[illegible]

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Επίκ.Καθηγητής ΕΜΠ

i

“Χαρακτηριστικά συμπεριφοράς νεαρών πεζών σε αστικές οδούς”

Σοφία Τούρου

ΣΥΝΟΨΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος μιας ολόκληρης διαδρομής. Δηλαδή επιχειρείται να περιγραφεί η ταχύτητα κίνησης του πεζού, το σημείο το οποίο επιλέγει να διασχίσει την οδό για να πραγματοποιήσει τη διαδρομή του και η επιλογή διαδρομής. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε πραγματικές οδικές συνθήκες. Με τη χρήση προτύπων απλής γραμμικής παλινδρόμησης διερευνάται η επιρροή των διαφόρων παραμέτρων στην ταχύτητα με την οποία ο πεζός επιλέγει να κινηθεί. Με τη χρήση της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης διερευνάται η επιρροή των παραμέτρων στην επιλογή διάσχισης της οδού και στην επιλογή διαδρομής. Η εφαρμογή των προτύπων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η ηλικία και το φύλο του πεζού, ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος πεζών στο πεζοδρόμιο καθώς και η επιλογή της πιο ευχάριστης διαδρομής επηρεάζουν την ταχύτητα με την οποία ο πεζός κινείται. Σε ότι αφορά στο σημείο που ο πεζός επιλέγει να διασχίσει, οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή του είναι ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων, η τελευταία επιλογή διάσχισης, η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο, οι χρήσεις γης και ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος πεζών σε κάθε πεζοδρόμιο. Τέλος οι παράμετροι που επηρέασαν την επιλογή διαδρομής είναι το ενδεχόμενο να περπατάει συχνά, η επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής και ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης.

Λέξεις-κλειδιά: πεζός, ταχύτητα κίνησης, κύρια διάσχιση, επιλογή διαδρομής, απλή γραμμική παλινδρόμηση, λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

“Young pedestrian behavior characteristics in urban road network”

Sofia Tourou

ABSTRACT

This Diploma Thesis aims to investigate the characteristics of pedestrians' behavior along a whole route. More specifically, an attempt is made to describe the walking speed, the way in which a pedestrian chooses a particular link to cross the road along a route and the route choice. In order to achieve this objective, an experimental process in real road conditions was carried out. A linear regression model was developed to investigate the impact of certain parameters in the walking speed. A binary logistic model was also developed to investigate the impact of the parameters in the pedestrians' decision on which section to cross and in the route choice. From the models application it appears that the age and the gender of the pedestrian, the low pedestrians' flow and the choice of the most pleasant route have statistically significant impact to the walking speed. Concerning to the link that the pedestrian chooses to cross, the traffic gap, the “last choice” crossing, the existence of recreation land uses, the choice of walking in plain surface instead of slope and the low pedestrians' flow define his decision. The pedestrians route choice is influenced by the possibility to walk often, the choice of the fastest route and the number of the direction's changes.

Key-words: pedestrian, walking speed, primary cross, route choice, linear regression, binary logistic regression.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **διερεύνηση των χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς των πεζών** σχετικά με την ταχύτητα με την οποία κινούνται, το οδικό τμήμα που επιλέγουν να διασχίσουν ώστε να πραγματοποιήσουν τη διαδρομή τους και τέλος την διαδρομή που επιλέγουν να περπατήσουν.

Μετά τον καθορισμό του στόχου, ακολούθησε η **βιβλιογραφική ανασκόπηση** από όπου προέκυψε ένα ικανοποιητικό πλήθος αναφορών σχετικές με τον τρόπο μελέτης του αντικειμένου καθώς και την περιγραφή της συμπεριφοράς των πεζών με χρήση μαθηματικών προτύπων. Εξετάστηκαν βιβλιογραφικές αναφορές που σχετίζονταν με τους πεζούς καθώς και αναφορές καθαρά μαθηματικής φύσεως σχετικές με τη χρήση μαθηματικών προτύπων.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα με τριάντα άτομα, δύο φορές με κενό διάστημα τριών εβδομάδων, σε πραγματικές οδικές συνθήκες στο κέντρο της Αθήνα και συγκεκριμένα από το σταθμό του μετρό στον Ευαγγελισμό μέχρι την πλατεία Φιλικής Εταιρείας στο Κολωνάκι. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφηκε σειρά μεταβλητών όπως το κυκλοφοριακό κενό, οι χρήσεις γης, ο χρόνος και το μήκος της διαδρομής, οι αλλαγές κατεύθυνσης, οι στάσεις και τα ατομικά χαρακτηριστικά των πεζών με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίου όπως για παράδειγμα η ηλικία, το φύλο, η στάση απέναντι στο περπάτημα, η γνώση της περιοχής του πειράματος, η συχνότητα βαδίσματος.

Την καταγραφή των παραμέτρων στα έντυπα, ακλούθησε η **δημιουργία μιας βάσης δεδομένων** που χρησιμοποιήθηκε στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Στη συνέχεια μετά από την επεξεργασία των στοιχείων επιλέχθηκε η καταλληλότερη μέθοδος ανάλυσης. Σημειώνεται ότι για την κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή προέκυψαν δύο μοντέλα ένα για κάθε μέτρηση.

Η **στατιστική επεξεργασία** και η ανάπτυξη του μοντέλου της ταχύτητας κίνησης του πεζού πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή της μεθόδου της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Σε ότι αφορά το οδικό τμήμα που επιλέγει ο πεζός να διασχίσει με σκοπό να πραγματοποιήσει τη διαδρομή του και την επιλογή διαδρομής, επιλέχθηκε η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Μετά από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν τα **μαθηματικά πρότυπα**

που χρησιμοποιήθηκαν για τη συσχέτιση των διαφόρων εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν.

Η **σχετική επιρροή** των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Το μέγεθος αυτό θεωρήθηκε μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μαθηματικών μοντέλων. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i και η τιμή της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* των ανεξάρτητων μεταβλητών των έξι μοντέλων (δύο για την κάθε μεταβλητή).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Ηλικία	-0,031	0,735	17,5	-0,02	0,441	14,23
Φύλο	-0,143	0,072	1,71	-0,123	0,061	1,97
Χαμηλός Φόρτος Πεζών	0,176	0,083	1,98	0,182	0,102	3,29
Ευχάριστη Διαδρομή	0,165	0,042	1,00	0,136	0,031	1,00

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΚΥΡΙΑ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΟΔΟΥ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Χρ. Διαχωρισμός Οχημάτων	4,883	3,124	1,551	6,515	6,026	3,657
Καταστήματα αναψυχής	4,843	2,966	1,472	1,655	1,648	1,000
Τελευταία Επιλογή	3,623	2,251	1,118	—	—	—
Βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο	3,376	2,018	1,002	2,536	1,779	1,079
Χαμηλός φόρτος πεζών	2,814	2,014	1,000	—	—	—

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Επιλογή πιο σύντομης διαδρομής	-2,569	3,119	2,815	-2,413	2,953	2,235
Συχνό περπάτημα	1,589	2,497	2,254	1,608	2,721	2,061
Αριθμός αλλαγών κατεύθυνσης	1,293	1,108	1,000	1,561	1,321	1

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει, το είδος και το μέγεθος της επιρροής που έχει η κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης οδήγησαν σε μια σειρά συμπερασμάτων όπως αυτά που παρουσιάζονται παρακάτω.

Αναφορικά με την **ταχύτητα κίνησης** του πεζού, διαπιστώθηκε ότι εξαρτάται από την ηλικία και το φύλο του πεζού, από το χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών στο πεζοδρόμιο καθώς και από την επιλογή της πιο ευχάριστης διαδρομής.

Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων στην ταχύτητα κίνησης των πεζών προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε ότι η ηλικία από 18 έως 28 έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητα κίνησης του πεζού. Αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο καθώς όπως έχει αποδειχτεί και σε προηγούμενες έρευνες όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του πεζού τόσο πιο αργά κινείται.

Η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών που εντοπίστηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, προσεγγίζει το ζήτημα διάσχισης της οδού σε μικρό τμήμα και όχι κατά μήκος μιας ολόκληρης διαδρομής. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία γίνεται προσπάθεια να εξεταστούν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή του πεζού να διασχίσει ώστε να πραγματοποιήσει τη διαδρομή του.

Διαπιστώθηκε ότι η **επιλογή του οδικού τμήματος διάσχισης** για την πραγματοποίηση της διαδρομής εξαρτάται από το χρονικό διαχωρισμό των οχημάτων, την τελευταία επιλογή

διάσχισης, την επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο, τις χρήσεις γης και το χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών σε κάθε πεζοδρόμιο.

Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων και στη επιλογή διάσχισης οδικού τμήματος προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Προέκυψε και στα δύο μοντέλα ότι τη μεγαλύτερη επιρροή έχει ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων, κάτι απόλυτα λογικό καθώς η ύπαρξη χρονικού διαχωρισμού των οχημάτων σημαίνει μεγάλη χρονοαπόσταση μεταξύ των οχημάτων και συνεπώς ευκαιρία για ασφαλή διάσχιση της οδού.

Τέλος σε ότι αφορά την **επιλογή διαδρομής**, διαπιστώθηκε ότι εξαρτάται από το ενδεχόμενο ο πεζός να περπατάει συχνά, την επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής και τον αριθμό των αλλαγών κατεύθυνσης.

Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων και στη επιλογή διαδρομής προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Προέκυψε και στα δύο μοντέλα ότι τη μεγαλύτερη επιρροή έχει η επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής. Οι πεζοί που απάντησαν ότι επέλεξαν την πιο σύντομη διαδρομή επέλεξαν να πραγματοποιήσουν τη διαδρομή από τις κύριες οδικές αρτηρίες.

Αναφέρεται ότι υπό προϋποθέσεις μπορεί να καταστεί δυνατή η γενίκευση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε επόμενες συναφείς έρευνες. Θα πρέπει βέβαια να ληφθεί υπόψη ότι οι συνθήκες μπορεί να διαφοροποιούνται σε άλλες οδικές αρτηρίες και με μεγαλύτερο αριθμό καταγραφέντων πεζών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	5
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	5
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	8
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	10
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	10
2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ	11
2.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΟΔΟΥ	17
2.3.1 Συμπεριφορά πεζών και περιβάλλον της οδού.	17
2.3.2 Συμπεριφορά πεζών ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες.	18
2.3.3 Ανάλυση συμπεριφοράς πεζών κατά τη διάσχιση της οδού.	20
2.3.4 Μοντέλα συμπεριφοράς πεζών κατά τη διάσχιση της οδού.	21
2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΕΖΩΝ	24
2.4.1 Συμπεριφορά πεζών κατά την επιλογή διαδρομής.	24
2.4.2 Συμπεριφορά πεζών και κόστος διαδρομής.	25
2.5 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	26
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	28
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	28
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	29
3.3 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ Ή ΚΑΤΑΝΟΜΗ GAUSS	31
3.4 ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	31
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	32
3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	32
3.5.2 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης	34
3.5.3 Εκτίμηση των παραμέτρων	35
3.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	36
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	40
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	40
4.2 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	40
4.2.1 Στόχος	40
4.2.2 Συλλογή στοιχείων	41
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	44
4.3.1 Εισαγωγή των στοιχείων σε βάση δεδομένων.	44
4.3.2 Περιγραφή βάσης δεδομένων	49
4.3.3 Εισαγωγή των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης	51

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	56
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	56
5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	57
5.2.1 Δεδομένου εισόδου-Καθορισμός Μεταβλητών	57
5.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ Ο ΠΕΖΟΣ ΚΙΝΕΙΤΑΙ	63
5.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	63
5.3.2 Περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων των μοντέλων.	67
5.3.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών.	69
5.3.4 Ανάλυση Ευαισθησίας	72
5.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΥ Ο ΠΕΖΟΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ	74
5.4.1 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης	74
5.4.2 Περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων των μοντέλων.	78
5.4.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών	82
5.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΠΟΥ Ο ΠΕΖΟΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙ ΝΑ ΒΑΔΙΣΕΙ	85
5.5.1 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης	85
5.5.2 Περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων των μοντέλων	88
5.5.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών	90
5.5.4 Ανάλυση ευαισθησίας	91
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	94
6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	100
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	101
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103
 <u>ΠΙΝΑΚΕΣ</u>	
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Αριθμός θανάτων πεζών από οδικά ατυχήματα στην ΕΕ από	2
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Αποσπάσιμα πίνακα από τις καταγραφείσες μεταβλητές στην περιοχή μελέτης.	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Αποσπάσιμα πίνακα από τις καταγραφείσες μεταβλητές κατά τις μετρήσεις.	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Αποσπάσιμα πίνακα από τις καταγραφείσες μεταβλητές του ερωτηματολογίου.	50
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: Αποσπάσιμα τελικού πίνακα για ταχύτητα και επιλογή επιλογής	51

διαδρομής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5:	Αποσπάσιμα τελικού πίνακα για σημείο διάσχισης.	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1:	Οι τιμές των διακριτών μεταβλητών.	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2:	Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της ταχύτητας του πρώτου μοντέλου.	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3:	Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων της ταχύτητας του δεύτερου μοντέλου.	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4:	Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της ταχύτητας.	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5:	Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο πρώτο μοντέλο.	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6:	Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για κύρια διάσχιση στο πρώτο μοντέλο.	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7:	Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο δεύτερο μοντέλο.	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8:	Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για κύρια διάσχιση στο δεύτερο μοντέλο.	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9:	Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο των κύριων διασχίσεων.	83
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10:	Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο πρώτο μοντέλο.	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11:	Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επιλογή διαδρομής στο πρώτο μοντέλο.	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12:	Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο δεύτερο μοντέλο.	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.13:	Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επιλογή διαδρομής στο δεύτερο μοντέλο.	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.14:	Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1:	Συγκεντρωτικός πίνακας της σχετικής επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της ταχύτητας κίνησης.	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2:	Συγκεντρωτικός πίνακας της σχετικής επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της κύριας διάσχισης της οδού.	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3:	Συγκεντρωτικός πίνακας της σχετικής επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της επιλογής διαδρομής.	96

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1:	Αριθμός νεκρών πεζών από οδικά ατυχήματα στην ΕΕ.	1
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:	Ετήσιος αριθμός θυμάτων και τραυματιών από τροχαία ατυχήματα.	4
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3:	Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.	7
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1:	Σχέση ταχύτητας ελεύθερης ροής με την πυκνότητα σε διαφορετικές συνθήκες.	16
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.2:	Πιθανότητες διάσχισης της οδού σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο (αρχή, μέση, τέλος).	22
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1:	Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων.	36
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 5.1-5.3:	Διαγράμματα ευαισθησίας για το μοντέλο της ταχύτητας κίνησης του πεζού.	72-73
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 5.4-5.9:	Διαγράμματα ευαισθησίας για το μοντέλο της επιλογής διαδρομής.	92-93

ΣΧΗΜΑΤΑ

ΣΧΗΜΑ 2.1:	Κύριες και δευτερεύουσες διασχίσεις κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού.	21
ΣΧΗΜΑ 4.1:	Περιοχή μελέτης.	41
ΣΧΗΜΑ 4.2:	Καταγραφή μέτρησης.	43
ΣΧΗΜΑ 4.3:	Κύριες και δευτερεύουσες διασχίσεις κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού.	45
ΣΧΗΜΑ 5.1:	Παράδειγμα τελευταίας επιλογής διάσχισης.	82

ΕΙΚΟΝΑ

ΕΙΚΟΝΑ 4.1:	Παράδειγμα εισαγωγής των στοιχείων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.	52
ΕΙΚΟΝΑ 4.2:	Παράδειγμα καθορισμού των μεταβλητών.	53
ΕΙΚΟΝΑ 4.3:	Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση.	53
ΕΙΚΟΝΑ 4.4:	Ανάλυση με λογιστική παλινδρόμηση.	54
ΕΙΚΟΝΑ 4.5:	Παράδειγμα ορισμού εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.	54

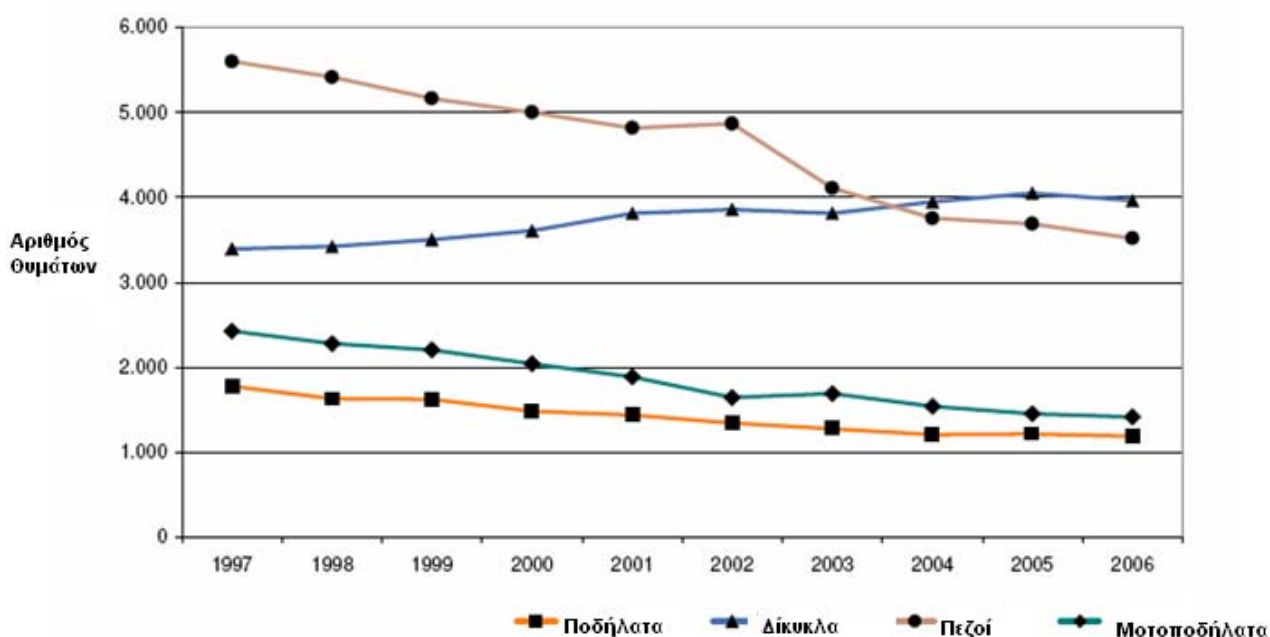
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η οδική ασφάλεια αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών και συνεπώς αντικείμενο μελέτης σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες. **Οι πεζοί είναι μια από τις πιο ευάλωτες ομάδες χρηστών της οδού** και η εμπλοκή τους σε οδικά ατυχήματα είναι συχνή, με αυξημένη την πιθανότητα τραυματισμού ή θανάτου. Ο αριθμός θανάτων πεζών είναι συνεχώς αυξανόμενος, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού και των οχημάτων, και αποτελεί μεγάλη κοινωνική δαπάνη. Σε πολλές περιπτώσεις όμως η προστασία που αρμόζει στους πεζούς δεν είναι επαρκής.

Σε **παγκόσμια κλίμακα** υπολογίζεται ότι μεγάλο ποσοστό των νεκρών σε οδικά ατυχήματα αποτελούν οι πεζοί. Περίπου 2.000 οδηγοί μοτοποδηλάτων και 3.500 οδηγοί δικύκλων χάνουν τη ζωή τους κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση ενώ ο αντίστοιχος αριθμός νεκρών πεζών μέχρι το 2002 ήταν 5.000 άτομα. Μετά το 2002 ο αριθμός αυτός παρουσιάζει μείωση και έφτασε το 2006 τους 3.500 νεκρούς.



Διάγραμμα 1.1: Αριθμός νεκρών πεζών από οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. Πηγή: Europe-CARE and national data.

Ο αριθμός των θυμάτων πεζών στα **Ευρωπαϊκά κράτη** είναι ανησυχητικά μεγάλος. Το έτος 2006 περισσότεροι από 3.500 πεζοί έχασαν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα σε 14 Ευρωπαϊκά κράτη. Αυτό αντιστοιχεί σε ποσοστό 14% του συνολικού αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα και έτσι φαίνεται πόσο επείγουσα και σημαντική είναι η ανάγκη για τη βελτίωση της ασφάλειας των πεζών (European Road Safety Observatory, 2008).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των πεζών που έχασαν τη ζωή τους σε οδικό ατύχημα κατά τα έτη 1997-2006 σε 14 Ευρωπαϊκά κράτη (European Road Safety Observatory, 2008).

Πίνακας 1.1 : Αριθμός θανάτων πεζών από οδικά ατυχήματα στην ΕΕ από το 1997-2006

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
BE	142	162	154	142	158	127	113	101	108	122
CZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	202
DK	87	73	82	99	49	63	49	43	44	60
EE	-	-	-	-	-	-	-	-	50	64
EL	409	417	399	375	338	279	257	293	234	267
ES	967	996	906	899	846	776	786	683	680	613
FR	982	1.044	932	838	822	866	626	581	635	535
IE	130	114	92	85	89	86	64	-	-	-
IT	893	844	847	897	932	1.163	781	710	-	-
LU	8	3	2	11	11	6	-	-	-	-
HU	-	-	-	-	-	-	-	-	289	296
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4
NL	119	110	111	106	106	97	97	-	-	-
AT	156	165	182	140	117	160	132	132	97	110
PL	-	-	-	-	-	-	-	-	1.756	-
PT	549	406	393	384	337	339	280	233	214	156
FI	69	62	67	62	62	40	59	49	45	49
SE	72	69	86	73	87	58	55	67	50	55
UK	1.010	946	909	889	858	808	802	694	699	703
EU-14 ¹	5.593	5.411	5.162	5.000	4.812	4.868	4.108	3.753	3.683	3.547
Yearly ¹ Change	-	-3,3%	-4,6%	-3,1%	-3,8%	1,2%	-15,6%	-8,6%	-1,9%	-3,7%

Ο αριθμός των θυμάτων πεζών στα οδικά ατυχήματα στην **Ελλάδα** είναι από τους υψηλότερους αναλογικά ανάμεσα στα Ευρωπαϊκά κράτη. Σημαντικός παράγοντας στο γεγονός αυτό αποτελεί **το κλίμα** της Ελλάδας το οποίο είναι ηπιότερο από εκείνο των

χωρών με χαμηλούς δείκτες ατυχημάτων με πεζούς. Λόγω του ήπιου κλίματος ευνοούνται οι μετακινήσεις με τα πόδια και έτσι αντιστοιχούν σε κάθε κάτοικο περισσότερα διανυθέντα χιλιόμετρα. Κατά συνέπεια η βελτίωση της ασφάλειας των πεζών στην Ελλάδα χρήζει ιδιαίτερης προσοχής.

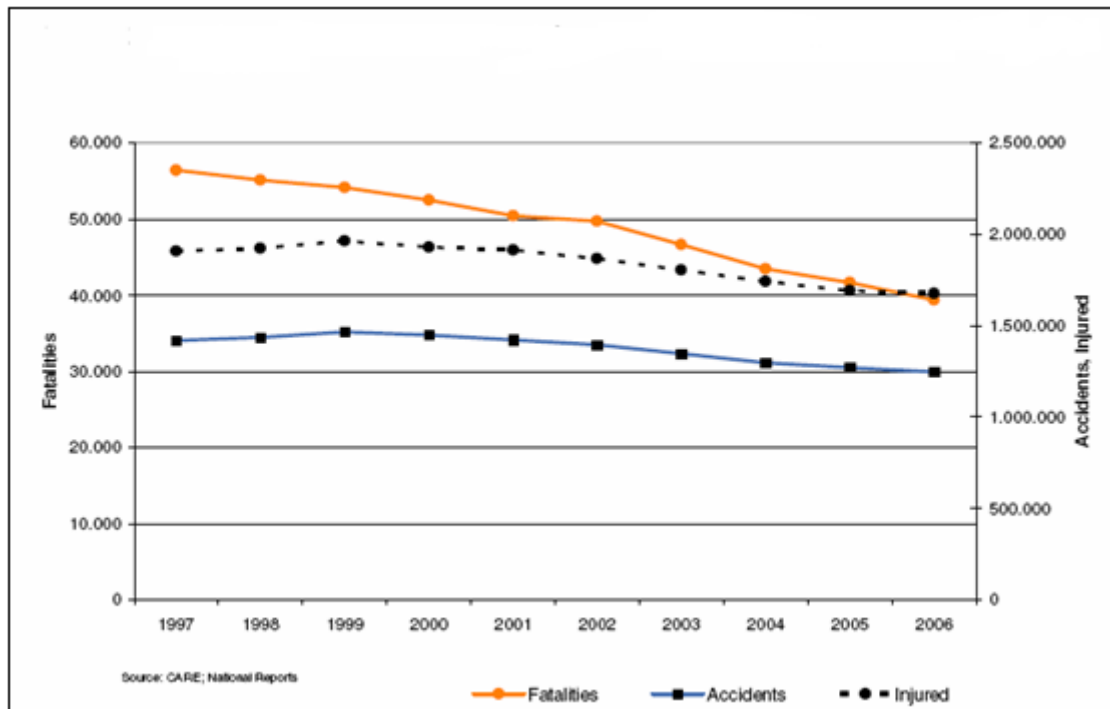
Αρκετές **προσπάθειες για τη βελτίωση** της ασφάλειας των πεζών εστίαζαν σε λύσεις, όπως ειδικές γέφυρες για πεζούς, εκπαίδευσης των οδηγών κ.α. Παρόλα αυτά, όλες οι στατιστικές για τα ατυχήματα με πεζούς υποδεικνύουν ότι είναι δυνατή η μείωση των ατυχημάτων αυτών αν ληφθούν κατάλληλα μέτρα στις περιοχές όπου υπάρχει συνεχής ανάμιξη πεζών και οχημάτων. Η βελτίωση των συνθηκών κίνησης των πεζών παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην αύξηση της οδικής ασφάλειας στις περιοχές που ο συνδυασμός της δραστηριότητας των πεζών και των κυκλοφοριακών φόρτων οδηγούν σε αυξημένη επικινδυνότητα τραυματισμού πεζών.

Γενικά στο σύνολό της η οδική ασφάλεια χρειάζεται άμεσες λύσεις καθώς τα **οδικά ατυχήματα** αποτελούν μια από τις **κύριες αιτίες θανάτου** αλλά και μια πολύ μεγάλη **κοινωνική δαπάνη**. Ο αριθμός των τραυματισμών και των θανάτων έχει αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό που έχει λάβει διαστάσεις προβλήματος δημόσιας υγείας.

Σε **παγκόσμια κλίμακα** ο αριθμός των θανάτων λόγω οδικών ατυχημάτων υπολογίζεται στο 1 εκατομμύριο εκ των οποίων το 70% σημειώνονται στις ανεπτυγμένες χώρες (World Bank, 2009). Είναι χαρακτηριστικό πως στην **Ευρώπη** υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο χάνουν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα περίπου 40.000 άτομα ενώ 1,7 (CARE 2009) εκατομμύρια τραυματίζονται. Στην **Ελλάδα** κάθε χρόνο καταγράφονται περί τα 20.000 οδικά ατυχήματα με θύματα που προκαλούν περί τους 1.600 νεκρούς και 30.000 τραυματίες, πέρα από τις σημαντικές υλικές ζημιές (Φρατζεσκάκης και Γκόλιας 1994). Ως συνέπεια, το υπολογιζόμενο **κόστος** άμεσο και έμμεσο προκύπτει πολλά δισεκατομμύρια ευρώ στην Ευρώπη, ενώ σύμφωνα με έρευνες που έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα το οικονομικό και κοινωνικό κόστος των νεκρών, τραυματιών και υλικών ζημιών ξεπερνά το 1 δισεκατομμύριο ευρώ.

Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται **βελτίωση της οδικής ασφάλειας** στην **Ευρώπη** καθώς ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων και των θυμάτων από αυτά έχει μειωθεί. Συγκεκριμένα, κατά την περίοδο 1997-2006 παρατηρήθηκε μείωση κατά 37% (European Road Safety Observatory, 2009) του αριθμού του θανάτου πεζών από οδικά ατυχήματα, ενώ ως το 2010 ο αριθμός των θυμάτων αναμένεται να μειωθεί κατά 25.000 άτομα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία για την μείωση των οδικών ατυχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το 2006 (European Road Safety Observatory, 2008).



Διάγραμμα 1.2: Ετήσιος αριθμός θυμάτων και τραυματιών από τροχαία ατυχήματα.

Ενώ κατά τα τελευταία έτη σημειώθηκε **μείωση των οδικών ατυχημάτων**, η **Ελλάδα** συνεχίζει να βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις ανάμεσα στις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην οδική ασφάλεια αντικατοπτρίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω προσπάθεια (Yannis, 2007). Στόχος είναι μέχρι το 2010 ο αριθμός των θυμάτων να έχει μειωθεί κάτω των 1018 για να έχει επιτευχθεί μείωση τουλάχιστον 50% σύμφωνα με το σχέδιο οδικής ασφάλειας 2006-2010. Όμως σύμφωνα με την έως τώρα εξέλιξη του αριθμού των νεκρών, ο στόχος αυτός φαίνεται αδύνατον να επιτευχθεί.

Συμπερασματικά, λόγω του μεγάλου αριθμού των ατυχημάτων με πεζούς στο σύνολο των ατυχημάτων, πιθανή μείωση των ατυχημάτων με πεζούς θα οδηγούσε σε σημαντική μείωση του συνολικού αριθμού των ατυχημάτων γενικότερα. Από όλα αυτά μπορεί κανείς να αντιληφθεί τη σοβαρότητα του προβλήματος και την επιτακτική ανάγκη εξεύρεσης λύσεων για την ασφάλεια των πεζών. Πρέπει λοιπόν να ληφθούν μέτρα τα οποία στηρίζονται στην κατανόηση της συμπεριφοράς των πεζών και των αντιδράσεων τους κατά τις ενδεχόμενες αλλαγές του περιβάλλοντος της οδού. Έτσι πριν τη λήψη κάποιων μέτρων, οφείλει κανείς να

μελετήσει τη συμπεριφορά των πεζών στις υπόψη περιοχές και έτσι μπορεί να αντιμετωπίσει το πρόβλημα αποτελεσματικότερα.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με βάση όσα προαναφέρθηκαν στη γενική ανασκόπηση, στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι **η διερεύνηση βασικών στοιχείων της συμπεριφοράς των νέων πεζών με τη χρήση ειδικών μαθηματικών μοντέλων συσχέτισης**. Θα διερευνηθεί το πώς επηρεάζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού (μήκος, κλίση κτλ), οι υπάρχουσες κυκλοφοριακές συνθήκες καθώς και στοιχεία που αφορούν τους ίδιους τους πεζούς: α) την επιλογή διαδρομής, β) την διαδικασία της επιλογής του τμήματος της οδού που θα διασχίσουν, γ) την ταχύτητα κίνησης.

Η **ποσοτικοποίηση** των παραπάνω επιρροών πραγματοποιείται με **την εφαρμογή μαθηματικών προτύπων**. Επομένως, επιμέρους στόχος της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου που θα αποτυπώνει όσο το δυνατόν πληρέστερα τη συμπεριφορά του πεζού.

