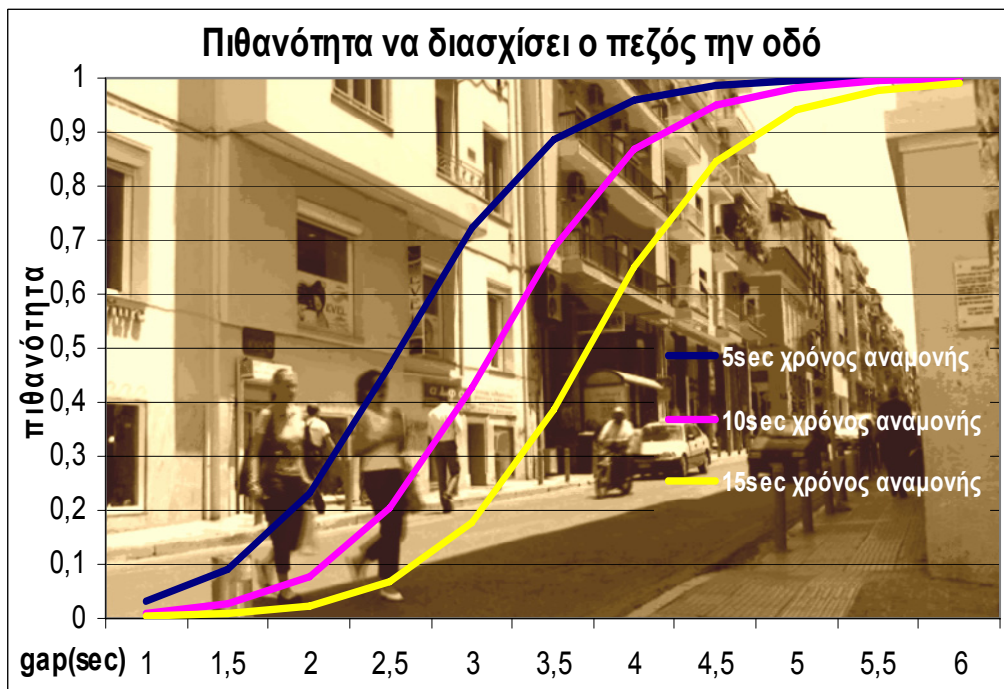




ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΟΧΗΜΑ ΠΟΥ ΑΠΟΔΕΧΕΤΑΙ Ο ΠΕΖΟΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟ ΕΚΤΟΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ



ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΘΕΟΦΙΛΑΤΟΣ

Επιβλέπων: Γιώργος Δ. Γιαννής, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2009

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, επίκουρο καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, την πολύ δημιουργική συνεργασία, την πολύτιμη καθοδήγηση του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας αλλά και την υποστήριξή του.

Ευχαριστώ πολύ τον κ. Ματθαίο Καρλαύτη, επίκουρο καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την υποστήριξή του σε όλα χρόνια των σπουδών μου αλλά και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις του πάνω στη διπλωματική εργασία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Γκόλια, καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για τις εύστοχες παρατηρήσεις του πάνω στη διπλωματική εργασία.

Ευχαριστώ την κ. Ελεονόρα Παπαδημητρίου για τη συμβολή της στη στατιστική ανάλυση και τις εύστοχες παρατηρήσεις της πάνω σε σημαντικά σημεία της διπλωματικής εργασίας.

Ένα πολύ μεγάλο και ξεχωριστό ευχαριστώ πηγαίνει στους γονείς μου Ζωή Β. Πολονύφη και Θωμά Ι. Θεοφιλάτο για την αγάπη τους, την υπομονή τους, την κατανόησή τους, αλλά και γιατί ήταν πάντα για μένα πρότυπα, πηγή έμπνευσης και δημιουργίας.

Ευχαριστώ τους Χρήστο Μ., Γιώργο Ρ. και Παναγιώτη Π., για τη βοήθειά τους σε ορισμένα κρίσιμα σημεία της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για τις ωραίες αλλά και για τις δύσκολες στιγμές που περάσαμε μαζί όλα τα χρόνια.

“This fragile Earth deserves a voice. It needs solutions. It needs change. It needs action.”

Αθήνα, Μάρτιος 2009

Θεοφιλάτος Αθανάσιος-Ιωάννης

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΟΧΗΜΑ ΠΟΥ
ΑΠΟΔΕΧΕΤΑΙ Ο ΠΕΖΟΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟ ΕΚΤΟΣ
ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ**

Θεοφιλάτος Αθανάσιος-Ιωάννης

ΣΥΝΟΨΗ

Ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε πραγματικές οδικές συνθήκες. Με χρήση προτύπων της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης διερευνάται η επιρροή των διαφόρων παραμέτρων στο ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός. Με χρήση της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης διερευνάται η επιρροή της απόστασης από το όχημα και ορισμένων άλλων παραμέτρων στην απόφαση του πεζού να διασχίσει την οδό εκτός διασταύρωσης. Η εφαρμογή των προτύπων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η απόσταση του πεζού από το όχημα, η ύπαρξη παράνομα παρκαρισμένων οχημάτων που επηρεάζουν την ορατότητά του, το μέγεθος του οχήματος και το ενδεχόμενο να συνοδεύεται ο πεζός επηρεάζουν το ελάχιστο διάστημα από το όχημα που θα αποδεχτεί ο πεζός. Σε ό,τι αφορά στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό εκτός διασταύρωσης, κυρίως ο χρόνος αναμονής του πεζού και το χρονικό διάστημα από το όχημα επηρεάζουν καθοριστικά την απόφαση του.

Λέξεις-Κλειδιά: πεζός, διάσχιση οδού εκτός διασταυρώσεων, ελάχιστο διάστημα διάσχισης πεζού, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

**INVESTIGATION OF THE MINIMUM GAP FROM THE VEHICLE ACCEPTED BY
THE PEDESTRIAN FOR URBAN STREET MID-BLOCK CROSSING**

Theofilatos Athanasios-Ioannis

ABSTRACT

This Diploma Thesis aims to investigate the minimum gap which is accepted by pedestrians for mid-block crossing of urban streets. In order to achieve this objective, an experimental process in real road conditions was carried out. A lognormal regression model was developed in order to investigate the influence of certain parameters in the minimum pedestrian gap acceptance. A binary logistic model was also developed to investigate the influence of the distance from the vehicle and other parameters in the decision of the pedestrian to cross the road or not. From the models application it appears that the distance from the vehicle, illegal nearby parking that may affect pedestrian's visibility, the vehicle size and possible companions have statistically significant impact to the minimum gap acceptance. Concerning the choice to cross the road or not, the waiting time and the gap between the pedestrian and the vehicle strongly define his decision.

Key Words: pedestrian, mid-block crossing, pedestrian gap acceptance, lognormal regression, binary logistic regression

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων.**

Αφού καθορίστηκε ο στόχος ακολούθησε η διαδικασία της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, όπου προέκυψε πλήθος ερευνών που θεωρήθηκαν χρήσιμες τόσο για τον τρόπο μελέτης του αντικειμένου, όσο και για τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε κατά τη στατιστική ανάλυση.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες, στο κέντρο της Αθήνας και συγκεκριμένα στην οδό Σόλωνος, στην περιοχή έξω από τη Νομική σχολή. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφηκε σειρά μεταβλητών, όπως η ταχύτητα των εμπλεκόμενων οχημάτων, ο τύπος και το χρώμα του οχήματος και τα διάφορα χαρακτηριστικά των πεζών, όπως για παράδειγμα το φύλο και η ηλικία του πεζού.

Τη διαδικασία αυτή, ακολούθησε η **δημιουργία μιας βάσης δεδομένων**, που χρησιμοποιήθηκε στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν γραφήματα κατανομής συχνοτήτων των συνεχών μεταβλητών, προκειμένου να επιλεγεί η καταλληλότερη μέθοδος ανάλυσης.

Για τη **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ό,τι αφορά στο **ελάχιστο διάστημα από το όχημα** που αποδέχεται ο πεζός, μετά από σειρά δοκιμών για την εύρεση των καταλληλότερων μοντέλων, επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**. Σε ό,τι αφορά στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό, επιλέχθηκε η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν **τα τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν.

Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή (αποδεκτό διάστημα από το όχημα και διάσχιση ή όχι της οδού) προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας.

Αμέσως παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μαθηματικών μοντέλων. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* των ανεξάρτητων μεταβλητών των δύο μοντέλων.

Αποτελέσματα μαθηματικών μοντέλων

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Λογάριθμος αποδεκτού χρονικού διαστήματος από το όχημα ($\log gap$)		
	β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*
Απόσταση από το όχημα (m)	0,009	0,423	51,62
Μέγεθος οχήματος	0,05	0,039	4,79
Συνοδεία πεζών	0,043	0,008	1,00
Στάθμευση	0,048	0,065	7,92
Φύλο	0,025	0,023	2,86

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Διάσχιση ή όχι της οδού (pass/no)		
	β _i	Σχετική επιρροή	
		e _i	e _i [*]
Χρόνος αναμονής(sec)	-0,250	0,202	12,75
Χρονικό διάστημα από το όχημα(sec)	2,161	0,764	48,26
Τύπος οχήματος το ΙΧ	1,078	0,015	1,00
Στάθμευση	0,969	0,123	7,77

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

Η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών, που εντοπίστηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, προσεγγίζει το ζήτημα του ελάχιστου διαστήματος που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό και την επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό, είτε με τη βοήθεια ειδικού υπολογιστικού προγράμματος προσομοίωσης, είτε με πείραμα σε πραγματικές συνθήκες. Στην παρούσα διπλωματική εργασία **πραγματοποιήθηκε πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες**. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη και αξιόπιστη, διότι επέτρεψε την παρατήρηση της πραγματικής συμπεριφοράς των πεζών. Επίσης, για πρώτη φορά στην Ελλάδα διερευνάται με πειραματικές μεθόδους το ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων και η επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό.

Διαπιστώθηκε ότι το **ελάχιστο διάστημα** από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό **εξαρτάται** από την απόσταση του

εμπλεκόμενου οχήματος από τον πεζό, από το μέγεθος του οχήματος, από το εάν συνοδεύεται ο πεζός, από την ύπαρξη παράνομα σταθμευμένων οχημάτων και τέλος από το φύλο του πεζού.

Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων στο ελάχιστο αποδεκτό διάστημα του πεζού από το όχημα προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε ότι τη μεγαλύτερη επιρροή στο αποδεκτό χρονικό διάστημα έχει η απόσταση του πεζού από το όχημα. Αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο, καθώς όσο αυξάνεται η απόσταση από το όχημα τόσο αυξάνεται και το χρονικό διάστημα, όμως πρέπει να συνυπολογιστεί ο παράγοντας της ταχύτητας του οχήματος, διότι είναι δυνατόν να μεταβάλλει σημαντικά το χρονικό διάστημα μεταξύ πεζού και οχήματος.

Η ανάλυση των στοιχείων σε ό,τι αφορά στο δευτερεύοντα στόχο, η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης** οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων συσχέτισης της πιθανότητας να διασχίσει ο πεζός την οδό με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

Διαπιστώθηκε ότι η **επιλογή του πεζού** να διασχίσει την οδό **εξαρτάται** από το χρονικό διάστημα από το όχημα, από το χρόνο αναμονής του πεζού στην οδό, από το εάν το εμπλεκόμενο όχημα είναι Ι.Χ. επιβατικό και τέλος από την ύπαρξη παράνομα σταθμευμένων οχημάτων και τέλος από το φύλο του πεζού.

Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό προσδιορίστηκε και αυτή μέσω της σχετικής επιρροής όπως και στο προηγούμενο μοντέλο. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε ότι τη μεγαλύτερη επιρροή στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό έχει το χρονικό διάστημα από το όχημα. Αυτό είναι απολύτως λογικό και αναμενόμενο, διότι όσο αυξάνεται το χρονικό περιθώριο που έχει στη διάθεσή του ο πεζός, τόσο πιο εύκολα λαμβάνει την απόφαση να διασχίσει την οδό.

Αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή η γενίκευση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε επόμενες συναφείς έρευνες. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές, διότι η οδός Σόλωνος μπορεί να διαφέρει από άλλες οδούς στον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας, στην ύπαρξη νόμιμα σταθμευμένων οχημάτων και σε άλλα χαρακτηριστικά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	8
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	14
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	14
2.2 ΠΕΖΟΙ ΣΕ ΟΔΟΥΣ ΕΚΤΟΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ	14
2.2.1 Καθορισμός της απόφασης του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό και επιλογή κρίσιμου διαστήματος	15
2.2.2 Συμπεριφορά των πεζών ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες	19
2.3 ΠΕΖΟΙ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	22
2.4 Η ΗΛΙΚΙΑ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ ΣΤΗΝ ΟΔΟ	24
2.5 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	28
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	32
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	32
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ- ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	35
3.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	35
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	36
3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	36
3.5.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση	39

3.5.3	Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης	40
3.5.4	Εκτίμηση των παραμέτρων	41
3.6	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	42
3.7	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	46
4.	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	48
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	48
4.2	ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ	48
4.2.1	Στόχος	48
4.2.2	Συλλογή Στοιχείων	49
4.3	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	55
4.3.1	Εισαγωγή των στοιχείων σε βάση δεδομένων	55
4.3.2	Περιγραφή βάσης δεδομένων	58
4.3.3	Εισαγωγή των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης	59
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	67
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	67
5.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	68
5.2.1	Δεδομένα εισόδου- Καθορισμός μεταβλητών	68
5.2.2	Περιγραφική στατιστική	72
5.2.3	Συσχέτιση των μεταβλητών	73
5.2.4	Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης	75
5.3	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ Ο ΠΕΖΟΣ	76
5.3.1	Γραμμική Παλινδρόμηση	76
5.3.2	Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση	83
5.3.3	Περιγραφή των αποτελεσμάτων του μοντέλου	87

