκτυο, προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα άτομα με υψηλό εισόδημα κάνουν λιγότερες μετεπιβιβάσεις.

4.2.3.5 Η Επιρροή του λόγου χρήσης των αστικών συγκοινωνιών

Όταν μία μετακίνηση γίνεται από ανάγκη τότε αυτή περιλαμβάνει περισσότερες μετεπιβιβάσεις από ότι όταν γίνεται από επιλογή όπως από το πρόσημο του συντελεστή της αντίστοιχης ανεξάρτητης μεταβλητής στο πρότυπο της Γραμμικής Παλινδρόμησης.

4.2.3.6 Η Επιρροή της ηλικίας

Η ηλικία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Γενικά, τα ηλικιωμένα άτομα τείνουν να πραγματοποιούν λιγότερες μετεπιβιβάσεις συγκριτικά με τα άτομα μικρότερης ηλικίας. Έτσι, αν αυξηθεί ο μέσος όρος ηλικίας των μετακινούμενων, ο αριθμός των μετεπιβιβάσεων θα ελαττωθεί, όπως φαίνεται από το πρότυπο.

4.2.3.7 Η Επιρροή του αριθμού των ενηλίκων στο νοικοκυριό

Το συμπέρασμα που εξάγεται, από το πρότυπο, σχετικά με το πόσοι ενήλικοι υπάρχουν σε ένα νοικοκυριό είναι ότι όσοι περισσότεροι είναι τόσο ο συνολικός αριθμός μετεπιβιβάσεων αυξάνεται.

4.2.4 Σύγκριση των μοντέλων της Γραμμικής Παλινδρόμησης και της Παλινδρόμησης κατά Poisson

Για την επισήμανση των διαφορών και των ομοιοτήτων μεταξύ των προτύπων, κρίνεται σκόπιμη η παρουσίαση όλων των αποτελεσμάτων σε ένα πίνακα. Ο πίνακας 4.4, που παρουσιάζεται παρακάτω, περιέχει όλα τα αποτελέσματα για να γίνει η σύγκριση ευκολότερα και έχει τέσσερις στήλες. Στην πρώτη στήλη του πίνακα εμφανίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές. Στη δεύτερη και τρίτη στήλη υπάρχουν τα αποτελέσματα του προτύπου Παλινδρόμησης κατά Poisson ενώ στη τέταρτη στήλη υπάρχουν τα αποτελέσματα του προτύπου που προέκυψε από τη Γραμμική Παλινδρόμηση.

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα προτύπου Παλινδρόμησης Poisson και Γραμμικής Παλινδρόμησης

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Παλινδρόμηση Poisson		Γραμμική Παλινδρόμηση
	Τιμή παραμέτρου	Οριακή Επιρροή	Τιμή παραμέτρου
DBUS	1,73	1,53	0,22
DAM	2,62	2,33	0,83
DBUSAM	3,12	2,77	1,47
DAMIX	3,05	2,71	1,28
PURP	-0,06	-0,05	-
FREQUSE	0,02	0,02	0,03
CARD	0,09	0,08	0,12
NOIX	0,33	0,29	-
SOCIAL	-0,83	-0,74	-0,02
NEED	0,12	0,11	0,16
AGE2	-0,03	-0,03	-0,01
AGE18	-0,20	-0,18	0,02
NOIX18_1	-1,80	-1,60	-
NOIX18_2	-1,30	-1,15	-
NOIX18_3	-0,72	-0,64	-
SOCAG2	0,01	0,01	-
Αριθμός παρατηρήσεων		4921	
ρ^2	0,23		
R^2			0,50

Στο παραπάνω πίνακα υπάρχουν όλα τα αποτελέσματα για τις μεταβλητές που προέκυψαν στατιστικά σημαντικές από την επεξεργασία ενώ όπου προκύπτουν μεταβλητές στατιστικά μη σημαντικές (σε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%), τοποθετείται μία παύλα (-).