Εκτιμάται ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας θα βοηθήσουν στην προσπάθεια κατανόησης της συμπεριφοράς του πεζού και στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την οδική ασφάλεια των πεζών που αποτελεί πολύ σημαντικό πρόβλημα στην Ελλάδα.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται συνοπτικά η **μεθοδολογία** που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Η πρώτη ενέργεια ήταν ο καθορισμός του επιδιωκόμενου στόχου. Για την υλοποίησή του πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αναζητήθηκαν **βιβλιογραφικές αναφορές** πάνω σε παρόμοια ζητήματα τόσο στην Ελλάδα όσο και σε διεθνές επίπεδο. Πρέπει να σημειωθεί ότι βιβλιογραφικές αναφορές με αντικείμενο παρόμοιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν λιγοστές, όσον αφορά στην περιγραφή του τρόπου με τον οποίο ο πεζός συμπεριφέρεται και τα μαθηματικά

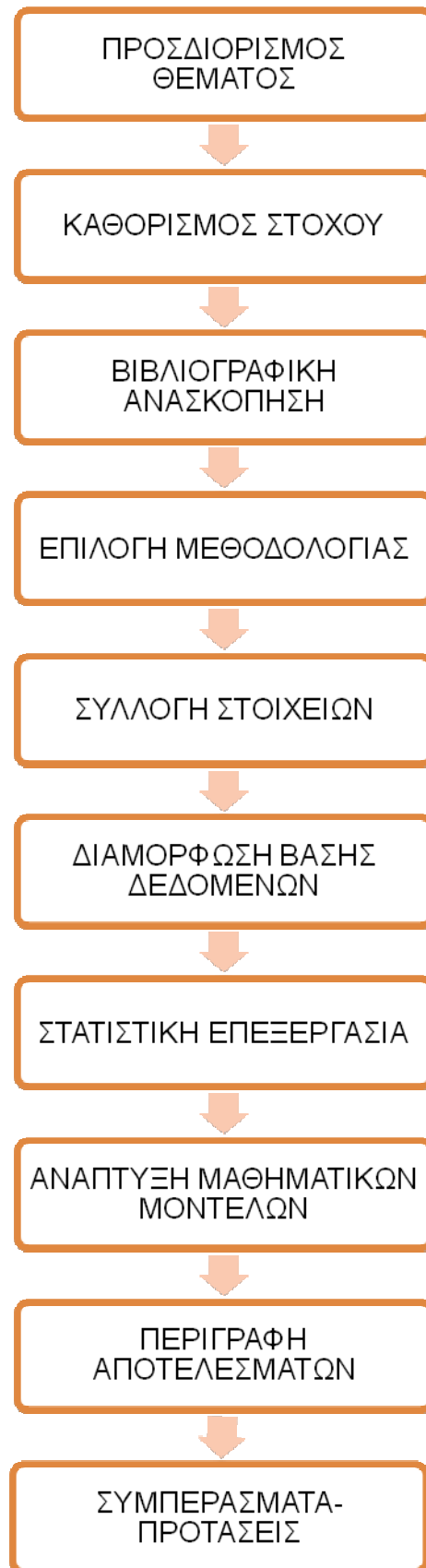
μοντέλα σε θέματα οδικής ασφάλειας πεζών. Σημαντική βοήθεια προσέφερε η αναδρομή σε παλιές Διπλωματικές Εργασίες με παρεμφερές αντικείμενο.

Καθώς ολοκληρώθηκε η συγκέντρωση και η μελέτη των βιβλιογραφικών αναφορών, σειρά είχε η **εύρεση του τρόπου συλλογής στοιχείων**. Στο στάδιο αυτό σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε **ειδική έρευνα πεδίου** σε πραγματικές οδικές συνθήκες στο κέντρο της Αθήνας. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε ως αφετηρία ο σταθμός του μετρό στον Ευαγγελισμό (στην έξοδο προς Κολωνάκι) και ως τελικός προορισμός η κεντρική πλατεία του Κολωνακίου. Έχοντας καθορίσει την περιοχή και τον τρόπο που θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις επιλέχθηκαν να καταγραφούν τα στοιχεία εκείνα που θεωρήθηκε ότι παίζουν κάποιο ρόλο στην επιλογή του τμήματος που θα διασχίσει ο πεζός, στην επιλογή της διαδρομής που θα ακολουθήσει και στην ταχύτητα με την οποία θα κινηθεί. Τέτοια στοιχεία όπως προαναφέρεται ήταν είτε τα οδικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της περιοχής, είτε χαρακτηριστικά του κάθε χρήστη. Η καταγραφή των στοιχείων έγινε με καταγραφή 30 πεζών στους οποίους ήταν γνωστό η αφετηρία και ο προορισμός της διαδρομής. Στο τέλος της διαδρομής συμπληρώθηκε ερωτηματολόγιο από τον κάθε πεζό. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε και μία δεύτερη φορά με τα ίδια άτομα, για την ίδια διαδρομή μετά από τρεις εβδομάδες.

Αφότου ολοκληρώθηκε η συλλογή των στοιχείων με τη διαδικασία που περιγράφηκε, ακολούθησε η **καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων**, η οποία υπέστη αρκετές τροποποιήσεις έως ότου πάρει την τελική της μορφή. Επόμενο βήμα ήταν η **επιλογή της μεθοδολογίας** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Την επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας ακολούθησε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση και επιχειρήθηκε επεξήγηση και αιτιολόγησή των αποτελεσμάτων. Τέλος συγκρίνονται τα αποτελέσματα των πρώτων και των δεύτερων μετρήσεων και εκτιμάται η ορθότητα τους.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής όπου φαίνονται όλα τα στάδια που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.3: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας, μέσω συνοπτικής περιγραφής των κεφαλαίων που την αποτελούν.

Το **κεφάλαιο 1** είναι **εισαγωγικό** και παρουσιάζει μια γενικότερη εικόνα του αντικειμένου της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα αναφέρονται γενικά στατιστικά στοιχεία γύρω από το θέμα της οδικής ασφάλειας τόσο για την Ελλάδα όσο και διεθνώς. Έπειτα γίνεται εκτενέστερη αναφορά στην ευπαθέστερη ίσως ομάδα χρηστών της οδού, τους πεζούς. Εν συνεχεία παρουσιάζεται ο στόχος που πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος αναφέρεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Για την καλύτερη κατανόηση της δομής της εργασίας παρατίθεται και διάγραμμα ροής όπου απεικονίζονται οι διάφορες φάσεις της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 2**, της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, προέκυψε μεγάλος αριθμός ερευνών, επιστημονικών άρθρων και διατριβών με περιεχόμενο σχετικό της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας. Παρόλα αυτά πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ υπήρχε μεγάλος αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών, ελάχιστα ήταν τα άρθρα με ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών με στατιστικές μεθόδους και κανένα από αυτά δεν αφορούσε τα ελληνικά δεδομένα. Στο τέλος του κεφαλαίου, συνοψίζονται οι μεθοδολογίες όλων των ερευνών που εξετάστηκαν και καταγράφονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματά τους.

Στο **κεφάλαιο 3** αναλύεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά περιγράφονται αναλυτικά οι στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των στοιχείων καθώς και οι υποθέσεις και παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν για τη δημιουργία των μαθηματικών προτύπων. Εν συνεχεία παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Στο **κεφάλαιο 4** περιγράφεται ο τρόπος που πραγματοποιήθηκε η **συλλογή και η επεξεργασία των στοιχείων**. Αρχικά αναφέρεται ο τρόπος διεξαγωγής του πειράματος

κατά το στάδιο του σχεδιασμού και της υλοποίησης του. Αφού περιγραφεί η διαδικασία του πειράματος περιγράφεται η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων και τα στάδια της έως την τελική της μορφή. Για την επαρκή κατανόηση των παραπάνω παρατίθεται μια σειρά διαδοχικών οθονών σχετικά με την εισαγωγή των στοιχείων και τη λειτουργία του λογισμικού.

Το **κεφάλαιο 5** αφορά στην αναλυτική **εφαρμογή της μεθοδολογίας** και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και αποτελεί το σημαντικότερο μέρος της Διπλωματικής Εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι διαδικασίες ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου, τα αποτελέσματα της κάθε μεθόδου, ο έλεγχος της αξιοπιστίας τους με βάση τους στατιστικούς δείκτες και τέλος η περιγραφή και η επεξήγησή τους. Επίσης παρουσιάζεται αριθμός διαγραμμάτων όπου παρουσιάζεται η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στην εξαρτημένη και οι μαθηματικές σχέσεις που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο **κεφάλαιο 6** το οποίο αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας, συνοψίζονται τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν ύστερα από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μαθηματικών μοντέλων. Με τον τρόπο αυτό εκτιμάται η σημασία τους και παρατίθενται προτάσεις που ενδεχομένως θα μπορούσαν να διαφοροποιήσουν τη συμπεριφορά των πεζών κατά τρόπο που να ευνοεί την ασφάλειά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Περιλαμβάνει την παρουσίαση αποτελεσμάτων από έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή σχετικά με τη συμπεριφορά των πεζών επί της οδού και γενικότερα την οδική ασφάλεια των πεζών. Εκτός από την παράθεση των αποτελεσμάτων, γίνεται αναφορά στις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται ώστε να αξιοποιηθούν κατά την επιλογή της μεθοδολογίας. Τα στοιχεία που εξετάζονται προκύπτουν από έρευνες που έχουν γίνει στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό. Σημειώνεται ότι κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ναι μεν προέκυψε μεγάλο πλήθος άρθρων και εργασιών σχετικά με την οδική ασφάλεια των πεζών, όμως ελάχιστα αναφέρονταν σε θέματα που σχετίζονται με το σημείο που επιλέγει ο πεζός να διασχίσει μια οδό κατά μήκος μιας διαδρομής και στη διαδικασία επιλογής του σημείου αυτού. Ωστόσο αναφορικά με τις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός αναφορών τόσο σε μαθηματικά βιβλία όσο και σε εφαρμογές μεθόδων σε θέματα μεταφορών. Έτσι με βάση όλα αυτά τα αποτελέσματα επιχειρήθηκε να προσδιοριστεί η καταλληλότερη μέθοδος για την επίτευξη των στόχων της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα σημαντικότερα στοιχεία και **αποτελέσματα ερευνών** σχετικά με τη συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής, δηλαδή πιο συγκεκριμένα την επιλογή της ταχύτητας που επιλέγει ένας πεζός να κινηθεί, το τμήμα της οδού που επιλέγει να διασχίσει και τα χαρακτηριστικά της διαδρομής που επιλέγει να κινηθεί.

2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ

Στο πανεπιστήμιο του Λονδίνου (Imperial College) πραγματοποιήθηκε μια έρευνα (M.M Ishaque and R.B Noland 2007), η οποία επικεντρώνεται στο **λειτουργικό επίπεδο της συμπεριφοράς των πεζών**. Συγκεκριμένα αναφέρεται στο πώς οι πεζοί κινούνται σε σχέση με τους άλλους πεζούς, πως αποφασίζουν να διασχίσουν την οδό, πως διαφοροποιούν την ταχύτητα τους και πως από συγκοινωνιακής άποψης, οι κυκλοφοριακές ρυθμίσεις επηρεάζουν τις διαδρομές των πεζών.

Σύμφωνα με την έρευνα αυτή η συμπεριφορά των πεζών, σε λειτουργικό επίπεδο, περιλαμβάνει ακαριαίες αποφάσεις που επηρεάζουν **τα χαρακτηριστικά του τρόπου με τον οποίο επιλέγουν να περπατήσουν οι πεζοί**, όπως για παράδειγμα η επιλογή να περπατήσει γρήγορα ή σιγά ή να σταματήσει και να περιμένει και μετά να διασχίσει ένα δρόμο. Οι αποφάσεις σε λειτουργικό επίπεδο επηρεάζονται από τις επιλογές που γίνονται σε επίπεδο τακτικής και στρατηγικής. Για παράδειγμα, να περπατάς γρήγορα για να εξοικονομήσεις χρόνο (λειτουργικό επίπεδο) και να ακολουθήσεις μια διαδρομή η οποία περιλαμβάνει διασταυρώσεις χωρίς διαβάσεις πεζών (επίπεδο τακτικής), με σκοπό να φτάσεις έναν προορισμό περπατώντας (επίπεδο στρατηγικής). Η επιλογή στρατηγικής για το αν θα περπατήσει κάποιος ή όχι συνδέεται με την επιλογή τακτικής. Για παράδειγμα η επιλογή της ταχύτητας και το επίπεδο κινδύνου στις διασταυρώσεις είτε υπάρχει σηματοδότης πεζών είτε όχι. Αυτά τα ζητήματα είναι πολύ σημαντικά για τον σχεδιασμό των αστικών περιοχών και την ρύθμιση του κυκλοφοριακού φόρτου (Buchanan et al, 1963, "Traffic in Towns"). Στη συγκεκριμένη έρευνα προσδιορίζονται οι συνθήκες της οδού, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τη δυσκολία με την οποία ένας πεζός μπορεί να διασχίσει το δρόμο, από την καθυστέρηση που μπορεί να προκύψει λόγω του κυκλοφοριακού φόρτου, από το πλάτος του πεζοδρομίου και από το επίπεδο του κυκλοφοριακού φόρτου των πεζών.

Τα **αποτελέσματα** της έρευνας για τη συνολική ταχύτητα μιας διαδρομής που επιλέγει ένας πεζός να κινηθεί περιλαμβάνει δύο είδη ταχυτήτων, την **ταχύτητα διάσχισης της οδού** και την **ταχύτητα κίνησης στο πεζοδρόμιο**. Τα δύο αυτά είδη ταχύτητας σχετίζονται με διαφορετικούς παράγοντες το καθένα.

Αναφορικά με **την ταχύτητα διάσχισης της οδού** προέκυψε ότι πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τον πεζό στην επιλογή ταχύτητας κατά τη διάρκεια της διαδρομής του και

κατά τη διάσχιση της οδού. Τέτοιοι παράγοντες είναι η ηλικία, το φύλο, ο σκοπός της διαδρομής, η σωματική κατάσταση του πεζού, οι χρονοαποστάσεις των οχημάτων, το είδος των διασχίσεων και η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

Αναφορικά με την επιρροή της **ηλικίας** στην ταχύτητα διάσχισης της οδού προέκυψε μετά από 11.111 μετρήσεις μέσω βιντεοσκόπησης ότι η ταχύτητα με την οποία οι ηλικιωμένοι διασχίζουν την οδό είναι γενικώς μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη ταχύτητα των ενηλίκων. Συγκεκριμένα η ταχύτητα με την οποία οι ηλικιωμένοι διασχίζουν την οδό υπολογίστηκε ότι κυμαίνεται μεταξύ 1,11-1,16 m/s ενώ η αντίστοιχη ταχύτητα των νέων ενηλίκων κυμαίνεται μεταξύ 1,32-1,57 m/s (Griffiths et al, 1984).

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα διάσχισης είναι το **φύλο** του πεζού. Συγκεκριμένα προέκυψε ότι οι άντρες ενήλικοι διασχίζουν με ταχύτητα 1,32 m/s ενώ οι γυναίκες ενήλικοι με ταχύτητα 1,27 m/s. Ουσιαστικά η διαφορά της ταχύτητας διάσχισης μεταξύ των δύο φύλων κατά την ενήλικη περίοδο είναι μικρή. Η σημαντική διαφοροποίηση παρουσιάζεται στους εφήβους. Οι άντρες έφηβοι διασχίζουν με μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τις γυναίκες εφήβους. Παρόλα αυτά σε μεγαλύτερες ηλικίες παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας των αντρών σε σχέση με την ταχύτητα των γυναικών, η οποία δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά. Συμπερασματικά υπάρχει **συσχέτιση φύλου και ηλικίας** στη διαφοροποίηση της ταχύτητας διάσχισης της οδού.

Η ταχύτητα διάσχισης της οδού προέκυψε ότι επηρεάζεται επίσης από την **καθυστέρηση διάσχισης** καθώς και από **το σημείο που ο πεζός επιλέγει να διασχίσει**. Προέκυψε ότι τα νέα παιδιά καθυστερούν να διασχίσουν την οδό σε σχέση με τους ενήλικες και αυτό σχετίζεται με την κυκλοφοριακή ροή, τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, τον αριθμό των βαρέων οχημάτων, την ταχύτητα αυτών και το πλάτος της οδού (Goldschmidt, 1977). Ακόμα προέκυψε ότι για τη διάσχιση της οδού σε διαβάσεις πεζών με φωτεινό σηματοδότη μειώνεται η ταχύτητα (1,49 s) όμως συγχρόνως μειώνεται και η καθυστέρηση (4,9 s).

Τέλος, ο **χρονικός διαχωρισμός** μεταξύ των οχημάτων και η **συμπεριφορά των πεζών** απέναντι στους κυκλοφοριακούς κανόνες επηρεάζουν την ταχύτητα διάσχισης. Όσοι πεζοί διασχίζουν σε συνθήκες μικρών χρονικών διαχωρισμών των οχημάτων αυξάνουν και την ταχύτητα τους (Moore, 1953). Προέκυψε επίσης ότι οι άντρες επιλέγουν να διασχίσουν σε μικρότερους χρονικούς διαχωρισμούς σε σχέση με τις γυναίκες σε όλες τις ηλικίες εκτός τις ηλικίες 31-45 όπου δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά (Cohen, 1995). Επίσης η ταχύτητα

διάσχισης εξαρτάται από τον κίνδυνο που αναλαμβάνει ο κάθε πεζός όταν διασχίζει σε μικρό χρονικό διαχωρισμό. Έτσι λοιπόν οι πεζοί που αποφασίζουν να διασχίσουν την οδό με μικρό χρονικό διαχωρισμό οχημάτων θέτοντας σε μεγαλύτερο κίνδυνο τη σωματική τους ακεραιότητα, έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα διάσχισης.

Αναφορικά με την **ταχύτητα κίνησης στο πεζοδρόμιο**, από τις έρευνες επισημαίνεται η επιρροή από την παρουσία άλλων πεζών. Η έρευνα συσχετίζει την πυκνότητα των πεζών με την ταχύτητα ελεύθερης ροής πεζών. Ως πυκνότητα πεζών, ορίζεται ο αριθμός των πεζών μιας οριοθετημένης περιοχής και ως επιθυμητή ταχύτητα κίνησης ή ταχύτητα ελεύθερης ροής πεζών ορίζεται η ταχύτητα κίνησης ενός πεζού σε συνθήκες πολύ χαμηλού φόρτου πεζών όπου γενικά η παρουσία των άλλων πεζών δεν επηρεάζει την ταχύτητα κίνησης.

Η **ταχύτητα ελεύθερης ροής πεζών** εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι νεότεροι άνδρες τείνουν να κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τους ηλικιωμένους, ενώ οι γυναίκες τείνουν να κινούνται πιο αργά σε σχέση με τους άντρες. Τέλος τα παιδιά έχουν ακόμα μεγαλύτερη ταχύτητα. Συγκεκριμένα, η ταχύτητα ελεύθερης ροής κυμαίνεται για τους άντρες σε 0,33 m/s για τις γυναίκες σε 0,25 m/s και για τα παιδιά και τους νέους κάτω των 25 σε 0,48 m/s (Willis et al, 2004). Επίσης προέκυψε ότι η ταχύτητα των πεζών σε ομάδες μειώνεται 9% σε σχέση με την ταχύτητα ενός μόνου πεζού. Επιπλέον η ταχύτητα αυξάνεται 7% κοντά σε διαβάσεις σε σχέση με την ταχύτητα στο υπόλοιπο πεζοδρόμιο. Αυτό προκύπτει λόγω της προσπάθειας διάσχισης πριν αλλάξει η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη με πράσινη ένδειξη για τους πεζούς ή πριν πλησιάσει η αυξημένη κίνηση (O'Flaherty and Parkinson, 1972). Επιπλέον η ταχύτητα αυξάνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, αφού ο πεζός τείνει να κινείται γρηγορότερα (Hoel, 1968). Τέλος η ταχύτητα ελεύθερης ροής εξαρτάται από τις περιβάλλουσες συνθήκες όπως αν υπάρχουν μεγάλα πεζοδρόμια, υπόγειες διαβάσεις πεζών κ.α. Στους παρακάτω πίνακες επισυνάπτονται τα αποτελέσματα της συσχέτισης της ταχύτητας ελεύθερης ροής με τους παραπάνω παράγοντες.

Πίνακας 2.1: Ταχύτητα ελεύθερης ροής πεζών κατά την κίνησή τους στο πεζοδρόμιο (Πηγή: Ishaque et al 2007).

Pedestrian free-flow speeds on sidewalks			
Study	Study location	Mean speed	Mean speed by time of day
Older (1968)	London	1.3 m/s	
Hoel (1968)	Pittsburgh, USA	1.5 m/s (male), 1.41 m/s (female)	1.5 m/s (morning), 1.36 m/s (afternoon)
O'Flaherty and Parkinson (1972)	Leeds, UK	1.5 m/s (male), 1.36 m/s (female)	
Tanaboriboon <i>et al.</i> (1986)	Singapore	1.32 m/s (male), 1.15 m/s (female), 1.27 m/s (students), 1.23 m/s (adults), 0.9 m/s (elderly)	
Tanaboriboon and Guyano (1991)	Bangkok, Thailand	1.17 m/s (female), 1.27 m/s (male children), 0.85 (elderly male), 0.80 (elderly female)	
Willis <i>et al.</i> (2004)	York and Edinburgh, UK	1.52 m/s (male), 1.42 m/s (female), 1.16 m/s (age > 65), 1.55 m/s (age 16–25), 1.53 m/s (age < 16)	1.5 m/s (morning), 1.44 m/s (noon), 1.51 m/s (evening)

Πίνακας 2.2: Ταχύτητα ελεύθερης ροής πεζών κατά την κίνησή τους σε συνθήκες εκτός δρόμου (Πηγή: Ishaque et al 2007).

Pedestrian free-flow speeds in various off-road conditions		
Study	Context	Mean speed
Hankin and Wright (1958)	London Underground tunnels	1.61 m/s
Daly <i>et al.</i> (1991)	London Underground station passageways	1.53 m/s
Brocklehurst <i>et al.</i> (2005)	pedestrian path in Ascot, UK	1.51 m/s (male) ^a , 1.26 m/s (female) ^a , 1.3 m/s (mixed groups)
Fruin (1987)	bus and train stations in USA	1.37 m/s (male), 1.29 m/s (female)
Daamen and Hoogendoorn (2006)	laboratory study	1.44–1.64 m/s
Sarkar and Janardhan (2001)	inter-modal transfer station tunnel, Calcutta, India	1.46 m/s

^aIt is not clear from the study if these results are for groups or individuals or both.

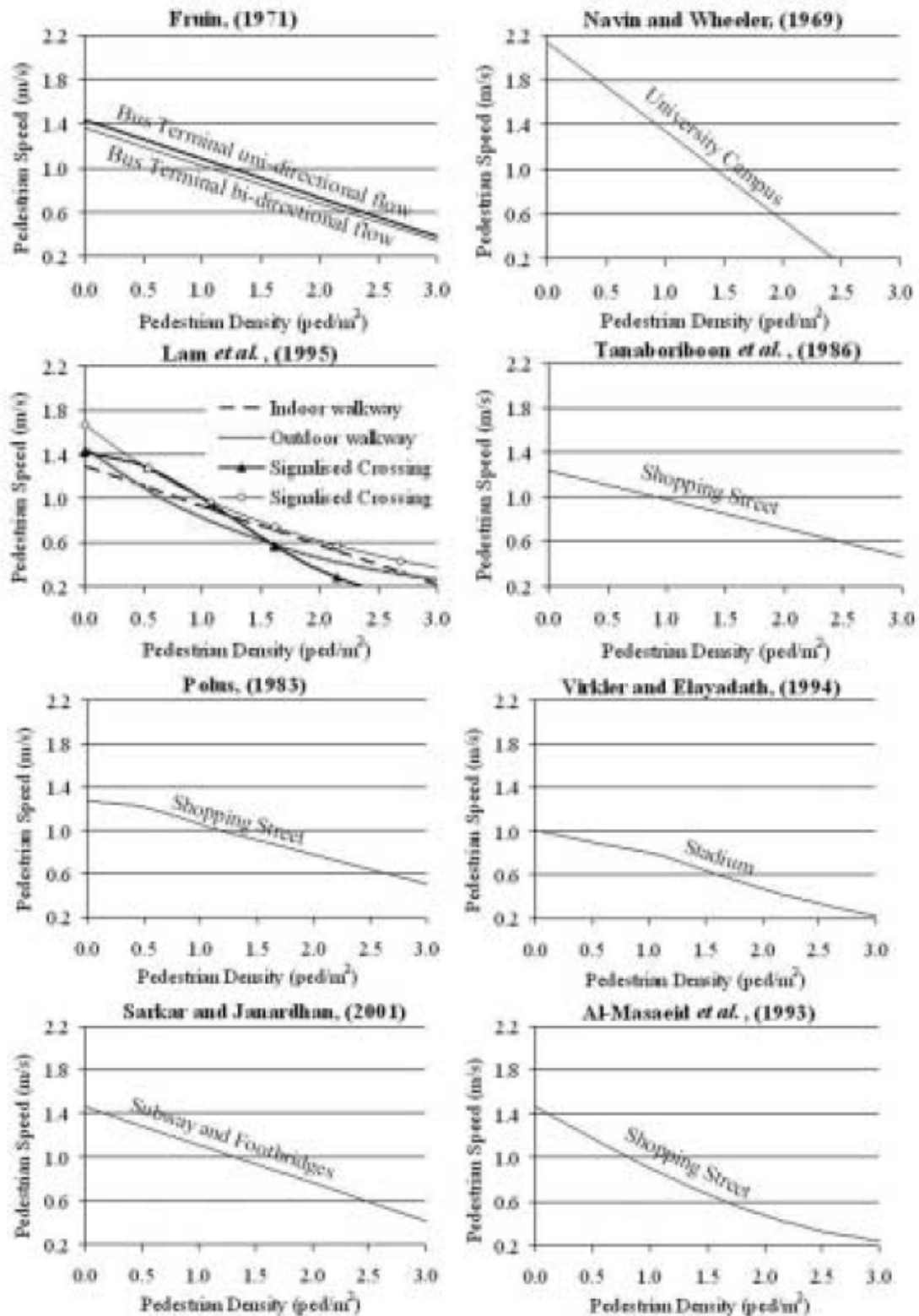
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η **συσχέτιση της ταχύτητας ελεύθερης ροής πεζού με την πυκνότητα**. Προέκυψε ότι σε συνθήκες υψηλού φόρτου πεζών, ο πεζός διασταυρώνεται με άλλους πεζούς και μειώνει ταχύτητα. Η θέση αυτή περιγράφεται και από την εξίσωση

κυκλοφοριακής ροής η οποία δείχνει τη σχέση της ταχύτητας ελεύθερης ροής με την πυκνότητα.

Η εξίσωση κυκλοφοριακής ροής είναι:

$$\text{Ροή} = \text{ταχύτητα} \times \text{πυκνότητα}$$

Η εξίσωση αυτή συσχετίζει τη ροή (δηλαδή τον αριθμό των πεζών που κινείται σε ένα συγκεκριμένο τμήμα ενός πεζοδρομίου μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή) με την ταχύτητα καθώς και την ροή με την πυκνότητα (τον αριθμό των πεζών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα πεζοδρομίου). Η συσχέτιση ταχύτητας ελεύθερης ροής και πυκνότητας έγινε σε διάφορες συνθήκες όπως σε εμπορικό δρόμο, σε υπόγειο σιδηροδρομικό σταθμό, σε πανεπιστημιακό χώρο και σε σταθμό λεωφορείων κ.α. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν επισυνάπτονται στα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 2.1: Σχέση ταχύτητας ελεύθερης ροής με την πυκνότητα σε διαφορετικές συνθήκες (Πηγή: Ishaque et al 2007).

Συμπερασματικά, η έρευνα αυτή διατυπώνει το πώς οι πεζοί “επιλέγουν” την ταχύτητα με την οποία κινούνται κατά μήκος μιας διαδρομής και την ταχύτητα με την οποία διασχίζουν

την οδό. Προκύπτει λοιπόν ότι η επιλογή αυτή, όσων αφορά την ταχύτητα διάσχισης, είναι ένας συνδυασμός ατομικής ικανότητας (ηλικία, φύλο), χρονικού περιθωρίου(καθυστέρηση διάσχισης, σημείο διάσχισης) και προσωπικού ρίσκου κατά τη διάσχιση της οδού(μικρό-μεγάλο κυκλοφοριακό κενό). Αναφορικά με την ταχύτητα κίνησης, ισχύει ότι συνδέεται με την ταχύτητα ελεύθερης ροής του κάθε πεζού, η οποία σχετίζεται με τα ατομικά χαρακτηριστικά του και τον σκοπό της διαδρομής του(δουλειά, ψυχαγωγία κ.α.) καθώς και με την ταχύτητα του πεζού σε συνδυασμό άλλους πεζούς, δηλαδή την συμπεριφορά του όταν κινείται σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου πεζών(ομάδα).

2.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΟΔΟΥ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα βασικότερα στοιχεία και αποτελέσματα ερευνών που προσεγγίζουν τη συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάσχιση της οδού.

2.3.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Στο πανεπιστήμιο της Φλώριδα πραγματοποιήθηκε μία έρευνα (Xuechao Chu, 2002) με θέμα την περιγραφή της συμπεριφοράς του πεζού σε διάφορα οδικά τμήματα. Η συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζει τον ρόλο που παίζει **το περιβάλλον της οδού στην απόφαση του πεζού για το πώς θα διασχίσει** και αναφέρεται σε οδικά τμήματα αστικών περιοχών. Το άρθρο αυτό υποθέτει πως η συμπεριφορά των πεζών κατά τη διάσχιση οδικού τμήματος μπορεί να περιγραφεί το ίδιο καλά με χρήση έμμεσων χαρακτηριστικών τα οποία αφορούν στην ίδια την οδό σε συνδυασμό με ορισμένα προσωπικά χαρακτηριστικά των πεζών. Η πραγματοποίηση του πειράματος έγινε με μετρήσεις σε 48 οδικά τμήματα με κοινά χαρακτηριστικά και με αριθμό λωρίδων από 2 έως 6.

Σαν **ανεξάρτητες μεταβλητές** χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία που σχετίζονταν με χαρακτηριστικά των πραγματοποιούμενων διαδρομών, της κυκλοφορίας, του οδοστρώματος, καθώς και της σήμανσης ελέγχου της κυκλοφορίας. Οι μεταβλητές αυτές προτυποποιούνται και εν συνεχεία ακολουθεί η στατιστική τους ανάλυση. Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου προκύψει ένα πρότυπο με ικανοποιητικές τιμές των στατιστικών δεικτών για όλες τις μεταβλητές και λογική ερμηνεία.

Τα **αποτελέσματα** που προέκυψαν από τις τιμές των ελαστικοτήτων για την απόφαση του πεζού να διασχίσει ένα τμήμα της οδού έδειξαν ότι η συμπεριφορά του πεζού εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Αρχικά ισχύει ότι **η απόσταση βαδίσματος** επηρεάζεται περισσότερο από τις υπόλοιπες μεταβλητές και μάλιστα αρνητικά, με συνέπεια οι πεζοί είναι λιγότερο πιθανό να περπατήσουν αφηρημένα στην περίπτωση που αυξάνεται η απόσταση του βαδίσματος. Επίσης προέκυψε ότι, όταν αυξάνεται η απόσταση του μειώνεται πολύ η πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός στις διαβάσεις σε σχέση με τα τμήματα εντός του οικοδομικού τετραγώνου. Μια αύξηση της τάξεως του 10% στην απόσταση βαδίσματος στο πεζοδρόμιο, μειώνει την πιθανότητα ο πεζός να διασχίσει στις διαβάσεις κατά 15% και 18% αντίστοιχα. Ακόμα από τις τιμές των ελαστικοτήτων για μεταβολή στην τιμή του **κυκλοφοριακού φόρτου** προκύπτει ότι η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας να διασχίσει ο πεζός σε τμήμα εντός οικοδομικού τετραγώνου.