5.3.4	Σχετική επιρροή των μεταβλητών	92
5.3.5	Ανάλυση Ευαισθησίας του μοντέλου	94
5.4	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΖΟΥ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ Η ΟΧΙ ΤΗΝ ΟΔΟ	99
5.4.1	Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης	99
5.4.2	Περιγραφή των αποτελεσμάτων του μοντέλου	105
5.4.3	Σχετική επιρροή μεταβλητών	108
5.4.4	Ανάλυση Ευαισθησίας του μοντέλου	109
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	113
6.1	ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	113
6.2	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	115
6.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	119
6.4	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	120
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	123

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1:	Αριθμός θανάτων πεζών σε σύγκριση με το συνολικό αριθμό θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. από το 1997 ως το 2006	4
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2:	Εξέλιξη των πεζών που χάνουν τη ζωή τους στα κράτη της Ε.Ε. κατά τα έτη 1997-2006	5
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2:	Μέσα αποδεκτά διαστήματα για πεζούς σε οδούς δυο κατευθύνσεων σε μέτρα	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1:	Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1:	Απόσπασμα πίνακα με τις παρατηρηθείσες μεταβλητές	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:	Απόσπασμα τελικού πίνακα	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1:	Κατηγοριοποίηση διακριτών μεταβλητών	71
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2:	Παράδειγμα κατηγοριοποίησης διακριτών μεταβλητών που εμπίπτουν σε άλλο κανόνα	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3:	Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4:	Συσχέτιση μεταξύ συνεχών μεταβλητών	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5:	Συσχέτιση μεταξύ διακριτών μεταβλητών	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6:	Δοκιμές με εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης	79
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7:	Παράδειγμα απλής γραμμικής παλινδρόμησης	81
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8:	Δοκιμές με εφαρμογή της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9:	Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο του αποδεκτού χρονικού διαστήματος από το όχημα	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10:	Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11:	Δοκιμές με εφαρμογή της λογιστικής παλινδρόμησης	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12:	Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διάσχισης της οδού	108

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1:	Μείωση θυμάτων οδικών ατυχημάτων στην Ε.Ε	2
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:	Ποσοστό νεκρών από οδικά ατυχήματα που αποτελούν οι πεζοί σε όλες τις ηλικίες στην Ε.Ε	3
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3:	Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας	10
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1:	Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων	42
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1:	Κατανομή συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή	76
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2:	Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή	81
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3:	Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος	83
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4:	Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5:	Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος	86
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6:	Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων του χρονικού διαστήματος από το όχημα	91
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 5.7-5.12:	Διαγράμματα ευαισθησίας για το μοντέλο του ελάχιστου αποδεκτού διαστήματος του πεζού από το όχημα	95-97
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ 5.13-5.16:	Διαγράμματα ευαισθησίας για το μοντέλο της επιλογής του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό	110-111

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 4.1:	Γενικό παράδειγμα χρήσης λογισμικού προγράμματος windows movie maker	52
ΕΙΚΟΝΑ 4.2:	Παράδειγμα έναρξης χρονομέτρησης του χρονικού διαστήματος	52
ΕΙΚΟΝΑ 4.3:	Παράδειγμα λήξης χρονομέτρησης του χρονικού διαστήματος	53
ΕΙΚΟΝΑ 4.4:	Παράδειγμα παράνομης στάθμευσης επί της οδού	55
ΕΙΚΟΝΑ 4.5:	Παράδειγμα εισαγωγής των στοιχείων στο λογισμικό SPSS	61
ΕΙΚΟΝΑ 4.6:	Παράδειγμα καθορισμού των μεταβλητών	62
ΕΙΚΟΝΑ 4.7:	Παραγωγή περιγραφικών συναρτήσεων	62

EIKONA 4.8:	Επιλογή των περιγραφικών συναρτήσεων της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου	63
EIKONA 4.9:	Διαδικασία συσχέτισης των μεταβλητών	63
EIKONA 4.10:	Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση	64
EIKONA 4.11:	Ανάλυση με λογιστική παλινδρόμηση	64
EIKONA 4.12:	Παράδειγμα ορισμού εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών	65
EIKONA 4.13:	Παράδειγμα ορισμού εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση	65

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η **οδική ασφάλεια** αποτελεί έναν τομέα που απασχολεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια τα ανεπτυγμένα κράτη και αυτό διότι τα τροχαία ατυχήματα εξακολουθούν να αποτελούν τη συχνότερη αιτία θανάτου παιδιών, εφήβων και ενηλίκων νεαρής ηλικίας. Το θέμα της οδικής ασφάλειας είναι αρκετά πολύπλοκο διότι πέρα από την αναγκαιότητα βελτίωσης της συγκοινωνιακής υποδομής και του οδικού δικτύου εξαρτάται από **πολλούς παράγοντες**, οι οποίοι συνήθως κατηγοριοποιούνται ως εξής:

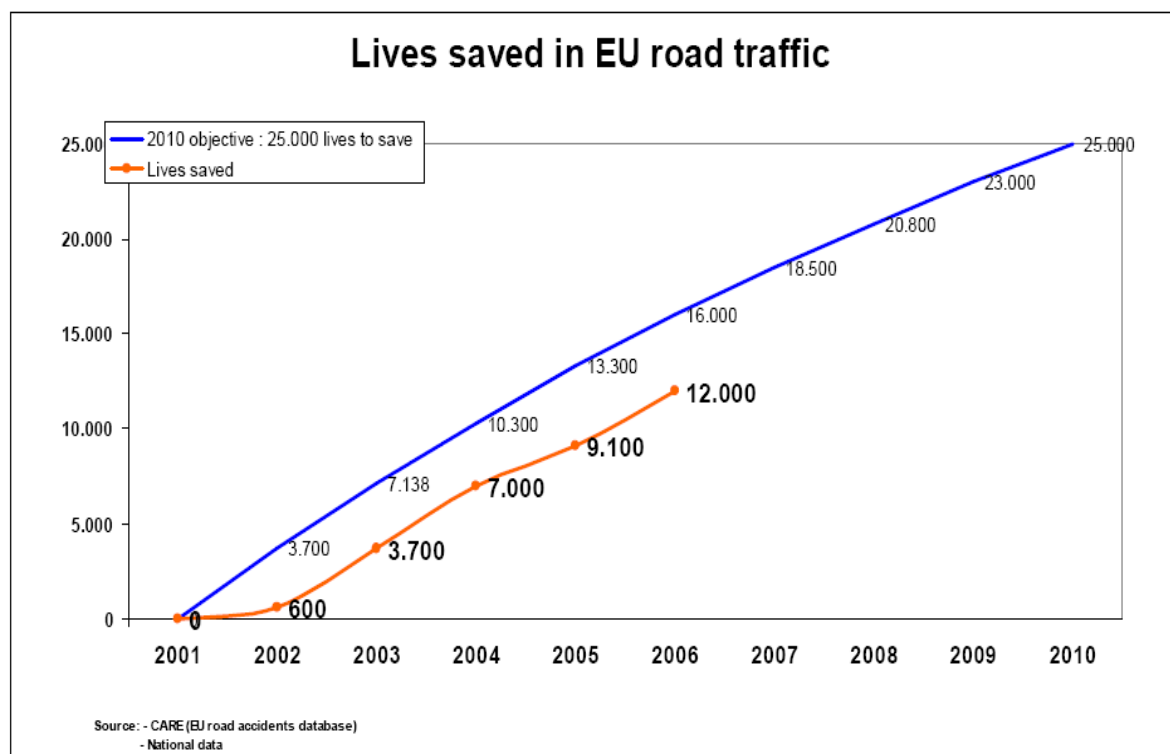
- α) Η συμπεριφορά του χρήστη της οδού
- β) Το οδικό περιβάλλον
- γ) Το όχημα

Στις περισσότερες περιπτώσεις συμβάλλουν στο ατύχημα δύο ή και τρεις από τις παραπάνω κατηγορίες παραγόντων. Διάφορες έρευνες ατυχημάτων έχουν δείξει ότι ο **χρήστης** της οδού μόνος ή με άλλους παράγοντες **αποτελεί την κύρια αιτία των οδικών ατυχημάτων** (Φραντζεσκάκης, et al., 1994).

Είναι σαφές ότι ο αριθμός των θανάτων και των τραυματισμών εξαιτίας των οδικών ατυχημάτων (CARE, 2008) έχει λάβει διαστάσεις σοβαρού κοινωνικού προβλήματος ίσως και μάστιγας στη σύγχρονη εποχή και χρήζει επομένως άμεσης και συστηματικής αντιμετώπισης. Εκτός από το τεράστιο κοινωνικό κόστος που προκαλούν τα οδικά ατυχήματα δεν μπορεί να μείνει απαρατήρητο και το μεγάλο οικονομικό κόστος με το οποίο επιβαρύνονται οι κοινωνίες. Είναι χαρακτηριστικό ότι στις χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης υπολογίζεται πως κάθε χρόνο χάνουν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα περίπου 40.000 άνθρωποι ενώ περίπου 1,7 εκατομμύρια τραυματίζονται (CARE, 2009). Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι ο αριθμός των νεκρών από

οδικά ατυχήματα ξεπερνά το 1 εκατομμύριο, με το 70% των θανάτων να εμφανίζεται στα ανεπτυγμένα κράτη. Εκτιμάται ότι εάν δε ληφθούν επείγοντως μέτρα, ο αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα θα είναι τουλάχιστον 6 εκατομμύρια ενώ οι τραυματίες περίπου 60εκατομμύρια τα επόμενα 10 χρόνια (World Bank, 2009)

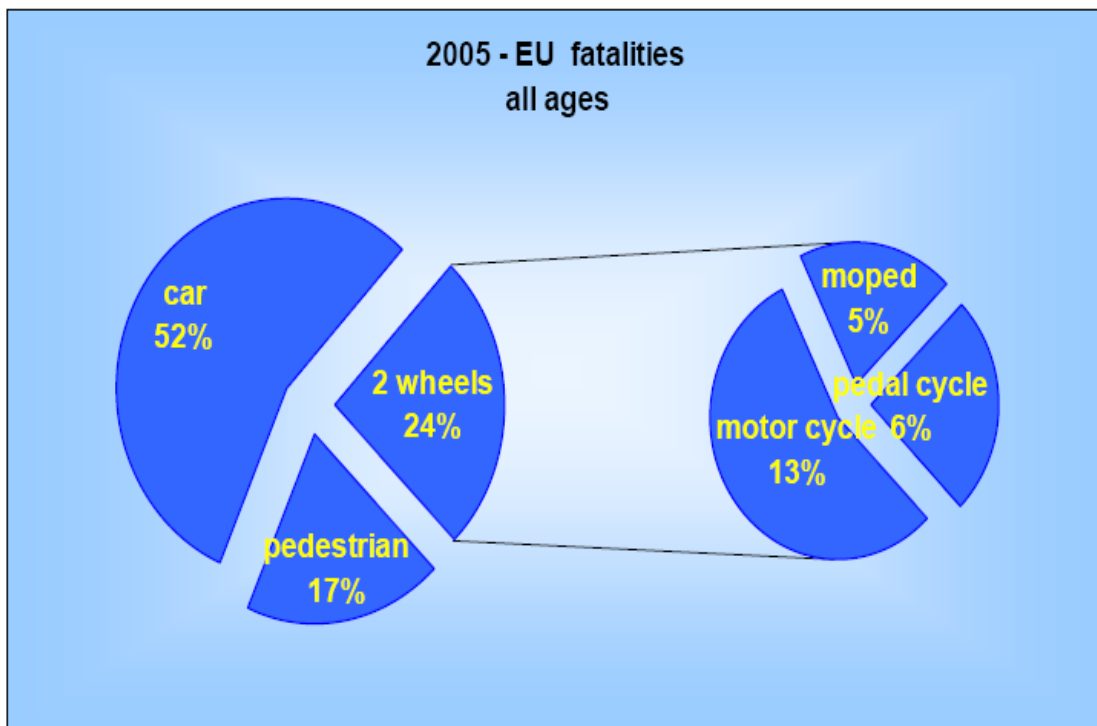
Στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταγράφεται μια συστηματική προσπάθεια τις τελευταίες δεκαετίες να βελτιωθεί η υφιστάμενη κατάσταση με στόχο την πρόληψη των οδικών ατυχημάτων και κατά συνέπεια τη μείωση των θυμάτων. Ήδη από το 1997 ως το 2006, έχει μειωθεί το ποσοστό των πεζών που χάνουν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα σχεδόν κατά 37% (European Road Safety Observatory, 2008). Ως το 2010 έχει τεθεί ως στόχος να μειωθούν γενικά οι θάνατοι από οδικά ατυχήματα κατά 25.000 όπως φαίνεται στο αμέσως παρακάτω διάγραμμα (CARE, 2006).



Διάγραμμα 1.1: Μείωση θυμάτων οδικών ατυχημάτων στην Ε.Ε. Πηγή: Europe-CARE and national data

Η Ελλάδα βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις ανάμεσα στις 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην οδική ασφάλεια, αντικατοπτρίζοντας τις ανεπαρκείς προσπάθειες τόσο από τις αρχές όσο και από τους πολίτες για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας (Yannis, 2007).

Μια από τις περισσότερο ευπαθείς ομάδες χρηστών της οδού που είναι οι **πεζοί**, δεν είναι προστατευμένοι στο βαθμό που όφειλε. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συχνή εμπλοκή πεζών σε οδικά ατυχήματα και την αυξημένη πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού ή θανάτου. Σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζεται ότι περί το 25% των νεκρών σε οδικά ατυχήματα αποτελούν οι πεζοί. Περίπου 8.000 πεζοί και οδηγοί δικύκλων χάνουν τη ζωή τους και πάνω από 300.000 τραυματίζονται κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά νεκρών πεζών σε όλες τις ηλικίες κατά το 2005 αποτελούν το 17% όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 1.2: Ποσοστό νεκρών από οδικά ατυχήματα που αποτελούν οι πεζοί σε όλες τις ηλικίες στην Ε.Ε. Πηγή: Europe-CARE and national data

Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η εξέλιξη του αριθμού θανάτων των πεζών σε σύγκριση με το συνολικό αριθμό θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. από το 1997 ως το 2006 (European Road Safety Observatory, 2008).