Η ουσιαστική διαφορά που εμφανίζεται μεταξύ των δύο προτύπων αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές του σκοπού μετακίνησης, του αριθμού ιδιωτικών οχημάτων στο νοικοκυριό και τις μεταβλητές του δείκτη κατοχής οχημάτων των ενηλίκων σε σχέση με το εκάστοτε εισόδημα. Από ότι προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία, οι προαναφερθείσες μεταβλητές ενώ είναι στατιστικώς σημαντικές στη Παλινδρόμηση Poisson και με πολύ μεγάλο επίπεδο εμπιστοσύνης, στη Γραμμική Παλινδρόμηση εξάγεται το συμπέρασμα πως αυτές οι μεταβλητές δεν ασκούν στατιστικά σημαντική επιρροή στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων.

Αναφορικά με τις υπόλοιπες χρησιμοποιούμενες ανεξάρτητες μεταβλητές, οι διαφορές που υπάρχουν αφορούν το επίπεδο σημαντικότητας και τις τιμές των οριακών επιρροών των μεταβλητών. Όσον αφορά το επίπεδο σημαντικότητας, αυτό είναι αρκετά διαφορετικό σε πολλές από τις μεταβλητές. Όμως, οι τιμές των οριακών τιμών των μεταβλητών είναι αυτές που διαφέρουν πάρα πολύ στα δύο μοντέλα. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη διαφορά υπάρχει στην ανεξάρτητη μεταβλητή της επιλογής του μετρό, ως μέσο μετακίνησης.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι τα πρόσημα των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών που είναι στατιστικά σημαντικές είναι και στα δύο πρότυπα, ίδια. Δηλαδή, όταν μία ανεξάρτητη μεταβλητή έχει θετικό πρόσημο στο ένα πρότυπο, έχει θετικό πρόσημο και στο άλλο (αντίστοιχα και αρνητικό). Αυτό σημαίνει ότι τα δύο πρότυπα δείχνουν την ίδια ποιοτική μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής από κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή. Αυτό που διαφέρει είναι η ποσοτική μεταβολή που εκφράζεται από την οριακή επιρροή στη παλινδρόμηση κατά Poisson και από την τιμή του συντελεστή των ανεξάρτητων μεταβλητών στη Γραμμική Παλινδρόμηση.

4.3 Διαφορές προτύπων Παλινδρόμησης Poisson και Γραμμικής Παλινδρόμησης σε μικρό σχετικά δείγμα τιμών

Η προσαρμογή της Κανονικής κατανομής στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων και συνεπώς η χρήση της Γραμμικής Παλινδρόμησης για την επεξεργασία τους, είναι

τόσο καλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος των τιμών τους. Στο παρόν υποκεφάλαιο, εξετάζεται η διαφορά μεταξύ του προτύπου της Παλινδρόμησης κατά Poisson και του προτύπου της Γραμμικής Παλινδρόμησης όταν η επεξεργασία αφορά δείγμα με μικρό εύρος τιμών.

Παρατηρείται, ότι τα αποτελέσματα της Γραμμικής Παλινδρόμησης διαφέρουν σημαντικά από εκείνα της Παλινδρόμησης κατά Poisson, εφόσον έξι από τις δεκαέξι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα ανάλυση προκύπτουν στατιστικά μη σημαντικές για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και κατά συνέπεια δεν επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων.