2.3.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΖΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Μια ακόμα έρευνα πραγματοποιήθηκε στην πόλη Χι'αν της Κίνας (Yang, 2005) ,η οποία εξετάζει τη **συμπεριφορά του πεζού σε σχέση με τις επικρατούσες συνθήκες**. Αυτή τη φορά, η έρευνα ερευνούσε γενικώς τη συμπεριφορά των πεζών παίρνοντας αφορμή από το γεγονός ότι σε πολλές πόλεις της Κίνας η συμπεριφορά των πεζών διαφέρει σημαντικά σε σχέση με τους αντίστοιχους πεζούς άλλων ανεπτυγμένων κρατών. Η αγνόηση βασικών κανόνων ασφαλείας και η μη τιμωρία σε παραβάσεις οδηγεί στη μεγάλη παραβατικότητα των πεζών και στη μη συμμόρφωση τους στους κανόνες οδικής συμπεριφοράς. Ένα παράδειγμα είναι η αγνόηση της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη και η διάσχιση της οδού. Μάλιστα παρατηρήθηκε συχνά το φαινόμενο να ακολουθούν κάποιοι πεζοί κάποιους άλλους, οι οποίοι και έστω οριακά εκμεταλλεύτηκαν το χρονικό διάστημα μεταξύ δυο οχημάτων.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με τη **μέθοδο του ερωτηματολογίου** καθώς και με τη **μέθοδο της βιντεοσκόπησης**.

Από τη βιντεοσκόπηση ελήφθησαν τα χρονικά διαστήματα αποδοχής των πεζών από τα οχήματα, κατηγοριοποιώντας έτσι τους πεζούς σε δύο βασικούς τύπους:

- α) τους νομοταγείς πεζούς που συμμορφώνονται με την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη
- β) τους πεζούς που εκμεταλλεύονται τα χρονικά διαστήματα όταν η ένδειξη του σηματοδότη είναι κόκκινη.

Στα ερωτηματολόγια ερωτήθηκε εκτός από την ηλικία, εάν η διάσχιση της οδού γίνεται από τις διαβάσεις και αν πριν τη διάσχιση κοιτάζουν προσεκτικά την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη προηγουμένως. Ερωτήθηκε επίσης η πιθανότητα μη συμμόρφωσης όταν επικρατούν οι παρακάτω συνθήκες:

- Κανονικές ή συνήθεις συνθήκες
- Πεζός σε βιασύνη
- Μεγάλη διάρκεια κόκκινης ένδειξης
- Ύπαρξη άλλων πεζών που παραβιάζουν το κόκκινο
- Όλοι οι υπόλοιποι πεζοί συμμορφώνονται στην κόκκινη ένδειξη
- Αστυνόμευση
- Αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος
- Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος
- Ζεστή μέρα
- Χιονισμένη/Βροχερή ημέρα

Κύριος στόχος του πειράματος ήταν να μελετηθεί η συμπεριφορά των πεζών ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, όπως για παράδειγμα οι συνθήκες αστυνόμευσης, η συμπεριφορά των υπολοίπων πεζών και μερικώς οι καιρικές συνθήκες. Αναπτύχθηκε ένα μοντέλο το οποίο λαμβάνει υπόψη τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου και τα δεδομένα της βιντεοσκοπήσης. Οι κυριότερες εξαρτημένες μεταβλητές αποδείχθηκαν τόσο από το ερωτηματολόγιο όσο και από την βιντεοσκοπήση, **η ύπαρξη αστυνόμευσης** στην περιοχή και **η συμπεριφορά των υπολοίπων πεζών**.

Με **ύπαρξη αστυνόμευσης**, το ποσοστό πεζών που απάντησε ότι η πιθανότητα να διασχίσει παράνομα την οδό είναι τουλάχιστον υψηλή, είναι μόλις 5%, ενώ το 77% των πεζών δίνει μικρή ή πολύ μικρή πιθανότητα να παρανομήσει. Το ποσοστό που πιθανότατα θα παρανομούσε σε περίπτωση έλλειψης αστυνόμευσης και ενώ ταυτόχρονα παρατηρούνται άλλοι πεζοί να παρανομούν είναι 38%. Στην περίπτωση που οι υπόλοιποι πεζοί συμμορφώνονται με τους κανόνες, το ποσοστό των πεζών που θεωρούν ότι έχουν μικρή ή πολύ μικρή πιθανότητα να παρανομήσουν είναι 83% , ενώ μόλις το 4% θα είχε υψηλή πιθανότητα να παρανομήσει στην περίπτωση αυτή.

Οι **καιρικές συνθήκες** επίσης επηρεάζουν ως ένα βαθμό αλλά αυτό διαπιστώθηκε κυρίως στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου και λιγότερο στη βιντεοσκόπηση. Για παράδειγμα το 77% των ερωτηθέντων έχει πιθανότητα μικρή ή πολύ μικρή να διασχίσει παράνομα την οδό σε περίπτωση άσχημων καιρικών συνθηκών όπως βροχή ή χιόνι.

Αξίζει να σημειωθεί ότι **τα αποτελέσματα** των ερωτηματολογίων και της βιντεοσκόπησης με σκοπό τον καθορισμό των μεταβλητών, διέφεραν ως ένα βαθμό μεταξύ τους και έτσι έγινε προσπάθεια να προσαρμοστούν και να χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες μεταβλητές ώστε να μην παρατηρείται η απόκλιση αυτή.

2.3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΕΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Η έρευνα που ακολουθεί στη συνέχεια (Mohammed M. Hamed, 2000) περιγράφει μια μεθοδολογία **ανάλυσης της συμπεριφοράς των πεζών** κατά τη διάσχιση της οδού η οποία βασίζεται στην κατανομή Poisson και στην αρνητική διωνυμική κατανομή. Δημιουργήθηκαν ξεχωριστά πρότυπα για οδούς διαιρεμένες και αδιαίρετες και ως μεταβλητές χρησιμοποιούνται ένας μεγάλος αριθμός χαρακτηριστικών τόσο της οδού όσο και του χρήστη.

Τα κυριότερα **χαρακτηριστικά** από στατιστικής άποψης βάση των οποίων τελικά περιγράφεται η συμπεριφορά των πεζών είναι το φύλο, η ηλικία, ο αριθμός των παιδιών σε κάθε νοικοκυριό, η συχνότητα των διελεύσεων, ο αριθμός των ατόμων σε κάθε ομάδα πεζών που προσπαθεί να διασχίσει, η πρόσβαση σε ιδιωτικό αυτοκίνητο, ο προορισμός του πεζού, η τοποθεσία της οικίας του πεζού σε σχέση με το σημείο που επιλέγει να διασχίσει την οδό και η πιθανή ανάμειξη του πεζού στο παρελθόν σε οδικά ατυχήματα.

Σύμφωνα με τα **αποτελέσματα** προέκυψε ότι οι γυναίκες, οι πεζοί που συνοδεύουν παιδιά και οι μεγαλύτερης ηλικίας πεζοί αποδέχονται μεγαλύτερα κυκλοφοριακά κενά για τη διάσχιση της οδού ενώ οι άντρες είναι 2,611 φορές πιθανότερο να διασχίσουν αποδεχόμενοι μικρότερα κυκλοφοριακά κενά. Επίσης προέκυψε ότι τα άτομα που κατευθύνονται προς την εργασία τους, για τα άτομα που διασχίζουν συχνά αυτό το σημείο και για τους πεζούς που διασχίζουν σε αρκετά μεγάλες ομάδες ατόμων, διασχίζουν με μεγαλύτερη ταχύτητα. Τέλος οι οδηγοί φαίνεται να δίνουν ευκολότερα προτεραιότητα σε πεζούς που διασχίζουν σε ομάδες από ότι σε πεζούς που διασχίζουν μεμονωμένα.

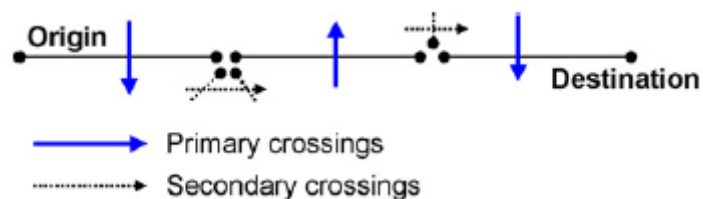
2.3.4 ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΕΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο της Αθήνας (Sylvain Lassarre et al, 2007) πραγματοποιήθηκε έρευνα για υπολογισμό του κινδύνου ατυχήματος των πεζών σε διάφορες οδικές συνθήκες. Στα πλαίσια της έρευνας αυτής αναπτύσσεται μοντέλο για τη συμπεριφορά των πεζών σε σχέση με την επιλογή του τμήματος της οδού που επιλέγουν να διασχίζουν. Στόχος της έρευνας είναι να ερμηνεύσει την **επιλογή του πεζού να διασχίσει σε τυχαίο τμήμα της οδού κατά τη διάρκεια μιας πλήρους διαδρομής** και όχι σε ένα συγκεκριμένο σημείο (σε αντίθεση με τις περισσότερες άλλες έρευνες).

Στην έρευνα αυτή οι πραγματικές συνθήκες μιας διαδρομής, με λίγες ή περισσότερες αλλαγές κατεύθυνσης, λαμβάνονται παρόμοιες με μια αντίστοιχη διαδρομή χωρίς αλλαγή κατεύθυνσης. Η κάθε διαδρομή ορίζεται από μια αφετηρία (έναρξη της διαδρομής) και έναν προορισμό (λήξη της διαδρομής) μεταξύ των οποίων υπάρχει μια συνεχής ευθύγραμμη πορεία. Με βάση τα παραπάνω ορίζονται **δύο είδη διασχίσεων**:

- Οι **κύριες διασχίσεις**, οι οποίες πραγματοποιούνται στην αρχή, στο τέλος ή στο μέσο ενός οικοδομικού τετραγώνου και επιλέγονται με σκοπό να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη διαδρομή.
- Οι **δευτερεύουσες διασχίσεις**, οι οποίες πραγματοποιούνται στην αρχή ή τέλος ενός οικοδομικού τετραγώνου σε οποιαδήποτε πλευρά της οδού κατά την κίνηση κατά μήκος διαδοχικών οικοδομικών τετραγώνων.

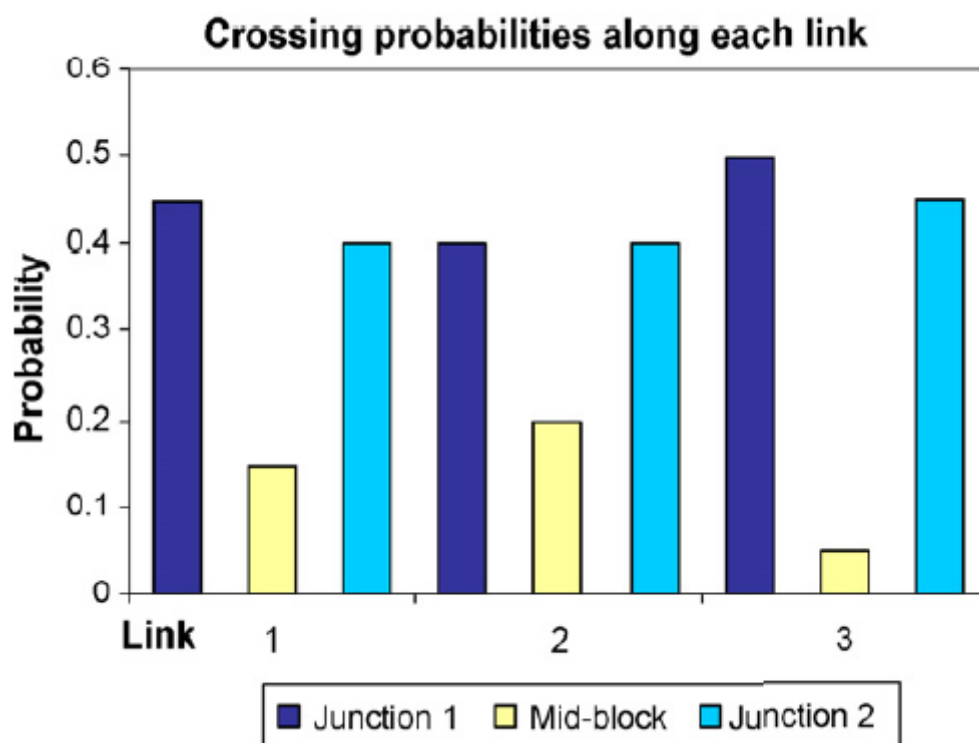
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα κύριων και δευτερευουσών διασχίσεων.



Σχήμα 2.1: Κύριες και δευτερεύουσες διασχίσεις κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού (Πηγή: Παπαδημητρίου et al, 2007).

Ο **αριθμός των κύριων διασχίσεων** εξαρτάται από την θέση της αφετηρίας και του προορισμού ως προς τον άξονα της διαδρομής. Συγκεκριμένα, αν η αφετηρία και ο προορισμός είναι από την ίδια πλευρά του άξονα της διαδρομής τότε αναμένεται ζυγός αριθμός διασχίσεων ενώ στην αντίθετη περίπτωση αναμένεται μονός αριθμός.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές αναλύεται ένα μοντέλο, το οποίο εξετάζει τη συμπεριφορά ενός πεζού κατά τη **διάσχιση της οδού κατά μήκος μιας διαδρομής** και όχι τη διάσχιση της οδού μία δεδομένη στιγμή. Έτσι για μια διαδρομή που αποτελείται από μια αλληλουχία οικοδομικών τετραγώνων, για παράδειγμα τρία οικοδομικά τετράγωνα μεταξύ έξι κυκλοφοριακά ελεγχόμενων κόμβων, εξετάζεται η πιθανότητα ο πεζός να διασχίσει σε ένα από αυτά και η πιθανότητα να διασχίσει στην αρχή, στη μέση ή στο τέλος του οικοδομικού τετραγώνου. Η πιθανότητα αυτή εξετάζεται υπό την παραδοχή ότι τα οικοδομικά τετράγωνα θεωρούνται ισοδύναμα και δεν παρουσιάζει κάποιο από αυτά κάποιο ιδιαίτερο γνώρισμα που πρέπει να ληφθεί υπόψη γιατί επηρεάζει την προτίμηση του πεζού να διασχίσει στο συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο. Οι πιθανότητες ο πεζός να διασχίσει σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο στην αρχή, στη μέση ή στο τέλος παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2.2: Πιθανότητες διάσχισης της οδού σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο (στη αρχή, στη μέση ή στο τέλος) (Πηγή: Παπαδημητρίου et al, 2007).

Στην έρευνα αυτή εξετάστηκε ακόμα η πιθανότητα διάσχισης σε ένα οικοδομικό τετράγωνο κατά μήκος μιας διαδρομής σε σχέση με το ποσοστό του συνολικού μήκους της διαδρομής. Με τον τρόπο αυτό ερευνάται η σχέση του κάθε οικοδομικού τετραγώνου αναφορικά με τη θέση του κατά μήκος της διαδρομής. Προέκυψε ότι η πιθανότητα ένας πεζός να διασχίσει την οδό κατά μήκος μίας διαδρομής είναι μεγαλύτερη στην αρχή της διαδρομής αυτής, μειώνεται σημαντικά στο μέσο και αυξάνεται ξανά στο τέλος της διαδρομής.

2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΕΖΩΝ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα βασικότερα στοιχεία και αποτελέσματα ερευνών που προσεγγίζουν τη συμπεριφορά των πεζών κατά τη επιλογή της διαδρομής.

2.4.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΖΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο της Αθήνας (Παπαδημητρίου et al, 2008) πραγματοποιήθηκε έρευνα με στόχο την **εκτίμηση της συμπεριφοράς των πεζών στην επιλογή διαδρομής σε αστικές περιοχές**. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση σε μια σειρά από προσεγγίσεις παλαιότερων ερευνών σχετικές με την συμπεριφορά των πεζών κατά την επιλογή διαδρομής.

Μια πρώτη εκτίμηση για την επιλογή διαδρομής (Girps and Markjo, 1985) βασίζεται στην ιδέα των **ενδιάμεσων προορισμών**. Σύμφωνα με αυτή, η επιλογή της τελικής διαδρομής κάθε πεζού, περιλαμβάνει ένα σύνολο ενδιάμεσων αποφάσεων. Οι αποφάσεις αυτές μπορεί να σχετίζονται είτε με χαρακτηριστικά σημεία της διαδρομής, είτε με πιθανά εμπόδια αλλά είτε και με πιθανά στοιχεία που συναντώνται απροσδόκητα κατά μήκος της διαδρομής. Ουσιαστικά η κάθε διαδρομή είναι ένα σύνολο ενδιάμεσων διαδρομών-προορισμών και προκύπτουν μετά από απόφαση του πεζού με βάση τον συνδυασμό των χαρακτηριστικών της κάθε ενδιάμεσης διαδρομής.

Μια άλλη εκτίμηση για την επιλογή διαδρομής σχετίζεται με τον **τρόπο κίνησης των πεζών** (Blue and Adler, 2001). Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, διακρίνονται τρία είδη κίνησης πεζών τα οποία επηρεάζουν την επιλογή του πεζού να αλλάξει κατεύθυνση ή όχι διαμορφώνοντας έτσι την τελική του διαδρομή. Τα τρία είδη κίνησης είναι:

- Ξεχωριστή ροή, η οποία είναι ανάλογη δύο μονοκατευθυντήριων ροών.
- Σκόρπια ροή, σύμφωνα με την οποία οι πεζοί βρίσκουν μια κατεύθυνση μέσα στο πλήθος χωρίς να διαμορφώνουν ξεχωριστές κατευθύνσεις ροής.
- Δυναμική δημιουργία ροής, όπου οι ζώνες ροών δεν είναι καθορισμένες αλλά προκύπτουν από τις διασταυρώσεις μεταξύ των πεζών.

Μια άλλη εκδοχή προτυποποίησης της συμπεριφοράς των πεζών (Antonini, Bierlaire and Weber, 2006) πραγματοποιείται με την **ανάλυση διακριτών επιλογών**. Συγκεκριμένα προκύπτει ότι τρεις είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των εναλλακτικών περιπτώσεων κίνησης.

- Η ταχύτητα (κοινή ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση)
- Οι εναλλακτικοί προορισμοί (11 εναλλακτικές)
- Η παρουσία άλλων πεζών

Τέλος μια πρόσφατη έρευνα (Gaud, Galland, Gechter, Hilaire and Koukam, 2008) προτείνει μια **ιεραρχημένη θεώρηση** των σύνθετων συστημάτων που περιγράφουν τη συμπεριφορά κίνησης των πεζών σε αστικές περιοχές, μέσω μιας τεχνικής που λαμβάνει υπόψη διαφορετικά επίπεδα ενδιαφερόντων για την κίνηση των πεζών και επιτρέπει το πέρασμα από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο ανάλυσης. Παρόλα αυτά η έρευνα αυτή επικεντρώνει στην περιγραφή του σχεδιασμού του συστήματος και δεν εξετάζει στοιχεία σε επίπεδο πεζών.

2.4.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΕΖΩΝ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Μια διαφορετική εκδοχή της έρευνας πάνω στην συμπεριφορά των πεζών για την επιλογή διαδρομής αποτελεί η συσχέτιση της επιλογής αυτής με το **κόστος διαδρομής**. Η τοποθέτηση αυτή προέκυψε σε έρευνα (Hoogendoorn, 2002), σύμφωνα με την οποία οι πεζοί επιλέγουν μια διαδρομή με στόχο το προσωπικό όφελος.

Το όφελος που μπορεί να προκύψει από την επιλογή μιας διαδρομής αντί κάποιας άλλης προκύπτει από την ελαχιστοποίηση του κόστους διαδρομής, Η ελαχιστοποίηση του χρόνου διαδρομής συνδέεται με:

- τον επιδιωκόμενο χρόνο διαδρομής,
- την μείωση της άνεσης λόγω βαδίσματος πολύ κοντά σε εμπόδια και τοίχους,

- την σταθερή ταχύτητα βαδίσματος,
- τον αριθμό διασταυρώσεων με τους άλλους πεζούς και το επίπεδο εξυπηρέτησης,
- το περιβάλλον της οδού

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν τον πεζό να πραγματοποιήσει μια υποκειμενική ορθολογιστική επιλογή ανάμεσα σε ένα σύνολο επιλογών και να ακολουθήσει μια διαδρομή, η οποία θα ελαχιστοποιήσει το κόστος πορείας και θα μεγιστοποιήσει το ατομικό του/της συμφέρον.

2.5 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και αναλύονται οι σημαντικότερες από ένα πλήθος ερευνών, που προέκυψαν και αφορούν στη συσχέτιση της συμπεριφοράς του πεζού με διάφορες παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτές σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της οδού, τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν αλλά και με τα χαρακτηριστικά του ίδιου του πεζού.

Αναφορικά με την **ταχύτητα** με την οποία οι πεζοί επιλέγουν να διανύσουν μια διαδρομή προέκυψε ότι βασικός παράγοντας είναι η ηλικία και το φύλο του πεζού. Επίσης προέκυψε ότι ο φόρτος πεζών σε ένα πεζοδρόμιο (πυκνότητα) είναι αντιστρόφως ανάλογος με την ταχύτητα που κινείται ο κάθε πεζός.

Στις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές που εντοπίστηκαν σχετικά με τη διάσχιση της οδού και την επιλογή διαδρομής, δεν εξετάζεται η συμπεριφορά του πεζού κατά τη διάρκεια μιας πλήρους διαδρομής, αλλά πραγματοποιείται διερεύνηση της συμπεριφοράς του μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Σε έρευνες σχετικά με το σημείο που **ο πεζός επιλέγει να διασχίσει την οδό**, βρέθηκε ότι η απόφαση αυτή είναι ένας συνδυασμός πολλών παραγόντων που συνδέονται με τις εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες (πυκνότητα ροής των οχημάτων), τα χαρακτηριστικά του ίδιου του πεζού (φύλο, ηλικία) αλλά και τα χαρακτηριστικά της οδού.

Αναφορικά με την **επιλογή της διαδρομής**, η κάθε έρευνα προσέγγισε το ζήτημα αυτό από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι η επιλογή εξαρτάται τόσο από

τις προσωπικές αποφάσεις των πεζών (σύντομη ευχάριστη διαδρομή) όσο και από τις συνθήκες κατά μήκος της διαδρομής (φόρτος πεζών, ταχύτητα κίνησης) που όλα μαζί στο σύνολο τους συνδέονται τελικώς με την έννοια του κόστους της διαδρομής.

Από τις έρευνες αυτές που συγκεντρώθηκαν προκύπτουν κάποια χρήσιμα συμπεράσματα για την αντιμετώπιση παρόμοιων ζητημάτων και αποτελούν τη βάση για περαιτέρω έρευνα.

Οι περισσότερες έρευνες που αναφέρονται έχουν πραγματοποιηθεί σε κράτη καλής συγκοινωνιακής υποδομής με ανεπτυγμένα συστήματα μεταφορών. Είναι λοιπόν αναγκαία η περαιτέρω διερεύνηση των ερευνών αυτών και η άμεση προσαρμογή τους στα ελληνικά δεδομένα καθώς το πλήθος των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα είναι ελάχιστο και η ανάγκη για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας μεγάλη.

Βάσει όλων των παραπάνω φανερώνεται η ανάγκη για επιτακτική έρευνα στην Ελλάδα όσον αφορά στη συμπεριφορά των πεζών κατά μήκος μιας διαδρομής και η διερεύνηση των αιτίων που ωθούν τους πεζούς στις συγκεκριμένες επιλογές. Η διερεύνηση αυτή αποτελεί και τον στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, και θα επιχειρηθεί να περιγραφεί και να ερμηνευθεί η πολυπλοκότητα της συμπεριφοράς των πεζών έχοντας ως βάση τα συμπεράσματα των ερευνών που προέκυψαν κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν κεφάλαιο επιδιώκεται η περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου, πάνω στο οποίο θα βασιστεί η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Ειδικότερα παρουσιάζεται το **πλαίσιο της μεθοδολογίας**, στο οποίο θα στηριχτεί η ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών με τη χρήση μαθηματικού προτύπου. Αναφορικά με την ταχύτητα την οποία ο πεζός επιλέγει να κινηθεί κατά μήκος μιας διαδρομής, η μέθοδος που επιλέχτηκε για την ανάλυση των στοιχείων είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση (linear regression). Ο κύριος λόγος της επιλογής της μεθόδου αυτής είναι ότι η εξαρτημένη μεταβλητή του προβλήματος, δηλαδή η ταχύτητα, είναι συνεχής και επίσης ακολουθεί κανονική κατανομή. Ένας πρόσθετος λόγος επιλογής αυτής της μεθόδου είναι ότι πρόκειται για μια απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο πρόβλεψης κάποιας μεταβλητής. Σχετικά με το οικοδομικό τετράγωνο που ο πεζός επιλέγει να διασχίσει κατά μήκος μιας καθορισμένης διαδρομής και με τη διαδρομή που επιλέγει επιλέχθηκε η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression). Η επιλογή της μεθόδου αυτής έγινε γιατί η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει μόνο δύο τιμές. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού παρατίθενται όλες οι βασικές έννοιες και οι κυριότερες στατιστικές θεωρίες για την κατανόηση του τρόπου ανάπτυξης των μαθηματικών προτύπων που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύονται όλα τα στοιχεία αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε.

Σημειώνεται ότι υπάρχουν και άλλοι μέθοδοι ανάλυσης για τα στοιχεία που επιχειρείται να αναλυθούν, αλλά τελικώς στην παρούσα Διπλωματική Εργασία επιλέχθηκαν η απλή γραμμική παλινδρόμηση για το μοντέλο της ταχύτητας και η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης για τα μοντέλα των διασχίσεων και της επιλογής διαδρομής ως απλούστερες και επαρκείς για μια πρώτη ανάλυση.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Για την κατανόηση επομένως της στατιστικής θεωρίας, που βασίζεται το μαθηματικό πρότυπο, που χρησιμοποιείται για την ανάλυση της συμπεριφοράς των πεζών, κρίνεται αναγκαία η αναφορά σε ορισμένες βασικές έννοιές της.

Πληθυσμός είναι το σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει η στατιστική έρευνα.

Δείγμα είναι ένα υποσύνολο του πληθυσμού. Οι περισσότερες στατιστικές έρευνες αναφέρεται σε δείγματα αφού ολόκληρος ένας πληθυσμός είναι αδύνατο να καταγραφεί. Όλα τα στοιχεία που ανήκουν στο δείγμα ανήκουν και στον πληθυσμό χωρίς να ισχύει το αντίθετο. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από την επεξεργασία των στοιχείων του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για όλο τον πληθυσμό μόνο όταν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό.

Μέτρηση θεωρείται κάθε εμπειρική διαδικασία κατά την οποία αντιστοιχίζεται μια σειρά συμβόλων για να αντιπροσωπεύει μια σειρά παρατηρήσεων, αντικειμένων ή γεγονότων. Η αντιστοίχιση αυτή διέπεται από ορισμένους κανόνες. Οι αριθμοί είναι μια μορφή μόνο αυτών των συμβόλων, επειδή όμως ένα μαθηματικό σύστημα έχει ορισμένες χρήσιμες ιδιότητες, οι εμπειρικές πράξεις είναι στενά συνδεδεμένες με τις μαθηματικές στη διαδικασία της μέτρησης. Συνεπώς πολύ συχνά η σειρά των αριθμών χρησιμοποιείται ως πρότυπο για την αναπαράσταση του εμπειρικού κόσμου.

Η τιμή την οποία μπορούν να λάβουν οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται σε μία μέτρηση είναι τυχαία, με την έννοια ότι η τιμή αυτή εξαρτάται από το αποτέλεσμα της μέτρησης και μόνο. Για να περιγραφεί αυτή η τιμή χρησιμοποιείται ο όρος **τυχαία μεταβλητή**. Ο όρος αυτός 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. Οι μεταβλητές αυτές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

α) Ποιοτικές Μεταβλητές. Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μιας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης (π.χ η οικογενειακή κατάσταση)

β) Ποσοτικές Μεταβλητές. Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που έχουν όμως την σημασία της μέτρησης (π.χ η ηλικία). Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο άλλες κατηγορίες, τις **συνεχείς** και τις **διακριτές**.

Οι **συνεχείς** μεταβλητές μπορούν να λάβουν μια οποιαδήποτε τιμή στην ευθεία των πραγματικών αριθμών ή σε διάστημα αυτής και η κατανομή τους είναι συνεχής. (π.χ η ταχύτητα με την οποία ο πεζός κινείται)

Οι **διακριτές** μεταβλητές έχουν πεπερασμένο πλήθος δυνατών τιμών και η κατανομή τους είναι διακριτή. Σε μια διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορεί να έχουν δυο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ως παράδειγμα αναφέρεται ο κυκλοφοριακός φόρτος ο οποίος παίρνει την τιμή 1 όταν είναι υψηλός και την τιμή 0 όταν είναι χαμηλός.

Μέτρα κεντρικής τάσης. Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος $x_1, x_2, \dots, x_n$ η μέση τιμή υπολογίζεται μέσω της σχέσης :

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)$$

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

$$s^2 = [1/(n-1)] \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

όπου $\bar{x}$ η μέση τιμή του δείγματος.

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

$$s = (s^2)^{1/2} = [(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2) / (n-1)]^{1/2}$$

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

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

3.3 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ Ή ΚΑΤΑΝΟΜΗ GAUSS

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 και Γιαννόπουλος, 1986). Μια από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή. Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι:

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

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

3.4 ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Ο έλεγχος κατά πόσο προσαρμόζεται καλά μια θεωρητική κατανομή σε μια πειραματική που έχει προκύψει από μετρήσεις 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 την 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.

3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η περιγραφή της σχέσης δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis).

Για τον σκοπό αυτό απαιτείται ο ορισμός δύο διαφορετικών τύπων μεταβλητών: της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Εξαρτημένη μεταβλητή (dependent variable) ονομάζεται η μεταβλητή της οποίας η συγκεκριμένη διαμόρφωση πρόκειται να προβλεφθεί.

Ανεξάρτητη μεταβλητή (independent variable) ονομάζεται η μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής.

Για να προβλεφθούν συστηματικά οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής με βάση τα γνωστά επίπεδα της ανεξάρτητης είναι απαραίτητη η ανάπτυξη μιας συστηματικής σχέσης ανάμεσα στις μεταβλητές. Για την περιγραφή αυτής της σχέσης, η οποία αναπτύσσεται μεταξύ της εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής δημιουργείται ένα **μαθηματικό πρότυπο**, το οποίο συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων οι οποίες αποτυπώνουν τη σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μαθηματικού προτύπου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτό μέγεθος.

Στην γραμμική παλινδρόμηση η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression). Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη

μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Ψ που προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του X . η τιμή ψ_i της Ψ , για κάθε τιμή x_i της X δίδεται από τη σχέση:

$$\psi_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν καλύτερα την γραμμική εξάρτηση της Ψ από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (α , β) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως :

- Ο σταθερός όρος α είναι η τιμή του ψ για $x = 0$
- Ο **συντελεστής β** του x ή αλλιώς **συντελεστής παλινδρόμησης** είναι η κλίση της ευθείας και 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 της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής και το αντίστροφο για αρνητικό πρόσημο. Δεύτερον, η τιμή του έχει φυσική σημασία, δηλαδή εκφράζει την μεταβολή της μεταβλητής Ψ όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα.

Η τυχαία μεταβλητή ε_i λέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** και ορίζεται ως η διαφορά της ψ_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(\Psi | X = x_i)$ όπου $E(\Psi | X = x_i) = \alpha + \beta x_i$.

Οι υποθέσεις που γίνονται για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι οι παρακάτω:

- Η μεταβλητή X να είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα που μελετάμε, δηλαδή γνωρίζουμε τις τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.
- Η εξάρτηση της Ψ από τη X είναι γραμμική.
- Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X , δηλαδή $E(\varepsilon_i) = 0$ και $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$.