	Pedestrian fatalities	Population [million]	Pedestrian fatalities per million inhabitants
BE	122	10,5	11,6
CZ	202	10,3	19,7
DK	60	5,4	11,1
EE	64	1,3	47,6
EL***	234	11,1	21,1
ES	613	43,4	14,1
FR	535	62,7	8,5
IE	64	4,3	15,0
IT**	710	58,9	12,0
LU****	6	0,5	12,7
HU	296	10,1	29,3
MT	4	0,4	9,9
NL***	97	16,3	5,9
AT	110	8,2	13,4
PL*	1.756	38,2	46,0
PT	156	10,5	14,8
FI	49	5,2	9,3
SE	55	9,0	6,1
UK*	703	60,2	11,7
EU-19	5.836	366,8	15,9

Πίνακας 1.1: Αριθμός θανάτων πεζών σε σύγκριση με το συνολικό αριθμό θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Ε.Ε. από το 1997 ως το 2006

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται ο αριθμός των πεζών που χάνουν τη ζωή τους στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά τα έτη 1997-2006. Παρατηρείται ότι το 2006 περισσότεροι από 3500 πεζοί έχασαν τη ζωή τους σε οδικά ατυχήματα.

	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%

Πίνακας 1.2: Εξέλιξη των πεζών που χάνουν τη ζωή τους στα κράτη της Ε.Ε. κατά τα έτη 1997-2006

Ειδικά στην Ελλάδα και λόγω του πολύ ευνοϊκού κλίματος σε σύγκριση με άλλα βορειότερα κράτη στην Ευρώπη, ο αριθμός των θυμάτων πεζών στα οδικά ατυχήματα είναι από τους υψηλότερους. Κατά συνέπεια η βελτίωση της οδικής ασφάλειας των πεζών στην Ελλάδα είναι δυνατόν να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του συνολικού αριθμού των θυμάτων από οδικά ατυχήματα.

Γενικά, όλες οι προσπάθειες για βελτίωση της ασφάλειας των πεζών εστίαζαν σε λύσεις, όπως η κατασκευή ειδικών γεφυρών για πεζούς, δημόσια ευαισθητοποίηση οδηγών και πεζών καθώς και κυκλοφοριακούς κανονισμούς, αλλά όχι κάποια διαφοροποίηση στο σχεδιασμό των οχημάτων. Καθώς όλο και περισσότερη σημασία δίδεται στην κατασκευή ασφαλών οχημάτων για τους επιβάτες τους όλο και περισσότερο αμελείται η ασφάλεια των πεζών. Αυτό όμως τείνει να αλλάξει τα τελευταία χρόνια με τη δραστηριοποίηση του οργανισμού EuroNCAP, ο οποίος πλέον υποβάλλει σε έλεγχο όλα τα νέα μοντέλα των επιβατικών οχημάτων και σε ασφάλεια πεζών και τα αξιολογεί ανάλογα με τις επιδόσεις τους αντίστοιχα τεστ (EuroNcap, 2008).

Η βαθμολογία τους είναι με τη μορφή αριθμού αστεριών που κατέλαβαν με άριστη βαθμολογία τα 5 αστέρια.

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 (Roads&Highways: Road Safety). 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.

Η ανάγκη εξεύρεσης λύσεων για την οδική ασφάλεια των πεζών είναι επιτακτική. Πρέπει να ληφθούν μέτρα τα οποία θα πρέπει να στηρίζονται στην κατανόηση της συμπεριφοράς των πεζών και των αντιδράσεών τους κατά τις ενδεχόμενες αλλαγές του περιβάλλοντος της οδού. Για την αναστροφή των σημερινών δύσκολων συνθηκών κυκλοφορίας των πεζών στις περισσότερες ελληνικές πόλεις, οι Συγκοινωνιολόγοι με πολυετή επιστημονική συνεισφορά στα συγκοινωνιακά θέματα της Ελλάδας προτείνουν **σειρά μέτρων για τη βελτίωση της κυκλοφορίας των πεζών** στις Ελληνικές πόλεις, όπως αυτές προκύπτουν από τη διεθνή εμπειρία και την προσαρμογή της στην ελληνική πραγματικότητα.

Τα βασικότερα αυτά μέτρα συνοψίζονται κυρίως στα παρακάτω σημεία (Yannis et al., 2007):

- 1) Ετοιμασία και 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.
- 2) Συστηματική αναβάθμιση των **πεζοδρομίων** και συντήρηση και επιτήρηση της σωστής λειτουργίας πεζοδρόμων.
- 3) Ανάπτυξη ολοκληρωμένων **δικτύων διαδρομών πεζών**, καθώς και προστατευμένων διαδρομών ατόμων με ειδικές ανάγκες.

- 4) Ανάπτυξη συστήματος κατάλληλης **σήμανσης** των πεζοδρόμων και των διαδρομών πεζών.
- 5) Έμφαση στην **αστυνόμευση της παράνομης στάθμευσης** επί των πεζοδρομίων, πλατειών και διαβάσεων πεζών.
- 6) Δημιουργία και επιτήρηση **ζωνών με όριο ταχύτητας 30 χλμ. /ώρα** σε περιοχές κατοικίας και έντονων εμπορικών δραστηριοτήτων.
- 7) Εκστρατείες προώθησης της **σωστής κυκλοφοριακής συμπεριφοράς** των οδηγών απέναντι στους πεζούς μέσω των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης και των άλλων τρόπων προώθησης μηνυμάτων (αφίσες, έντυπα, κλπ.).
- 8) Θεσμοθέτηση των **μελετών επιπτώσεων οδικής ασφάλειας** με έμφαση στην κυκλοφορία των πεζών σε κάθε μεγάλο (οδικό ή μη) έργο υποδομής.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων**. Θα εξεταστεί πώς επηρεάζουν το ελάχιστο διάστημα το οποίο αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό και το αν θα δεχτεί ή θα απορρίψει κάποιο διάστημα (gap) που θα του παρουσιαστεί, οι υπάρχουσες συνθήκες (χρόνος αναμονής του πεζού πλησίον της οδού, ύπαρξη παράνομα σταθμευμένων οχημάτων), καθώς και ορισμένοι παράγοντες που αφορούν τα οχήματα (ταχύτητα, μέγεθος, χρώμα) και τους ίδιους τους πεζούς(φύλο, ηλικία).

Προκειμένου για την ποσοτικοποίηση αυτών των επιρροών, απαιτείται η **εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης** των δεδομένων. Επομένως, επιμέρους στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, που θα αποτυπώνει επαρκώς τη σχέση μεταξύ της επικινδυνότητας των πεζών και των παραμέτρων που την επηρεάζουν.

Τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν, μέσα από τη διαδικασία της ανάλυσης, θα επιτρέψουν τον προσδιορισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν το ελάχιστο διάστημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την αστική οδό αλλά και το αν θα διασχίσει τελικά ή όχι την αστική οδό.

Εκτιμάται ότι, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν, με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας, θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο επηρεάζεται το ελάχιστο διάστημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό και ο καθορισμός της τελικής του απόφασής.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

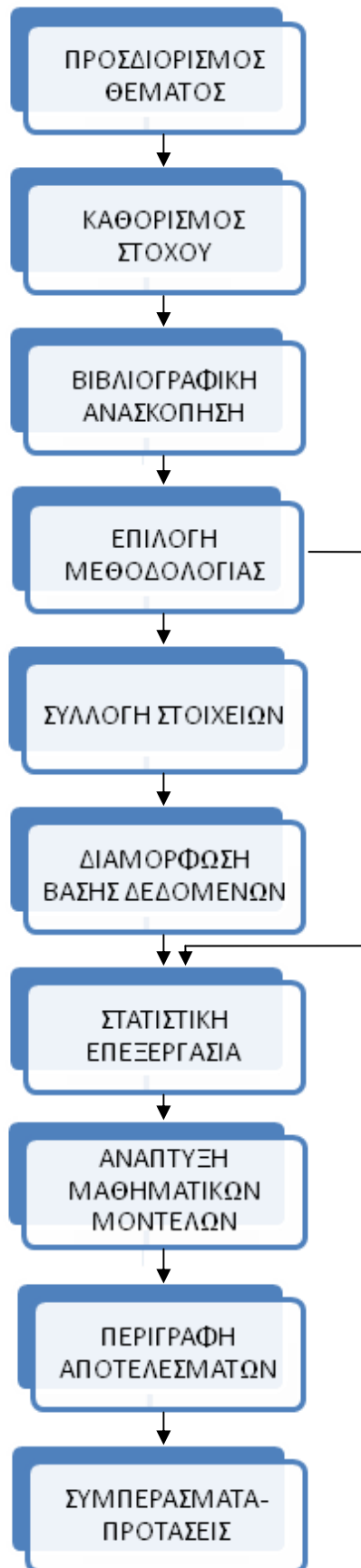
Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά καθορίστηκε το αντικείμενο που θα εξέταζε η παρούσα εργασία καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για την υλοποίηση του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της Διπλωματικής Εργασίας τόσο σε ελληνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Οι έρευνες αυτές θα φαινόταν χρήσιμες τόσο στην επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων, όσο και στην επιλογή μεθόδου ανάλυσης αυτών.

Μετά την ολοκλήρωση της αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, σειρά είχε η εύρεση του τρόπου **συλλογής των στοιχείων**. Στο στάδιο αυτό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες, στην οδό Σόλωνος στο κέντρο της Αθήνας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν καθοριστική για την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας της καταγραφής των στοιχείων αλλά και για την περαιτέρω στατιστική ανάλυση που ακολούθησε. Η μέθοδος της βιντεοσκόπησης και μαγνητοφώνησης μέσω βιντεοκάμερας νέας τεχνολογίας αποτέλεσε τον τρόπο καταγραφής των στοιχείων.

Στη συνέχεια, τα οπτικό-ακουστικά δεδομένα υπέστησαν επεξεργασία και τα στατιστικά στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων, η οποία υπέστη αρκετές τροποποιήσεις, έως ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Ακολούθησε η **επιλογή της μεθοδολογίας** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Την επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας διαδέχτηκε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας, πραγματοποιήθηκε περιγραφή της επιρροής των διαφόρων παραμέτρων στο ελάχιστο διάστημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό. Τέλος, παρατέθηκαν τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται, υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.



ΓΡΑΦΗΜΑ 1.3 Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής εργασίας, μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

Το **κεφάλαιο 1** είναι **εισαγωγικό** και στοχεύει στο να αποκτήσει ο αναγνώστης μία γενικότερη εικόνα του αντικειμένου που μελετά η παρούσα Διπλωματική. Αρχικά αναφέρονται κάποια γενικά στατιστικά στοιχεία γύρω από το θέμα της οδικής ασφάλειας τόσο για την Ελλάδα όσο και διεθνώς. Εν συνεχεία πραγματοποιείται αναφορά ειδικότερα στην ευπαθέστερη ίσως ομάδα χρηστών της οδού, τους πεζούς. Στη συνέχεια, καταγράφεται ο στόχος που πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία, που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Για την καλύτερη αντίληψη αυτής, παρατίθεται και ένα διάγραμμα ροής, που απεικονίζει την αλληλουχία των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν.

Στο **κεφάλαιο 2**, της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, παρουσιάζονται μεθοδολογίες και αποτελέσματα ερευνών με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Επισημαίνεται ότι, από το πλήθος των ερευνών που εντοπίστηκαν, ελάχιστες πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές οδικές συνθήκες, ενώ καμία δεν αφορούσε στα ελληνικά δεδομένα. Στο τέλος του κεφαλαίου, συνοψίζονται οι μεθοδολογίες όλων των ερευνών που εξετάστηκαν και καταγράφονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματά τους.

Στο **κεφάλαιο 3**, που αφορά στο **θεωρητικό υπόβαθρο**, αναλύεται η επιλεγείσα μεθοδολογία και περιγράφεται η οικογένεια στην οποία ανήκει. Αρχικά, περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες και στη συνέχεια αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης καθώς και της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης.

Ακολούθως, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται, για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Στο **κεφάλαιο 4** γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της **συλλογής και επεξεργασίας** των στοιχείων, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, περιγράφεται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας. Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων έως την απόκτηση της τελικής μορφής της. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο εισαγωγής της βάσης δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Επιπρόσθετα, επισημαίνονται τα κρίσιμα σημεία στη λειτουργία του λογισμικού και παρατίθενται οι διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης της επεξεργασίας των στοιχείων.

Το **κεφάλαιο 5** είναι ένα από τα σημαντικότερα της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς περιλαμβάνει την αναλυτική **περιγραφή της μεθοδολογίας** που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αρχικά, περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται, δηλαδή, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Γίνεται αναφορά στο σύνολο των διαδοχικών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν, ακόμα και σε εκείνες που οδήγησαν σε αποτελέσματα που δεν υιοθετήθηκαν. Τα τελικά αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις που τα περιγράφουν και από διαγράμματα ευαισθησίας, για την ευκολότερη κατανόηση τους.

Το **κεφάλαιο 6** αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Σε αυτό περιλαμβάνονται τα **συνολικά συμπεράσματα** που προέκυψαν ύστερα από την ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων. Αποτελούν μία σύνθεση αρκετών ποσοτικοποιημένων στοιχείων σε συνδυασμό με τα επιμέρους αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου.

Επιπρόσθετα, καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας είτε με άλλες μεθόδους, είτε με εξέταση πρόσθετων παραμέτρων και μεταβλητών.

Στο **κεφάλαιο 7** παρατίθεται ο **κατάλογος των βιβλιογραφικών αναφορών**. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει αναφορές, που αφορούν τόσο σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους, που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

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. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται αποτελέσματα από έρευνες που αναφέρονται στη συμπεριφορά των πεζών αναφορικά με τα εμπλεκόμενα οχήματα και γενικότερα στην οδική ασφάλεια. Εκτός από τη συνοπτική παράθεση των αποτελεσμάτων των ερευνών, γίνεται και αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων και την εξαγωγή των κατάλληλων μοντέλων. Αναφέρεται ότι οι έρευνες που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκαν στο εξωτερικό, ενώ δεν εντοπίστηκε καμία παρεμφερής έρευνα στην Ελλάδα. Σημειώνεται ότι κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, προέκυψε μεγάλος αριθμός άρθρων και εργασιών γύρω από την οδική ασφάλεια των πεζών, όμως δεν αναφέρονται αρκετά σε θέματα που σχετίζονται με το διάστημα από τα εμπλεκόμενα οχήματα που αποδέχονται οι πεζοί ή σχετικά με την απόφαση των πεζών να διασχίσουν ή όχι την οδό. Τέλος, μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός της καταλληλότερης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας.