4.4 Ανακεφαλαίωση των αποτελεσμάτων

Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την στατιστική επεξεργασία για την εύρεση των παραγόντων που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας. Στην συνέχεια και με βάση την Παλινδρόμηση κατά Poisson, παρουσιάζονται ονομαστικά οι παράγοντες αυτοί. Έτσι, από την Παλινδρόμηση κατά Poisson προέκυψε ότι στατιστικά σημαντικοί παράγοντες είναι η επιλογή μέσου, ο σκοπός για τον οποίο γίνεται μια μετακίνηση, η συχνότητα χρήσης κάποιου μέσου, η κατοχή κάρτας απεριορίστων διαδρομών, ο αριθμός των ιδιωτικών οχημάτων στο νοικοκυριό, το εισόδημα των χρηστών, η μετακίνηση από ανάγκη ή επιλογή, η ηλικία, ο αριθμός των ενηλίκων σε ένα νοικοκυριό, ο δείκτης ιδιωτικών οχημάτων των ενηλίκων ατόμων σε σχέση με το εισόδημα τους και τέλος μία μεταβλητή που συσχετίζει το εισόδημα με την ηλικία των ατόμων.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η επεξήγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την στατιστική επεξεργασία με την μέθοδο της *Παλινδρόμησης κατά Poisson*.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

5.1.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, ο σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν να διερευνήσει ποιοι παράγοντες επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας. Για την πραγματοποίηση της διερεύνησης αυτής συγκεντρώθηκε μια ολοκληρωμένη και εκτενής βάση δεδομένων η οποία αφορά τις μεταφορές που πραγματοποιούνται στην Αττική. Αυτή η βάση δεδομένων προέκυψε από έρευνα της Συγκοινωνιακής Συμπεριφοράς Επιβατικού Κοινού που πραγματοποιήθηκε το 2003, με ατομικές συνεντεύξεις στους επιβάτες Αστικών Συγκοινωνιών αλλά και σε οδηγούς Ι.Χ., για τον Ο.Α.Σ.Α (Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών) (η βάση αυτή παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3). Στην συνέχεια στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία αυτή. Στο σημείο αυτό οφείλεται να επισημανθεί ότι για την ανάλυση των στοιχείων χρησιμοποιήθηκε η *Παλινδρόμηση κατά Poisson*, η οποία είναι θεωρητικά η πιο σωστή μεθοδολογία, από στατιστικής άποψης, με βάση την διεθνή βιβλιογραφία.

Στο παρόν υποκεφάλαιο δίνεται η πρακτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων τα οποία προέκυψαν από την στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάγονται. Επίσης, παρατίθενται προτάσεις για την περαιτέρω ανάλυση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων.

5.1.2 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων και Συμπεράσματα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι πίνακες που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων και οι οποίοι αφορούν τις παραμέτρους των οποίων η επιρροή στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων προέκυψε στατιστικά σημαντική. Στο ίδιο κεφάλαιο, έγινε επεξήγηση των αποτελεσμάτων αυτών αναφορικά με την κατεύθυνση (πρόσημο) της ασκούμενης επιρροής στις μετεπιβιβάσεις.

Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί η ποιοτική ερμηνεία των παραμέτρων αυτών. Στον Πίνακα 5.1, ο οποίος ακολουθεί, περιέχονται συγκεντρωτικά, στη πρώτη στήλη, οι ανεξάρτητες αυτές μεταβλητές για τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων και στη δεύτερη στήλη εμφανίζεται το πρόσημο των μεταβλητών.

Πίνακας 5.1: Παράγοντες που επηρεάζουν τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων.

Παράγοντες που επηρεάζουν τις μετεπιβιβάσεις	Πρόσημο
DBUS	+
DAM	+
DBUSAM	+
DAMIX	+
PURP	-
FREQUSE	+
CARD	+
NOIX	+
SOCIAL	-
NEED	+
AGE2	-
AGE18	-
NOIX18_1	-
NOIX18_2	-
NOIX18_3	-
SOCAG2	+

Ο Συνολικός Αριθμός Μετεπιβιβάσεων, από την περιγραφή των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση των στοιχείων της βάσης δεδομένων με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος LIMDEP για την εφαρμογή με της Παλινδρόμησης κατά Poisson και της Γραμμικής Παλινδρόμησης, επηρεάζεται από πολλά χαρακτηριστικά που αφορούν τους χρήστες των μεταφορικών μέσων και τις επιλογές τους.