Σε περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή Ψ εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές $X(X_1, X_2, X_3, \dots, X_v)$ τότε γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

$$\psi_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \epsilon_i$$

Οι υποθέσεις που ισχύουν στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι οι ίδιες με αυτές που ισχύουν και στην απλή γραμμική παλινδρόμηση. Γενικά το πρόβλημα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από αυτό της απλής παλινδρόμησης. Κάτι καινούργιο που πρέπει να προσέξει κανείς στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες στο μοντέλο, αφού απαιτείται να μην υπάρχει καμία συσχέτιση μεταξύ τους.

3.5.2 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Μέχρι τώρα εξετάστηκε η περίπτωση όπου η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την περίπτωση αυτή είναι η γραμμική παλινδρόμηση. Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (όπως η απόφαση να διασχίσει ο πεζός ή όχι) χρησιμοποιείται η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για μοντέλα πρόβλεψης και ταξινόμησης. Είναι δυνατή η έκβαση μιας διακριτής κατηγορικής μεταβλητής με τη χρήση ενός συνόλου διακριτών αλλά και συνεχών μεταβλητών. Στην λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η πιθανότητα η έκβαση του αποτελέσματος να είναι ίση με 1. Χρησιμοποιείται ο νεπέριος λογάριθμος για την πιθανότητα ή, η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι 1 σύμφωνα με τον τύπο:

$$\Psi = \text{logit}(P) = \text{LN}(P/1-P_i) = B_0 + B_i X_i$$

όπου B_0 : είναι η σταθερά του μοντέλου

B_i : είναι οι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές

($X_i=1, \dots, n$ το σύνολο των εξαρτημένων μεταβλητών)

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος κυμαίνεται από το συν άπειρο έως το μείον άπειρο. Τα μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπολογίζουν την καμπυλόγραμμη σχέση ανάμεσα στην κατηγορική επιλογή Ψ και τις μεταβλητές X_i , οι οποίες μπορεί να είναι συνεχείς ή διακριτές. Η καμπύλη της λογιστικής παλινδρόμησης είναι προσεγγιστικά γραμμική στις μεσαίες τιμές και λογαριθμική στις ακραίες.

Η νέα σχέση που προκύπτει με απλό μετασχηματισμό της προηγούμενης είναι:

$$(P_i/1-P_i)=\exp^{B_0+B_iX_i}=\exp^{B_0} \cdot \exp^{B_iX_i}$$

Η θεμελιώδης εξίσωση για την λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν μια τιμή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής αυξηθεί κατά μία μονάδα και όλες οι υπόλοιπες παραμείνουν σταθερές, ο νέος λόγος πιθανοφάνειας ($P_i/1-P_i$) δίδεται από τη σχέση:

$$(P_i/1-P_i)^*=\exp^{B_0} \cdot \exp^{B_i(X_i+1)} = \exp^{B_0} \cdot \exp^{B_iX_i} \cdot \exp^{B_i}$$

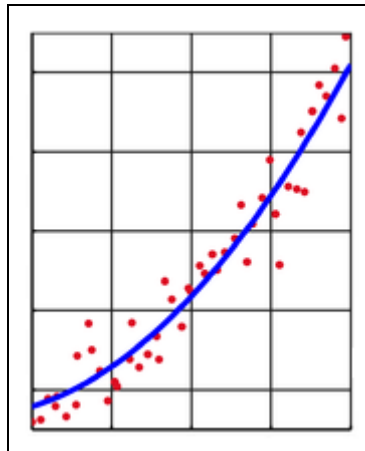
Έτσι παρατηρείται ότι όταν η εξαρτημένη μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μία μονάδα, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές να παραμένουν σταθερές, η πιθανότητα ($P_i/1-P_i$) αυξάνεται κατά ένα συντελεστή $\exp^{B_i}$.

3.5.3 Εκτίμηση των παραμέτρων

Η εκτίμηση των παραμέτρων στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση γίνεται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων** (least squares method), σύμφωνα με την οποία ο προσδιορισμός των βι δίνει μια προσεγγιστική ευθεία που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής Ψ με βάση τις τιμές της X .

Η ευθεία που προκύπτει ονομάζεται ευθεία παλινδρόμησης της Ψ πάνω στην X . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X, Ψ) από

την ευθεία να είναι ελάχιστο. Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.



Διάγραμμα 3.1: Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

3.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Κάθε μοντέλο για να θεωρηθεί αποδεκτό πρέπει να πληροί κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Βασική προϋπόθεση είναι η **μη συσχέτιση** των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους γιατί διαφορετικά δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Στην περίπτωση συσχέτισης δύο μεταβλητών εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

Ένα ακόμα σημαντικό κριτήριο για την αποδοχή ενός μοντέλου είναι **οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης β** . Πρέπει αρχικά να υπάρχει λογική ερμηνεία των προσήμων τους, δηλαδή αν ο συντελεστής έχει θετικό πρόσημο, η αύξηση της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής να προκαλεί αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής και ομοίως το ίδιο στην αντίστροφη περίπτωση για αρνητικό πρόσημο.

Για παράδειγμα σε ένα μοντέλο όπου η ταχύτητα βαδίσματος των πεζών είναι η εξαρτημένη μεταβλητή και ο φόρτος πεζών στο πεζοδρόμιο η ανεξάρτητη θα πρέπει ο συντελεστής β_i να έχει αρνητικό πρόσημο αφού όσο μεγαλύτερος είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος πεζών σε ένα πεζοδρόμιο τόσο μικρότερη είναι και η ταχύτητα με την οποία ένας πεζός κινείται.

Κριτήριο t (t-test)

Η στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων πραγματοποιείται με το **κριτήριο t (t-test)** . Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να διαπιστωθεί εάν οι παράμετροι που υπολογίστηκαν διαφέρουν σημαντικά από το 0 και καθορίζονται ποιες μεταβλητές τελικά θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται από τη σχέση:

$$t^* = \beta_i / s.e$$

όπου s.e: το τυπικό σφάλμα των σταθερών παραμέτρων (standard error)

Βάσει της παραπάνω σχέσεις, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται η τιμή του t^* και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t^* τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του t^* για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t^*

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
80	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα για ένα δείγμα περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,671$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Έτσι αν για παράδειγμα μια τιμή του t^* μιας μεταβλητής προκύψει $-3,8$, η απόλυτη τιμή είναι 3,8 δηλαδή μεγαλύτερη από 1,671 άρα η μεταβλητή είναι αποδεκτή και στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

Κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας (likelihood ratio)

Ένα πιο γενικό και κατάλληλο κριτήριο είναι το κριτήριο του **λόγου πιθανοφάνειας** (likelihood ratio). Το κριτήριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την εκτίμηση της

στατιστικής αξιοπιστίας των παραμέτρων του προτύπου όσο και για την αξιολόγηση του ίδιου του προτύπου. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό υπολογίζονται και συγκρίνονται οι λογάριθμοι των συναρτήσεων πιθανοφάνειας για το πρότυπο. Όταν το μέγεθος αυτό παίρνει μεγάλες τιμές απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και δεχόμαστε πως οι περιορισμοί που έχουμε θέσει είναι αληθινοί.

Κριτήριο R^2

Ένα ακόμα κριτήριο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της στατιστικής αξιοπιστίας είναι το **κριτήριο R^2** . Ο συντελεστής προσαρμογής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο. Η σχέση που ορίζει τον συντελεστή είναι:

$$R^2 = SSR / SST$$

Όπου:

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

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

Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής R^2 κυμαίνονται από 0 έως 1 και εκφράζουν το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Ψ που εξηγείται από τη μεταβλητή X . Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Ψ και X . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία με την έννοια ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του που να είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο αυτό με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή R^2 . Τέλος ο συντελεστής R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν η ανεξάρτητες μεταβλητές παίρνουν καθορισμένες τιμές ή τυχαίες.

Ελαστικότητα (elasticity)

Με την ελαστικότητα υπολογίζεται η επιρροή που έχουν οι μικρές αλλαγές των ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στην πιθανότητα επιλογής κάποιας εναλλακτικής. Πιο συγκεκριμένα η

τιμή της ελαστικότητας ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί της εκατό της μεταβολής της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από μια μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά 1%. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίδεται από τη σχέση:

$$e_i = (\Delta \Psi_i / \Delta X_i) \cdot (X_i / \Psi_i) = \beta_i \cdot (X_i / \Psi_i)$$

Σημειώνεται ωστόσο ότι η παραπάνω σχέση δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε διακριτές μεταβλητές. Για τις μεταβλητές αυτές χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Ο τύπος που υπολογίζει την τιμή της ψευδοελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές είναι ο παρακάτω:

$$E_{X_{ink}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i'=1}^I e^{\beta_{i'k} X_n}}{\sum_{i'=1}^I e^{\Delta(\beta_{i'k} X_n)}} - 1$$

Πηγές Σφαλμάτων

Όσον αφορά στο σφάλμα της εξίσωσης του μοντέλου, πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά
- Να έχει μηδενική συσχέτιση

Ο τρόπος με τον οποίο εισάγονται τα δεδομένα στη βάση δεδομένων, ο προγραμματισμός των προτύπων στο λογισμικό που χρησιμοποιείται κατά την εκπόνηση της παρούσης εργασίας, ο τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων και άλλα στοιχεία που αφορούν στο συγκεκριμένο υπό καταγραφή σύστημα καθώς και ο διαφορετικός τρόπος προσέγγισης στην ανάπτυξη του κάθε προτύπου αναλύονται εκτενέστερά στα κεφάλαια που ακολουθούν. Τα κεφάλαια αυτά επικεντρώνονται στην εφαρμογή των μεθόδων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και πιο συγκεκριμένα με ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης καθώς και στην εξαγωγή συμπερασμάτων τόσο για την συμπεριφορά των πεζών όσο και για το βαθμό επάρκειας των μεθοδολογιών στην περιγραφή του φαινομένου που εξετάζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας αφορά στη διερεύνηση της επιρροής, που ενδεχομένως έχουν, διάφορες παράμετροι (είτε χαρακτηριστικά του πεζού όπως το φύλο, η ηλικία κτλ. είτε κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά όπως ο φόρτος, τα κενά μεταξύ οχημάτων κτλ.) στα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των πεζών στο οδικό δίκτυο. Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την ανάπτυξη του θεωρητικού υπόβαθρου για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου (γραμμική και λογιστική παλινδρόμηση), ξεκίνησε η συγκέντρωση των στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **συλλογή και επεξεργασία** των στοιχείων αυτών. Ειδικότερα παρουσιάζονται αναλυτικά τα στοιχεία στα οποία στηρίχτηκε η Διπλωματική Εργασία, ο τρόπος συλλογής τους, η κωδικοποίηση και η επεξεργασία των στοιχείων αυτών και ο τρόπος εισαγωγής τους στον υπολογιστή. Επιπρόσθετα αναπτύσσεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη χρήση των προγραμμάτων του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Συγκεκριμένα δίδονται χαρακτηριστικά παραδείγματα κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων και του τρόπου αντιμετώπισης των δυσκολιών που προέκυψαν.

4.2 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.2.1 Στόχος

Στόχος του πειράματος ήταν να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των πεζών κατά μήκος μιας ολόκληρης διαδρομής και όχι σε μικρό τμήμα όπως εξετάζεται στις περισσότερες έρευνες.

4.2.2 Συλλογή Στοιχείων

Για τη συλλογή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε ειδικά σχεδιασμένη έρευνα πεδίου. Η περιοχή στην οποία πραγματοποιήθηκε η καταγραφή έπρεπε να πληροί κάποιες προϋποθέσεις ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων. Συγκεκριμένα, η **περιοχή μελέτης** ήταν επιθυμητό να παρουσιάζει ομοιομορφία οικοδομικών τετραγώνων, να είναι μια περιοχή κεντρική και γνωστή και να παρουσιάζει ποικιλία στις χρήσεις γης καθώς και στους κυκλοφοριακούς φόρτους οχημάτων και φόρτους πεζών. Το σύνολο αυτό των επιθυμητών συνθηκών οδήγησε σε πρώτο στάδιο στην επιλογή της περιοχής του Κολωνακίου στο κέντρο της Αθήνας. Αφετηρία της διαδρομής ορίστηκε ο σταθμός του μετρό του Ευαγγελισμού, στην έξοδο προς Κολωνάκι, και τελικός προορισμός η πλατεία Φιλικής Εταιρείας (Κολωνακίου). Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η αφετηρία και ο προορισμός καθώς και το σύνολο των οικοδομικών τετραγώνων που ορίζουν τις πιθανές διαδρομές μεταξύ αφετηρίας και προορισμού.



Σχήμα 4.1 Περιοχή Μελέτης (google maps)

Όπως φαίνεται στο σχήμα μεταξύ της αφετηρίας (Σταθμός Ευαγγελισμού) και του προορισμού (Η Πλατεία Φιλικής Εταιρείας) συμπεριλαμβάνεται ένα σύνολο οικοδομικών τετραγώνων και αντίστοιχα πιθανών διαδρομών που μπορούν να επιλέγουν.

Σε δεύτερο στάδιο καταγράφηκαν τα **χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης της έρευνας πεδίου**. Σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο που περιλαμβάνεται μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού καταγράφηκαν τόσο κυκλοφοριακά στοιχεία όσο και γεωμετρικά στοιχεία της κάθε οδού. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε καταγραφή του μήκους της κάθε οδού, του πλάτους του πεζοδρομίου, της κλίσης της οδού (ανωφέρεια, κατωφέρεια, επίπεδο), των χρήσεων γης, των διαβάσεων πεζών με σηματοδοτούμενο κόμβο, των μονόδρομων και των προστατευτικών κιγκλιδωμάτων.

Στο επόμενο στάδιο του πειράματος ζητήθηκε σε 30 άτομα να περπατήσουν επιλέγοντας μια διαδρομή με αφετηρία τον σταθμό του μετρό στον Ευαγγελισμό και προορισμό την πλατεία Φιλικής Εταιρείας. Οι ηλικίες των ατόμων που επιλέχθηκαν κυμαίνονταν από 18 έως 28 ετών. Οι **μετρήσεις** πραγματοποιήθηκαν απογευματινές ώρες και επαναλήφθηκαν μετά από τρεις εβδομάδες με τα ίδια άτομα. Και τις δύο φορές τα άτομα αυτά ακολουθήθηκαν από την αφετηρία ως τον τελικό προορισμό κατά μήκος όλης της διαδρομής που επέλεξαν να ακολουθήσουν και κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους καταγράφηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία. Στο τέλος της διαδρομής τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο για τις ανάγκες του πειράματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της διαδρομής εκτός από τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του κάθε πεζού, καταγράφηκαν επίσης όλες οι **κυκλοφοριακές συνθήκες** και το **περιβάλλον της οδού** που διαφοροποιούνταν σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο αλλά και σε κάθε μέτρηση. Συγκεκριμένα, στο σημείο όπου ο κάθε πεζός επέλεγε να διασχίσει καταγράφονταν ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων και ο κυκλοφοριακός φόρτος τη δεδομένη στιγμή, ενώ σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο καταγράφονταν ο φόρτος πεζών του πεζοδρομίου και ο αριθμός των σταθμευμένων οχημάτων. Επίσης, καταγράφηκαν οι όποιες στάσεις κατά τη διάρκεια της διαδρομής, το σημείο που επιλέγει να περπατήσει, ο αριθμός των σταθμευμένων οχημάτων και η ύπαρξη ή όχι κιγκλιδωμάτων στο πεζοδρόμιο κατά τη διάρκεια της διαδρομής.

Ακόμα καταγράφηκε ο συνολικός **χρόνος βαδίσματος** με ώρα εκκίνησης την έναρξη της διαδρομής από τον σταθμό του μετρό στον Ευαγγελισμό και λήξη την άφιξη στην πλατεία Κολωνακίου. Στον χρόνο αυτό συμπεριλαμβάνονται ο χρόνος αναμονής κατά τη διάσχιση της οδού αλλά και όλες οι στάσεις, οι οποίες παρατηρήθηκαν συχνότερες στον εμπορικό δρόμο της περιοχής μελέτης.

Ένα παράδειγμα καταγραφής μιας μέτρησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα όπου παρουσιάζεται ξεκάθαρα η διαδρομή που επέλεξε ο κάθε πεζός να κινηθεί καθώς και τα σημεία που επέλεξε να διασχίσει τις οδούς.



43

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στην παράγραφο αυτή πραγματοποιείται η περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθείται για την εισαγωγή των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί, στα λογισμικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη στατιστική ανάλυση. Επιπλέον γίνεται σύντομη παρουσίαση των προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιούνται και κάποια χρήσιμα στοιχεία πάνω στη λειτουργία τους. Για την καλύτερη κατανόηση του θέματος παρατίθενται οθόνες εκτέλεσης επεξεργασίας στοιχείων καθώς και αποσπάσματα των πινάκων των στοιχείων που χρησιμοποιούνται.

4.3.1 Εισαγωγή των στοιχείων σε βάση δεδομένων

Καθώς ολοκληρώθηκε η διαδικασία των μετρήσεων, αξιολογήθηκαν τα σημαντικότερα στοιχεία και καταχωρήθηκαν κωδικοποιημένα σε ηλεκτρονική μορφή στις βάσεις δεδομένων που αναπτύχθηκαν.

Αρχικά δημιουργήθηκαν τρεις βάσεις δεδομένων. Η πρώτη βάση αφορούσε στην καταγραφή των χαρακτηριστικών του πεδίου της έρευνας. Η δεύτερη δημιουργήθηκε με τα στοιχεία που προέκυψαν από τις μετρήσεις των 30 ατόμων και η τρίτη από τα στοιχεία που προέκυψαν από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου με τα ατομικά χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου. Οι τρεις αυτές βάσεις δεδομένων στη συνέχεια ενώθηκαν και τροποποιήθηκαν ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε προτύπου.

Κωδικοποίηση διαδρομής

Μια πρώτη βασική καταγραφή ήταν εκείνη των οδικών τμημάτων ώστε να οριστεί σαφώς η διαδρομή του κάθε πεζού και το είδος των διασχίσεων. Αρχικά κωδικοποιήθηκε ξεχωριστά το κάθε οικοδομικό τετράγωνο. Η κωδικοποίηση αυτή όμως μετά τις πρώτες αναλύσεις αποδείχτηκε ότι δεν ήταν η πιο κατάλληλη και στη συνέχεια η κωδικοποίηση πραγματοποιήθηκε για το κάθε οδικό τμήμα από διασταύρωση σε διασταύρωση.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΔΙΟΥ ΕΡΕΥΝΑΣ

Γεωμετρικά στοιχεία οδών

- Μήκος του κάθε οδικού τμήματος με τη χρήση του λογισμικού χαρτών google maps

- Πλάτος του πεζοδρομίου
- Κλίση των οδών
- Πυκνότητα πεζών ανά τετραγωνικό μέτρο πεζοδρομίου
- Σταθμευμένα οχήματα
- Μονόδρομοι (οι μονόδρομοι καταγράφηκαν με 1 και οι διπλής ροής με 0)
- Κιγκλιδώματα (τα οδικά τμήματα όπου υπήρχε κιγκλίδωμα καταγράφηκαν με 1 ενώ χωρίς κιγκλίδωμα με 0)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

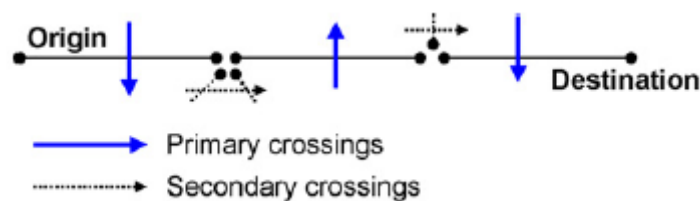
Κατηγορίες Διασχίσεων

Βασικό στοιχείο για την κωδικοποίηση αποτέλεσε ο διαχωρισμός των διασχίσεων της οδού σε δύο κατηγορίες: τις κύριες διασχίσεις και τις δευτερεύουσες (Παπαδημητρίου et al, 2007).

Ως **κύριες διασχίσεις** (primary crossings) ορίστηκαν εκείνες οι οποίες πραγματοποιούνται στην αρχή, στο τέλος ή στο μέσο ενός οικοδομικού τετραγώνου κάθετα στον άξονα της οδού και επιλέγονται με σκοπό να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη διαδρομή.

Ως **δευτερεύουσες διασχίσεις** (secondary crossings) ορίστηκαν εκείνες οι οποίες πραγματοποιούνται στην αρχή ή στο τέλος ενός οικοδομικού τετραγώνου σε οποιαδήποτε πλευρά της οδού κατά την κίνηση κατά μήκος διαδοχικών οικοδομικών τετραγώνων.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα κύριων και δευτερευουσών διασχίσεων για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών.



Σχήμα 4.3: Κύριες και δευτερεύουσες διασχίσεις κατά μήκος μιας διαδρομής πεζού (Παπαδημητρίου et al, 2007)

Χρονικός διαχωρισμός οχημάτων

Ένα ακόμα στοιχείο ακόμα που καταγράφηκε ήταν ο κυκλοφοριακός φόρτος σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο που υπήρχε η πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός. Ο κυκλοφοριακός

φόρτος οχημάτων συσχετίστηκε με τον χρονικό διαχωρισμό των οχημάτων, δηλαδή η ύπαρξη μεγάλου χρονικού διαχωρισμού σημαίνει μικρός κυκλοφοριακός φόρτος οχημάτων και το αντίστροφο.

Κλίση οδού

Η διάσχιση του οδικού τμήματος που οδηγεί από ανωφέρεια σε επίπεδο καταγράφηκε με 1 ενώ σε διαφορετική περίπτωση με 0.

Χρήσεις γης

Τα οικοδομικά τετράγωνα, στα οποία υπήρχαν καταστήματα εστίασης (καφετέριες, εστιατόρια) και καταστήματα καταγράφονταν με 1 ενώ τα οικοδομικά τετράγωνα στα οποία υπήρχαν κατοικίες καταγράφονταν με 0.

Κυκλοφοριακός φόρτος πεζών

Ο κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών σε κάθε πεζοδρόμιο διαφοροποιούνταν σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο αλλά και σε κάθε μέτρηση. Ο χαμηλός φόρτος πεζών σε ένα πεζοδρόμιο καταγράφονταν με 1 ενώ ο υψηλός φόρτος με 0.

Τελευταία επιλογή

Μια περαιτέρω διάκριση που έγινε στα οικοδομικά τετράγωνα είναι στη σειρά επιλογής τους. Συγκεκριμένα το οικοδομικό τετράγωνο που αποτελούσε την τελευταία επιλογή διάσχισης με στόχο τον τελικό προορισμό καταγράφονταν κάθε φορά με 1.

Χρόνος διαδρομής

Ως χρόνος διαδρομής καταγράφηκε η διαφορά του χρόνου τερματισμού και του χρόνου έναρξης της διαδρομής.

Συνολικό μήκος διαδρομής

Ως συνολικό μήκος διαδρομής καταγράφηκε το άθροισμα των μηκών των οδικών τμημάτων της κάθε διαδρομής.

Στάσεις

Για το κάθε οδικό τμήμα καταγράφηκε με 1 όταν ο πεζός έκανε στάση για οποιοδήποτε λόγο στο συγκεκριμένο τμήμα και με 0 όταν δεν έγινε καμία στάση.

Τόπος βαδίσματος

Καταγράφηκε εάν ο πεζός βαδίζει κατά μήκος του πεζοδρομίου ή στο οδόστρωμα.

Επιλογή διαδρομής

Ένας ακόμα διαχωρισμός έγινε στην επιλογή διαδρομής. Οι διαδρομές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η μία ομάδα αφορούσε στις διαδρομές των ατόμων που επέλεξαν να κινηθούν από τις μικρότερες οδούς και καταγράφηκε με 1 και η άλλη διαδρομή συμπεριλάμβανε το σύνολο των διαδρομών που πραγματοποιήθηκαν από τις κεντρικές αρτηρίες, δηλαδή πάνω από τη μισή διαδρομή ο πεζός επέλεξε να κινηθεί κατά μήκος των κυρίων οδών δηλαδή στη Βασιλίσσης Σοφίας, στη Μαρασλή και στην Πατριάρχου Ιωακείμ και καταγράφονταν με 0.

Αλλαγές κατεύθυνσης

Στις διαδρομές που έγινε μία αλλαγή κατεύθυνσης δόθηκε η τιμή 1 και στις διαδρομές όπου έγιναν παραπάνω από δύο αλλαγές κατεύθυνσης δόθηκε η τιμή 0.

Ταχύτητα

Η ταχύτητα υπολογίστηκε από το πηλίκο του συνολικού μήκους της κάθε διαδρομής προς το συνολικό χρόνο βαδίσματος.

Τα υπόλοιπα στοιχεία προέκυψαν από τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και αφορούσαν στα ατομικά χαρακτηριστικά του πεζού.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ηλικία

Η ηλικία των πεζών κυμαίνονταν από 18 έως 28 ετών.

Φύλο

Οι γυναίκες καταγράφονταν με 1 και οι άντρες με 0.

Οικογενειακή κατάσταση

Οι παντρεμένοι καταγράφηκαν με 1 και οι ανύπαντροι με 0. Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα άτομα που μετρήθηκαν ήταν ανύπαντρα.

Μορφωτικό επίπεδο

Καταγράφηκε το μορφωτικό επίπεδο των ατόμων και κατηγοριοποιήθηκε σε φοιτητές, εργαζόμενους και ανέργους.

Στάση απέναντι στο περπάτημα

Στα τριάντα άτομα ζητήθηκε να απαντήσουν για το αν τους αρέσει το περπάτημα. Η θετική απάντηση καταγράφηκε με 1 ενώ η αρνητική με 0.

Συχνότητα βαδίσματος

Στα τριάντα άτομα ζητήθηκε να απαντήσουν για το πόσο συχνά περπατάνε. Οι πιθανές απαντήσεις ήταν συχνά, σπάνια ή ποτέ.

Τόπος βαδίσματος

Στα 30 άτομα ζητήθηκε να απαντήσουν εάν συνήθως επιλέγουν να περπατήσουν στο πεζοδρόμιο, στο οδόστρωμα, και στα δύο ή κάπου αλλού.

Τόπος διάσχισης

Στα 30 άτομα ζητήθηκε να απαντήσουν εάν συνήθως επιλέγουν να διασχίσουν σε διάβαση πεζών, εκτός διάβασης ή και στα δύο.

Γνώση περιοχής πειράματος

Ακόμα τα άτομα ερωτήθηκαν ποια ήταν η τελευταία φορά που περπάτησαν ξανά στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης και οι απαντήσεις που έπρεπε να διαλέξουν ήταν πρόσφατα, πριν από ένα μήνα, πριν πολύ καιρό.

Επιλογή διαδρομής

Στα 30 άτομα ζητήθηκε να απαντήσουν εάν επέλεξαν τη συγκεκριμένη διαδρομή επειδή ήταν πιο σύντομη πιο ευχάριστη, αυτή γνώριζαν ή δεν γνωρίζουν γιατί την επέλεξαν.

Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία των μετρήσεων καταγράφηκαν και κωδικοποιήθηκαν για τα τριάντα άτομα δύο φορές ξεχωριστά για την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση. Τα στοιχεία που προέκυψαν από την καταγραφή των χαρακτηριστικών του πεδίου της έρευνας και από το ερωτηματολόγιο καταγράφηκαν μια φορά κατά τις πρώτες μετρήσεις αλλά χρησιμοποιήθηκαν και τις δύο φορές προσαρμοσμένα κάθε φορά αντιστοίχως.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω των μεθόδων στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται, **η βάση δεδομένων έχει διαφορετική μορφή κάθε φορά**. Έτσι για τη δημιουργία του γραμμικού προτύπου της ταχύτητας και του λογαριθμικό προτύπου της επιλογής διαδρομής στη βάση δεδομένων για κάθε πεζό αντιστοιχεί μια σειρά δεδομένων ενώ στο λογαριθμικό πρότυπο για τις κύριες διασχίσεις στον κάθε πεζό αντιστοιχούν τόσες σειρές δεδομένων όσες και οι εναλλακτικές επιλογές του. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη μορφή της βάσης δεδομένων αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο όπου αναπτύσσονται και εφαρμόζονται τα πρότυπα.

4.3.2 Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Ακολουθούν ορισμένοι πίνακες από μία πρώτη ανάλυση των στοιχείων μιας βάσης δεδομένων, με τη βοήθεια των οποίων εξάγονται κάποια βασικά εποπτικά συμπεράσματα κυρίως για την επιρροή ορισμένων παραγόντων στην ταχύτητα με την οποία ο πεζός κινείται καθώς και στην επιλογή της διαδρομής.

Πίνακας 4.1: Απόσπασμα πίνακα από τις καταγραφείσες μεταβλητές στην περιοχή μελέτης.

Οδικό Τμήμα	Μήκος (m)	Πλάτος πεζοδρομίου (m)	Ανωφέρεια	Επίπεδο	Χώροι Αναψυχής	Σταθμευμένα	Μονόδρομος
1	50	2,5	1	0	1	1	1
2	55	2	1	0	1	1	1
3	100	3	0	1	1	1	0
4	60	2,5	0	1	0	1	1
5	50	1,5	1	0	0	1	1
6	100	3	0	1	0	1	0
7	55	1,5	1	0	1	1	0
8	60	2	0	1	0	1	1
9	100	3	0	1	1	1	1
10	100	3	1	0	1	1	1

Πίνακας 4.2: Απόσπασμα πίνακα από τις καταγραφείσες μεταβλητές κατά τις μετρήσεις.

Κωδικός Πεζού	Οδικό Τμήμα	Κύρια Διάσχιση	Κυκλοφοριακό Κενό	Χαμηλός Φόρτος Πεζών	Στάσεις	Περπατάει στο Οδόστρωμα
1	1	0	1	0	0	0
1	2	0	1	1	0	0
1	3	1	1	1	0	0
1	4	0	0	0	0	0
1	17	0	0	1	0	1
1	21	0	1	1	1	1
1	37	0	0	1	0	1
2	5	0	1	0	0	0
2	11	0	0	1	0	0
2	12	1	1	1	0	0
2	13	0	0	1	0	0
2	18	1	1	0	0	0
2	27	0	1	0	0	0

Πίνακας 4.3: Απόσπασμα πίνακα από τις καταγραφείσες μεταβλητές του ερωτηματολογίου.

Κωδικός Πεζού	Φύλο	Ενδιαφέρον στο Περπάτημα	Περπατάει Συχνά	Περπατάει Σπάνια	Διασχίζει στις Διαβάσεις	Διασχίζει εκτός Διαβάσεων	Διασχίζει και στα δύο
1	1	1	1	0	1	0	1
2	1	1	0	1	0	1	0
3	1	1	1	0	1	0	0
4	0	1	1	0	0	0	1
5	1	1	1	0	0	1	0
6	0	1	1	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	0	1
8	1	0	0	1	0	0	1
9	0	1	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0	1	0

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο πίνακας 4.2 διαμορφώθηκε δύο φορές, δηλαδή και τις δύο φορές μετρήσεων ενώ οι άλλοι δύο πίνακες διαμορφώθηκαν μία φορά και προσαρμόστηκαν ανάλογα κατά τη δεύτερη μέτρηση.

Οι παραπάνω πίνακες ήταν οι αρχικοί και μετά από αρκετές τροποποιήσεις και έπειτα από τον μεταξύ τους συνδυασμό πήραν την τελική τους μορφή. Οι τελικές βάσεις δεδομένων που προέκυψαν ήταν δύο. Μία βάση δεδομένων αφορούσε στην ταχύτητα και στην επιλογή

διαδρομής και η άλλη στο είδος της διάσχισης. Ακολουθούν αποσπάσματα των τελικών βάσεων δεδομένων.