2.2 ΠΕΖΟΙ ΣΕ ΟΔΟΥΣ ΕΚΤΟΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα **βασικότερα σημεία και αποτελέσματα ερευνών** σχετικά με την οδική συμπεριφορά των πεζών σε οδούς εκτός διασταυρώσεων, τόσο κατά τη διάσχιση της οδού εν μέσω

κάποιου διερχόμενου οχήματος, όσο και κατά την αναμονή τους, όπου καθορίζεται η απόφασή τους να περιμένουν ή να διασχίσουν τελικά την οδό. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών προέκυψαν πειραματικά είτε σε πραγματικές συνθήκες είτε σε συνθήκες προσομοίωσης. Τα μεγέθη που συναντήθηκαν συχνότερα και μελετήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν η απόσταση και το χρονικό διάστημα από το όχημα.

2.2.1 Καθορισμός της απόφασης του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό και επιλογή κρίσιμου διαστήματος

Μετά από συνεργασία ερευνητών της Αυστραλίας (Oxley et al.,2005), εκπονήθηκε μία έρευνα με θέμα την **επιλογή διαστήματος** από το όχημα σε διάφορα οδικά τμήματα, ανάλογα με την ηλικία του πεζού. Στην έρευνα αυτή παρουσιάζεται ένα πείραμα, τα οποίο πραγματοποιήθηκε με εξομοίωση των συνθηκών οδικού περιβάλλοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρούσα έρευνα ασχολείται και **με την απόφαση του πεζού** για το εάν θα διασχίσει την οδό ή όχι.

Στο πείραμα διερευνήθηκε η επιλογή του διαστήματος σε σχέση με την ηλικιακή διαφορά των συμμετεχόντων, κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας διάσχισης της οδού σε ένα εξομοιωμένο οδικό περιβάλλον, όπου η ταχύτητα των οχημάτων και το χρονικό διάστημα συστηματικά μεταβάλλονται.

Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε τρεις ηλικιακές ομάδες: δεκαοκτώ άτομα 30-45 ετών, δεκαοκτώ άτομα 60-69 ετών και δεκαοκτώ άτομα άνω των 75 ετών. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν εθελοντές, με δίπλωμα οδήγησης και απολύτως υγιείς. Ένα πλήρως εξομοιωμένο οδικό περιβάλλον δημιουργήθηκε από βάση δεδομένων ενός εξομοιωτή οδήγησης. Το οδικό περιβάλλον απεικόνιζε μια αστική οδό δυο κατευθύνσεων εκτός διασταυρώσεων (με οπτικά και ηχητικά χαρακτηριστικά ούτως ώστε να καθίσταται όσο το δυνατό πιο ρεαλιστικό) από

την προοπτική ενός πεζού ο οποίος περίμενε στην άκρη της οδού. Οι συμμετέχοντες βρίσκονταν ενώπιον μιας μεγάλης οθόνης σε ένα σκοτεινό και ήσυχο δωμάτιο και απαντούσαν θετικά ή αρνητικά στην επιλογή διαστήματος όσο και στο εάν θα διέσχιζαν την οδό, πατώντας τα αντίστοιχα πλήκτρα.

Παρατηρήθηκε ότι πολλοί πεζοί με ηλικία άνω των 75 ετών, επιλέγουν μεγαλύτερες αποστάσεις από τα οχήματα, αλλά όχι εξίσου μεγάλα χρονικά διαστήματα αυξάνοντας τις πιθανότητες για την πρόκληση ατυχήματος, δηλαδή βασίζονται πάνω στην απόσταση και όχι στο χρονικό διάστημα, επιλέγοντας μικρότερα χρονικά διαστήματα από τους αντίστοιχους νεότερους συμμετέχοντες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σε γενικές γραμμές, ότι η επιλογή του χρονικού διαστήματος από διερχόμενο όχημα καθορίζεται πρωτίστως από την **απόσταση** από το όχημα και λιγότερο από το χρόνο αναμονής του πεζού. Παρά το γεγονός ότι είχαν την ικανότητα να εκτιμήσουν ορθά την απόσταση από τα οχήματα αλλά και την ταχύτητά τους όταν τους δίδονταν αρκετός χρόνος, πολλοί πεζοί εκ της τρίτης ομάδας, δηλαδή αυτοί που ήταν ηλικιακά μεγαλύτεροι των 75 ετών, επέλεξαν ανεπαρκή χρονικά διαστήματα όπως αναφέρεται αμέσως παρακάτω.

Σε ό,τι αφορά την απόφαση του πεζού, σχετικά με τη διάσχιση της οδού, μετά από λογιστική παλινδρόμηση το συμπέρασμα είναι ότι ο καθοριστικός παράγοντας είναι η **απόσταση** και όχι τόσο το χρονικό διάστημα. Αυτό δε σημαίνει ότι το **χρονικό διάστημα** δε συνέβαλε στον καθορισμό της απόφασης. Η ταχύτητα του οχήματος λαμβάνεται υπόψη αλλά σε πολύ μικρότερη έκταση.

Σημειώνεται ότι η έρευνα, όπως και η επόμενη, ουσιαστικά ασχολείται και με το ελάχιστο ή κρίσιμο διάστημα αλλά και με την απόφαση του πεζού να δεχτεί ή να απορρίψει κάποιο διάστημα, καθώς οι δύο αυτές μεταβλητές είναι άμεσα

αλληλένδετες μεταξύ τους. Ουσιαστικά κάθε πεζός λαμβάνει την απόφαση για διάσχιση ή όχι της οδού έχοντας πάντα κατά νου ένα κρίσιμο διάστημα. Καθώς τα διάφορα οχήματα κινούνται κατά μήκος της οδού ο πεζός επεξεργάζεται τα διάφορα διαστήματα που προκύπτουν και μόλις προκύψει ένα διάστημα μεγαλύτερο από το προσωπικό κρίσιμο του πεζού, το αποδέχεται και διασχίζει την οδό.

Μια παρεμφερής έρευνα είχε δημοσιευτεί το 2002 από τους Das και Manski υποστηριζόμενη από το Πολυτεχνείο του Νέου Δελχί στην Ινδία η οποία εστίαζε στην ανάλυση της τελικής απόφασης του πεζού να περιμένει ή να διασχίσει την οδό.

Για αυτό το σκοπό πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες με τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης στο Νέο Δελχί. Η τοποθεσία του πειράματος περιελάμβανε τέσσερις διασταυρώσεις. Η βιντεοσκόπηση περιελάμβανε τις διασχίσεις των πεζών και κινήσεις διερχομένων οχημάτων και διαρκούσε συνήθως μια ή δυο ώρες τη φορά. Συνολικά καταγράφηκαν 1275 πεζοί και 6980 οχήματα. Μάλιστα χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές κάμερες, με σκοπό να καταγραφεί η επικρατούσα κατάσταση των φωτεινών σηματοδοτών κατά τη διάρκεια της απόφασης του πεζού.

Δύο ομάδες **ανεξάρτητων μεταβλητών** κωδικοποιήθηκαν για κάθε πεζό.

Η πρώτη ομάδα περιέγραφε ορισμένα χαρακτηριστικά και κινήσεις του πεζού. Τα χαρακτηριστικά αποτελούσαν το φύλο η ηλικία και κατάσταση (με ή χωρίς αποσκευές, ύπαρξη συνοδείας παιδιών, πρόβλημα κινητικό). Στις κινήσεις του πεζού περιλαμβάνονταν στοιχεία, όπως η κατεύθυνση της διάσχισης, η ακριβής ώρα έλευσης του πεζού στη διασταύρωση, η ακριβής ώρα που ξεκινάει η διαδικασία διάσχισης και η ακριβής ώρα ολοκλήρωσης της διάσχισης. Επιπροσθέτως, εξετάστηκε η ένδειξη των διαδοχικών φωτεινών σηματοδοτών κάθε φορά που λαμβανόταν μια απόφαση για διάσχιση.

Η δεύτερη ομάδα μεταβλητών περιέγραφε τη ροή των εμπλεκόμενων οχημάτων κατά τη διάρκεια παραμονής και διάσχισης από τον πεζό. Για κάθε όχημα κωδικοποιήθηκε η θέση του ως προς τον πεζό αλλά και η θέση του πεζού κατά τη διάρκεια μιας πιθανής σύγκρουσης, καθώς και ο τύπος του οχήματος.

Οι πεζοί χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες: παιδιά, νεαροί ενήλικες, μεσήλικες και ηλικιωμένοι. Έπειτα καταγράφηκε το είδος της διάσχισης της οδού, δηλαδή ανάλογα με το σημείο εκκίνησης και λήξης και ανάλογα με το είδος της σήμανσης του σηματοδότη κατά την εκκίνηση του πεζού.

Επίσης κατηγοριοποιήθηκε η ένδειξη του σηματοδότη σε ασφαλής και μη ασφαλής. Ασφαλής θεωρήθηκε η ένδειξη κατά την οποία ο πεζός θα διέσχιζε την απαιτούμενη απόσταση χωρίς παρεμβολή κάποιου οχήματος. Το κρίσιμο διάστημα μελετήθηκε τόσο με μη παραμετρική όσο και με παραμετρική ανάλυση.

Τα συμπεράσματα ήταν τα εξής:

Καταρχάς, όσο αυξάνεται η πυκνότητα ροής των οχημάτων τόσο αυξάνεται το ποσοστό των πεζών που επιλέγουν μικρότερα διαστήματα από τα εμπλεκόμενα οχήματα. Για παράδειγμα, σε μια εξεταζόμενη διασταύρωση του εξεταζόμενου τμήματος, τη διασταύρωση Motibagh, μόνο το 8% των πεζών αποδέχονται διαστήματα μικρότερα από τέσσερα δευτερόλεπτα, ενώ υποθέτοντας ότι ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται κατά 40%, το αντίστοιχο ποσοστό των πεζών αυξάνεται στο 23,7%. Ενώ μόνο το 28,6% των πεζών στην παραπάνω διασταύρωση περιμένουν παραπάνω από δέκα δευτερόλεπτα, για αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου κατά 40%, το αντίστοιχο ποσοστό των πεζών αυξάνεται στο 55,2%.

Τελικά βρέθηκε ότι πολύ μικρό ποσοστό πεζών θα δεχόταν ένα διάστημα μικρότερο από δυο δευτερόλεπτα, τη στιγμή που οι περισσότεροι θα δέχονταν ένα διάστημα της τάξης των οκτώ δευτερολέπτων.

Επίσης, σε ό,τι αφορά στο είδος των οχημάτων, διαπιστώθηκε ότι σε γενικές γραμμές επηρεάζει τη διάσχιση του πεζού. Τα κρίσιμα διαστήματα αυξάνονται με αύξηση του μήκους του οχήματος καθώς οι πεζοί αντιμετωπίζουν πιο προσεκτικά τα μεγαλύτερα σε μέγεθος οχήματα.

Εν κατακλείδι αξίζει να σημειωθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ των πεζών οι οποίοι περιμένουν για να διασχίσουν την οδό. Φαίνεται ότι οι κινήσεις μίας ομάδας πεζών είναι σε θέση να επηρεάσουν και τις κινήσεις μιας άλλης ομάδας πεζών. Αλληλεπίδραση μεταξύ πεζών και οδηγών φαίνεται να υπάρχει μόνο στην περίπτωση κατά την οποία οι οδηγοί προσαρμόζουν την ταχύτητά τους κρίνοντας από την αντίστοιχη συμπεριφορά των πεζών.

2.2.2 Συμπεριφορά των πεζών ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες

Στην πόλη Χί'αν της Κίνας πραγματοποιήθηκε το 2005 μια έρευνα παρεμφερής με αυτή των Das και Manski που αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτή τη φορά, η έρευνα υπό τον καθηγητή Yang 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

έστω και οριακά εκμεταλλεύτηκαν το χρονικό διάστημα μεταξύ δυο οχημάτων, διατρέχοντας μεγάλο κίνδυνο.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των ερωτηματολογίων και κατόπιν με τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης. Από τη βιντεοσκόπηση ελήφθησαν τα χρονικά διαστήματα αποδοχής ΔT των πεζών από τα οχήματα.

Για το σκοπό του πειράματος οι πεζοί χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες:

Τύπος I : Νομοταγείς πεζοί. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν οι πεζοί που συμμορφώνονται με τις ενδείξεις του φωτεινού σηματοδότη και δεν πραγματοποιούν επικίνδυνες κινήσεις. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κυρίως τα άτομα μεγάλης ηλικίας.

Τύπος II : Πεζοί που εκμεταλλεύονται τα χρονικά διαστήματα που τους παρουσιάζονται ώστε να διασχίσουν την οδό όταν η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη για τους πεζούς είναι κόκκινη. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι περισσότεροι κινέζοι πεζοί.

Στα ερωτηματολόγια εκτός από την ηλικία, ερωτήθηκε το εάν διασχίζουν την οδό μέσω της διάβασης και το εάν κοιτάζουν προσεκτικά την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη προηγούμενως. Ερωτήθηκε επίσης, προσεγγιστικά η πιθανότητα μη συμμόρφωσης όταν επικρατούν οι εξής 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
- Αστυνόμηση
- Αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος

- Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος
- Ζεστή ημέρα
- 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 βιντεοσκόπησης. Οι κυριότερες εξαρτημένες μεταβλητές αποδείχθηκαν τόσο από το ερωτηματολόγιο όσο και από την βιντεοσκόπηση, **η ύπαρξη αστυνόμευσης στην περιοχή και η συμπεριφορά των υπολοίπων πεζών.**

Πιο αναλυτικά:

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 βιντεοσκοπήσης 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 ΠΕΖΟΙ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα βασικότερα στοιχεία και αποτελέσματα ερευνών που προσεγγίζουν τη συμπεριφορά πεζών με χρήση μοντέλων **λογιστικής παλινδρόμησης**.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται μια έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε στο Ιλλινόις των Ηνωμένων Πολιτειών (Sun et al., 2002) και αναφέρεται στην **περιγραφή της αλληλεπίδρασης πεζών και οδηγών** κατά τη διάσχιση της οδού από τον πεζό. Η περιγραφή γίνεται με χρήση μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης. Στην πραγματικότητα μελετούνται οι αντιδράσεις των πεζών και οδηγών όταν ο πεζός διασχίζει την οδό, παρουσία οχημάτων. Σκοπός της έρευνας ήταν να δημιουργηθεί ένα μοντέλο από το οποίο να μπορεί να καθοριστούν οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται το κρίσιμο διάστημα που αποδέχονται οι πεζοί αλλά και ποιες παράμετροι καθορίζουν τη συμπεριφορά των οδηγών.