Όπως φαίνεται ξεκάθαρα από τον πίνακα 5.1, σύμφωνα με το πρότυπο Poisson, θεωρητικά και μαθηματικά το πιο σωστό πρότυπο, οι παράγοντες που επηρεάζουν θετικά (αυξητικά) τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων είναι η επιλογή μέσου, η

συχνότητα χρήσης κάποιου μέσου, η κατοχή κάρτας απεριορίστων διαδρομών, ο αριθμός των ιδιωτικών οχημάτων στο νοικοκυριό, η μετακίνηση από ανάγκη ή επιλογή και τέλος μία μεταβλητή που συσχετίζει το εισόδημα με την ηλικία των ατόμων. Το θετικό πρόσημο σημαίνει, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ότι οποιαδήποτε αύξηση αυτών των ανεξάρτητων μεταβλητών, επιφέρει αύξηση στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων.

Πρακτικά, φαίνεται ότι το είδος του μέσου που χρησιμοποιεί κάποιος για την πραγματοποίηση της επιθυμητής μετακίνησης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Ειδικά, από την ανάλυση προκύπτει ότι η επιλογή δύο μέσων, δηλαδή ο συνδυασμός μέσων αυξάνει αρκετά τις μετεπιβιβάσεις. Αυτό είναι αναμενόμενο από τη στιγμή που η χρήση δύο μέσων σε μια μετακίνηση προϋποθέτει τουλάχιστον μία μετεπιβίβαση. Όσον αφορά τη χρήση ενός μέσου για την ολοκλήρωση μιας μετακίνησης, προκύπτει από την τιμή της οριακής επιρροής, ότι η χρήση του μετρό συνεπάγεται περισσότερες μετεπιβιβάσεις από τη χρήση λεωφορείου. Για περαιτέρω ερμηνεία αυτού του συμπεράσματος, απαιτείται μελέτη διαφόρων παραγόντων που σχετίζονται με τους λόγους που επιλέγεται το ένα μέσο ή το άλλο από το χρήστη και τη διαθεσιμότητα και αξιοπιστία των δύο μέσων.

Επίσης, από την επιρροή της συχνότητας χρήσης, είναι γεγονός ότι όσο πιο εξοικειωμένοι και ενημερωμένοι είναι οι μετακινούμενοι με το σύστημα μεταφορών τόσο ευκολότερα πραγματοποιούν μετεπιβιβάσεις. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι όσοι χρήστες διαθέτουν κάρτα απεριορίστων διαδρομών τείνουν να κάνουν περισσότερες μετεπιβιβάσεις. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι όσοι έχουν κάρτα κάνουν, γενικότερα, περισσότερες μετακινήσεις και ότι οι μετεπιβιβάσεις δεν επηρεάζουν το κόστος της διαδρομής αφού αυτό θεωρείται σχετικά σταθερό. Τέλος, η ανεξάρτητη, που δημιουργήθηκε με πολλαπλασιασμό του εισοδήματος με την ηλικία ενός ατόμου, μόνο για τις ανάγκες του μοντέλου και δεν έχει ακριβή φυσική σημασία προέκυψε στατιστικά σημαντική με θετικό πρόσημο που σημαίνει ότι το εισόδημα με την ηλικία συσχετίζονται και επηρεάζουν τις μετεπιβιβάσεις που πραγματοποιεί κάποιος.

Αντιθέτως, ο σκοπός για τον οποίο γίνεται μια μετακίνηση, το εισόδημα των χρηστών, η ηλικία, ο αριθμός των ενηλίκων σε ένα νοικοκυριό και ο δείκτης ιδιωτικών οχημάτων των ενηλίκων ατόμων σε σχέση με το εισόδημα τους είναι αρνητικοί παράγοντες. Αυτό σημαίνει ότι τα άτομα που μετακινούνται με σκοπό την

εργασία κάνουν λιγότερες μετεπιβιβάσεις από τα άτομα που μετακινούνται για άλλους σκοπούς, όπως αναψυχή, ψώνια και άλλους.