Πίνακας 4.4: Απόσπασμα τελικού πίνακα για ταχύτητα και επιλογή διαδρομής

Κωδικός Πεζού	Ταχύτητα (m/s)	Επιλογή Διαδρομής	Χαμηλός Φόρτος Πεζών	Απλή Διαδρομή	Φύλο	Επιλογή γρηγορότερη	Επιλογή πιο ευχάριστη
1	1,15	1	1	1	1	1	0
2	0,96	1	1	0	0	0	0
3	2,03	0	0	1	0	0	0
4	1,87	0	1	1	1	1	1
5	1,34	1	1	0	1	0	1
6	1,16	0	0	0	0	0	0
7	0,88	1	0	1	0	1	1
8	0,92	1	1	0	1	1	1

Πίνακας 4.5: Απόσπασμα τελικού πίνακα για σημείο διάσχισης

Κωδικός Πεζού	Οδικό Τμήμα	Κύρια Διάσχιση	Τελευταία Επιλογή	Κυκλοφοριακό Κενό	Ανωφέρεια-Επίπεδο	Καταστήματα αναψυχής	Χαμηλός Φόρτος Πεζών
1	22	0	0	0	0	0	1
1	21	0	0	0	0	0	1
1	20	0	0	0	0	0	1
1	19	1	1	1	1	0	1
2	1	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	1	0
2	3	1	0	1	0	1	0
2	8	0	0	0	0	0	1
2	10	1	1	1	1	1	1
3	13	0	0	0	0	0	0
3	12	0	0	0	0	0	0
3	11	0	0	0	0	0	0
3	10	1	1	0	1	1	0

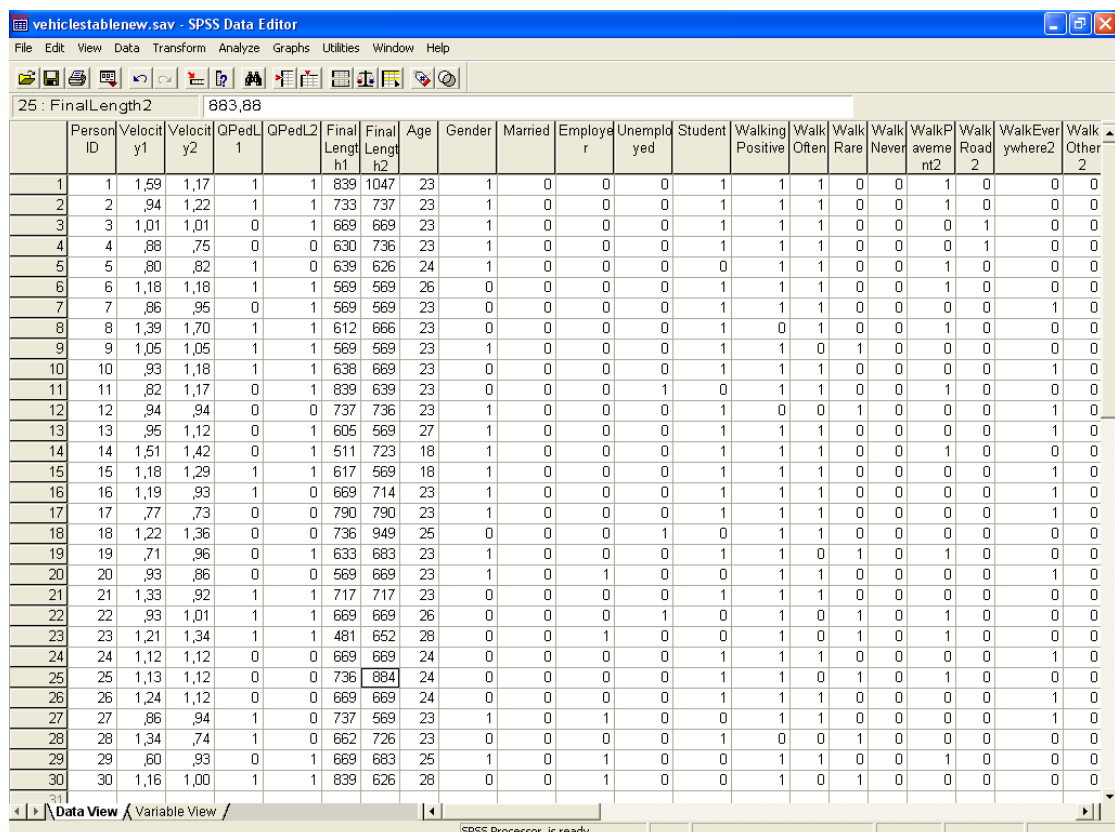
4.3.3 Εισαγωγή των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

Μετά τη διαμόρφωση του τελικού πίνακα στο λογισμικό EXCEL, πραγματοποιήθηκε εισαγωγή του στο πεδίο δεδομένων (data view), του ειδικού πακέτου στατιστικής ανάλυσης. Στη συνέχεια καθορίστηκε το όνομα, ο τύπος και ο αριθμός των ψηφίων κάθε μεταβλητής στο πεδίο των μεταβλητών (variable view).

Επίσης, έγινε διάκριση κάθε μεταβλητής σε συνεχή (scale), διακριτή (nominal) και διατεταγμένη (ordinal). Μετά την εισαγωγή της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η εντολή **analyze**, με την οποία πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Παρακάτω περιγράφονται τα βήματα που ακολούθησαν για τη στατιστική ανάλυση:

Regression: Πρόκειται για διαδικασία που εκτελεί διάφορα είδη ανάλυσης με παλινδρόμηση. Η διαδικασία ανάλυσης ξεκινά με τη γραμμική παλινδρόμηση η οποία επιλέγεται με την εντολή **Linear** (analyze→regression→linear). Για τον σκοπό του πειράματος χρησιμοποιήθηκε και η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης η οποία επιλέγεται με την εντολή **Binary** (analyze→regression→binary logistic). Η μεταβλητή που εξετάζεται (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι μεταβλητές οι οποίες θα εξηγήσουν τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής (ανεξάρτητες μεταβλητές) θα εισαχθούν στο πλαίσιο Independent(s). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα οριστούν και ως Categorical όταν παρουσιάζονται σε κατηγορίες. Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή ανεξάρτητων μεταβλητών. Συνήθως επιλέγεται η μέθοδος Enter, που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που γράφονται εκεί.



	Person ID	Velocity1	Velocity2	QPedL1	QPedL2	Final Length1	Final Length2	Age	Gender	Married	Employer	Unemployed	Student	Walking Positive	Walk Often	Walk Rare	Walk Never	Walk Pavement2	Walk Road2	Walk Everywhere2	Walk Other2
1	1	1,59	1,17	1	1	839	1047	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
2	2	,94	1,22	1	1	733	737	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
3	3	1,01	1,01	0	1	669	669	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
4	4	,88	,75	0	0	630	736	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
5	5	,80	,82	1	0	639	626	24	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
6	6	1,18	1,18	1	1	569	569	26	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
7	7	,86	,95	0	1	569	569	23	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
8	8	1,39	1,70	1	1	612	666	23	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
9	9	1,05	1,05	1	1	569	569	23	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
10	10	,93	1,18	1	1	638	669	23	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
11	11	,82	1,17	0	1	839	639	23	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
12	12	,94	,94	0	0	737	736	23	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
13	13	,95	1,12	0	1	605	569	27	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
14	14	1,51	1,42	0	1	511	723	18	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
15	15	1,18	1,29	1	1	617	569	18	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
16	16	1,19	,93	1	0	669	714	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
17	17	,77	,73	0	0	790	790	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
18	18	1,22	1,36	0	0	736	949	25	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
19	19	,71	,96	0	1	633	683	23	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
20	20	,93	,86	0	0	569	669	23	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
21	21	1,33	,92	1	1	717	717	23	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
22	22	,93	1,01	1	1	669	669	26	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
23	23	1,21	1,34	1	1	481	652	28	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
24	24	1,12	1,12	0	0	669	669	24	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
25	25	1,13	1,12	0	0	736	884	24	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
26	26	1,24	1,12	0	0	669	669	24	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
27	27	,86	,94	1	0	737	569	23	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
28	28	1,34	,74	1	0	662	726	23	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
29	29	,60	,93	0	1	669	683	25	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
30	30	1,16	1,00	1	1	839	626	28	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

Εικόνα 4.1: Παράδειγμα εισαγωγής των στοιχείων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής

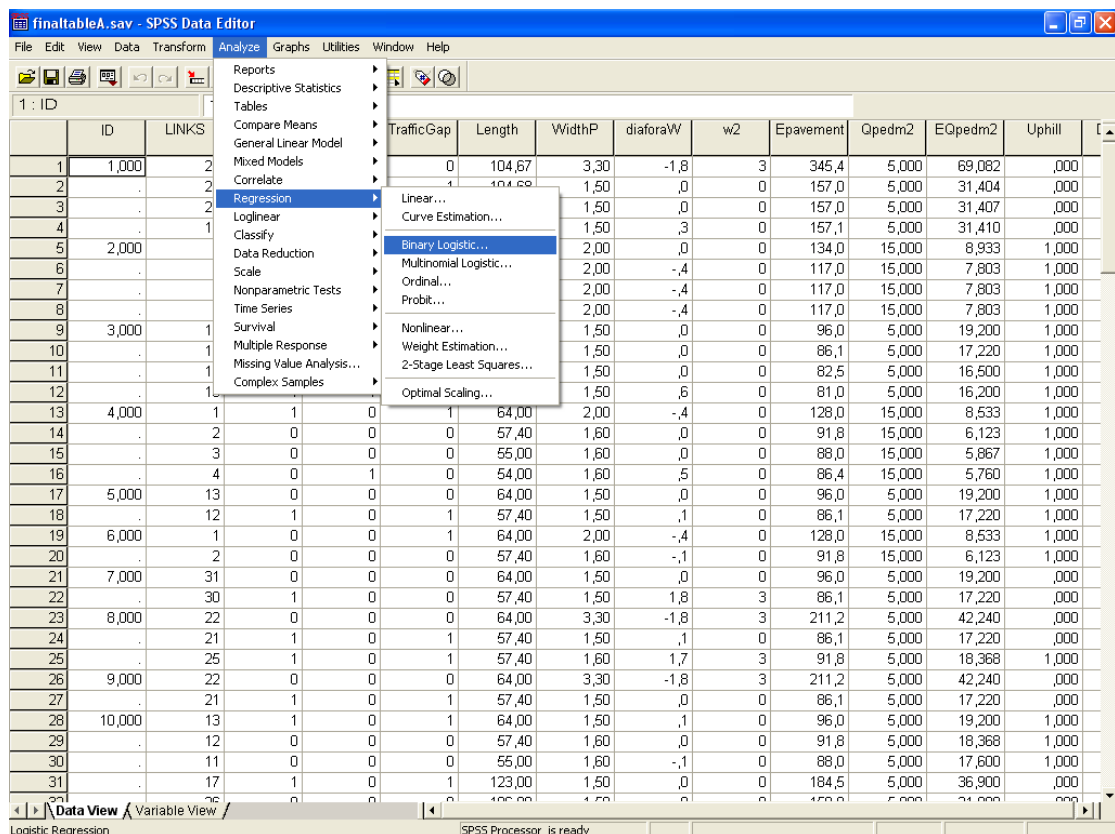
ανάλυσης.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	PersonID	Numeric	22	0		None	None	5	Right	Nominal
2	Velocity1	Numeric	22	2		None	None	5	Right	Scale
3	Velocity2	Numeric	22	2		None	None	5	Right	Scale
4	QPedL1	Numeric	22	0		None	None	5	Right	Nominal
5	QPedL2	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
6	FinalLength	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Scale
7	FinalLength	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Scale
8	Age	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Scale
9	Gender	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
10	Married	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
11	Employer	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
12	Unemploye	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
13	Student	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
14	WalkingPo	Numeric	22	0		None	None	6	Right	Nominal
15	WalkOften	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Nominal
16	WalkRare	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Nominal
17	WalkNever	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Nominal
18	WalkPavem	Numeric	22	0		None	None	5	Right	Nominal
19	WalkRoad2	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Nominal
20	WalkEvery	Numeric	22	0		None	None	7	Right	Nominal
21	WalkOther2	Numeric	22	0		None	None	4	Right	Nominal
22	WalkDontK	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
23	CrossingZe	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
24	CrossingOu	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
25	CrossingBo	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
26	LastTimeRe	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
27	LastTimeM	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
28	LastTimePa	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
29	ChoiceFast	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
30	ChoiceEnjo	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
31	ChoiceFami	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
32	ChoiceDont	Numeric	22	0		None	None	22	Right	Nominal
33										

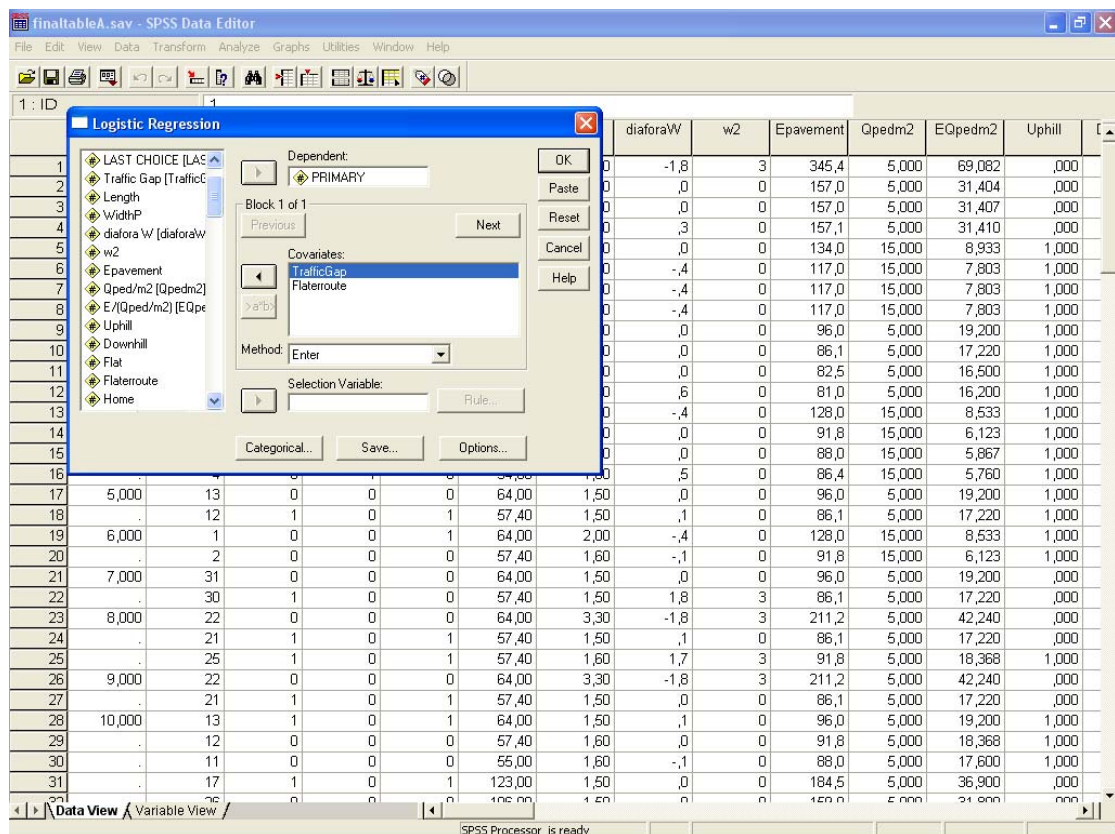
Εικόνα 4.2: Παράδειγμα καθορισμού των μεταβλητών.

	PersonID	Velocity1	Velocity2	Age	Gender	Married	Employe	Unempld	Student	Walking	Walk	Walk	Walk	WalkP	Walk	WalkEver	Walk
1	1	1,59	1,17	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
2	2	,94	1,22	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
3	3	1,01	1,01				0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
4	4	,88	,75				0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
5	5	,80	,82				0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
6	6	1,18	1,18				0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
7	7	,86	,95				0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
8	8	1,39	1,70				0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
9	9	1,05	1,05				0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
10	10	,93	1,18				0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
11	11	,82	1,17				0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
12	12	,94	,94				0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
13	13	,95	1,12				0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
14	14	1,51	1,42	18	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
15	15	1,18	1,29	18	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
16	16	1,19	,93	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
17	17	,77	,73	23	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
18	18	1,22	1,36	25	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
19	19	,71	,96	23	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
20	20	,93	,86	23	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
21	21	1,33	,92	23	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
22	22	,93	1,01	26	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
23	23	1,21	1,34	28	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
24	24	1,12	1,12	24	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
25	25	1,13	1,12	24	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
26	26	1,24	1,12	24	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
27	27	,86	,94	23	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
28	28	1,34	,74	23	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
29	29	,60	,93	25	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
30	30	1,16	1,00	28	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
31																	
32																	

Εικόνα 4.3: Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση.



Εικόνα 4.4: Ανάλυση με λογιστική παλινδρόμηση.



Εικόνα 4.5: Παράδειγμα ορισμού εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιασθούν αναλυτικά οι διεργασίες που συντελέστηκαν στο πακέτο ειδικού λογισμικού στατιστικής ανάλυσης, όπως για παράδειγμα η προσπάθεια συσχέτισης κάποιων ανεξάρτητων μεταβλητών και τα αποτελέσματά της καθώς και τα τελικά αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων πάνω στους στόχους της Διπλωματικής Εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν κεφάλαιο, θα γίνει αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς επίσης και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας.

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων που συλλέχτηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε με δύο διαφορετικές μεθόδους: την απλή γραμμική παλινδρόμηση και τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Παρουσιάζεται, δηλαδή, το σύνολο των περιπτώσεων που εξετάστηκαν και οι διαδοχικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που δεν οδήγησαν σε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισης τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι **στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

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

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

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

5.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

5.2.1 Δεδομένα εισόδου-Καθορισμός Μεταβλητών

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε περιγραφή της διαδικασίας συλλογής των στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά αποτέλεσαν τη βάση δεδομένων της έρευνας και προέκυψαν από πραγματικές μετρήσεις. Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν και τα διαδοχικά βήματα που ακολουθήθηκαν κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης της τελικής μορφής της βάσης δεδομένων. Σε κάθε στάδιο διαμόρφωσης, πραγματοποιήθηκε μια σειρά από δοκιμές με στόχο την ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου, χωρίς ωστόσο να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα, στο οποίο αξίζει να γίνει αναφορά. Αναλυτικά τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών παρατίθενται στο παράρτημα της Διπλωματικής Εργασίας. Στο παρόν υποκεφάλαιο θα περιγραφεί η διαδικασία της ανάλυσης που ακολουθήθηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων.

Η βάση δεδομένων εισάχθηκε στο **ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης** με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ακολούθησε ο καθορισμός του ονόματος και του τύπου των μεταβλητών, στο πεδίο των μεταβλητών (variable view) όπως φαίνεται ακριβώς παρακάτω.

Σημειώνεται ότι τα τελικά μοντέλα που προέκυψαν, ήταν αποτέλεσμα **αρκετών δοκιμών**, κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν. Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων (t-test, R^2 , κλπ.), όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο Κεφάλαιο, αλλά και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Στις δοκιμές αυτές απορρίφθηκαν οι μεταβλητές που αποδείχθηκαν ότι δεν έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή, ή είναι στατιστικά συσχετισμένες με άλλη μεταβλητή που τελικώς υιοθετήθηκε. Με αυτή τη διαδικασία διαδοχικών δοκιμών και απόρριψης μοντέλων προέκυψαν τα μαθηματικά μοντέλα με τις καλύτερες επιδόσεις στατιστικής σημαντικότητας, όπως αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα υπο-κεφάλαια.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα δοκιμών μαθηματικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν, αλλά τελικώς δεν επελέγησαν.

1^η Δοκιμή

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2,019	,512		3,947	,001
	QPedL1	,151	,080	,323	1,884	,071
	Age	-,040	,021	-,360	-1,885	,071
	Gender	-,186	,087	-,397	-2,146	,042
	WalkRare	-,004	,095	-,008	-,042	,967

a. Dependent Variable: Velocity1

2^η Δοκιμή

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,590	,517		3,076	,005
	QPedL1	,201	,074	,429	2,705	,012
	Age	-,027	,020	-,245	-1,354	,188
	Gender	-,179	,077	-,381	-2,308	,030
	Student	,174	,087	,341	2,008	,056
	CrossingOutsideZebra2	-,320	,149	-,342	-2,141	,043

a. Dependent Variable: Velocity1

3^η Δοκιμή

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,439	,479		3,002	,006
	Age	-,016	,019	-,158	-,826	,417
	Gender	-,146	,078	-,341	-1,880	,072
	QPedL2	,201	,073	,460	2,757	,011
	WalkOften	,106	,089	,219	1,184	,248
	INTERESTED INWALKING	-,128	,129	-,180	-,992	,331

a. Dependent Variable: Velocity2

4^η Δοκιμή

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	LASTCHOICE	4,643	1,587	8,557	1	,003	103,871
	TrafficGap	6,387	1,557	16,831	1	,000	594,267
	EQpedm2	-,007	,054	,019	1	,892	,993
	Flatterroute	2,983	1,226	5,914	1	,015	19,742
	entertainment	5,773	2,095	7,592	1	,006	321,525
	ParkingN	-,126	1,425	,008	1	,930	,882
	Velocity	-3,410	2,416	1,992	1	,158	,033
	QPedL	4,455	2,016	4,885	1	,027	86,086
	QVehL	-,360	1,872	,037	1	,847	,698
	ChoiceFaster	-1,912	1,355	1,991	1	,158	,148
	ChoiceFamiliar	-,424	,945	,202	1	,653	,654
	Constant	-3,572	2,883	1,535	1	,215	,028

a. Variable(s) entered on step 1: LASTCHOICE, TrafficGap, EQpedm2, Flatterroute, entertainr
ParkingN, Velocity, QPedL, QVehL, ChoiceFaster, ChoiceFamiliar.

5^η Δοκιμή

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	QPedH	,575	1,639	,123	1	,726	1,778
	QVehH	2,461	1,631	2,277	1	,131	11,722
	WalkRoad2	-3,223	,877	13,500	1	,000	,040
	Constant	1,556	,260	35,948	1	,000	4,740

a. Variable(s) entered on step 1: QPedH, QVehH, WalkRoad2.

6^η Δοκιμή

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Velocity1	-,255	3,294	,006	1	,938	,775
	Simple	1,016	1,885	,291	1	,590	2,763
	Qpedm2	-2,679	1,381	3,765	1	,052	,069
	Gender	,006	1,648	,000	1	,997	1,006
	WalkingPositive	-1,327	1,964	,456	1	,499	,265
	WalkOften	-2,177	1,636	1,771	1	,183	,113
	WalkEverywhere2	,177	1,576	,013	1	,910	1,194
	LastTimeRecently	-1,626	1,962	,687	1	,407	,197
	ChoiceFaster	2,149	2,013	1,140	1	,286	8,578
	Constant	4,794	4,832	,984	1	,321	120,840

a. Variable(s) entered on step 1: Velocity1, Simple, Qpedm2, Gender, WalkingPositive, WalkO
WalkEverywhere2, LastTimeRecently, ChoiceFaster.

7^η Δοκιμή

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Qpedm2	-2,771	1,129	6,023	1	,014	,063
	Age	,304	,311	,953	1	,329	1,355
	WalkOften	-1,507	1,261	1,428	1	,232	,222
	WalkEverywhere2	-,015	1,229	,000	1	,990	,985
	ChoiceFaster	2,109	1,367	2,378	1	,123	8,237
	Constant	-4,428	7,437	,354	1	,552	,012

a. Variable(s) entered on step 1: Qpedm2, Age, WalkOften, WalkEverywhere2, ChoiceFaster.

8^η Δοκιμή

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Qpedm2	-3,035	1,162	6,820	1	,009	,048
	WalkOften	-2,268	1,415	2,569	1	,109	,104
	ChoiceFaster	1,651	1,572	1,103	1	,294	5,211
	LastTimeRecently	-1,756	1,395	1,585	1	,208	,173
	Constant	4,250	2,123	4,008	1	,045	70,101

a. Variable(s) entered on step 1: Qpedm2, WalkOften, ChoiceFaster, LastTimeRecently.

Τελικά προέκυψαν έξι μαθηματικά πρότυπα, καθότι στην παρούσα Διπλωματική Εργασία μελετήθηκαν τρεις ξεχωριστές εξαρτημένες μεταβλητές, δύο φορές η κάθε μία, για την πρώτη και τη δεύτερη μέτρηση.

Εξαρτημένες Μεταβλητές

Velocity1: η μέση ταχύτητα με την οποία ο πεζός βαδίζει κατά την πρώτη μέτρηση (σε m/s)

Velocity2: η μέση ταχύτητα με την οποία ο πεζός βαδίζει κατά τη δεύτερη μέτρηση (σε m/s)

Primary1: η κύρια διάσχιση κατά την πρώτη μέτρηση

Primary2: η κύρια διάσχιση κατά τη δεύτερη μέτρηση

Routechoice1: η επιλογή διαδρομής κατά την πρώτη μέτρηση

Routechoice2: η επιλογή διαδρομής κατά τη δεύτερη μέτρηση

Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Age: η ηλικία του πεζού

Gender: το φύλο του πεζού

QpedL1: ο κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών κατά την πρώτη μέτρηση

QpedL2: ο κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών κατά τη δεύτερη μέτρηση

Choice Enjoy: η επιλογή ευχάριστης διαδρομής

Traffic Gap: εάν υπήρχε χρονικός διαχωρισμός οχημάτων

Last Choice: η τελευταία επιλογή διάσχισης

Flatter Route: η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο

Entertainment: η ύπαρξη εμπορικών καταστημάτων και χώρων εστίασης

QpedL: ο κυκλοφοριακός φόρτος των πεζών στο οδικό τμήμα

Simple1: ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης κατά την πρώτη μέτρηση

Simple2: ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης κατά τη δεύτερη μέτρηση

Choice Faster: η επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής

Walk Often: το ενδεχόμενο ο πεζός να απάντησε ότι περπατάει συχνά

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις παραπάνω μεταβλητές η ταχύτητα και η ηλικία ορίστηκαν ως συνεχείς (scale) ενώ όλες οι υπόλοιπες ως ποιοτικές (nominal) χωρίς να έχουν όμως την έννοια της φυσικής διάταξης (ordinal). Οι δυνατές τιμές των μεταβλητών αυτών ήταν 0, 1 και η φυσική σημασία των τιμών αυτών παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 5.1 Οι τιμές των διακριτών μεταβλητών

Μεταβλητές	Τιμή "0"	Τιμή "1"
Gender	άντρας	γυναίκα
Traffic Gap	δεν υπάρχει χρονικός διαχωρισμός οχημάτων	υπάρχει χρονικός διαχωρισμός οχημάτων
Last Choice	δεν είναι η τελευταία επιλογή	είναι η τελευταία επιλογή
Entertainment	δεν υπάρχουν καταστήματα αναψυχής	υπάρχουν καταστήματα αναψυχής
Walk Often Simple	δεν περπατάει συχνά διαδρομή με δύο ή περισσότερες	περπατάει συχνά διαδρομή μόνο με μία

— Για τη μεταβλητή QpedL1 και QpedL2 έγινε οι εξής παραδοχή:

Όταν κατά τη διαδρομή υπήρχε χαμηλός φόρτος πεζών τότε η μεταβλητή QpedL1 για την πρώτη μέτρηση και η μεταβλητή QpedL2 για τη δεύτερη μέτρηση έλαβε την τιμή "1".

— Για τη μεταβλητή Choice Enjoy έγινε οι εξής παραδοχή:

Όταν ο πεζός απάντησε ότι επέλεξε τη διαδρομή γιατί ήταν η πιο ευχάριστη η μεταβλητή έλαβε την τιμή "1".

— Για τη μεταβλητή Choice Faster έγινε οι εξής παραδοχή:

Όταν ο πεζός απάντησε ότι επέλεξε τη διαδρομή γιατί ήταν η πιο σύντομη η μεταβλητή έλαβε την τιμή "1".

— Για τη μεταβλητή Flatter Route έγινε οι εξής παραδοχή:

Όταν ο πεζός περπατάει από ανηφόρα σε επίπεδο η μεταβλητή έλαβε την τιμή "1".

— Για τη μεταβλητή QpedLow1 και QpedLow2 έγινε οι εξής παραδοχή:

Όταν στο οδικό τμήμα που πρόκειται να διασχίσει υπάρχει χαμηλός φόρτος πεζών στο απέναντι πεζοδρόμιο τότε η μεταβλητή QpedLow1 για την πρώτη μέτρηση και η μεταβλητή QpedLow2 για τη δεύτερη μέτρηση έλαβε την τιμή "1".

5.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ Ο ΠΕΖΟΣ ΚΙΝΕΙΤΑΙ

5.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η επιλογή του προσδιορισμού της ταχύτητας με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται αφενός γιατί η ταχύτητα είναι συνεχής μεταβλητή, αφετέρου επειδή μπορεί να θεωρηθεί ότι η κατανομή που ακολουθεί προσεγγίζει την κανονική. Η σειρά των εντολών για την γραμμική παλινδρόμηση στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης είναι: `analyze`→`regression`→`linear`.

Έπειτα ακολουθεί ο καθορισμός των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πλαίσιο `Dependent` ενώ οι ανεξάρτητες στο πλαίσιο `Independent(s)`.

Η **αξιολόγηση** του μοντέλου που προκύπτει από την παραπάνω διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω του συντελεστή R^2 , του συντελεστή βί, τις τιμές του t του στατιστικού ελέγχου t -test και του σφάλματος της εξίσωσης.

Ο **συντελεστής R^2** καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου. Αποτελεί κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Ψ που εξηγείται από τη μεταβλητή X . Όσο μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει, τόσο καταλληλότερο κρίνεται το μαθηματικό πρότυπο. Έτσι τιμές κοντά στη μονάδα υποδεικνύουν ισχυρή γραμμική εξάρτηση των μεταβλητών X και Ψ . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία αφού δεν παίρνει τιμές απορριπτέες αλλά μεταξύ δύο μοντέλων θα επιλεχθεί εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή R^2 .

Σε μοντέλα με πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές ελέγχεται και το διορθωμένο R^2 (`adjusted  $R^2$`), καθώς στην περίπτωση αυτή, η τιμή του διαφέρει ουσιαστικά από την τιμή του απλού R^2 .

Με το **κριτήριο t -test** αξιολογείται η στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου. Οι επιρροές των παραγόντων στην τελική επιλογή ελέγχονται με το κριτήριο t -test. Δηλαδή καθορίζεται ποιες

μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό το πηλίκο του εκτιμώμενου συντελεστή μιας μεταβλητής προς το αντίστοιχο τυπικό σφάλμα των σταθερών όρων, θα πρέπει κατ' απόλυτη τιμή να είναι μεγαλύτερο από την αντίστοιχη κρίσιμη τιμή που δίνει το κριτήριο t ώστε η μεταβλητή αυτή να επηρεάζει στατιστικώς σημαντικά την εξαρτημένη μεταβλητή. Η σχέση αυτή αποτυπώνεται στον τύπο:

$$t_{\text{stat}} = \beta_i / \text{s.e}$$

όπου s.e: τυπικό σφάλμα (standard error)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω τύπο όσο μικρότερη είναι η τιμή του τυπικού σφάλματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t_{stat} . Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η κρίσιμη τιμή του t_{stat} είναι 1,7. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι επειδή το δείγμα είναι μικρό θα ληφθούν και τιμές οριακές στο 1,7.