Σε ό,τι αφορά το κρίσιμο χρονικό διάστημα για τον πεζό και την πιθανότητα αποδοχής του αρχικά δοκιμάστηκε η κατανομή Erlang αλλά τελικά προτιμήθηκε η **λογιστική παλινδρόμηση** λόγω του γεγονότος ότι ένα διάστημα είτε το δέχεται είτε το απορρίπτει ένας πεζός.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που επιχειρήθηκε να συσχετιστούν με την εξαρτημένη ήταν οι εξής:

- 1.AGE:ηλικία
- 2.GEN:φύλο (0 γυναικα,1 άντρας)
- 3.WAT:χρόνος αναμονής
- 4.GAP:χρονικό διάστημα (ή διαστήματα)
- 5.NUM:αριθμός πεζών που ανέμεναν να διασχίσουν την οδό

Επίσης το να δεχτεί ο πεζός το διάστημα συμβολίστηκε με 1, ενώ να το απορρίψει με 0. Η εξίσωση στη γενική μορφή της ήταν η ακόλουθη:

$$U_1 = \alpha + \beta_1 * AGE + \beta_2 * GEN + \beta_3 * WAT + \beta_4 * GAP + \beta_5 * NUM$$

Η πιθανότητα να απορρίψει το διάστημα ο πεζός ορίζεται :Πιθανότητα απόρριψης του διαστήματος= 1 – Πιθανότητα αποδοχής του διαστήματος, δηλαδή $P(i=0) = 1 - 1/1+e^{-U_1}$

Η τελική μορφή της εξίσωσης με τις εξαρτημένες μεταβλητές ήταν η εξής:

$$U_1 = (-150,335) + (7.0 * WAT) + (17,496 * AGE) + (0,148 * GEN) + (15,282 * NUM) + (12,593 * GAP)$$

Επίσης η πιθανότητα να αποδεχτεί το διάστημα μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο: $P(i=1) = 1/1+e^{-U_1}$

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 5%, η πιθανότητα του μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης να προβλεφθεί ορθά η απόρριψη ή αποδοχή είναι 85,64%. Επίσης η πιθανότητα εύρεσης του κρίσιμου διαστήματος είναι 81,5%.

Η παραπάνω έρευνα ήταν πολύ ενδιαφέρουσα, όχι μόνο λόγω του μαθηματικού μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε αλλά και εξαιτίας του ότι ασχολήθηκε περαιτέρω με ορισμένους παράγοντες που πιθανόν επηρεάζουν

το κρίσιμο διάστημα των πεζών όπως η ηλικία των πεζών, ο χρόνος αναμονής και ο αριθμός των πεζών που αναμένουν.

Για παράδειγμα βρέθηκε πως το μέσο ελάχιστο διάστημα που αποδέχεται μια ομάδα πεζών αυξάνεται εάν αυξηθεί ο αριθμός των πεζών που αποτελούν την ομάδα. Επίσης ένας πεζός μόνος του αποδέχεται μικρότερα διαστήματα από αυτά που αποδέχεται μια ομάδα πεζών.

Σε γενικές γραμμές η αύξηση του χρόνου αναμονής σημαίνει οριακή αύξηση του μέσου ελάχιστου διαστήματος. Αυτό πιθανόν συμβαίνει, γιατί πολλοί πεζοί που αναμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, διστάζουν να ρισκάρουν επιλέγοντας μικρότερα διαστήματα από ότι συνήθως και επιλέγουν πολύ ασφαλή διαστήματα. Παρόλα αυτά δεν είναι δυνατόν να ειπωθεί με ακρίβεια αν ο χρόνος αναμονής επηρεάζει το ελάχιστο χρονικό διάστημα.

Διαπιστώθηκε επίσης ότι οι νεότεροι πεζοί αποδέχονται μικρότερα χρονικά διαστήματα από ότι μεγαλύτεροι σε ηλικία πεζοί. Το μέσο αποδεκτό διάστημα νέων πεζών είναι μικρότερο σε σύγκριση με το μέσο αποδεκτό διάστημα πιο ηλικιωμένων πεζών. Με χρήση του t-test με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% διαπιστώθηκε ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία αποδέχονται μεγαλύτερα διαστήματα. Η εξήγηση είναι ότι πιθανότατα οι γηραιότεροι είναι πιο προσεκτικοί, περιμένουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και επιλέγουν πιο ασφαλή διαστήματα για να διασχίσουν την οδό.

2.4 Η ΗΛΙΚΙΑ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ ΣΤΗΝ ΟΔΟ

Οι γηραιότεροι πεζοί βρίσκονται πολύ συχνά εμπλεκόμενοι σε σοβαρά ατυχήματα αντικατοπτρίζοντας την αδυναμία τους να εκτιμήσουν σωστά την

κατάσταση ώστε να αποφευχθεί το ατύχημα. Μάλιστα είναι γεγονός ότι οι ηλικιωμένοι πεζοί είναι πιο επιρρεπείς στους τραυματισμούς από τους νεότερους και βρίσκονται αντιμέτωποι με το ρίσκο ενός σοβαρού τραυματισμού ή και θανάτου. Σε μια έρευνα του 1991 διαπιστώθηκε ότι το 19% των θυμάτων από οδικά ατυχήματα ήταν πεζοί και το 30% των νεκρών πεζών ήταν άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών. Μάλιστα είχε διαπιστωθεί ότι οι θάνατοι από ατυχήματα παρουσίαζαν αυξητική τάση στις ηλικίες άνω των 44 ετών. Μια εξήγηση για το μεγάλο αριθμό ηλικιωμένων που εμπλέκονται σε ατυχήματα είναι ότι οι ίδιοι οι πεζοί ευθύνονται κατά ένα μεγάλο βαθμό εξαιτίας της συμπεριφοράς τους στο οδικό δίκτυο. Αφενός οι περιορισμένες σωματικές ικανότητες τους και αφετέρου οι μείωση της αποτελεσματικότητας των αισθήσεών τους, τους οδηγούν σε λανθασμένες επιλογές.

Στην έρευνα της παραγράφου 2.3.1 έγινε αναφορά σε ορισμένα συμπεράσματα πάνω στις διαφορές μεταξύ νέων και ηλικιωμένων πεζών σε ό,τι αφορά τα αποδεκτά διαστήματα. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται μια έρευνα από πανεπιστήμιο της Αυστραλίας η οποία εστιάζει στις διαφορές αυτές. Η κρίσιμη θέση που βρίσκονται οι ηλικιωμένοι πεζοί ώθησε την Oxley και τους συνεργάτες της το 1996 να ερευνήσουν περαιτέρω το ζήτημα της οδικής ασφάλειας των ηλικιωμένων (Oxley et al., 1996).

Έγινε προσπάθεια να κατανοηθούν οι διαφορετικές αντιδράσεις των γηραιότερων πεζών στην οδό και σε τι βαθμό επηρεάζουν τον κίνδυνο εμπλοκής σε ατύχημα.

Αρχικά εξετάστηκε ένας αριθμός 52 ατυχημάτων πεζών καταγεγραμμένων από τις αρχές σε κεντρικές και μη περιοχές της Μελβούρνης στο διάστημα μεταξύ 1987 και 1995.

Τα χαρακτηριστικά αυτών των ατυχημάτων καταγράφηκαν περιλαμβάνοντας την ηλικία των θυμάτων, το φύλο, την ακριβή τοποθεσία και το χρονικό σημείο

της ημέρας που συνέβη το ατύχημα. Από τα ατυχήματα αυτά τα 19 αφορούσαν πεζούς ηλικίας άνω των 65 ετών ενώ τις νυχτερινές ώρες κυρίως νέοι πεζοί εμπλέκονταν σε ατυχήματα.

Στον πίνακα 2.1 φαίνονται οι κατηγορίες των ατυχημάτων ως προς τη θέση του πεζού.

Πίνακας 2.1: Τοποθεσία των ατυχημάτων σε ποσοστό επί τοις εκατό

Τοποθεσία	Ηλικιωμένοι	Νέοι
Κοντινή λωρίδα ως προς τον πεζό	9	22
Μακρινή λωρίδα ως προς τον πεζό	31	26
Στην άκρη του δρόμου	48	47
Άλλο	12	5

Παρατηρείται ότι αναλογικά τα περισσότερα ατυχήματα συμβαίνουν όταν οι πεζοί στέκονται στην άκρη του δρόμου, ενώ οι ηλικιωμένοι εμπλέκονται περισσότερο σε ατυχήματα στη μακρινή τους λωρίδα κυκλοφορίας. Κατόπιν η έρευνα της Oxley πήρε άλλη κατεύθυνση πραγματοποιώντας επί τόπου παρατηρήσεις.

Στο πρώτο πείραμα ερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο οι ηλικιωμένοι πεζοί έθεταν τον εαυτό τους σε κίνδυνο όταν διέσχιζαν την οδό. Σε κεντρικούς εμπορικούς δρόμους της Μελβούρνης βιντεοσκοπήθηκαν 80 νέοι και 80 ηλικιωμένοι πεζοί καθώς προσέγγιζαν την οδό και τη διέσχιζαν. Από αυτό τον αριθμό επιλέχθηκε ένα τυχαίο δείγμα ατόμων και αναλύθηκε με το πρόγραμμα SPSS.

Σε γενικές γραμμές διαπιστώθηκε ότι οι νεότεροι αποδέχονται μεγαλύτερα διαστήματα από τους ηλικιωμένους. Το μέσο αποδεκτό διάστημα σε μέτρα που βρέθηκε για τις κατηγορίες των πεζών σε οδούς δυο κατευθύνσεων είναι

το εξής όπως φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 2.2. Επίσης ο χρόνος διάσχισης της οδού από τους νέους είναι μικρότερος αρκετά σε σύγκριση με τον αντίστοιχο των γηραιότερων πεζών.

Πίνακας 2.2: Μέσα αποδεκτά διαστήματα για πεζούς σε οδούς δυο κατευθύνσεων σε μέτρα

Κατηγορία πεζών	Μέσο αποδεκτό διάστημα σε μέτρα
Νέοι	69,1
Ηλικιωμένοι	51,3

Στο δεύτερο πείραμα ερευνήθηκε περαιτέρω το πώς οι γηραιότεροι πεζοί συμπεριφέρονται σε ένα λιγότερο περίπλοκο οδικό περιβάλλον. Αυτή τη φορά το πείραμα διέφερε στο γεγονός ότι η οδός αποτελούταν από μια μόνο λωρίδα κυκλοφορίας και μια κατεύθυνση.

Βιντεοσκοπήθηκαν 40 πεζοί ηλικίας περίπου 30 με 45 ετών και άλλοι 40 πεζοί ηλικίας άνω των 65 ετών και στη συνέχεια επιλέχθηκε τυχαίο δείγμα εξ αυτών ακριβώς όπως και στο πρώτο πείραμα της έρευνας και αναλύθηκε περαιτέρω.

Το γενικό συμπέρασμα του δεύτερου πειράματος ήταν ότι οι ηλικιωμένοι παρουσίασαν βελτιωμένη συμπεριφορά στο δεύτερο πείραμα σε σύγκριση με το πρώτο λαμβάνοντας ασφαλείς αποφάσεις πάνω στη διάσχιση της οδού, καταδεικνύοντας την καλύτερη προσαρμογή των ηλικιωμένων πεζών σε απλουστευμένα οδικά περιβάλλοντα χωρίς μεγάλο αριθμό πληροφοριών που προκαλούν σύγχυση στους ηλικιωμένους.

Γενικά η ασφαλής οδική συμπεριφορά των πεζών προϋποθέτει ένα συνδυασμό ικανοτήτων, έτσι ώστε να γίνει σωστή εκτίμηση των διαφόρων παραμέτρων και συνθηκών.

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι όσο η ηλικία αυξάνεται τόσο δυσκολότερα γίνονται σωστές εκτιμήσεις, ειδικά όταν οι οδικές συνθήκες είναι περίπλοκες.

Δηλαδή ένας συνδυασμός πολύπλοκων κυκλοφοριακών συνθηκών, υψηλών σχετικά ταχυτήτων και μειωμένων ικανοτήτων του πεζού οδηγεί σε μη δυνατότητα αποφυγής ατυχημάτων. Ειδικά σε οδούς δύο κατευθύνσεων οι ηλικιωμένοι πεζοί είναι εκτεθειμένοι σε μεγάλο κίνδυνο καθώς αντιλαμβάνονται λανθασμένα τις ταχύτητες των οχημάτων και τους χρονικούς διαχωρισμούς των οχημάτων.

Η έρευνα αυτή της Oxley κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το αποδεκτό διάστημα του πεζού από τα οχήματα είναι ένας πολύ καθοριστικός παράγοντας για την οδική ασφάλεια των πεζών σε αστικά περιβάλλοντα, όμως δεν πρέπει να αγνοηθεί το γεγονός ότι οι περίπλοκες κυκλοφοριακές συνθήκες φαίνεται να επηρεάζουν ακόμα περισσότερο την οδική ασφάλεια ειδικά στους ηλικιωμένους.

2.5 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν οι σημαντικότερες έρευνες που βρέθηκαν να αφορούν στη συσχέτιση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό με ορισμένες παραμέτρους, Αυτές οι παράμετροι σχετίζονται με τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν, με τα χαρακτηριστικά των οχημάτων καθώς και με τα χαρακτηριστικά του ίδιου του πεζού.