Το εισόδημα επηρεάζει αρνητικά τις μετεπιβιβάσεις που φανερώνει ότι όσο αυξάνεται το εισόδημα που λαμβάνει κάποιος ή αντίστοιχα αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών που έχουν μεγάλο εισόδημα τόσο αυτοί αντιστέκονται στη πραγματοποίηση μετεπιβιβάσεων, γεγονός που συμβαίνει εξαιτίας διάφορων λόγων, που η ανάλυση τους δεν είναι αντικείμενο της παρούσης εργασίας. Ένα επιπρόσθετος παράγοντας που σχετίζεται, πάλι, με το εισόδημα, είναι ο δείκτης οχημάτων των ενηλίκων αναλόγως του εισοδήματος. Δηλαδή, όταν αυξάνει ο αριθμός οχημάτων που διαθέτει κάποιος, σε όποια κατηγορία εισοδήματος κι αν ανήκει (χαμηλό, μεσαίο, υψηλό), τόσο οι μετεπιβιβάσεις γίνονται λιγότερες. Κάτι τέτοιο είναι λογικό επειδή όσο περισσότερα οχήματα έχει στη διάθεση του κάποιος, τόσο συχνότερα τα επιλέγει για μια μετακίνηση χωρίς πραγματοποίηση μετεπιβίβασης. Επίσης, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι αν αυξηθεί ο δείκτης οχημάτων όμοια στις τρεις κατηγορίες εισοδημάτων, τότε οι μετεπιβιβάσεις των ατόμων με χαμηλό εισόδημα μειώνονται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με αυτές των ατόμων με υψηλό εισόδημα.

Ακόμα, επειδή η ηλικία έχει συντελεστή με αρνητικό πρόσημο εξάγεται το συμπέρασμα ότι άτομα μεγαλύτερης ηλικίας δεν πραγματοποιούν τόσο συχνά μετεπιβιβάσεις. Ο αριθμός των ενήλικων ατόμων σε ένα νοικοκυριό είναι, επίσης, ένας παράγοντας που αν αυξηθεί, οι μετεπιβιβάσεις μειώνονται.

Στο τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι το φύλο των χρηστών είναι ένας παράγοντας που δεν έχει σημαντική επιρροή στον αριθμό των μετεπιβιβάσεων όπως προέκυψε από τη στατιστική επεξεργασία, σύμφωνα με τον στατιστικό έλεγχο t-statistic. Αυτό δείχνει ότι οι άνδρες και οι γυναίκες συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο στη πραγματοποίηση μετεπιβιβάσεων.

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία έγινε προσπάθεια για διερεύνηση και προτυποποίηση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων σε πολύπλοκα μεταφορικά δίκτυα και συγκεκριμένα στο μεταφορικό δίκτυο της Αθήνας. Από τη στατιστική επεξεργασία που ακολουθήθηκε και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν, προτείνονται τα ακόλουθα ζητήματα για περαιτέρω διερεύνηση:

1. Η διεξαγωγή μιας έρευνας μεγάλης κλίμακας για τη συγκέντρωση περισσότερων στοιχείων. Η έρευνα αυτή πρέπει να διεξαχθεί σε διαχρονική βάση που σημαίνει ότι πρέπει να πραγματοποιηθεί σε διάφορες χρονικές στιγμές μέσα στο έτος και σε διαφορετικές ώρες μέσα στη μέρα. Μπορεί, επίσης, να διεξαχθεί με διαμόρφωση ημερήσιων ημερολογίων μετακινήσεων τα οποία θα συμπληρώνονται από όλα τα μέλη του νοικοκυριού για τις μετακινήσεις τους μέσα στην εβδομάδα, και όχι με ερωτηματολόγια, για ληφθούν στοιχεία για όλες τις ώρες και ημέρες της εβδομάδας από άτομα με διαφορετικά χαρακτηριστικά.
2. Η αναζήτηση στοιχείων από μεταφορικά συστήματα σε πόλεις του εξωτερικού. Είναι γνωστό ότι πολλές πόλεις του εξωτερικού υπάρχουν σύνθετα συστήματα μεταφορών που συνεπάγονται πραγματοποίηση μεγάλου αριθμού μετεπιβιβάσεων. Στοιχεία από τέτοια συστήματα θα ήταν πολύ χρήσιμα στην περαιτέρω ανάλυση του αριθμού των μετεπιβιβάσεων.
3. Η επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων με ένα μοντέλο ZIP. Τα μοντέλα zero-inflated αναφέρουν ότι η διαδικασία παραγωγής δεδομένων έχει μια τεχνική τμηματικού διαχωρισμού που παρέχεται για τους δύο τύπους των μηδενικών. Η διαδικασία διαχωρισμού θεωρείται ότι ακολουθεί μια πιθανοτική διαδικασία logit ή probit ή άλλες πιθανοτικές διαδικασίες. Έτσι, δημιουργείται ένα διεπίπεδο μοντέλο. Αρχικά, γίνεται ο διαχωρισμός των μηδενικών τιμών (μη πραγματοποίηση μετεπιβιβάσεων) από τις μη μηδενικές (πραγματοποίηση μίας ή περισσότερων μετεπιβιβάσεων). Στη συνέχεια, η μη μηδενικές τιμές διαχωρίζονται ανάλογα με τον αριθμό των μετεπιβιβάσεων. Δηλαδή, στη πραγματοποίηση μίας, δύο, τριών ή περισσότερων μετεπιβιβάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abdel-Aty, M.A., (2001), "Using ordered probit modelling to study the effect of ATIS on transit ridership". *Transportation Research Part C* 9 pp.265-277.

Aldaihani, M.M., Quadrifoglio, L., Dessouky, M.M. and Hall, R., (2004). "Network design for a grid hybrid transit service". *Transportation Research Part A* 38, pp.511-530.

Arente, T. and H. Timmermans, (2004). "Multistate supernetwork approach to modelling multi-activity, multimodal trip chains". *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.18, No. 7, pp 631-651.

Benjamins, M., Lindveld, C.D.R. and R. van Nes, (2001). "Multimodal Travel Choice Modeling: A Supernetwork Approach". *Proceedings of the 81st Annual Transportation Research Board Meeting*, Washington DC, U.S.A..

Bovy, H.L. P. and Hoogendoorn-Lanser, S., (2005). "Modeling route choice behaviour in multi-modal transport networks". *Transportation Research* 32, pp.341-368.

Central Transportation Planning Staff, (1997), "Transfer penalties in urban mode choice modelling".

Davidson, D., (2001). "Impact of suburban employee trip chaining on transportation demand management". *Transportation Research Record*. No. 1321. pp. 82-89.

Festa, D.C., Condino, G. and G. Mazzula, (2003). "A behavioural model for modal choice in the trip-chains". *Transactions of the Built Environment*, Vol. 64, pp 171-182.

Goulias, K, R. Pendyala, R. Kitamura, (2001). "Practical method for the estimation of trip generation and trip chaining". *Transportation Research Record*. No. 1285. pp. 47-56.

Karlaftis, M., Kepaptsoglou, K. and Stathopoulos, A. (2007-forthcoming) "Multimodal Trip Chains during Large Events: A Non-Homogeneous Markov Decision Process Approach". *Proceedings of the T-Log Conference*, Shenhzen, China.

Kim, H., Oh, J.S. and Jayakrishnan, R., (2006). "Activity Chaining Model Incorporating Time Use Problem and Its Applection to Network Demand Analysis". *Proceedings of the 86th Annual Transportation Research Board Meeting*.

Kitamura, (1984), R. "Incorporating trip chaining into analysis of destination choice". *Transportation Research Record B*. 18B(1). pp. 67-81.