Αναφορικά με τους **συντελεστές β_i** των μεταβλητών θα πρέπει να υπάρχει λογική επεξήγηση τόσο των προσήμων τους όσο και των τιμών τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα αρνητικό πρόσημο σημαίνει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Βάση της φυσικής έννοιας της τιμής του συντελεστή, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β μονάδες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η απλή γραμμική παλινδρόμηση θεωρήθηκε η καταλληλότερη μέθοδος περιγραφής για την ανάλυση της ταχύτητας. Μετά την εκτέλεση των δοκιμών εναλλακτικών μαθηματικών μοντέλων, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, προέκυψε το μοντέλο που παρουσιάζεται παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα, τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Σημειώνεται επίσης ότι και κατά την πρώτη αλλά και κατά την δεύτερη μέτρηση προέκυψε ότι οι ίδιες παράμετροι επηρεάζουν την ταχύτητα κίνησης του πεζού κατά μήκος της διαδρομής γεγονός που φανερώνει ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την πρώτη μέτρηση επιβεβαιώνονται και στη δεύτερη.

ΠΡΩΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 5.2: Συγκεντρωτικός τελικός πίνακας των αποτελεσμάτων της ταχύτητας του πρώτου μοντέλου.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,615(a)	,378	,279	,20184

a Predictors: (Constant), Choice Enjoy, Age, QPedL1, Gender

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,782	,484		3,680	,001
	Age	-,033	,019	-,300	-1,712	,099
	QPedL1	,176	,076	,376	2,322	,029
	Gender	-,143	,084	-,304	-1,696	,102
	ChoiceEnjoy	,165	,088	,313	1,881	,072

a. Dependent Variable: Velocity1

Από τα αποτελέσματα της πρώτης μέτρησης προέκυψε ότι:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,378.
- Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή είναι η ηλικία του πεζού με συντελεστή $t = -1,712$, το φύλο του πεζού με συντελεστή $t = -1,696$, ο χαμηλός φόρτος πεζών κατά τη διάρκεια της διαδρομής με συντελεστή $t = 2,322$ και η επιλογή ευχάριστης διαδρομής με συντελεστή $t = 1,881$.
- Ειδικά η μεταβλητή “φύλο” χρησιμοποιήθηκε παρόλο που είχε συντελεστή t μικρότερο από 1,7, γιατί καταρχήν η τιμή του ήταν πολύ κοντά στο 1,7 και έτσι σε χαμηλότερο επίπεδο εμπιστοσύνης ήταν σίγουρο ότι θα επηρέαζε περισσότερο, κατά δεύτερον το δείγμα είναι μικρό και δικαιολογούνται μικρές τιμές και τέλος θεωρήθηκε ότι θα έδινε ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο τελικό μοντέλο.

ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 5.3: Συγκεντρωτικός τελικός πίνακας των αποτελεσμάτων της ταχύτητας του δεύτερου μοντέλου.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,626(a)	,392	,295	,18243

a. Predictors: (Constant), QPedL2, Choice Enjoy, Age, Gender

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,453	,438		3,320	,003
	Age	-,020	,017	-,196	-1,130	,269
	Gender	-,123	,075	-,288	-1,636	,114
	ChoiceEnjoy	,136	,078	,281	1,733	,095
	QPedL2	,182	,068	,418	2,672	,013

a. Dependent Variable: Velocity2

.Από τα αποτελέσματα της δεύτερης μέτρησης προέκυψε ότι:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,392.
- Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή είναι η ηλικία του πεζού με συντελεστή $t = -1,130$, το φύλο του πεζού με συντελεστή $t = -1,636$, ο χαμηλός φόρτος πεζών κατά τη διάρκεια της διαδρομής με συντελεστή $t = 2,672$ και η επιλογή ευχάριστης διαδρομής με συντελεστή $t = 1,733$.
- Ειδικά η μεταβλητή “φύλο” και “ηλικία” χρησιμοποιήθηκε παρόλο που είχε συντελεστή t μικρότερο από 1,7, γιατί καταρχήν η τιμή του ήταν πολύ κοντά στο 1,7 και έτσι σε χαμηλότερο επίπεδο εμπιστοσύνης ήταν σίγουρο ότι θα επηρέαζε περισσότερο, κατά δεύτερον το δείγμα είναι μικρό και δικαιολογούνται μικρές τιμές και τέλος θεωρήθηκε ότι θα έδινε ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο τελικό μοντέλο.

5.3.2 Περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων των μοντέλων

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν είχαν ως στόχο την διερεύνηση της ταχύτητας με την οποία ο πεζός επιλέγει να κινηθεί σε μια διαδρομή. Έτσι αναπτύχθηκαν εξισώσεις με εξαρτημένη μεταβλητή την ταχύτητα κίνησης. Από αυτές οι εξισώσεις που οδήγησαν στα καταλληλότερα μοντέλα παρουσιάζονται παρακάτω.

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε για την ταχύτητα κίνησης μιας διαδρομής κατά την **πρώτη ανάλυση** είναι η εξής:

$$\text{Velocity1} = 1,781 - 0,033 \cdot \text{Age} + 0,176 \cdot \text{QpedL1} + 0,165 \cdot \text{Choice Enjoy} - 0,143 \cdot \text{Gender}$$

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε για την ταχύτητα κίνησης μιας διαδρομής κατά τη **δεύτερη ανάλυση** είναι η εξής:

$$\text{Velocity2} = 1,453 - 0,0200 \cdot \text{Age} + 0,182 \cdot \text{QpedL2} + 0,136 \cdot \text{Choice Enjoy} - 0,123 \cdot \text{Gender}$$

Όπου 1,781 και 1,453 σταθερά για την πρώτη και δεύτερη εξίσωση αντίστοιχα

Age: η ηλικία του πεζού

QpedL1, QpedL2: εάν ο φόρτος πεζών κατά τη διάρκεια της διαδρομής είναι χαμηλός

Choice Enjoy: εάν επέλεξε την ευχάριστη διαδρομή

Gender: το φύλο του πεζού

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εξισώσεις την ταχύτητα κίνησης του πεζού κατά μήκος μιας διαδρομής επηρεάζουν οι ανεξάρτητες διακριτές μεταβλητές:

«ηλικία», «ο χαμηλός φόρτος πεζών», «το ενδεχόμενο να επέλεξε ευχάριστη διαδρομή» και το «φύλο».

Ηλικία

Το πρόσημο της μεταβλητής «ηλικία» είναι αρνητικό, κάτι που σημαίνει ότι αύξηση της μεταβλητής αυτής οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας κίνησης. Δηλαδή **όσο αυξάνεται η ηλικία**

του πεζού τόσο μειώνεται η ταχύτητα με την οποία κινείται κατά μήκος μιας διαδρομής. Αυτό φαίνεται και από την έρευνα του Isaque όπου φαίνεται ότι η ταχύτητα κίνησης είναι μικρότερη για τους πεζούς μεγάλης ηλικίας και μεγαλύτερη για τους πεζούς νεαρής ηλικίας. Έτσι και στο συγκεκριμένο πείραμα με πεζούς νεαρής ηλικίας το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται ακόμα και για το φάσμα ηλικιών 18-28.

Η στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής στο πρώτο μοντέλο είναι οριακή με $t = 1,712$ κατ απόλυτη τιμή και λιγότερο σημαντική στο δεύτερο μοντέλο με $t = 1,13$ κατ απόλυτη τιμή. Η μείωση της σημαντικότητας της μεταβλητής αυτής ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι πεζοί κατά τη δεύτερη μέτρηση γνώριζαν τη διαδρομή και κινήθηκαν με μεγαλύτερη ταχύτητα ανεξάρτητα με την ηλικία τους.

Χαμηλός Κυκλοφοριακός Φόρτος Πεζών

Το πρόσημο της μεταβλητής «χαμηλός φόρτος πεζών» είναι θετικό και στις δύο εξισώσεις κάτι που σημαίνει ότι αύξηση της τιμής της οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας κίνησης. Η μεταβλητή αυτή έχει εισαχθεί 1 για χαμηλό φόρτο πεζών και 0 για υψηλό φόρτο. Συνεπώς **οι πεζοί βαδίζουν με μεγαλύτερη ταχύτητα κατά μήκος μιας διαδρομής όταν υπάρχει χαμηλός φόρτος πεζών κατά τη διάρκεια της διαδρομής αυτής.** Αυτό σημαίνει ότι σε συνθήκες χαμηλού φόρτου πεζών, ο πεζός δεν διασταυρώνεται με άλλους πεζούς και δε μειώνει ταχύτητα.

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής αυτής, παρατηρείται ότι στο πρώτο μοντέλο παίρνει την τιμή $t = 2,322$ και στο δεύτερο μοντέλο την τιμή $t = 2,672$. Οι τιμή του δείκτη t και στις δύο περιπτώσεις είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 που αποτελεί την οριακή τιμή για την αποδοχή της μεταβλητής αυτής στο μοντέλο.

Επιλογή Ευχάριστης Διαδρομής

Αύξηση της τιμής αυτής της διακριτής μεταβλητής προκαλεί αύξηση στην ταχύτητα κίνησης του πεζού, καθώς το πρόσημο της είναι θετικό. Αυτό σημαίνει ότι **οι πεζοί που επέλεξαν τη διαδρομή που θεώρησαν ως πιο ευχάριστη περπάτησαν με μεγαλύτερη ταχύτητα.**

Η στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής στο πρώτο μοντέλο είναι ίση με $t = 1,881$ και στο δεύτερο μοντέλο ίση με $t = 1,733$. Οι τιμή του δείκτη t και στις δύο περιπτώσεις είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 που αποτελεί την οριακή τιμή για την αποδοχή της μεταβλητής αυτής στο μοντέλο.

Φύλο

Το πρόσημο της μεταβλητής είναι αρνητικό, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της διακριτής αυτής μεταβλητής μειώνεται η ταχύτητα. Το αρνητικό πρόσημο, στην περίπτωση αυτή, δηλώνει ότι **οι γυναίκες** (τιμή 1 της μεταβλητής) **βαδίζουν με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με τους άντρες** (τιμή 0 της μεταβλητής).

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής αυτής, παρατηρείται ότι στο πρώτο μοντέλο παίρνει την τιμή $t=1,696$ κατ απόλυτη τιμή και στο δεύτερο μοντέλο την τιμή $t=1,636$ κατ απόλυτη τιμή. Οι τιμή του δείκτη t και στις δύο περιπτώσεις είναι οριακά αποδεκτή με οριακή τιμή $t=1,7$. Οι οριακές τιμές του δείκτη t οφείλονται ενδεχομένως στο μικρό μέγεθος του δείγματος και σίγουρα αποτελεί ένδειξη για περαιτέρω έρευνα.

Κατά την πρώτη μέτρηση υπολογίστηκε ότι οι γυναίκες περπάτησαν με μέση ταχύτητα 0,99 m/s ενώ οι άντρες με μέση ταχύτητα 1,32 m/s. Κατά τη δεύτερη μέτρηση και τα δύο φύλα υπολογίστηκε ότι αύξησαν την ταχύτητα τους ενδεχομένως γιατί γνώριζαν καλύτερα τη διαδρομή. Έτσι η μέση ταχύτητα των γυναικών υπολογίστηκε 1,01 m/s ενώ των αντρών 1,36 m/s.

5.3.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Με βάση τη θεωρία της ελαστικότητας εξετάζεται ο βαθμός της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών καθενός από τα παραπάνω μοντέλα στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή. Η επιρροή αυτή εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας η οποία αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Ψ στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η ελαστικότητα είναι αδιάστατο μέγεθος και δεν εξαρτάται από τις μονάδες των ανεξάρτητων μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών, είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει την αύξηση ή τη μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής. Η **ελαστικότητα** μπορεί να οριστεί και ως η ποσοστιαία αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής για αύξηση κατά 1% της ανεξάρτητης.

Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίδεται από τη σχέση:

$$e_i = (\Delta \Psi_i / \Delta X_i) \cdot (X_i / \Psi_i) = \beta_i \cdot (X_i / \Psi_i)$$

ο προσδιορισμός του μεγέθους της ελαστικότητας αποδείχτηκε η πιο απλή και κατάλληλη τεχνική για τον προσδιορισμό της σχετικής επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής ξεχωριστά αλλά και τη σύγκριση μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της σχετικής επιρροής της συνεχούς μεταβλητής παρουσιάζεται παρακάτω. Συγκεκριμένα στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση $e_i = \beta_i \cdot (X_i / \Psi_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Ψ_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών αυτών.

Όπως έχει αναφερθεί όμως και σε προηγούμενο κεφάλαιο η παραπάνω σχέση δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε διακριτές μεταβλητές. Για τις μεταβλητές αυτές χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Ο τύπος που υπολογίστηκε η τιμή της ψευδοελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές είναι ο παρακάτω (Παπαδημητρίου, 2009) :

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

Αναφέρεται πως όταν χρησιμοποιούνται οι ελαστικότητες πρόκειται για σημειακές ελαστικότητες, δηλαδή ισχύουν για μικρές μεταβολές των μεταβλητών και συγκεκριμένα για συνεχείς μεταβλητές. Παρόλα αυτά, στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία υπολογίστηκε η σχετική επιρροή ως μια θεωρητική έννοια, για να πραγματοποιηθεί θεωρητικά μια σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του εκάστοτε μοντέλου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 5.4: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών μοντέλο της ταχύτητας.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Ηλικία	-0,031	0,735	17,5	-0,02	0,441	14,23
Φύλο	-0,143	0,072	1,71	-0,123	0,061	1,97
Χαμηλός Φόρτος Πεζών	0,176	0,083	1,98	0,182	0,102	3,29
Ευχάριστη Διαδρομή	0,165	0,042	1,00	0,136	0,031	1,00

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το είδος και το μέγεθος της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη e_i^* δίδεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Παρατηρείται ότι η μεταβλητή «ηλικία» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή και στα δύο μοντέλα. Επιπλέον φαίνεται ότι οι μεταβλητές «φύλο» και «χαμηλός φόρτος πεζών», επηρεάζουν λιγότερο την ταχύτητα, ενώ τη μικρότερη επιρροή έχει η μεταβλητή «ευχάριστη διαδρομή».

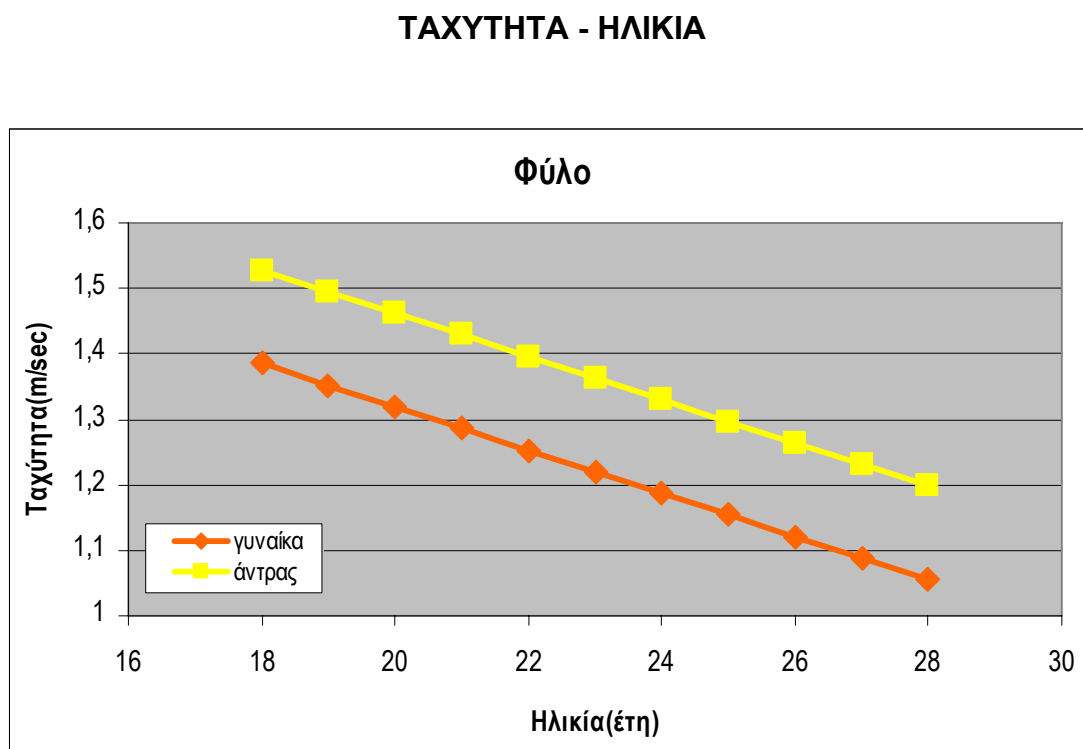
Από την τιμή της **σχετικής επιρροής e_i^*** προκύπτει η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών σε σχέση με την επιρροή της μεταβλητής «ευχάριστη διαδρομή». Έτσι στο **πρώτο μοντέλο** το «φύλο» έχει 1,71 φορές μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητα σε σχέση με το ενδεχόμενο ο πεζός να επέλεξε ευχάριστη διαδρομή. Ο «χαμηλός φόρτος πεζών» επηρεάζει 1,98 φορές περισσότερο την ταχύτητα σε σχέση με την επιλογή ευχάριστης διαδρομής. Στο **δεύτερο μοντέλο** το «φύλο» έχει 1,94 φορές μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητα σε σχέση με το ενδεχόμενο ο πεζός να επέλεξε ευχάριστη διαδρομή. Ο «χαμηλός φόρτος πεζών» επηρεάζει 3,29 φορές περισσότερο την ταχύτητα σε σχέση με την επιλογή ευχάριστης διαδρομής.

Γενικά στο δεύτερο μοντέλο προκύπτει ότι η επιρροή του φόρτου των πεζών, δηλαδή η πυκνότητα του πεζοδρομίου επηρεάζουν περισσότερο από ότι στο πρώτο μοντέλο την ταχύτητα με την οποία κινείται.

5.3.4 Ανάλυση Ευαισθησίας

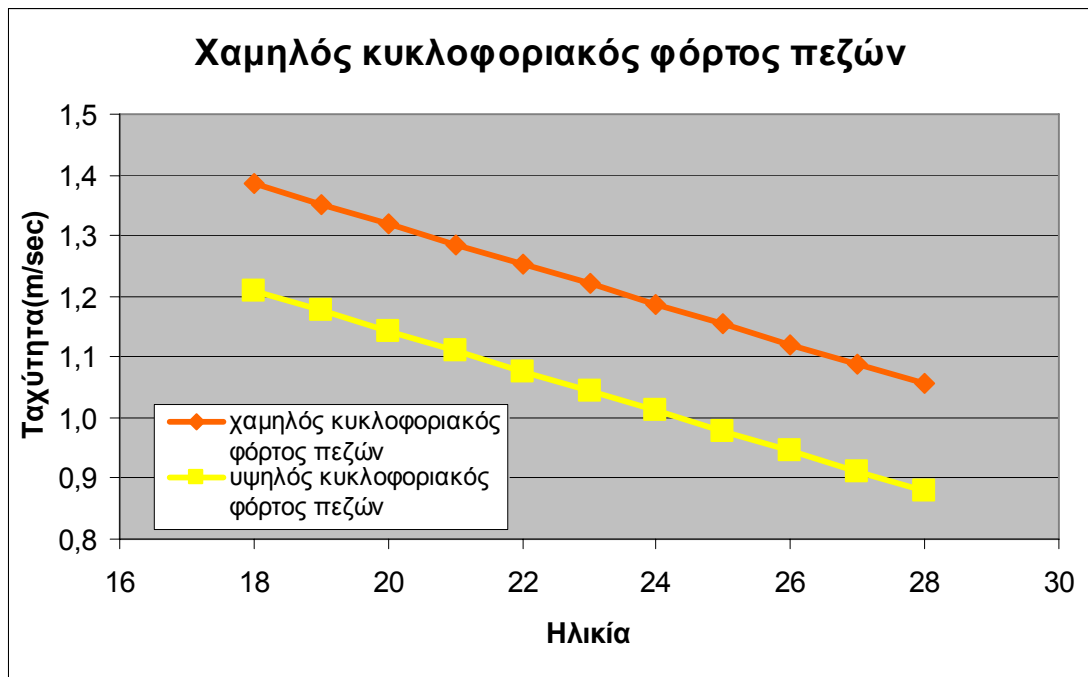
Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα **διαγράμματα ευαισθησίας**, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο.

Για τη διαμόρφωση των διαγραμμάτων που αφορούν το μοντέλο της ταχύτητας κάθε φορά διατηρείται σταθερή η τιμή των διακριτών μεταβλητών και δίδονται τιμές στις συνεχείς μεταβλητές. Τα διαγράμματα που προέκυψαν και παρατίθενται στη συνέχεια περιγράφουν την ευαισθησία της ταχύτητας στη μεταβολή της τιμής της ηλικίας για συγκεκριμένη κάθε φορά των μεταβλητών «φύλο», «χαμηλός φόρτος πεζών» και «ευχάριστη διαδρομή».



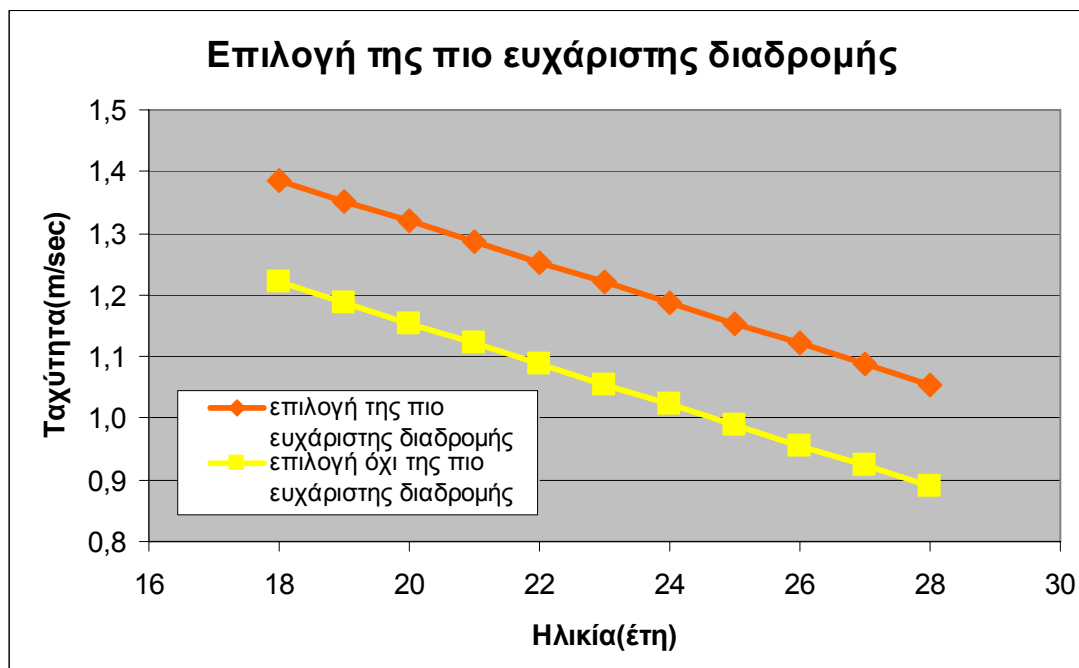
Διάγραμμα 5.1: Συσχέτιση ταχύτητας- ηλικίας ανάλογα με το φύλο του πεζού.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, η ταχύτητα των πεζών μειώνεται όσο η ηλικία αυξάνεται από 18 σε 28 και για τα δύο φύλα. Επιπλέον προκύπτει ότι για το φάσμα αυτών των ηλικιών, οι γυναίκες περπατούν με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με τους άντρες και μάλιστα η διαφορά ταχύτητας αυτή παραμένει σταθερή καθόλη της μείωση της ταχύτητας από 18 έως 28 ετών.



Διάγραμμα 5.2: Συσχέτιση ταχύτητας- ηλικίας ανάλογα με το χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών.

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι η ταχύτητα μειώνεται όσο η ηλικία αυξάνει από 18 έως 28 όταν παρατηρείται χαμηλός ή όχι κυκλοφοριακός φόρτος πεζών. Επιπλέον προκύπτει ότι οι πεζοί κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα όταν παρατηρείται χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος πεζών κατά μήκος μιας διαδρομής και αντίστοιχα με μικρότερη ταχύτητα όταν παρατηρείται υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος πεζών. Η διαφορά ταχύτητας παραμένει σταθερή καθόλη της μείωση της ταχύτητας από 18 έως 28 ετών.



Διάγραμμα 5.3: Συσχέτιση ταχύτητας- ηλικίας ανάλογα με την επιλογή ευχάριστης διαδρομής.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα η ταχύτητα κίνησης των πεζών μειώνεται όταν η ηλικία αυξάνεται από 18 σε 28 όταν επέλεξαν ή όχι την πιο ευχάριστη διαδρομή. Παρατηρείται επίσης ότι οι πεζοί που επέλεξαν την πιο ευχάριστη διαδρομή κινήθηκαν με μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με τους πεζούς που επέλεξαν όχι την πιο ευχάριστη διαδρομή. Και σε αυτό το διάγραμμα η διαφορά ταχύτητας παραμένει σταθερή καθόλη της μείωση της ταχύτητας από 18 έως 28 ετών.

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας προκύπτουν τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα:

1. Η συμπεριφορά των πεζών σχετικά με την ταχύτητα κίνησης τους παρουσιάζει κοινές τάσεις καθώς τα διαγράμματα παρουσιάζουν την ίδια μορφή και κλίση.
2. Όπως παρατηρείται σε όλα τα διαγράμματα, η αύξηση της ηλικίας από 18-28, οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας.

5.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΥ Ο ΠΕΖΟΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

5.4.1 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Στο παρόν κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε σχετικά με το οδικό τμήμα που επέλεξε ο πεζός να διασχίσει με σκοπό να πραγματοποιήσει την διαδρομή. Ειδικότερα μελετάται η επιλογή του οδικού τμήματος που διασχίζει σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές επιλογές οδικών τμημάτων. Η διάσχιση αυτή όπως έχει ήδη αναφερθεί ορίζεται και ως **κύρια διάσχιση**. Στην περίπτωση αυτή η εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε ως primary δηλαδή αν έκανε η όχι κύρια διάσχιση. Η μεταβλητή αυτή είναι διακριτή και μπορεί να λάβει μόνο δύο τιμές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης θεωρήθηκε η καταλληλότερη μέθοδος περιγραφής για την ανάλυση της διάσχισης της οδού. Μετά την εκτέλεση των δοκιμών εναλλακτικών μαθηματικών μοντέλων, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο υπο-κεφάλαιο, προέκυψε το μοντέλο που παρουσιάζεται παρακάτω.

Επιπλέον σημειώνεται ότι δημιουργήθηκαν **δύο μοντέλα** ανάλυσης της συμπεριφοράς του πεζού για το αν θα διασχίσει ή όχι. Το πρώτο μοντέλο προέκυψε από τα στοιχεία των πρώτων μετρήσεων και το δεύτερο από τα στοιχεία των δεύτερων μετρήσεων.

Γι αυτό το λόγο η ανάλυση έγινε με τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης (binary logistic regression). Η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης εφαρμόζεται μέσω της **ακολουθίας των εντολών**: analyze → regression → binary logistic. Στη συνέχεια ακολουθεί ο καθορισμός των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πλαίσιο Dependent ενώ οι ανεξάρτητες στο πλαίσιο Independent(s). Έπειτα στην επιλογή Categorical τοποθετούνται όσες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές. Η εξαρτημένη μεταβλητή δύναται να πάρει δύο τιμές. Λαμβάνει την τιμή 1 όταν πραγματοποιείται κύρια διάσχιση και την τιμή 0 όταν δεν πραγματοποιείται.

Αναφορικά με τους **στατιστικούς ελέγχους** στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης είναι οι ίδιοι με εκείνους στην απλή παλινδρόμηση με τη διαφορά ότι στη λογιστική παλινδρόμηση το t-test έχει την ονομασία Wald. Έτσι η τιμή του Wald θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επίσης ο συντελεστής συσχέτισης R^2 στη λογιστική παλινδρόμηση αναφέρεται ως Cox&Snell R Square και ως Nagelkerke R Square.

Επιπρόσθετα ελέγχεται σε ποιο ποσοστό το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι σε θέση να προβλέψει τη συμπεριφορά του πεζού για το αν θα διασχίσει ή όχι. Στην προκειμένη περίπτωση επιθυμείται να προβλέπονται σωστά οι κύριες ή μη διασχίσεις σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό. Ο μέσος όρος του ποσοστού αυτό θεωρείται σκόπιμο να είναι

μεγαλύτερος από 65% και να μην υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αντίστοιχων ποσοστών. Τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού καθώς και τα τελικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

ΠΡΩΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 5.5: Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο πρώτο μοντέλο.

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			PRIMARY		Percentage Correct
			0	1	
Step 1	PRIMARY	0	57	7	89,1
		1	5	43	89,6
Overall Percentage					89,3

a. The cut value is ,500

Πίνακας 5.6: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για κύρια διάσχιση στο πρώτο μοντέλο.

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	54,764(a)	,584	,784

Variables in the Equation						
	B	S.E	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Traffic Gap	4,883	1,065	21,008	1	,000	,008
Last Choice	3,623	1,16	9,749	1	,002	,027
Flatter Route	3,376	1,103	9,375	1	,002	,034
Entertainment	4,843	1,542	9,866	1	,002	,008
QpedL	2,814	1,077	6,830	1	,009	,060
Constant	13,212	3,044	18,836	1	,000	546917,0

^aVariable(s) entered on step1:Traffic Gap, Last Choice, Flatter Route, Entertainment, QpedL

Στο **πρώτο μοντέλο** λογιστικής παλινδρόμησης παρατηρούνται τα εξής:

- i. Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,584 κατά Cox&Snell και 0,784 κατά Nagelkerke.
- ii. Το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά οι κύριες διασχίσεις είναι 89,6% , το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά ή μη κύριες διασχίσεις είναι 89,1% και ο μέσος όρος τους είναι 89,3%.
- iii. Οι μεταβλητές που επηρεάζουν σωστά την εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων με Wald 21,008, η τελευταία ευκαιρία διάσχισης με Wald 9,749, η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο με Wald 9,375, η παρουσία χώρων αναψυχής με Wald 9,866 και ο χαμηλός φόρτος πεζών με Wald 6,830.

ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 5.7: Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο δεύτερο μοντέλο.

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			PRIMARYB		Percentage Correct
			0	1	
Step 1	PRIMARYB	0	65	3	95,6
		1	9	31	77,5
Overall Percentage					88,9

a. The cut value is ,500

Πίνακας 5.8: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για κύρια διάσχιση στο δεύτερο μοντέλο.

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	30,118(a)	,646	,882

a Estimation terminated at iteration number 7 because parameter estimates changed by less than ,001.

Variables in the Equation						
	B	S.E	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Traffic Gap	6,515	1,365	22,763	1	,000	,001
Flatter Route	2,536	1,171	4,692	1	,030	,079
Entertainment	1,655	1,214	1,858	1	,173	,191
Constant	6,449	1,637	15,513	1	,000	631,997

^aVariable(s) entered on step1:Traffic Gap, Flatter Route, Entertainment

δεύτερο μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης παρατηρούνται τα εξής:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,646 κατά Cox&Snell και 0,882 κατά Nagelkerke.
- Το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά οι κύριες διασχίσεις είναι 95,6% , το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά ή μη κύριες διασχίσεις είναι 77,5% και ο μέσος όρος τους είναι 88,9%.
- Οι μεταβλητές που επηρεάζουν σωστά την εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων με Wald 22,763, η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο με Wald 4,692 και η παρουσία χώρων αναψυχής με Wald 1,858.

5.4.2 Περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων των μοντέλων

Στο πείραμα εκτός από την ταχύτητα με την οποία ο πεζός επιλέγει να περπατήσει κατά μήκος μιας διαδρομής, διερευνήθηκαν και οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την επιλογή του πεζού να διασχίσει σε ένα οδικό τμήμα με σκοπό να πραγματοποιήσει την διαδρομή. Δηλαδή μελετάται η επιλογή του οδικού τμήματος που πραγματοποιεί κύρια διάσχιση σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές επιλογές οδικών τμημάτων.