Έγιναν αρκετές έρευνες σχετικά με το **ελάχιστο διάστημα** από το όχημα που αποδέχονται οι πεζοί σε οδούς εκτός διασταυρώσεων και τα συμπεράσματα ήταν ότι η απόσταση του πεζού από το όχημα επηρεάζει πρωτίστως τη μεταβλητή αυτή. Επίσης, η αύξηση της πυκνότητας ροής των οχημάτων οδηγεί σε μικρότερα αποδεκτά διαστήματα από το όχημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ελάχιστο αποδεκτό διάστημα εκτιμήθηκε στα δυο δευτερόλεπτα και το μέσο στα οκτώ.

Σε έρευνες σχετικά με τον καθορισμό της απόφασης του πεζού **να διασχίσει ή όχι την οδό**, βρέθηκε ότι εξαρτάται περισσότερο από την απόσταση του πεζού από το όχημα και λιγότερο από το χρονικό διάστημα. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι πεζοί επιλέγουν συχνά λανθασμένα χρονικά διαστήματα από τα οχήματα ως συνέπεια της κακής εκτίμησης της ταχύτητας των οχημάτων.

Το αν θα διασχίσει κάποιος πεζός ή όχι την οδό, στις περισσότερες έρευνες εκτιμήθηκε με χρήση της **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης** ενώ ο υπολογισμός του ελάχιστου ή μέσου αποδεκτού διαστήματος από το όχημα εκτιμήθηκε με **απλή γραμμική ή λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση**.

Άλλες έρευνες έδειξαν ότι οι εκάστοτε συνθήκες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των πεζών στην οδό είναι η ύπαρξη αστυνόμευσης και η συμπεριφορά των υπόλοιπων πεζών, καθώς διαπιστώθηκε πως ένας μεγάλος αριθμός πεζών προβαίνει σε διάσχιση της οδού όταν προηγηθούν κάποιοι πεζοί που το πράξουν προηγουμένως. Οι καιρικές συνθήκες δεν έδειξαν ότι επηρεάζουν αρκετά τη συμπεριφορά των πεζών.

Σε ότι αφορά στην ηλικία των πεζών σε σχέση με τη συμπεριφορά τους, διαπιστώθηκε από έρευνες ότι οι ηλικιωμένοι ενήλικες εμπλέκονται σε ατυχήματα κυρίως εξαιτίας της συμπεριφοράς τους στο οδικό δίκτυο.

Οι εμπλοκές τους σε ατυχήματα μειώνονται όταν βρίσκονται σε λιγότερα πολύπλοκα οδικά δίκτυα.

Από τις εργασίες που συγκεντρώθηκαν, αρκετές πραγματοποιήθηκαν στις ΗΠΑ και σε άλλα ανεπτυγμένα κράτη με εξελιγμένα συστήματα μεταφορών και υψηλού επιπέδου συγκοινωνιακή υποδομή. Συνεπώς τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο εύκολο να εφαρμοστούν χωρίς **προσαρμογή** στο ελληνικό οδικό δίκτυο, όπου οι συνθήκες είναι ενδεχομένως διαφορετικές και μάλιστα πολύ πιο δυσμενείς, ιδιαίτερα για την πιο ευπαθή κατηγορία χρηστών της οδού, τους πεζούς. Το γεγονός αυτό επαληθεύεται από τα πολύ υψηλά ποσοστά οδικών ατυχημάτων με πεζούς, που εμφανίζονται στη χώρα μας.

Ο κυριότερος λόγος για την αδυναμία εφαρμογής των αποτελεσμάτων των ερευνών στην Ελλάδα είναι το γεγονός ότι η **συμπεριφορά** τόσο των **οδηγών** όσο και των **πεζών** παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στην Ελλάδα από τις χώρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι παραπάνω έρευνες. Αυτή η διαφορά εντοπίζεται και στις κυκλοφοριακές συνθήκες. Είναι σημαντικό να τονιστεί επίσης και η διαφορά στην οδική παιδεία μεταξύ των Ελλήνων και ξένων χρηστών της οδού.

Από όλα τα προαναφερθέντα, καθώς και από το μικρό πλήθος ερευνών σχετικά με την οδική ασφάλεια των πεζών που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, προκύπτει η **αναγκαιότητα για έρευνα** σχετικά με την οδική ασφάλεια των πεζών.

Παρόλα αυτά, από τις έρευνες που συγκεντρώθηκαν μπορεί κανείς να βγάλει κάποια χρήσιμα συμπεράσματα, κυρίως για τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζονται παρόμοια ζητήματα.

Έτσι παρά τις σημαντικές διαφορές, στη συμπεριφορά των χρηστών της οδού αλλά και της συγκοινωνιακής υποδομής γενικότερα, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν οι **ίδιες μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης** για την προσέγγιση του ζητήματος του ελάχιστου διαστήματος που αποδέχονται οι πεζοί για τη διάσχιση της οδού. Έτσι όπως προέκυψε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση αλλά και από θεωρητικής άποψης οι καταλληλότερες μέθοδοι για την μελέτη του ελάχιστου διαστήματος είναι οι μέθοδοι παλινδρόμησης (απλή, λογαριθμοκανονική και λογιστική).

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, που αφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο, παρουσιάζεται η θεωρία στην οποία βασίζεται η στατιστική ανάλυση της διπλωματικής εργασίας. Σε ό,τι αφορά το ελάχιστο διάστημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό, η μέθοδος που αρχικά επιλέχθηκε για την ανάλυση των στοιχείων ήταν η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression). Ο κύριος λόγος στον οποίο στηρίχθηκε η επιλογή της μεθόδου αυτής συνίσταται στο ότι, η εξαρτημένη μεταβλητή του προβλήματός (διάστημα-gap) αφενός λαμβάνει συνεχείς τιμές και αφετέρου ακολουθεί κανονική κατανομή. Ένας πρόσθετος λόγος που οδήγησε στη χρήση της μεθόδου αυτής είναι ότι, πρόκειται περί μιας απλής, ευρέως χρησιμοποιούμενης μεθόδου πρόβλεψης κάποιας μεταβλητής. Στην πορεία αναζήτησης μιας καλύτερης συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών επιλέχθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression). Σχετικά με τον καθορισμό της απόφασης του πεζού να διασχίσει τελικά ή όχι την οδό επιλέχθηκε η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression). Αυτό έγινε διότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει μόνο δύο τιμές. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, και αφού γίνει αναφορά σε κάποιες βασικές στατιστικές έννοιες, αναλύονται τα επιμέρους θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στη γραμμική και στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης, καθώς και στα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος, αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

Ο όρος **πληθυσμός** (population) αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει τη στατιστική έρευνα.

Πρόκειται για ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα. Ένας πληθυσμός μπορεί να είναι *πραγματικός*, ή *θεωρητικός*.

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

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

(α) Ποιοτικές μεταβλητές (qualitative variables). Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μίας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης. Η οικογενειακή κατάσταση είναι μια τέτοια μεταβλητή.

(β) Ποσοτικές μεταβλητές (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Η ηλικία και ο αριθμός παιδιών μιας οικογένειας συνιστούν τέτοιες μεταβλητές. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις **διακριτές (ή ασυνεχείς)** και τις **συνεχείς**.

Σε μία διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αριθμός των μελών της οικογένειας. Αντίθετα, σε μία συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα.

Ως παράδειγμα αναφέρουμε την ηλικία, για την οποία η διαφορά ανάμεσα σε δύο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια, μήνες, ημέρες, ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Cov}(X, Y) = [1/(v-1)] \cdot \sum_{i=1}^v [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας:

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

3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ- ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

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

$$\rho = (\sigma_{XY} / \sigma_X) \cdot (1/\sigma_Y)$$

Ο συντελεστή συσχέτισης ρ εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των X και Y και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των X και Y .

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

$$r(X, Y) = [\sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})] / [(\sum_{i=1}^v (x_i - \bar{x})^2)^{1/2} \cdot (\sum_{i=1}^v (y_i - \bar{y})^2)^{1/2}]$$

3.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία της στατιστικής για να μελετήσουμε τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να γνωρίζουμε τη μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές τους. Μια από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι :

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

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

3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης.

Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , δίνεται από την σχέση:

$$y_i = \alpha + \beta \cdot x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της Y 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 εξής:

- Ο σταθερός όρος α είναι η τιμή του y για $x=0$
- Ο συντελεστής β του x είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει την μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μια μονάδα.

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

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

- Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το πρόβλημα που μελετάμε, δηλαδή γνωρίζουμε τις τιμές της χωρίς καμιά αμφιβολία.
- Η εξάρτηση της Y 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 $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$

Οι παραπάνω υποθέσεις για γραμμική σχέση και σταθερή διασπορά αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Συνήθως, λοιπόν, σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης υποθέτουμε ότι η δεσμευμένη κατανομή της Y είναι κανονική.

Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$), γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι η εξής:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \beta_3 \cdot x_{3i} + \dots + \beta_k \cdot x_{ki} + \varepsilon_i.$$

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα ε_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$).

3.5.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Στην πορεία αναζήτησης μιας καταλληλότερης μεθόδου επιλέχθηκε η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (lognormal regression). Μέσω της μεθόδου αυτής δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου που συσχετίζει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την έρευνα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι ίδιο με εκείνο που εφαρμόζεται για την εκτέλεση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και αυτή γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression) οι συντελεστές των μεταβλητών του προτύπου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζονται από την ανάλυση παλινδρόμησης με βάση **την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων**, δηλαδή υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα:

$$\Sigma(Y - (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_i X_i))^2$$

Η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** βασίζεται στην υπόθεση ότι ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής ακολουθεί μια **κανονική κατανομή** με αριθμητικό μέσο μ και τυπική απόκλιση σ^2 . Με άλλα λόγια η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο όταν τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι μη αρνητικά, ο φυσικός λογάριθμος της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος. Με τη διαδικασία της παλινδρόμησης συσχετίζεται μια **εξαρτημένη μεταβλητή** με άλλες, τις **ανεξάρτητες μεταβλητές**. Βρίσκει εφαρμογή στη μελλοντική πρόβλεψη μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη ή στον προσδιορισμό μιας συναρτησιακής σχέσης $\log(\mu_i) = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq})$ μεταξύ των παρατηρηθέντων τιμών $\mu_i (i=1, 2, \dots, q)$ της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών (Bauer, Harwood, 1998).

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

$$\text{Log } y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \beta_3 \cdot x_{3i} + \dots + \beta_k \cdot x_{ki} + \varepsilon_i$$

όπου:

y : είναι η εξαρτημένη μεταβλητή και

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$: είναι οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}$: είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές

Εναλλακτικά μπορεί να διατυπωθεί με την παρακάτω πιο πολύπλοκη μορφή:

$$\mu_i = \exp(\beta_0) \cdot \exp(\beta_1 X_{i1}) \dots \exp(\beta_q X_{iq})$$

όπου το $\log(\mu_i)$ ακολουθεί κανονική κατανομή με μέσο μ_i και τυπική απόκλιση σ^2 .

3.5.3 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Στα μοντέλα γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης που περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό ισχύει η προϋπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Όμως στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (όπως η απόφαση να διασχίσει ο πεζός ή όχι την οδό) χρησιμοποιείται η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης και ταξινόμησης. Είναι δυνατή η έκβαση μιας κατηγορικής μεταβλητής με δύο κατηγορίες με τη χρήση ενός συνόλου συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η πιθανότητα η έκβαση του αποτελέσματος να ισούται με 1. Χρησιμοποιείται ο νεπερίος λογάριθμος για την **πιθανότητα** ή το **λόγο πιθανοφάνειας** (likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι 1 σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

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

όπου:

B_0 : είναι η σταθερά του μοντέλου

B_i : είναι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές ($X_i=1, \dots, n$ το σύνολο των εξαρτημένων μεταβλητών)

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 ως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\text{LN}(P/1-P)$ κυμαίνεται από μείον άπειρο ως συν άπειρο. Τα μοντέλα λογισμικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπολογίζουν την καμπυλόγραμμη σχέση ανάμεσα στην κατηγορική επιλογή Y και στις 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 τιμές. Με απλό μετασχηματισμό της παραπάνω σχέσης οδηγούμαστε στην εξής νέα σχέση:

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

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

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

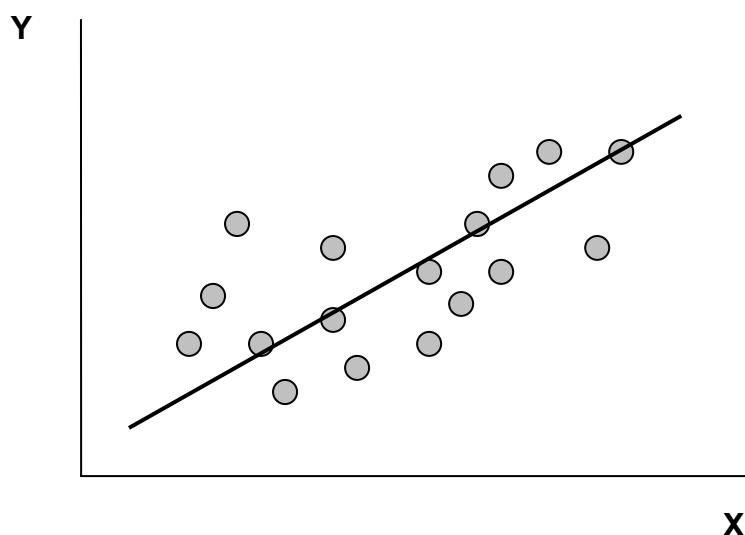
Έτσι παρατηρείται ότι όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μια μονάδα, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές παραμείνουν σταθερές, η πιθανότητα $P_i/1-P_i$ αυξάνεται κατά ένα συντελεστή \exp^{B_i} .

3.5.4 Εκτίμηση των παραμέτρων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου τόσο της πολλαπλής γραμμικής όσο και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων** (method of least squares).

Ο προσδιορισμός των β_i , δίνει μια προσεγγιστική ευθεία, που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής Y δοθέντων των τιμών της X .