Kitamura, (1985), R. "Trip Chaining in a Linear City". *Transportation Research A*. 12A (2).

Krygsman, S. and M. Dijst, (2001). "Multimodal Trips in the Netherlands: Microlevel Individual Attributes and Residential Context". *Transportation Research Record* 1753, pp 11-19.

Lee, Y.-J. and Vuchic, R.V., (2005). "Transit Network Design with Variable Demand". *Journal of Transportation Engineering*, January 2005.

Lo, HK, Yip, CW and Wan, KH, (2003). "Modeling competitive multi-modal services. In: advanced modeling for transit operations and service planning". *Transportation Research Board*, pp. 231-255.

Maruyama, T. and Harata, N., (2006), "Difference between Area-based and Cordon-based Congestion Pricing: Investigation by Trip-chain-based Network Equilibrium Model with Non-additive Path Costs". *Proceedings of the 86th Annual Transportation Research Board Meeting*.

McGuckin, N and E Murakami, (1999). "Examining Trip-Chaining Behavior: A Comparison of Travel by Men and Women". *Transportation Research Record*. No. 1693. pp. 79-85.

Nishii, K, K Kodo and R Kiramura, (1988). "Empirical analysis of trip chaining behaviour". *Transportation Research Record*. No. 1203. pp. 40-56.

Noland, B. Robert and John V. Thomas, (2006). "Multivariate Analysis of Trip Chaining Behaviour". *Proceedings of the 86th Annual Transportation Research Board Meeting*.

Srinivasan and Raghavender, (2006). "Impact of mobile phones on travel: Empirical analysis of activity-chaining, ride-sharing and virtual shopping". *Proceedings of the 86th Annual Transportation Research Board Meeting*.

Vande Walle, S. and Steenberghen, T., (2006). "Space and time related determinants of public transport use in trip chains". *Transportation Research Part A* 40 pp.151-162.

Vuchic, R.V., (2005). "Urban Transit. OPERATIONS, PLANNING, and ECONOMICS". John Wiley & sons, INC.

Wallace, B, J Barnes and G Rutherford, (2000). "Evaluating the Effects of Traveler and Trip Characteristics on Trip Chaining, with Implications for Transportation Management Strategies". *Transportation Research Record*. No. 1718. pp. 97-106.

Washington S., Karlaftis M. and Mannering F., (2002), "Statistical and econometric methods for transportation data analysis", *CRC Press, Boca Raton, FL*.

Zhao, F. and Ubaka, I., (2004). "Transit Network Optimization- Minimizing Transfers and Optimizing Route Directness". *Journal of Public Transportation*, Vol. 7, No. 1.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγαπάκης, Ι. και Ε. Μυγιάκη, (2003), “Μακροσκοπική διερεύνηση της επιρροής της αστυνόμευσης στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας”. Διπλωματική Εργασία, Τομέας ΜΣΥ, Ε.Μ.Π..

Κοκολάκης, Γ. και Σπηλιώτης, Ι., (1999). “Εισαγωγή στη θεωρία πιθανοτήτων και στατιστική”. Εκδόσεις Συμεών .

Λυδάκη, Μ., (2003), “Προτυποποίηση χρόνων διαδρομής σε μεγάλα αστικά κέντρα με μαθηματικά πρότυπα Hazard”. Διπλωματική Εργασία, Τομέας ΜΣΥ, Ε.Μ.Π..

Νασιόπουλος, Α., (2002), “Ανάλυση της επιρροής της αστυνόμευσης στα οδικά ατυχήματα με τη χρήση μη-γραμμικών προτύπων”. Διπλωματική Εργασία, Τομέας ΜΣΥ, Ε.Μ.Π..

Φραντζεσκάκης, Ι.Μ. και Γιαννόπουλος, Γ.Α., (1986). “Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική”. Τόμος 1, Εκδόσεις Παρατηρητής.