Πραγματοποιήθηκαν δύο αναλύσεις, μία για την πρώτη και μία για τη δεύτερη μέτρηση και προέκυψαν δύο εξισώσεις.

Οι εξίσωση του **πρώτου μοντέλου** που προέκυψε για την απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση είναι η παρακάτω:

$$U_1 = 13,212 + 4,883 \cdot \text{Traffic Gap} + 3,623 \cdot \text{Last Choice} + 3,376 \cdot \text{Flatter Route} + 4,843 \cdot \text{Entertainment} + 2,814 \cdot \text{QpedL}$$

Οι εξίσωση του **δεύτερου μοντέλου** που προέκυψε για την απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση είναι η παρακάτω:

$$U_2 = 6,449 + 6,515 * \text{Traffic Gap} + 2,536 * \text{Flatter Route} + 1.655 * \text{Entertainment}$$

Όπου Traffic Gap: ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων

Flatter Route: η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο

Entertainment: η ύπαρξη εμπορικών καταστημάτων και χώρων
εστίασης

Last Choice: η τελευταία επιλογή διάσχισης

QpedL: ο χαμηλός φόρτος πεζών στο οδικό τμήμα

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω σχέσεις η επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση εξαρτάται από τις διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές «ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων», «βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο», «ύπαρξη εμπορικών καταστημάτων και χώρων εστίασης», «τελευταία επιλογή διάσχισης» και «χαμηλός φόρτος πεζών στο οδικό τμήμα» στο πρώτο μοντέλο. Στο δεύτερο μοντέλο οι μεταβλητές «τελευταία επιλογή διάσχισης» και «χαμηλός φόρτος πεζών στο οδικό τμήμα» προκύπτει ότι δεν επηρεάζουν την επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται ότι οι μεταβλητές αυτές στο πρώτο πείραμα παρουσιάζουν διακυμάνσεις και επηρεάζουν το μοντέλο ενώ κατά το δεύτερο πείραμα δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις άρα δεν επηρεάζουν το μοντέλο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι U είναι η συνάρτηση χρησιμότητας ή αλλιώς Utility Function. Επομένως η πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός το οδικό τμήμα είναι:

$$P = e^u / (e^u + 1)$$

Χρονικός διαχωρισμός οχημάτων

Το πρόσημο του χρονικού διαχωρισμού των οχημάτων και στο δύο μοντέλα είναι θετικό, που σημαίνει ότι αύξηση της μεταβλητής αυτής συνεπάγεται αύξηση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Επομένως **όσο μεγαλύτερος είναι ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων και συνεπώς όσο μικρότερη είναι η ροή των οχημάτων, τόσο μεγαλύτερο είναι το**

ενδεχόμενο ο πεζός να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή, μεγάλος χρονικός διαχωρισμός οχημάτων σημαίνει ότι ο πεζός τείνει να διασχίσει την οδό (τιμή 1), κάτι το οποίο θεωρείται απόλυτα λογικό καθώς στην πλειοψηφία των ερευνών που εντοπίστηκαν βασικό κριτήριο διάσχισης της οδού είναι ο μικρός κυκλοφοριακός φόρτος και συνεπώς ο μεγάλος χρονικός διαχωρισμός.

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής αυτής, παρατηρείται ότι στο πρώτο μοντέλο παίρνει την τιμή $Wald=21,008$ και στο δεύτερο μοντέλο την τιμή $Wald=22,763$. Οι τιμή του δείκτη (t) Wald και στις δύο περιπτώσεις είναι πολύ μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 που αποτελεί την οριακή τιμή για την αποδοχή της μεταβλητής αυτής στο μοντέλο κάτι που αποδεικνύει τη σημαντικότητα της μεταβλητής.

Βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο

Η μεταβλητή αυτή επηρεάζει και τα δύο μοντέλα και το πρόσημο της είναι θετικό το οποίο συνεπάγεται αύξηση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή **οι πεζοί τείνουν να πραγματοποιήσουν κύρια διάσχιση σε εκείνο το οδικό τμήμα όπου θα συνεχίσουν τη διαδρομή τους σε επίπεδο.** Το γεγονός αυτό εξηγείται από την διαφορά κλίσης της αφετηρίας και του προορισμού, καθώς ο τελικός προορισμός (πλατεία Κολωνακίου) είναι σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σχέση με την αφετηρία (σταθμός μετρό Ευαγγελισμός) άρα οι πεζοί πρέπει να περπατήσουν σε ανωφέρεια. Για να αποφύγουν την ανωφέρεια αυτή, καθώς είναι πιο κουραστική, τείνουν να διασχίσουν για να περπατήσουν σε επίπεδο σε κάποια τμήματα της διαδρομής τους.

Η στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής στο πρώτο μοντέλο είναι ίση με $Wald = 9,375$ και στο δεύτερο μοντέλο ίση με $Wald = 4,692$. Οι τιμή του δείκτη t και στις δύο περιπτώσεις είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 που αποτελεί την οριακή τιμή για την αποδοχή της μεταβλητής αυτής στο μοντέλο.

Εμπορικά καταστήματα και χώροι εστίασης

Η ύπαρξη εμπορικών καταστημάτων και χώρων εστίασης είναι και αυτή διακριτή μεταβλητή και έχει θετικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι η **ύπαρξη εμπορικών καταστημάτων και χώρων εστίασης (τιμή 1) οδηγεί τον πεζό να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση στο οδικό τμήμα.** Μια εξήγηση για το γεγονός αυτό αποτελεί η επιθυμία του πεζού να

παρατηρήσει τις βιτρίνες των εμπορικών καταστημάτων, καθώς και η ευχάριστη διάθεση που τυχόν δημιουργεί η παρουσία χώρων εστίασης.

Η τιμή της στατιστικής σημαντικότητας στο πρώτο μοντέλο είναι ίση με $Wald = 4,843$ και στο δεύτερο μοντέλο ίση με $Wald = 1,858$.

Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος πεζών

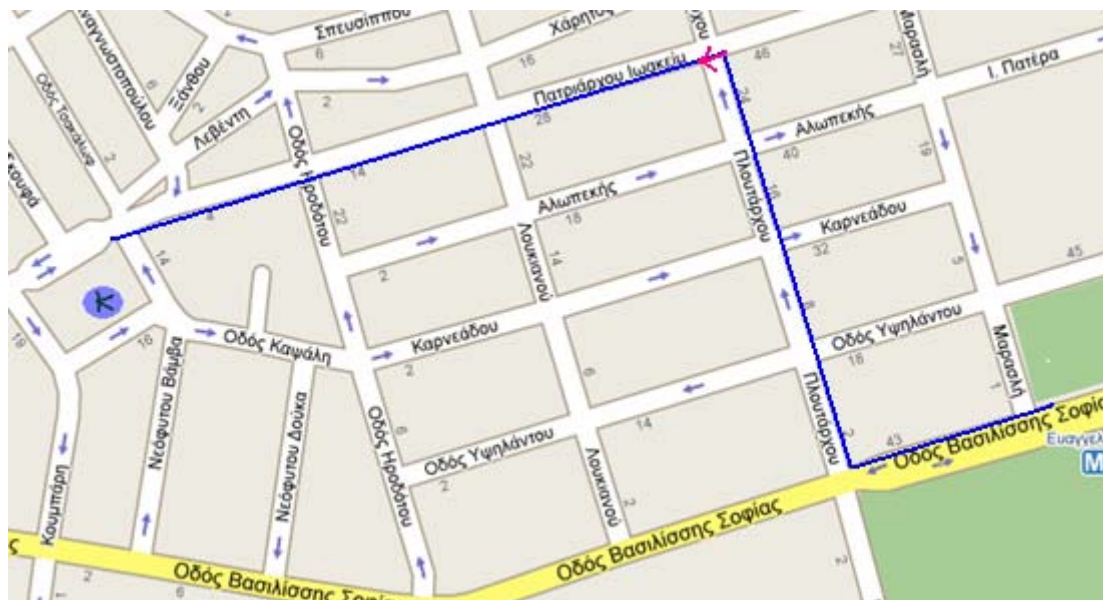
Η ανεξάρτητη αυτή μεταβλητή επηρεάζει μόνο το πρώτο μοντέλο και έχει θετικό πρόσημο, από το οποίο προκύπτει ότι **οι πεζοί τείνουν να διασχίσουν ώστε να κινηθούν στο πεζοδρόμιο που παρατηρείται χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος πεζών**. Όπως έχει αποδειχθεί και σε προηγούμενες έρευνες οι πεζοί επιλέγουν να κινηθούν στο πεζοδρόμιο με τον μικρότερο αριθμό πεζών ώστε να μην περιορίζουν την κίνηση τους λόγω πιθανών διασταυρώσεων.

Η στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής στο πρώτο μοντέλο είναι ίση με $Wald = 6,380$. Αν και η τιμή της στατιστικής σημαντικότητας είναι υψηλή η ανεξάρτητη αυτή μεταβλητή δεν επηρεάζει το την επιλογή του πεζού να διασχίσει στο δεύτερο μοντέλο. Μια πιθανή εξήγηση για το γεγονός αυτό είναι ότι κατά τη δεύτερη μέτρηση οι πεζοί ήταν εξοικειωμένοι με τη διαδρομή και ενδεχομένως δεν επηρεάστηκαν από το φόρτο των πεζών.

Τελευταία επιλογή διάσχισης

Η μεταβλητή αυτή επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή μόνο στο πρώτο μοντέλο. Το πρόσημό της είναι θετικό και η αύξηση της, οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή **οι πεζοί τείνουν να διασχίσουν στο οδικό τμήμα, το οποίο αποτελεί την τελευταία επιλογή διάσχισης, ώστε να πραγματοποιήσουν τη διαδρομή τους**.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια κύρια διάσχιση στην τελευταία επιλογή οδικού τμήματος. Πιο συγκεκριμένα ο πεζός όταν κινείται στην οδό Πλουτάρχου υπάρχουν τέσσερα εναλλακτικά οδικά τμήματα να διασχίσει ώστε να φτάσει στην πλατεία Κολωνακίου. Η επιλογή του να διασχίσει στο τέταρτο και τελευταίο οδικό τμήμα αποτελεί την τελευταία επιλογή διάσχισης, δηλαδή η μεταβλητή Last Choice παίρνει την τιμή 1.



Σχήμα 5.1: Παράδειγμα για τελευταία επιλογή διάσχισης.

Η μεταβλητή αυτή δεν επηρεάζει την απόφαση του πεζού να διασχίσει στο δεύτερο μοντέλο και αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη δεύτερη μέτρηση η μεταβλητή αυτή δεν παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα.

Η τιμή της στατιστικής σημαντικότητας στο πρώτο μοντέλο είναι ίση με $Wald = 9,749$, σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με την οριακή τιμή 1,7.

5.4.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Για τον υπολογισμό της σχετικής επιρροής των μεταβλητών στο μοντέλο των κύριων διασχίσεων χρησιμοποιήθηκε ο τύπος της ψευδοελαστικότητας καθώς όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές. Με την ψευδοελαστικότητα περιγράφεται η μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Ο τύπος που υπολογίστηκε η τιμή της ψευδοελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές είναι ο παρακάτω:

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

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 5.9: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρώτο μοντέλο των κύριων διασχίσεων.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΚΥΡΙΑ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΟΔΟΥ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Χρονικός Διαχωρισμός Οχημάτων	4,883	3,124	1,551	6,515	6,026	3,657
Καταστήματα αναψυχής	4,843	2,966	1,472	1,655	1,648	1,000
Τελευταία Επιλογή	3,623	2,251	1,118	—	—	—
Βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο	3,376	2,018	1,002	2,536	1,779	1,079
Χαμηλός φόρτος πεζών	2,814	2,014	1,000	—	—	—

Εξετάζοντας τα μοντέλα των κύριων διασχίσεων (primary cross) παρατηρείται ότι η **σχετική επιρροή** των μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή είναι **διαφορετική στο πρώτο και στο δεύτερο μοντέλο** καθώς στο δεύτερο μοντέλο την εξαρτημένη μεταβλητή δεν επηρεάζουν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή στο πρώτο μοντέλο.

Αναφορικά με το **πρώτο μοντέλο** προκύπτει ότι η μεταβλητή «χρονικός διαχωρισμός οχημάτων» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη από τις υπόλοιπες. Την αμέσως μεγαλύτερη επιρροή έχουν τα «καταστήματα αναψυχής» και έπειτα «η τελευταία επιλογή διάσχησης». Τέλος τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο αυτό φαίνεται να έχουν «το βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο» και «ο χαμηλός φόρτος πεζών».

Συγκεκριμένα ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων επηρεάζει το ενδεχόμενο ο πεζός να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση 1,551 φορές περισσότερο από το ενδεχόμενο να υπάρχει χαμηλός φόρτος πεζών. Ακολουθούν τα καταστήματα αναψυχής τα οποία φαίνεται να επηρεάζουν 1,472 φορές περισσότερο από την περίπτωση να υπάρχει χαμηλός φόρτος

πεζών. Η τελευταία επιλογή διάσχισης φαίνεται να επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή 1,118 φορές περισσότερο σε σχέση με την ύπαρξη χαμηλού φόρτου πεζών. Τέλος το βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο επηρεάζει 1,002 φορές περισσότερο την απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση σε σχέση με την ύπαρξη χαμηλού φόρτου πεζών. Ουσιαστικά δηλαδή η ύπαρξη χαμηλού φόρτου πεζών και καταστημάτων αναψυχής έχουν την ίδια επιρροή στην απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση.

Αναφορικά με το **δεύτερο μοντέλο** προκύπτει ότι η μεταβλητή «χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη από τις υπόλοιπες. Την αμέσως μεγαλύτερη επιρροή έχει «το βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο». Τέλος τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο αυτό φαίνεται να έχουν τα «καταστήματα αναψυχής».

Συγκεκριμένα η ύπαρξη μεγάλου χρονικού διαχωρισμού οχημάτων επηρεάζει το ενδεχόμενο ο πεζός να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση 6,026 φορές περισσότερο από την περίπτωση ύπαρξης καταστημάτων αναψυχής. Το βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο δείχνει να επηρεάζει πολύ λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή και συγκεκριμένα 1,779 φορές.

Συγκριτικά αναφέρεται ότι η επιρροή του χρονικού διαχωρισμού οχημάτων στην απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση είναι εμφανής και στα δύο μοντέλα. Παραταύτα προκύπτει ότι η παρουσία καταστημάτων αναψυχής επηρέασε σε μεγαλύτερο βαθμό τους πεζούς να πραγματοποιήσουν κύρια διάσχιση κατά τις πρώτες μετρήσεις ενώ κατά τις δεύτερες μετρήσεις η επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση επηρεάστηκε περισσότερο από την επιλογή του περπατήσει από ανωφέρεια σε επίπεδο. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται από το ότι κατά τις πρώτες μετρήσεις οι πεζοί δεν γνώριζαν την περιοχή και επέλεξαν να περπατήσουν σε μέρη όπου με βιτρίνες και χώρους εστίασης ώστε να ψυχαγωγηθούν ενώ κατά τις δεύτερες μετρήσεις επέλεξαν να φτάσουν στον τελικό προορισμό με μεγαλύτερη ευκολία περπατώντας σε ευθεία εφόσον γνώριζαν τη διαδρομή.

Ως γενικό συμπέρασμα αναφέρεται ότι όπως προέκυψε και από τα δύο μοντέλα το κυκλοφοριακό κενό επηρεάζει περισσότερο την απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι οι τιμές των σχετικών επιρροών σύμφωνα με τη θεωρία της ελαστικότητας είναι μικρές και δεν διαφέρουν ουσιαστικά η μία από την άλλη.

5.5 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΠΟΥ Ο ΠΕΖΟΣ ΕΠΙΛΕΓΕΙ ΝΑ ΒΑΔΙΣΕΙ

5.5.1 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Στο παρόν κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε σχετικά με τη διαδρομή την οποία επέλεξε ο πεζός να ακολουθήσει με σκοπό να πραγματοποιήσει την διαδρομή. Ειδικότερα μελετάται η επιλογή του πεζού να περπατήσει από τα στενά ή να προτιμήσει τις κεντρικές οδικές αρτηρίες. Η επιλογή της διαδρομής του πεζού ορίζεται ως **RouteChoice**. Όπως και στις προηγούμενες αναλύσεις έτσι και εδώ προκύπτουν δύο μοντέλα, ένα για την κάθε μέτρηση. Συνεπώς για την πρώτη μέτρηση, άρα και στο πρώτο μοντέλο η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η **RouteChoice1** και στο δεύτερο μοντέλο **RouteChoice2**.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης θεωρήθηκε η καταλληλότερη μέθοδος περιγραφής για την ανάλυση της επιλογής διαδρομής. Μετά την εκτέλεση των δοκιμών εναλλακτικών μαθηματικών μοντέλων, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο υπο-κεφάλαιο, προέκυψε το μοντέλο που παρουσιάζεται παρακάτω.

Η μεταβλητή αυτή και στις δύο περιπτώσεις είναι **διακριτή** και παίρνει μόνο δύο τιμές. Συγκεκριμένα παίρνει την **τιμή 1** όταν ο πεζός επιλέγει να περπατήσει από τα **στενά** και την **τιμή 0** όταν ο πεζός επιλέγει να περπατήσει από τις **κύριες οδικές αρτηρίες** της διαδρομής, δηλαδή στις οδούς Βασιλίσσης Σοφίας, Πατριάρχου Ιωακείμ ή Μαρασλή. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση κατά την οποία ο πεζός περπάτησε δύο οικοδομικά τετράγωνα κατά μήκος της Βασιλίσσης Σοφίας και στην συνέχεια κινήθηκε στα στενά μέχρι τον τελικό προορισμό θεωρήθηκε ότι επέλεξε να κινηθεί από τα στενά.

Αναφορικά με τους **στατιστικούς ελέγχους** όπως και στα προηγούμενα μοντέλα στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης είναι οι ίδιοι με αυτούς στην απλή παλινδρόμηση με τη διαφορά ότι στη λογιστική παλινδρόμηση το t-test έχει την ονομασία Wald. Έτσι η τιμή του Wald θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επίσης ο συντελεστής συσχέτισης R^2 στη λογιστική παλινδρόμηση αναφέρεται ως Cox&Snell R Square και ως Nagelkerke R Square.

Ακόμα ελέγχεται σε ποιο ποσοστό το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι σε θέση να προβλέψει τη συμπεριφορά του πεζού για το αν θα περπατήσει από τα στενά ή όχι. Στην προκειμένη περίπτωση επιθυμείται να προβλέπονται σωστά οι επιλογές της διαδρομής των πεζών σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό. Ο μέσος όρος του ποσοστού αυτό θεωρείται σκόπιμο να είναι μεγαλύτερος από 65% και να μην υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αντίστοιχων ποσοστών. Τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού καθώς και τα τελικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

ΠΡΩΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 5.10: Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο πρώτο μοντέλο.

Classification Table ^a				
Observed			Predicted	
			RouteChoice1	
			0	1
Step 1	RouteChoice1	0	15	1
		1	6	8
Overall Percentage				
				93,8
				57,1
				76,7

a. The cut value is ,500

Πίνακας 5.11: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επιλογή διαδρομής στο πρώτο μοντέλο.

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	33,199(a)	,241	,321

a Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than ,001.

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1(a)						
WalkOften(1)	1,589	1,030	2,382	1	,123	4,900
ChoiceFaster(1)	-2,569	1,302	3,892	1	,049	,077
SIMPLE1(1)	1,293	,941	1,890	1	,169	3,644
Constant	,765	1,221	,393	1	,531	2,150

a Variable(s) entered on step 1: WalkOften, ChoiceFaster, SIMPLE1.

Στο **πρώτο μοντέλο** λογιστικής παλινδρόμησης παρατηρούνται τα εξής:

- i. Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,241 κατά Cox&Snell και 0,321 κατά Nagelkerke.
- ii. Το ποσοστό να προβλεφθεί σωστά η πιθανότητα ο πεζός να επιλέξει τις κύριες αρτηρίες είναι 93,8% , το ποσοστό να προβλεφθεί σωστά ο πεζός να επιλέξει τα στενά είναι 57,1% και ο μέσος όρος τους είναι 76,7%.
- iii. Οι μεταβλητές που επηρεάζουν σωστά την εξαρτημένη μεταβλητή είναι το συχνό περπάτημα με Wald 2,382, η επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής με Wald 3,892 και ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης με Wald 1,890.

ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 5.12: Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης στο δεύτερο μοντέλο.

Classification Table ^a

Observed			Predicted		
			RouteChoice2		Percentage Correct
			0	1	
Step 1	RouteChoice2	0	16	2	88,9
		1	6	6	50,0
Overall Percentage					73,3

a. The cut value is ,500

Πίνακας 5.13: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων για επιλογή διαδρομής στο δεύτερο μοντέλο.

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	33,532(a)	,204	,276

a Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1(a)	WalkOften(1)	1,608	,971	2,275	1	,049	2,480
	ChoiceFaster(1)	-2,413	1,118	3,347	1	,026	,180
	SIMPLE2(1)	1,561	,974	1,872	1	,070	5,821
	Constant	,491	1,117	,193	1	,660	,612

a Variable(s) entered on step 1: WalkOften, ChoiceFaster, SIMPLE2.

Στο **δεύτερο μοντέλο** λογιστικής παλινδρόμησης παρατηρούνται τα εξής:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,204 κατά Cox&Snell και 0,276 κατά Nagelkerke.
- Το ποσοστό να προβλεφθεί σωστά η πιθανότητα ο πεζός να επιλέξει τις κύριες αρτηρίες είναι 88,9% , το ποσοστό να προβλεφθεί σωστά ο πεζός να επιλέξει τα στενά είναι 50,0% και ο μέσος όρος τους είναι 73,3%.
- Οι μεταβλητές που επηρεάζουν σωστά την εξαρτημένη μεταβλητή είναι το συχνό περπάτημα με Wald 2,275, η επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής με Wald 3,347 και ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης με Wald 1,872.

5.5.2 Περιγραφή και σύγκριση των αποτελεσμάτων των μοντέλων

Μια τρίτη ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πείραμα αφορούσε τους παράγοντες που επηρεάζουν τον πεζό στην επιλογή διαδρομής. Πιο συγκεκριμένα διερευνήθηκε η επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει τη διαδρομή από τα στενά ή από τις κύριες οδικές αρτηρίες.

Πραγματοποιήθηκαν δύο αναλύσεις, μία για την πρώτη και μία για τη δεύτερη μέτρηση και προέκυψαν δύο εξισώσεις.

Οι εξίσωση του **πρώτου μοντέλου** που προέκυψε για την επιλογή διαδρομής του πεζού είναι η παρακάτω:

$$U_1 = 0,765 + 1,589 * \text{WalkOften} - 2,569 * \text{ChoiceFaster} + 1,293 * \text{SIMPLE1}$$

Οι εξίσωση του **δεύτερου μοντέλου** που προέκυψε για την επιλογή διαδρομής του πεζού είναι η παρακάτω:

$$U_2 = 0,491 + 1,608 * \text{WalkOften} - 2,413 * \text{ChoiceFaster} + 1,561 * \text{SIMPLE2}$$

Όπου Walk Often: ο πεζός απάντησε ότι συνηθίζει να περπατάει συχνά

Choice Faster: ο πεζός απάντησε ότι επέλεξε την πιο σύντομη
διαδρομή

SIMPLE1: ο πεζός πραγματοποίησε μία αλλαγή κατεύθυνσης

Σημειώνεται ότι οι μεταβλητές Walk Often και Choice Faster προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε από τους πεζούς μετά την ολοκλήρωση της διαδρομής και συνεπώς αφορούν τα ατομικά τους χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω μοντέλα προκύπτει ότι η απόφαση του πεζού για επιλογή διαδρομής μέσω των κύριων οδικών αρτηριών ή μέσω των στενών εξαρτάται από τις διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές «συχνό περπάτημα», «επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής» και «ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης».

Αξίζει να σημειωθεί ότι U είναι η συνάρτηση χρησιμότητας ή αλλιώς Utility Function. Επομένως η πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός το οδικό τμήμα είναι:

$$P = e^u / (e^u + 1)$$

Συχνό Περπάτημα

Το πρόσημο της μεταβλητής συχνό περπάτημα και στα δύο μοντέλα είναι θετικό, που σημαίνει ότι αύξηση της μεταβλητής αυτής συνεπάγεται αύξηση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Επομένως **οι πεζοί που περπατούν συχνά τείνουν να επιλέγουν να πραγματοποιήσουν τη διαδρομή τους από τα στενά**. Αντίθεση οι πεζοί που απάντησαν ότι δεν περπατούν συχνά επιλέγουν να πραγματοποιούν τη διαδρομή τους από τις κύριες οδικές αρτηρίες.

Επιλογή πιο σύντομης διαδρομής

Το πρόσημό της μεταβλητής αυτής είναι αρνητικό και στα δύο μοντέλα και η αύξηση της, οδηγεί σε μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή **οι πεζοί τείνουν να επιλέξουν τη διαδρομή όχι από τα στενά άρα από τις κύριες οδικές αρτηρίες, γιατί με τον τρόπο αυτό πραγματοποιούν την πιο σύντομη διαδρομή**. Όπως έχει διαπιστωθεί και από

προηγούμενες έρευνες το γεγονός αυτό ίσως να συνδέεται με το κόστος της διαδρομής το οποίο συνδέεται με τον επιδιωκόμενο χρόνο διαδρομής και συνεπώς με την επιλογή της πιο σύντομης διαδρομής.

Αριθμός αλλαγών κατεύθυνσης

Το πρόσημο της μεταβλητής αριθμός αλλαγών κατεύθυνσης και στα δύο μοντέλα είναι θετικό, που σημαίνει ότι αύξηση της μεταβλητής αυτής συνεπάγεται αύξηση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Δηλαδή **οι πεζοί που επιλέγουν να πραγματοποιήσουν τη διαδρομή από τα στενά τείνουν να κάνουν μία αλλαγή κατεύθυνσης**, ενώ οι πεζοί που επιλέγουν να περπατήσουν από τις κύριες οδικές αρτηρίες κάνουν δύο ή και περισσότερες αλλαγές κατεύθυνσης.

5.5.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Η σχετική επιρροή των μεταβλητών στο μοντέλο της επιλογής διαδρομής υπολογίστηκε με βάση τη θεωρία της ελαστικότητας, όμοια με το προηγούμενο μοντέλο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 5.14: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρώτο μοντέλο της επιλογής διαδρομής.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Επιλογή πιο σύντομης διαδρομής	-2,569	3,119	2,815	-2,413	2,953	2,235
Συχνό περπάτημα	1,589	2,497	2,254	1,608	2,721	2,061
Αριθμός αλλαγών κατεύθυνσης	1,293	1,108	1,000	1,561	1,321	1

Εξετάζοντας το μοντέλο της επιλογής διαδρομής (Route Choice), παρατηρείται ότι η μεταβλητή «επιλογή πιο σύντομης διαδρομής» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη από όλες τις υπόλοιπες. Την αμέσως μεγαλύτερη επιρροή την παρουσιάζει η μεταβλητή «συχνό περπάτημα». Τη μικρότερη επιρροή φαίνεται να την έχει «ο αριθμός αλλαγών κατεύθυνσης».

Συγκεκριμένα η επιλογή πιο σύντομης διαδρομής επηρεάζει την επιλογή διαδρομής 2,235 φορές περισσότερο από τον αριθμό των αλλαγών κατεύθυνσης. Το συχνό περπάτημα επηρεάζει την εξαρτημένη διακριτή μεταβλητή 2,061 φορές περισσότερο από τον αριθμό των αλλαγών κατεύθυνσης.

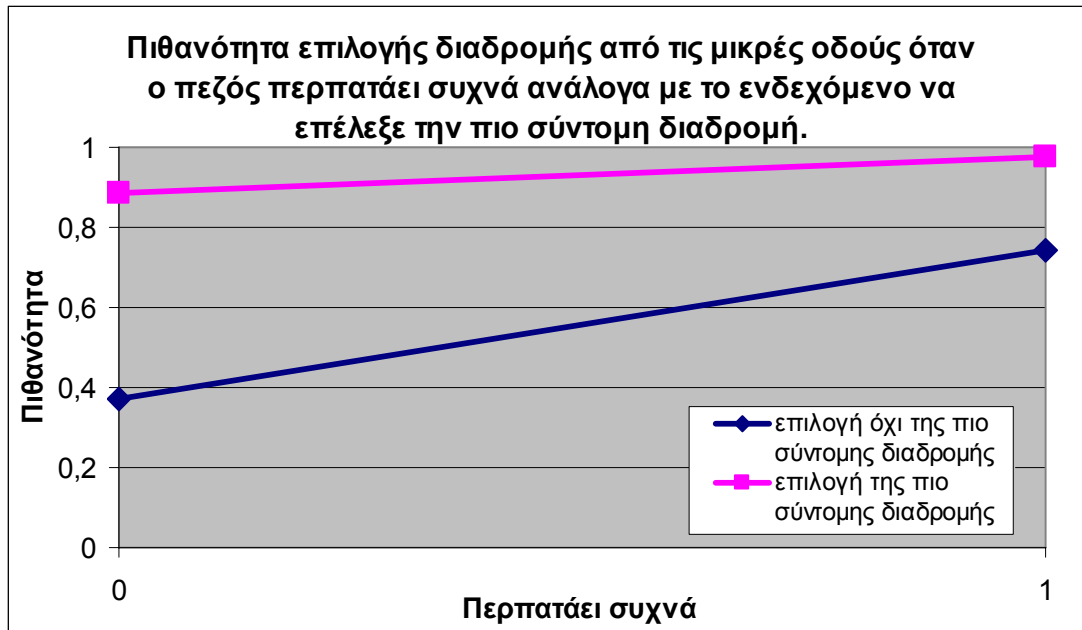
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι:

- 1) Ο πεζός θα επιλέξει να πάει από τα στενά όταν πραγματοποιεί μία μόνο αλλαγή κατεύθυνσης και όταν συνηθίζει να περπατάει συχνά.
- 2) Ο πεζός θα επιλέξει να κινηθεί από τις κύριες οδικές αρτηρίες ώστε να πραγματοποιήσει την πιο σύντομη διαδρομή.