Η ευθεία που προκύπτει λέγεται **ευθεία παλινδρόμησης της Y πάνω στην X** . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X,Y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Στην επόμενη σελίδα δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



ΓΡΑΦΗΜΑ 3.1: Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο εδάφιο, οι **βασικές προϋποθέσεις** που εξετάζονται **πριν την ανάπτυξη ενός μοντέλου** αφορούν καταρχήν στην κανονικότητα. Βάσει της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής Y να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών αποτελεί τη δεύτερη βασική προϋπόθεση. Σύμφωνα με αυτή, οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους ($\rho(X_i, X_j) = 0 \quad \forall i \neq j$), γιατί σε αντίθετη περίπτωση δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν δηλαδή, σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται μεταξύ τους εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

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

Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των προσήμων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η ταχύτητα διαδρομής αποτελεί την ανεξάρτητη και οι χρονικοί διαχωρισμοί την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου θα πρέπει ο συντελεστής β_i της ταχύτητας να έχει αρνητικό πρόσημο. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα, για γραμμικά πρότυπα, δίνεται από την παρακάτω σχέση:

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

Η **στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου** αξιολογείται μέσω του ελέγχου **t-test** (κριτήριο t της κατανομής student). Με τον δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, καθορίζονται δηλαδή ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

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

Όπου, s.e : τυπικό λάθος (standard error)

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t (t^*) για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 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

Έτσι για μέγεθος δείγματος περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,7$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Αν λοιπόν έχουμε $t = -3,2$ για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή X_i τότε παρατηρείται ότι η απόλυτη τιμή του t είναι μεγαλύτερη από την τιμή του t^* (1,7) και άρα είναι αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

Μετά τον έλεγχο της στατιστικής εμπιστοσύνης, εξετάζεται η **ποιότητα του μοντέλου**. Η ποιότητα του μοντέλου καθορίζεται βάσει του **συντελεστή προσαρμογής R^2** . Ο συντελεστής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

$$R^2 = SSR / SST$$

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

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του R^2 που είναι αποδεκτή ή απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 .

Θα πρέπει να τονιστεί ότι χρειάζεται προσοχή στη χρησιμοποίηση του r και του R^2 . Το R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή. Αντίθετα το r μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το Y και το X είναι τυχαίες μεταβλητές. Επομένως, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία που οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι καθορισμένες, χρησιμοποιείται ο συντελεστής R^2 , ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου.

Όσον αφορά στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τρεις προϋποθέσεις:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά, $Var(\epsilon_i) = \sigma_\epsilon^2 = c$ και
- Να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0 \forall i \neq j$

Αναφέρεται ότι η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

3.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν έγινε με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού. Αφού καταχωρήθηκαν τα δεδομένα σε ειδικές βάσεις δεδομένων, μεταφέρθηκαν στο στατιστικό λογισμικό στο πεδίο δεδομένων και ακολουθήθηκαν οι ενέργειες που συνοπτικά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αρχικά, καθορίστηκαν οι μεταβλητές στο πεδίο μεταβλητών (*variable view*). Εκεί δίνονται οι ονομασίες και καθορίζονται οι ιδιότητές τους (όνομα, τύπος μεταβλητής, αριθμός ψηφίων, κωδικοποίηση τιμών κ.α). Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση των μεταβλητών σε συνεχείς (*scale*), διατεταγμένες (*ordinal*) και διακριτές (*nominal*).

Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η εντολή **Analyze** για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η εντολή αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- **Descriptive Statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Εδώ βρίσκεται η επιλογή **Options**. Πρόκειται για χρήσιμες στατιστικές περιγραφικές συναρτήσεις (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).
- **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή **Bivariate correlations**. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο *Variables* και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης **Pearson** αν πρόκειται για

συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής συσχέτισης **Spearman** αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.

- **Regression:** Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης, μία εκ των οποίων είναι η γραμμική (**Linear**) που επιλέξαμε για την ανάλυση των δεδομένων μας. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί.

Τέλος, τα αποτελέσματα εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου. Για τον έλεγχο καταλληλότητας του μοντέλου εφαρμόζονται τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν. Επιδιώκεται:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 να είναι κατά το δυνατό μεγαλύτερος
- Οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης β_i να μπορούν να εξηγηθούν λογικά
- Ο σταθερός όρος της εξίσωσης, που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δε λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος
- Η τιμή του στατιστικού ελέγχου t να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και
- Το επίπεδο σημαντικότητας να είναι μικρότερο από 5%.

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που οδήγησε στην επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης. Αφού επιλέχθηκαν η γραμμική, η λογαριθμοκανονική και η λογιστική παλινδρόμηση, ως μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης, αναπτύχθηκε η κατάλληλη διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος, από όπου θα προέκυπταν τα απαραίτητα στοιχεία. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα οδηγήσει στην επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή τη διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων. Το κεφάλαιο αυτό, που αφορά **στη συλλογή και επεξεργασία στοιχείων**, περιλαμβάνει δύο σκέλη. Στο ένα σκέλος, που αναφέρεται στη συλλογή στοιχείων, παρουσιάζεται το πείραμα που πραγματοποιήθηκε και τα βασικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που συλλέχθηκαν. Το δεύτερο σκέλος που αφορά στην επεξεργασία των στοιχείων παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των στοιχείων και ο τρόπος εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επιπρόσθετα αναπτύσσεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη χρήση των προγραμμάτων του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Συγκεκριμένα δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα του τρόπου επεξεργασίας των στοιχείων και των τρόπων αντιμετώπισης των διαφόρων προβλημάτων που προέκυψαν.

4.2 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ**4.2.1 Στόχος**

Στόχος του πειράματος ήταν καταρχήν, να διερευνηθεί το ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός, για να διασχίσει αστική οδό εκτός

διασταυρώσεων και κατόπιν να διαπιστωθεί η επιρροή ορισμένων παραμέτρων στην απόφαση του πεζού να διασχίσει τελικά την οδό ή όχι.

4.2.2 Συλλογή στοιχείων

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί πως ο τρόπος συλλογής των στοιχείων δεν βασίστηκε σε κάποια προϋπάρχουσα έρευνα, αλλά στη μέθοδο της **βιντεοσκοπήσης**, καθώς είναι η πρώτη φορά για τα ελληνικά δεδομένα, που πραγματοποιείται πείραμα για τη διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός, για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων. Το οδικό τμήμα που θα επιλεγόταν να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις, θα ήταν επιθυμητό να παρουσιάζει αυξημένη κίνηση πεζών και οχημάτων, γεγονός που οδήγησε στη επιλογή κεντρικού σημείου στην Αθήνα. Αρχικά επιλέχθηκε η οδός Σόλωνος, και συγκεκριμένα το τμήμα ανάμεσα στις οδούς Ασκληπιού και Σίνα, όπου βρίσκονται οι φωτεινοί σηματοδότες και οι διαβάσεις των πεζών, αλλά οι μετρήσεις επικεντρώθηκαν μεταξύ των οδών Μασσαλίας και Σίνα πλησίον της Νομικής Σχολής Αθηνών.

Η επιλογή αυτή έγινε λόγω του μεγάλου φόρτου πεζών που κατευθυνόταν προς την οδό Σόλωνος είτε ανεβαίνοντας είτε κατεβαίνοντας τη Μασσαλίας και συγκεντρώνονταν ανάμεσα στις οδούς Μασσαλίας και Σίνα. Οι ιδιαιτερότητες ήταν, ότι η οδός Μασσαλίας στο τμήμα μεταξύ της οδού Σόλωνος και της οδού Ακαδημίας, μετατρέπεται σε πεζόδρομο, οπότε δεν μπορούσε να θεωρηθεί ακριβώς διασταύρωση, αλλά και ότι συγκεντρώνει πολύ μεγάλο αριθμό πεζών που διασχίζουν την οδό Σόλωνος εκτός διάβασης. Αρχικά υπήρξε ένας προβληματισμός σε ότι αφορά στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος, εξαιτίας του γεγονότος ότι η Νομική Σχολή Αθηνών βρίσκεται σε απόσταση μόνο λίγων μέτρων από τα σημεία που οι πεζοί διέσχισαν την οδό και έτσι υπήρχε κίνδυνος το δείγμα να αποτελείται μόνο από νεαρές ηλικίες και να μην είναι αντιπροσωπευτικό. Μετά από δοκιμαστικές μετρήσεις, διαπιστώθηκε ότι το δείγμα δεν αντιμετώπιζε ζήτημα αντιπροσωπευτικότητας. Η εξήγηση πιθανότατα είναι ότι στην περιοχή αυτή βρίσκονται πολλά γραφεία, υπηρεσίες και καταστήματα, άρα

συγκεντρώνονται άτομα διαφόρων ηλικιών. Επίσης ο πεζόδρομος της Μασσαλίας καταλήγει στην αφετηρία των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς στην οδό Ακαδημίας. Αυτό σημαίνει ότι ένα μεγάλο ποσοστό των πεζών οι οποίοι επιθυμούσαν να κατευθυνθούν ανηφορικά προς την περιοχή του Κολωνακίου, αλλά και όσων επιθυμούσαν να μεταβούν από το Κολωνάκι προς την αφετηρία της Ακαδημίας, επέλεξαν τον πεζόδρομο της Μασσαλίας ως την πιο σύντομη διαδρομή. Αυτό είχε ως συνέπεια να διέρχονται από το υπό εξέταση τμήμα της οδού Σόλωνος και έτσι να διευκολυνθεί αρκετά η διαδικασία του πειράματος, τόσο σε απόλυτο αριθμό πεζών όσο και σε αντιπροσωπευτικότητα.

Έπειτα από συνεχείς δοκιμαστικές λήψεις αποφασίστηκε η τοποθέτηση της βιντεοκάμερας να γίνει στη γωνία του πεζόδρομου της Μασσαλίας και της Σόλωνος, με τρόπο ώστε να καταγράφονται ευκρινώς οι πεζοί που διασχίζουν την οδό Σόλωνος, ανεξάρτητα με το αν κατηφορίζουν προς τη Σόλωνος από τη Μασσαλίας ή αν προέρχονται από τον πεζόδρομο, αλλά και τα εμπλεκόμενα οχήματα. Σκοπός ήταν **να καταγραφούν οι πεζοί**, οι οποίοι διέσχισαν κάθετα την οδό Σόλωνος στο υπό εξέταση τμήμα, κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη στη διασταύρωση Σόλωνος-Σίνα ήταν πράσινη, ώστε να διαπιστωθεί το διάστημα από τα **εμπλεκόμενα οχήματα** που αποδέχονται οι πεζοί.

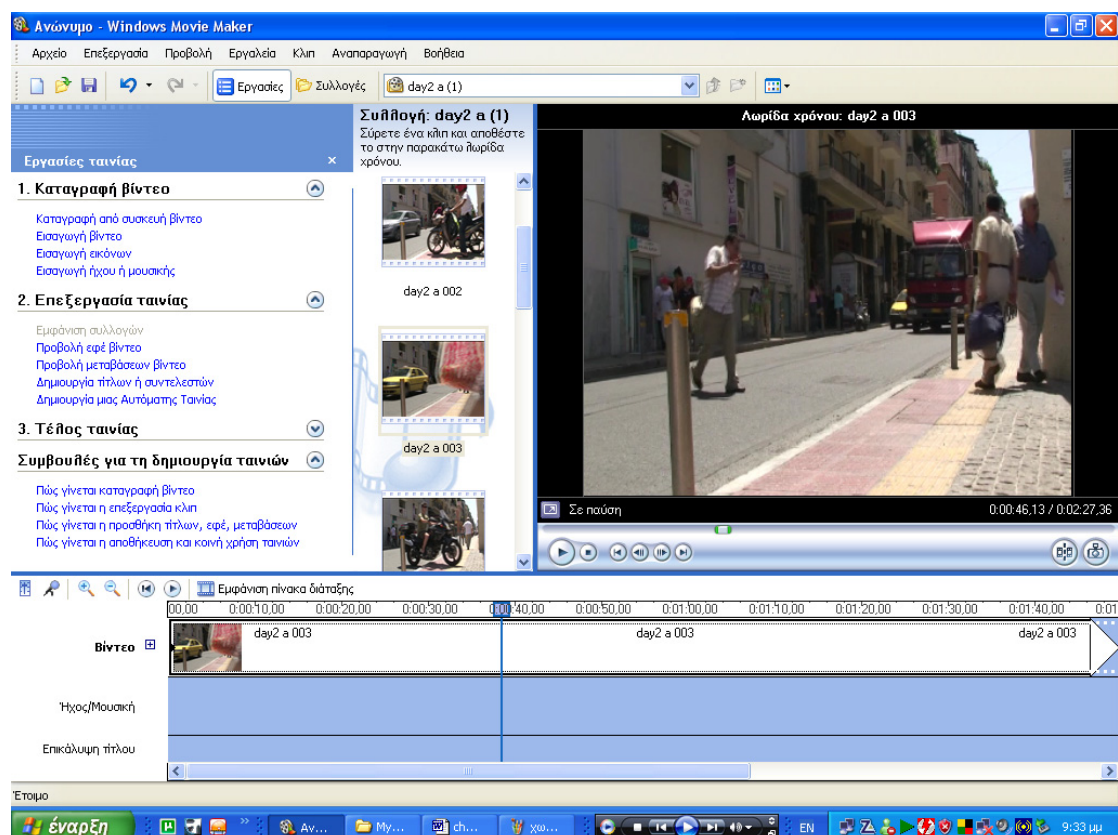
Από την ανάλυση των ταινιών προέκυπταν τα διάφορα χαρακτηριστικά των πεζών και των εμπλεκόμενων οχημάτων. Η ανάλυση των ταινιών πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα **windows movie maker**, ώστε να είναι δυνατή η εύρεση του χρονικού διαστήματος από το εμπλεκόμενο όχημα που αποδέχτηκε ή απέρριψε ο πεζός με ακρίβεια δεκάτων του δευτερολέπτου. Μετρήθηκαν δύο χρονικές στιγμές και αφαιρέθηκαν μεταξύ τους, ώστε να βρεθεί το χρονικό διάστημα που αποδέχθηκε ο πεζός. Η πρώτη χρονική στιγμή ήταν ακριβώς τότε που ο πεζός έκανε το πρώτο του βήμα προς την οδό εγκαταλείποντας το πεζοδρόμιο. Η δεύτερη χρονική στιγμή ήταν ακριβώς τότε που το εμπρός τμήμα του οχήματος προσεγγίσει οριακά εκείνη τη διατομή της οδού, την οποία διέσχισε ο πεζός.