5.5.4 Ανάλυση Ευαισθησίας

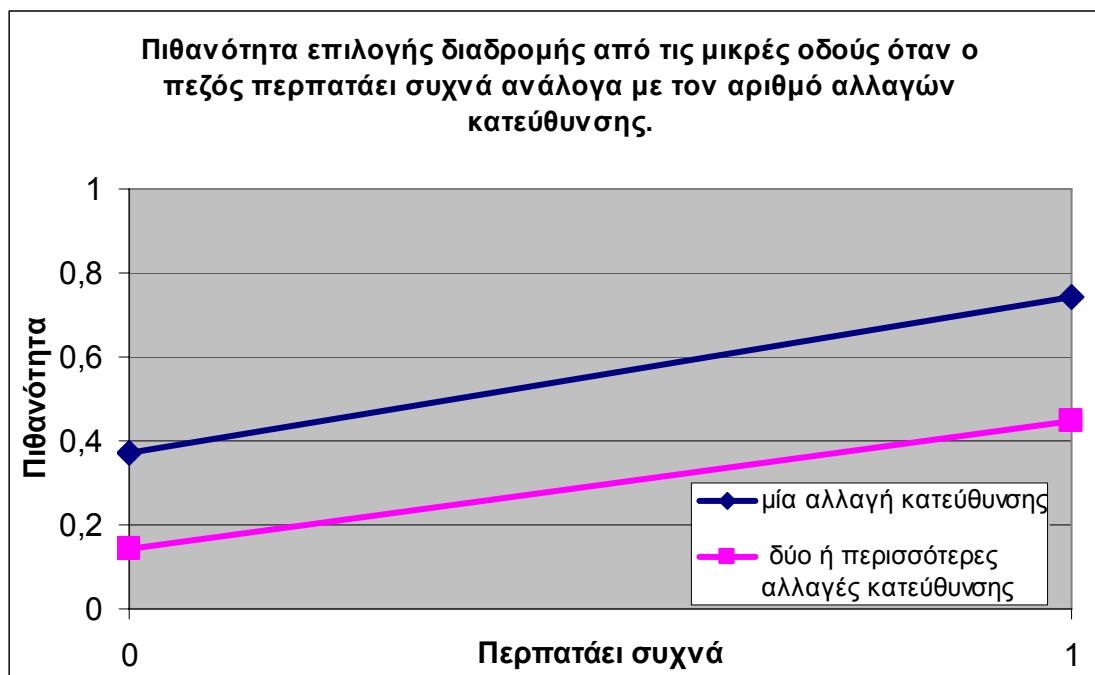
Σε ότι αφορά στο μοντέλο επιλογής διαδρομής πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας παρόλο που η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές και δεν είναι απόλυτα ορθό επιστημονικά να πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας. Για τη διαμόρφωση των διαγραμμάτων που αφορούν το μοντέλο της επιλογής διαδρομής κάθε φορά δίνονται οι τιμές 0 και 1 στη μεταβλητή που εξετάζεται και διατηρείται σταθερή η τιμή των υπολοίπων ανεξάρτητων μεταβλητών. Τα διαγράμματα που προέκυψαν και παρατίθενται στη συνέχεια περιγράφουν την ευαισθησία της πιθανότητας επιλογής διαδρομής από τις μικρές οδούς στη μεταβολή της τιμής «φύλο», «χαμηλός φόρτος πεζών» και «ευχάριστη διαδρομή».

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ-ΠΕΡΠΑΤΑΕΙ ΣΥΧΝΑ



Διάγραμμα 5.4: Πιθανότητα να επιλέξει τη διαδρομή από τις μικρές οδούς όταν περπατάει συχνά και ανάλογα με το ενδεχόμενο να επέλεξε την πιο σύντομη διαδρομή.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα η πιθανότητα ο πεζός να επιλέξει τη διαδρομή από τις μικρές οδούς αυξάνεται όταν ο πεζός τείνει να περπατάει συχνά. Επιπλέον η πιθανότητα ο πεζός να επιλέξει τη διαδρομή από τις μικρές οδούς είναι πάντοτε υψηλότερη όταν ο πεζός πραγματοποιεί μία αλλαγή κατεύθυνσης (και όχι δύο ή περισσότερες αλλαγές). Επιπλέον προκύπτει ότι ο πεζός που περπατάει συχνά επιλέγει την πιο σύντομη διαδρομή. Τέλος, η πιθανότητα ο πεζός να περπατήσει από τις μικρές οδούς αυξάνεται - σε σχέση με το πόσο συχνά περπατάει - πολύ περισσότερο όταν επιλέγει όχι την πιο σύντομη διαδρομή.



Διάγραμμα 5.5: Πιθανότητα να επιλέξει τη διαδρομή από τις μικρές οδούς όταν ο πεζός περπατάει συχνά και ανάλογα με τον αριθμό αλλαγών κατεύθυνσης.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα η πιθανότητα ο πεζός να επιλέξει τη διαδρομή από τις μικρές οδούς αυξάνεται όταν ο πεζός τείνει να περπατάει συχνά. Επιπλέον η πιθανότητα ο πεζός να επιλέξει τη διαδρομή από τις μικρές οδούς είναι πάντοτε υψηλότερη όταν ο πεζός πραγματοποιεί μία αλλαγή κατεύθυνσης (και όχι δύο ή περισσότερες αλλαγές), ανεξάρτητα του πόσο συχνά περπατάει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση και ανάλυση της συμπεριφοράς των κατά μήκος μιας διαδρομής και όχι σε τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα διερευνήθηκε η ταχύτητα του πεζού, το οδικό τμήμα που επιλέγει να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση και τέλος η διαδρομή που επιλέγει να βαδίσει.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες στο κέντρο της Αθήνας και συγκεκριμένα στην περιοχή του Κολωνακίου με αφετηρία το σταθμό του μετρό στον Ευαγγελισμό και τελικό προορισμό την πλατεία του Κολωνακίου. Στο πείραμα έλαβαν μέρος τριάντα άτομα τα οποία πραγματοποίησαν τη διαδρομή δύο φορές με κενό διάστημα μεταξύ των διαδρομών τρεις εβδομάδες. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφηκε σειρά μεταβλητών, όπως το κυκλοφοριακό κενό, ο φόρτος των πεζών, τα καταστήματα αναψυχής, το βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο και χαρακτηριστικά των πεζών όπως φύλο και ηλικία.

Η **στατιστική επεξεργασία και η ανάλυση των στοιχείων** σε ότι αφορά την ανάπτυξη του μοντέλου της ταχύτητας μετά από μια σειρά δοκιμών για την εύρεση του καταλληλότερου μοντέλου, έγινε με τη μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Σε ότι αφορά την επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει ή όχι κύρια διάσχιση καθώς και την επιλογή διαδρομής επιλέχθηκε εξ αρχής η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν **τα τελικά μαθηματικά μοντέλα** στα οποία παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των εξεταζομένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίζεται μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Επισημαίνεται ότι προέκυψαν έξι μοντέλα ανάλυσης, δύο για την κάθε μεταβλητή όσες και οι μετρήσεις.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας. Παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι θεωρητικά ορθό να χρησιμοποιείται το μέγεθος της ελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές, όπως είναι η μεταβλητή κυκλοφοριακό κενό. Παραταύτα χρησιμοποιήθηκε ως βάση για τον υπολογισμό των σχετικών επιρροών των ανεξάρτητων μεταβλητών, με στόχο την ποιοτική εκτίμηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής και τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή:

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της ταχύτητας κίνησης.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Ηλικία	-0,031	0,735	17,5	-0,02	0,441	14,23
Φύλο	-0,143	0,072	1,71	-0,123	0,061	1,97
Χαμηλός Φόρτος Πεζών	0,176	0,083	1,98	0,182	0,102	3,29
Ευχάριστη Διαδρομή	0,165	0,042	1,00	0,136	0,031	1,00

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της κύριας διάσχισης της οδού.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΚΥΡΙΑ ΔΙΑΣΧΙΣΗ ΟΔΟΥ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Χρ. Διαχωρισμός Οχημάτων	4,883	3,124	1,551	6,515	6,026	3,657
Καταστήματα αναψυχής	4,843	2,966	1,472	1,655	1,648	1,000
Τελευταία Επιλογή	3,623	2,251	1,118	—	—	—
Βάδισμα από ανωφέρεια σε επίπεδο	3,376	2,018	1,002	2,536	1,779	1,079
Χαμηλός φόρτος πεζών	2,814	2,014	1,000	—	—	—

Πίνακας 6.3: Συγκεντρωτικός πίνακας της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της επιλογής διαδρομής.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ					
	Πρώτο Μοντέλο			Δεύτερο Μοντέλο		
	β_i	Σχετική Επιρροή		β_i	Σχετική Επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
Επιλογή πιο σύντομης διαδρομής	-2,569	3,119	2,815	-2,413	2,953	2,235
Συχνό περπάτημα	1,589	2,497	2,254	1,608	2,721	2,061
Αριθμός αλλαγών κατεύθυνσης	1,293	1,108	1,000	1,561	1,321	1

6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα σχετιζόμενα άμεσα με τον κύριο στόχο που τέθηκε στην αρχή. Στο υποκεφάλαιο αυτό, επιχειρείται να δοθεί μια απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν συνοψίζονται ως εξής:

1. Για πρώτη φορά στην Ελλάδα διερευνάται με πειραματικές μεθόδους η συμπεριφορά των πεζών στο οδικό δίκτυο και συγκεκριμένα η ταχύτητα κίνησης, η διάσχιση της οδού και η επιλογή διαδρομής **κατά μήκος μιας διαδρομής και όχι σε τοπικό επίπεδο**. Επιπλέον η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών που εντοπίστηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, προσεγγίζει το ζήτημα της διάσχισης της οδού και της επιλογής διαδρομής με τη βοήθεια ειδικού υπολογιστικού προγράμματος προσομοίωσης. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε πραγματικές οδικές συνθήκες, γεγονός που αποτελεί μια περισσότερο αξιόπιστη και κατάλληλη μέθοδο διότι επέτρεψε την παρατήρηση της πραγματικής συμπεριφοράς των πεζών.
2. Από τη σύγκριση των μαθηματικών μοντέλων που προέκυψαν από την επεξεργασία των στοιχείων των μετρήσεων προέκυψε ότι στο σύνολο της η

συμπεριφορά των νεαρών πεζών στις αστικές οδούς παρουσιάζει **κοινές τάσεις**, όμως ο ίδιος πεζός δεν παρουσιάζει πανομοιότυπη συμπεριφορά κάθε φορά.

3. Για την κάθε εξαρτημένη μεταβλητή πραγματοποιήθηκαν **δύο αναλύσεις** όσες και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και προέκυψαν αντίστοιχα δύο μαθηματικά μοντέλα. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκε **σύγκριση των αποτελεσμάτων** και ελέγχθηκε η ορθότητα τους.
4. Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων σε ότι αφορά στην ταχύτητα με την οποία ο πεζός κινείται πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **απλής γραμμικής παλινδρόμησης** που αποδείχτηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τη μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων συσχέτισης της ταχύτητας κίνησης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
5. Διαπιστώθηκε ότι **η ταχύτητα κίνησης του πεζού** κατά μήκος μιας διαδρομής εξαρτάται από την ηλικία και το φύλο του πεζού, από το χαμηλό φόρτο πεζών στο πεζοδρόμιο καθώς και το ενδεχόμενο να επέλεξε ευχάριστη διαδρομή.
6. Ο βαθμός επιρροής των μεταβλητών που εξετάστηκαν στην ταχύτητα του πεζού προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι όμοια και για τα δύο μοντέλα και είναι τα εξής. Τη μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητα του πεζού έχει η **ηλικία** του. Προκύπτει δηλαδή ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του πεζού, τόσο μικρότερη είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται. Την αμέσως μικρότερη επιρροή στην ταχύτητα του πεζού αποτελεί **ο χαμηλός φόρτος πεζών** πεζοδρομίου. Έπειτα ακολουθεί το **φύλο** του πεζού. Επίσης, προκύπτει ότι οι γυναίκες έχουν την τάση να περπατούν με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με τους άντρες. Τη μικρότερη επιρροή παρουσιάζει η επιλογή της **πιο ευχάριστης διαδρομής**. Οι πεζοί που απάντησαν ότι επέλεξαν την πιο ευχάριστη διαδρομή κινήθηκαν με μεγαλύτερη ταχύτητα.
7. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων σε ότι αφορά το οδικό τμήμα κατά μήκος μιας διαδρομής το οποίο ο πεζός επιλέγει να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης** που αποδείχτηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση με τη μέθοδο της

λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων της πιθανότητας να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση ή όχι.

8. Διαπιστώθηκε ότι **η επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση ή όχι** κατά μήκος μιας διαδρομής εξαρτάται από τον χρονικό διαχωρισμό των οχημάτων, από την τελευταία επιλογή διάσχισης, από την επιλογή βαδίσματος ανάμεσα σε ανωφέρεια και επίπεδο, από την ύπαρξη καταστημάτων εστίασης και εμπορικών καταστημάτων και τέλος από τον χαμηλό φόρτο πεζών στο πεζοδρόμιο.
9. Ο βαθμός επιρροής των μεταβλητών που εξετάστηκαν στην κύρια διάσχιση του πεζού προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι τα εξής. Τη μεγαλύτερη επιρροή στην απόφαση του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση ή όχι έχει **ο χρονικός διαχωρισμός οχημάτων** και στα δύο μοντέλα, διότι όσο αυξάνεται ο χρόνος που έχει ο πεζός και συνεπώς αυξάνεται ο χρονικός διαχωρισμός μεταξύ των οχημάτων, τόσο πιο εύκολα παίρνει την απόφαση να διασχίσει την οδό. Την αμέσως μικρότερη επιρροή στην απόφαση του πεζού να διασχίσει ή όχι έχει η **ύπαρξη καταστημάτων** εστίασης και εμπορικών καταστημάτων. Κατόπιν ακολουθεί **η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο**. Αυτό συμβαίνει διότι ο πεζός επιλέγει να πραγματοποιήσει μια πιο ξεκούραστη διαδρομή περπατώντας σε ευθεία. Έπειτα ακολουθεί **η τελευταία επιλογή διάσχισης**. Τη μικρότερη επιρροή παρουσιάζει **ο χαμηλός φόρτος πεζών** στο πεζοδρόμιο.
10. Από τη **σύγκριση των μοντέλων** προκύπτει ότι οι μεταβλητές τελευταία επιλογή διάσχισης και χαμηλός φόρτος πεζών δεν επηρεάζουν το αν ο πεζός θα πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση ή όχι στο δεύτερο μοντέλο. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι κατά τις δεύτερες μετρήσεις οι μεταβλητές αυτές δεν είχαν διακύμανση άρα δεν επηρέασαν, ενώ κατά το πρώτο μοντέλο επηρέασαν καθότι παρουσίασαν κάποια διακύμανση. Επιπλέον στο δεύτερο μοντέλο προκύπτει ότι η επιλογή βαδίσματος από ανωφέρεια σε επίπεδο επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με την ύπαρξη καταστημάτων εστίασης και εμπορικών καταστημάτων την επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση ή όχι. Στο πρώτο μοντέλο συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή μεγαλύτερη επιρροή ασκεί η ύπαρξη καταστημάτων εστίασης και εμπορικών καταστημάτων. Και στην περίπτωση αυτή, η διαφοροποίηση που προκύπτει ίσως να οφείλεται στο γεγονός

ότι οι πεζοί είχαν στόχο κυρίως να φτάσουν στον τελικό προορισμό τους πιο εύκολα, πιο γρήγορα και πιο ξεκούραστα περπατώντας σε ευθεία.

11. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων σε ότι αφορά στην επιλογή διαδρομής με δεδομένη την αφετηρία και τον τελικό προορισμό πραγματοποιήθηκε και αυτή με τη μέθοδο της **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης** που αποδείχτηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση με τη μέθοδο της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων της πιθανότητας να πραγματοποιήσει κύρια διάσχιση ή όχι με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
12. Διαπιστώθηκε ότι **η επιλογή διαδρομής του πεζού** εξαρτάται από το ενδεχόμενο να περπατάει συχνά, από το ενδεχόμενο να επέλεξε την πιο γρήγορη διαδρομή και τέλος από τον αριθμό των αλλαγών κατεύθυνσης.
13. Ο βαθμός επιρροής των μεταβλητών που εξετάστηκαν στην επιλογή διαδρομής του πεζού προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Σημειώνεται ότι ο βαθμός επιρροής των μεταβλητών είναι ο ίδιος και στα δύο μοντέλα για την επιλογή διαδρομής. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι : τη μεγαλύτερη επιρροή στην επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει τη διαδρομή από τα στενά ή από τις κύριες οδικές αρτηρίες έχει το **ενδεχόμενο να επέλεξε την πιο σύντομη διαδρομή**. Επειδή το πρόσημο της είναι αρνητικό προκύπτει ότι ο πεζός που θεωρεί ότι επέλεξε την πιο σύντομη διαδρομή δεν επέλεξε την διαδρομή από τα στενά αλλά επέλεξε να κινηθεί από τις κύριες αρτηρίες. Την αμέσως μικρότερη επιρροή στην επιλογή του πεζού να πραγματοποιήσει τη διαδρομή από τα στενά ή από τις κύριες οδικές αρτηρίες έχει το ενδεχόμενο ο πεζός να **περπατάει συχνά**. Ο πεζός που περπατάει συχνά έχει την τάση να επιλέγει τη διαδρομή από τα στενά γιατί νιώθει πιο εξοικειωμένος με αυτά και ενδεχομένως τα θεωρεί ευκολότερο τρόπο να φτάσει στον προορισμό του. Τέλος **ο αριθμός των αλλαγών κατεύθυνσης** επηρεάζει λιγότερο από όλες τις άλλες παραμέτρους το αν ο πεζός θα πραγματοποιήσει τη διαδρομή από τα στενά ή από τις κύριες οδικές αρτηρίες. Ο πεζός που θα πραγματοποιήσει μία αλλαγή κατεύθυνσης θα επιλέξει να κινηθεί από τα στενά.
13. Τέλος αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις μπορεί να καταστεί δυνατή η γενίκευση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν

και σε παρόμοιες περιπτώσεις. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν σε άλλες περιπτώσεις με διαφορετικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Με βάση τα αποτελέσματα και συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών, σχετικά με την ταχύτητα κίνησης, την επιλογή του τμήματος της οδού που θα διασχίσουν κατά μήκος μιας διαδρομής και τέλος την επιλογή διαδρομής, παρουσιάζεται μια σειρά προτάσεων, που ενδεχομένως μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της συμπεριφοράς πεζών και οδηγών και κατ'επέκταση στη μείωση των οδικών ατυχημάτων που αφορούν στους πεζούς.

1. Για την αντιμετώπιση των συχνότατων διελεύσεων των πεζών από τμήματα εσωτερικά του οικοδομικού τετραγώνου, κρίνεται σκόπιμη **η προσαρμογή υποδομής** (δέντρα, κιγκλιδώματα, κλπ.). Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η κίνηση των πεζών επί των πεζοδρομίων, η αποθάρρυνση τους από το να διασχίσουν την οδό εκτός διαβάσεων και η αποθάρρυνση της παράνομης στάθμευσης επί των πεζοδρομίων.
2. Για την διευκόλυνση κίνησης των γυναικών καθώς και των ασθενέστερων κοινωνικών ομάδων δηλαδή των μικρών παιδιών και των ηλικιωμένων που περπατούν με μικρότερη ταχύτητα όπως προέκυψε από την παρούσα Διπλωματική Εργασία κρίνεται απαραίτητος ο **επαρκής χρόνος πρασίνου στους σηματοδότες πεζών και η δημιουργία ενδιάμεσων διαβάσεων πεζών**. Ο επαρκής χρόνος πρασίνου προϋποθέτει έναν καλύτερο συντονισμό των σηματοδοτών για τη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας. Η δημιουργία ενδιάμεσων διαβάσεων πεζών προϋποθέτει την ευσυνειδησία των οδηγών οι οποίοι οφείλουν να σεβαστούν την προτεραιότητα του πεζού.
3. Στην Ελλάδα επικρατεί η νοοτροπία ότι η αυξημένη ταχύτητα αποτελεί μέσο προσωπικής ανάδειξης. Για να βελτιωθεί όμως το επίπεδο της οδικής ασφάλειας είναι αναγκαίο να αντιληφθούν οι οδηγοί ότι όσο πιο ελεγχόμενη είναι η ταχύτητα κυκλοφορίας που αναπτύσσουν τόσο πιο ασφαλείς, αυτοί και οι οικείοι τους, θα φτάνουν στον προορισμό τους ειδικά σε αστικές οδούς. Σε αυτή την περίπτωση θα ήταν χρήσιμη και η αστυνόμευση.
4. Μία άλλη πρόταση, αφορά στο σχεδιασμό των οδών και θα μπορούσε να βοηθήσει

στην αντιμετώπιση του προβλήματος της οδικής ασφάλειας των πεζών. Έτσι προτείνεται θεσμοθέτηση των **μελετών επιπτώσεων οδικής ασφάλειας** με έμφαση στην κυκλοφορία των πεζών σε κάθε μεγάλο (οδικό ή μη) έργο υποδομής.

5. Επίσης κατά το **σχεδιασμό της οδικής κυκλοφορίας** και του οδικού περιβάλλοντος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ασφάλεια του πεζού. Δηλαδή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες του πεζού για γρήγορη και ασφαλή μετακίνηση, κατά τη θέσπιση των κύκλων φωτεινής σηματοδότησης και άλλων παραμέτρων που αφορούν στην κυκλοφορία καθώς και μέσω της πραγματοποίησης όλων εκείνων των ρυθμίσεων (διαβάσεις, σηματοδότες για πεζούς, επαρκές πλάτος πεζοδρομίων κλπ.) που αφορούν στο περιβάλλον της οδού γενικότερα.
6. Ακόμα οι πεζοί είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη και κατά τη **διαχείριση της κυκλοφορίας**. Αυτό είναι επιτεύξιμο είτε με την εισαγωγή ειδικών διατάξεων σχετικά με την κυκλοφορία των πεζών είτε με διαφορετική αξιοποίηση υφιστάμενων λειτουργιών. Συγκεκριμένα η Τροχαία θα μπορούσε να ασχοληθεί περισσότερο με ρυθμίσεις της κυκλοφορίας που να ευνοούν τους πεζούς και όχι μόνο να εξυπηρετεί την κυκλοφορία των οχημάτων.
7. Παράλληλα κρίνεται απαραίτητη η υιοθέτηση **πολιτικής για την κυκλοφορία των πεζών** από κάθε Δημοτική Αρχή, στην οποία θα καθορίζονται σαφώς τα όρια της προτεραιότητας των οχημάτων και των πεζών και θα προγραμματίζονται συγκεκριμένες δράσεις για την υλοποίηση της πολιτικής αυτής.
8. Τέλος το σύνολο των πολιτών θα πρέπει **να ενημερώνεται και να ευαισθητοποιείται γύρω από θέματα οδικής ασφάλειας** και ειδικότερα για την οδική ασφάλεια των πεζών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εκπαίδευσης στα σχολεία με μαθήματα κυκλοφοριακής αγωγής και από εκστρατείες που πραγματοποιούνται από την Πολιτεία, μέσω των μέσων μαζικής ενημέρωσης. Κατ' αυτόν τον τρόπο οι πολίτες ενημερώνονται για τους κινδύνους που εμπεριέχονται κατά την πεζή διαδρομή τους και μπορούν να τους αντιμετωπίσουν με μεγαλύτερη ασφάλεια. Η ενημέρωση σωστής κυκλοφοριακής συμπεριφοράς των οδηγών απέναντι στους πεζούς μπορεί να επιτευχθεί και μέσω των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης και άλλων τρόπων προώθησης μηνυμάτων (αφίσες, έντυπα, κλπ.).

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αναπτύσσονται κάποια μαθηματικά πρότυπα που έχουν σκοπό να περιγράψουν την ταχύτητα κίνησης, την επιλογή του τμήματος της οδού

που θα διασχίσουν κατά μήκος μιας διαδρομής και τη διαδικασία επιλογή διαδρομής. Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε κατά μήκος μιας διαδρομής που ο πεζός κάθε φορά επέλεγε με ορισμένη όμως αφετηρία και προορισμό με αποτέλεσμα το περιβάλλον της οδού να είναι συγκεκριμένο που ενδεχομένως να τροποποιείται σε άλλες αστικές οδούς. Επίσης οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τριάντα άτομα τα ίδια και κατά την πρώτη και κατά τη δεύτερη μέτρηση για συγκριτικούς λόγους. Ένα μεγαλύτερο δείγμα θα επιτρέψει την εξαγωγή συμπερασμάτων, τα οποία θα είναι περισσότερο αξιόπιστα και γενικεύσιμα.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε επίσης αν γινόταν μία παρόμοια εργασία όπου οι διαδρομές των πεζών θα πραγματοποιούνταν σε **άλλες αστικές οδούς** με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως αριθμός λωρίδων, πλάτος πεζοδρομίου, χρήσεις κτηρίων κλπ. Ακόμα ενδιαφέρον θα είχε μια εργασία όπου **οι πεζοί δεν θα γνώριζαν ότι καταγράφονται** και δεν θα είχαν να επιλέξουν μια διαδρομή με ορισμένη αφετηρία και προορισμό. Με τον τρόπο αυτό οι πεζοί θα μπορούσαν να συμπεριφερθούν πιο ελεύθερα και να κινούνται πιο πολύ με βάση το ένστικτο όπως λειτουργούν και στην καθημερινότητά τους.

Επίσης θα ήταν ενδιαφέρον να γίνουν **μετρήσεις για περισσότερα από τριάντα άτομα** με όλο το φάσμα των ηλικιών και ειδικότερα ατόμων από τις ευάλωτες ομάδες που χρήζουν ανάγκη μεγαλύτερης προσοχής.

Σε ότι αφορά τη στατιστική ανάλυση στην επιλογή του τμήματος της οδού που θα διασχίσουν κατά μήκος μιας διαδρομής και τη διαδικασία επιλογή διαδρομής επιλέχθηκε η μέθοδος της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης προκειμένου να επεξεργαστούν στατιστικά τα συλλεχθέντα στοιχεία και να αναπτυχθούν τα τελικά μαθηματικά μοντέλα. Για περαιτέρω στατιστική ανάλυση και εξαγωγή πιο αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων, θα φαινόταν χρήσιμη **η εφαρμογή μιας άλλης μεθόδου στατιστικής ανάλυσης**, η οποία θα ανήκε σε διαφορετική οικογένεια από την ήδη επιλεγείσα όπως παραδείγματος χάριν η πολλαπλή ανάλυση μεταβλητών.

Τέλος ενδιαφέρον μπορεί να είχε η προσπάθεια δημιουργίας προτύπων που να αναφέρονται τόσο **στους πεζούς όσο και στους οδηγούς των οχημάτων** και να προβλέπουν τη συμπεριφορά των πεζών και αντίστοιχα τις αντιδράσεις των οδηγών κάτω από κάποιες καθορισμένες συνθήκες και να ποσοτικοποιούν την επικινδυνότητα των πραγματοποιούμενων ενεργειών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baltes M.R. and Xuehao Chu, **“Pedestrian level of service for mid-block street crossings”**, 81st Annual Meeting, Transportation Research Board, January 13-17, Washington DC, 2002.
2. CARE: EU road database or national publications, Road accidents statistics in Europe, 2009.
3. Craddock B.S. , **“Accidents on Pedestrian Crossings in Hong Kong”**, Transport Department, Hong Kong, 1992.
4. Das et al., **“Walk or Wait? An Empirical Analysis of Street Crossing Decisions”** , p. 13-27, New Delhi, June 2002.
5. EuroNcap, www.euroncap.com, 2008.
6. European Road Safety Observatory, www.erso.eu, 2009.
7. F. te Velde et al., **“Visual timing and adaptive behavior in a road-crossing simulation study”**, Accident Analysis and Prevention, p. 399-406, December 2004.
8. Federal Highway Administration, **Pedestrian Road Safety Guidelines and Prompt Lists**, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA-SA-07-007, July 2007

9. Federal Highway Administration, **Pedestrian Safety Guide for Transit Agencies**, U.S.

Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA-SA-07-017,
February 2008.

10. Federal Railroad Administration, **Compilation of Pedestrian Devices In Use of At Grade Crossings**, Federal Railroad Administration, January 2008

11. Golias J. et al., **"Off Street Parking Choice Sensitivity"**, March 2002.

12. Golias J., Yannis G., Papadimitriou E., **"A critical assessment of pedestrian behaviour models"**, accepted for publication in Transportation Research Part F, 2009.

13. Hine J., Russell J., **"Traffic Barriers and Pedestrian Crossing Behaviour"**, Journal of Transport Geography, Volume I, Number 4, 1993.

14. Hine J., **Pedestrian travel experiences: Assessing the impact of traffic on behaviour and perceptions of safety using an in-depth interview technique**. Journal of Transport Geography 4 (3), 179-199, 1996.

15. Kanellaidis G., Muhlrads N., Yannis G., **"Pedestrian safety problems and implementation of countermeasures"**, Journal of IATSS, special feature on
nonmotorized transport, Vol.23, No.2, 1999, pp. 15-25.

16. Lassarre S., Papadimitriou E., Yannis G., Golias J., **"Measuring accident risk exposure for pedestrians in different micro-environments"**, Accident Analysis and Prevention,

Vol 39, 2007, pp. 1226-1238.

17. Lobjois R., "Age-related differences in street crossing-decisions: The effects of

vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task",

Accident Analysis Prevention, p. 934-943, 2006.

18. Norusis M.J., "Οδηγός Ανάλυσης Δεδομένων με το SPSS 12.0",
Εκδόσεις

Κλειδάριθμος, 2005.

19. Oxley et al., "Crossing roads safety: An experimental study of age differences in

gap selection by pedestrians", Accident Analysis and Prevention, April 2005.

20. Oxley et al., "Differences in traffic judgements between young and old adult

pedestrians", Presented at the 40th Annual Meeting of the Association for the

Advancement of Automotive Medicine 7-9 October 1996, Vancouver, Canada.

21. Ragland et al., Gap acceptance for vehicles turning left across on-coming traffic:

Implications for Intersection Decision Support, TRb 2006 Annual Meeting CD-ROM.

22. Simpson G. et al., "An investigation of road crossing in a virtual reality", Accident

Analysis and Prevention, p.787-796, 2002.

23. Stollof et al., **Pedestrian Signal Safety for Older Persons**, prepared for AAA Foundation for Traffic Safety, July 2007
24. Sun et al., “**Modeling of Motorist-Pedestrian Interaction at Uncontrolled Mid-block Crosswalks**”, Submitted for publication in Transportation Research Record, November 2002.
25. Tabibi Z. and Pfeffer K., “**Finding a Safe Place to Cross the Road: The Effect of Distractors and the Role of Attention in Children’s Identification of Safe and Dangerous Road-Crossing Sites**”, Published online in Wiley InterScience(www.interscience.wiley.com), DOI:10.1002/icd.509, 2007 .
26. Wan et al., “**Simulation of Pedestrian Crossing in Roundabout Areas Using Arena**”,
Paper submitted for publication and presentation at the 83rd TRB Annual Meeting in January, 2004.
27. Washington S.P, Karlaftis M.G, Mannering F.L, “ **Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis**”, Chapman &Hall/CRC, 2003.
28. Xuehao Chu, “**Pedestrian Safety at Midblock locations**”, Technical Report
Documentation for Florida Department of Transportation, September 2006.

29. Yang et al., **“Modeling pedestrians’ road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China”**, Transport Research Part A, p. 280-290, Xi’an, 2005
30. Yannis G., Kanellaidis G., Dimitropoulos J., Muhlrads N., **“Assessment of pedestrian safety measures in Europe”**, ITE Journal, Vol. 77, Issue 12, December 2007, pp. 40-48
31. Yannis G., Golias J., Papadimitriou E., **“Modelling crossing behaviour and accident risk of pedestrians”**, Journal of Transportation Engineering, Vol. 133, Issue 11, November 2007, pp.634-644.
32. Yannis G., **“Road Safety in Greece”**, September 2007
33. World Bank, **Roads&Highways:Road Safety**, www.worldbank.org, 2009
34. Καρλαύτης Μ., **“Σεμινάρια για την Στατιστική Προτυποποίηση Συγκοινωνιακών συστημάτων”**, Οκτώβριος 2007, Αθήνα.
35. Σταθόπουλος Α., Καρλαύτης Μ., **“Σχεδιασμός Μεταφορικών Συστημάτων”**, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2008.
36. Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, **“Οδική Ασφάλεια”**, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994.
37. Φρατζεσκάκης, Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Τσαμπούλας, **“Διαχείριση Κυκλοφορίας”**, Εκδόσεις Παπασωτηρίου 1997.

38. Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, **“Κυκλοφοριακή Τεχνική”**, Αθήνα 2009.
39. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α., **“Σχεδιασμός των Μεταφορών και Κυκλοφοριακή Τεχνική, Τόμος Γ”**, Εκδόσεις Παρατηρητής, 1986.