Το τμήμα δηλαδή στο οποίο, εάν δεν προλάβει να το διασχίσει ο πεζός θα ακολουθήσει σύγκρουση με το εμπλεκόμενο όχημα.

Σε ό,τι αφορά στο χρόνο αναμονής του πεζού, η έναρξη χρονομέτρησης ήταν ακριβώς τη στιγμή που κατέφθανε στο πεζοδρόμιο, ενώ η λήξη ακριβώς τη στιγμή που ερχόταν σε επαφή με την οδό εγκαταλείποντας το πεζοδρόμιο. Γίνεται σαφές δηλαδή, ότι για τους πεζούς, οι οποίοι διέσχισαν παράνομα την οδό, η χρονική στιγμή της λήξης του χρόνου αναμονής και η χρονική στιγμή της έναρξης του αποδεκτού διαστήματος από το όχημα συμπίπτουν.

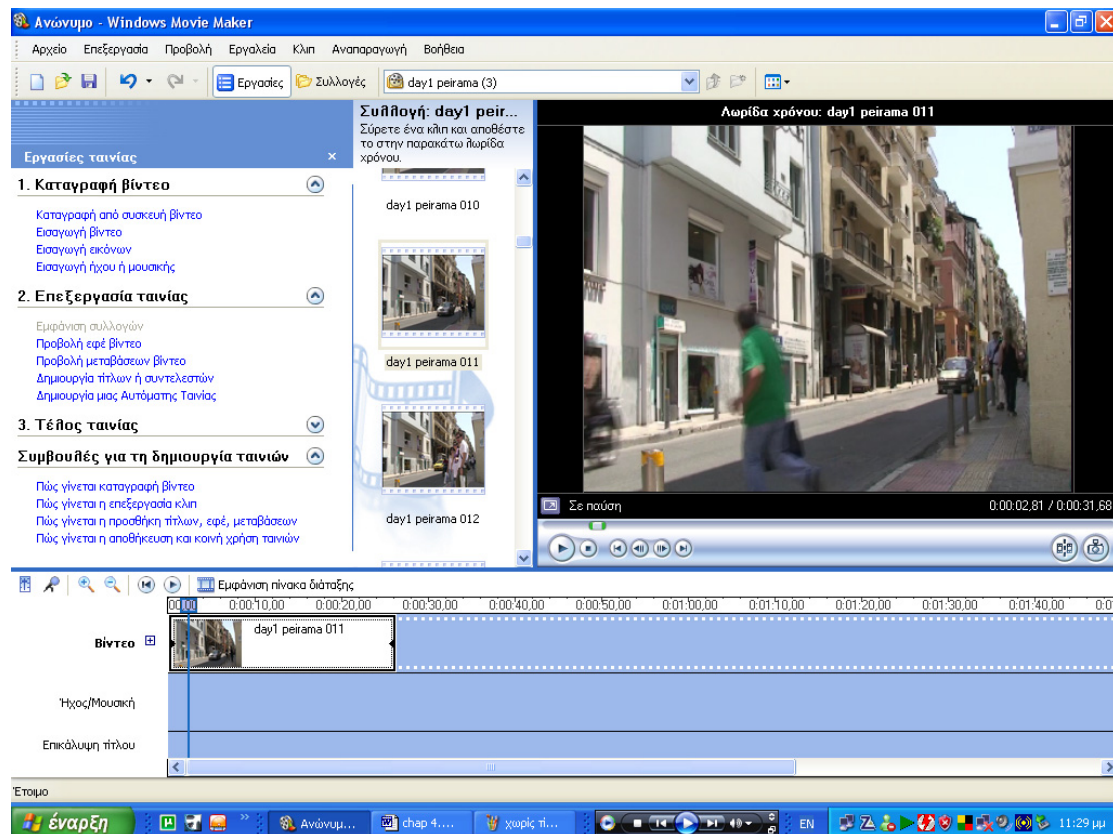
Όλες οι μετρήσεις χρονικών διαστημάτων και χρόνων αναμονής πραγματοποιήθηκαν υπό τις ίδιες συνθήκες και τις ίδιες παραδοχές, ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμες μεταξύ τους.

Παρατίθεται παρακάτω εικόνες με παραδείγματα χρήσης του ειδικού λογισμικού για ανάλυση των ταινιών.

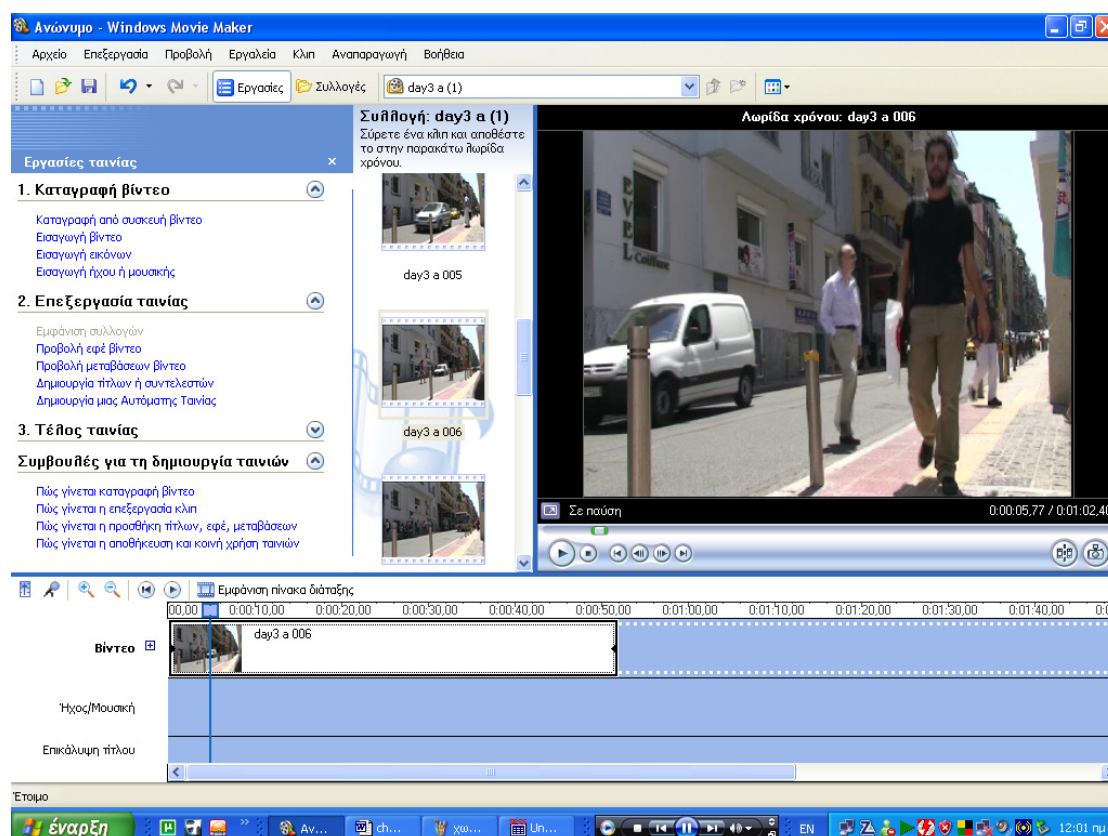


ΕΙΚΟΝΑ 4.1: Γενικό παράδειγμα χρήσης λογισμικού προγράμματος windows movie maker

Αξίζει να σημειωθεί, ότι ταυτόχρονα με τη βιντεοσκόπηση των πεζών και των εμπλεκόμενων οχημάτων για την εξαγωγή διαφόρων χαρακτηριστικών τους, έγινε και εκτεταμένη χρήση **συσσκευής λείζερ** για τον προσδιορισμό της **ταχύτητας** του οχήματος, κατά τη στιγμή την οποία ο πεζός πραγματοποιούσε την πρώτη κίνηση διάσχησης της οδού εγκαταλείποντας το πεζοδρόμιο, με την παραδοχή της διατήρησης σταθερής ταχύτητας των οχημάτων. Κατά την καταγραφή της ταχύτητας του οχήματος, αναφερόταν δυνατά η ένδειξη της συσκευής λείζερ σε απόσταση λίγων εκατοστών από την βιντεοκάμερα, ώστε κατά την ανάλυση των ταινιών να γίνει εξαγωγή της παραμέτρου “ταχύτητας”.



ΕΙΚΟΝΑ 4.2: Παράδειγμα έναρξης χρονομέτρησης του χρονικού διαστήματος



ΕΙΚΟΝΑ 4.3: Παράδειγμα λήξης χρονομέτρησης του χρονικού διαστήματος

Σε ό,τι αφορά στον κύριο στόχο της διπλωματικής εργασίας, που είναι η εύρεση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα, ελήφθησαν υπόψη μόνο τα αποδεκτά χρονικά διαστήματα από τα εμπλεκόμενα οχήματα.

Για την εύρεση των διαφόρων μεταβλητών που καθορίζουν την πιθανότητα να διασχίσει κάποιος πεζός εκτός διάβασης την οδό, χρησιμοποιήθηκαν για κάθε πεζό, εκτός από το αποδεκτό χρονικό διάστημα, το μέγιστο εκ των απορριπτέων χρονικών διαστημάτων.

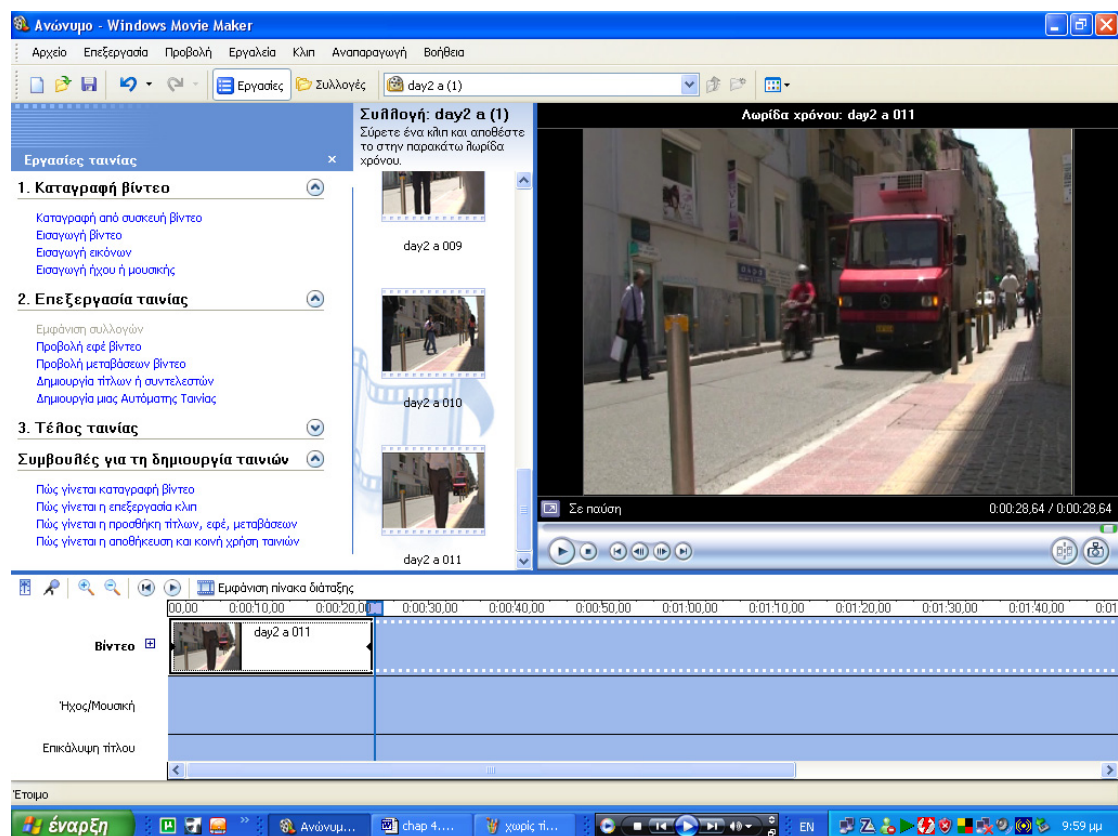
Ένα από τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν, εκτός από την τοποθέτηση της βιντεοκάμερας σε κατάλληλο σημείο και υπό κατάλληλη γωνία, ήταν το ζήτημα της ενεργειακής αυτονομίας της βιντεοκάμερας, αλλά και η προστασία της από τις υψηλές θερμοκρασίες και την ηλικία ακτινοβολία, εξαιτίας του ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε καλοκαιρινούς μήνες, αφού δεν ήταν γνωστή εκ των προτέρων η χρονική διάρκεια των μετρήσεων.

Με τη συνδρομή ενός ιδιώτη που διατηρούσε μικρό κατάστημα σε κοντινή απόσταση από το υπό εξέταση τμήμα, εξασφαλίστηκε η παροχή ενέργειας στην βιντεοκάμερα όταν κατέστη ανάγκη και η πραγματοποίηση τακτικών διαλειμμάτων, ώστε να προστατευθούν τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά μέρη της βιντεοκάμερας από την ηλιακή ακτινοβολία και την υψηλή θερμοκρασία.

Δεν ενδιέφερε να καταγραφούν οι πεζοί που διέσχιζαν το δρόμο, όταν η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη στη διασταύρωση Σόλωνος-Σίνα ήταν κόκκινη ή όταν τα οχήματα ήταν ακινητοποιημένα εξαιτίας του κυκλοφοριακού φόρτου οπότε και οι πεζοί διέρχονταν ανάμεσα τους. Επίσης αποφεύχθηκε η καταγραφή πεζών, οι οποίοι διέσχιζαν τη Σόλωνος ακριβώς τη στιγμή της εκκίνησης κάποιου οχήματος, το οποίο είτε βρισκόταν ακριβώς στο φωτεινό σηματοδότη, είτε ήταν παράνομα σταθμευμένο κατά μήκος της οδού.

Αρκετά κοντά στο υπό εξέταση τμήμα υπήρχε στάση λεωφορείου, οπότε σκόπιμα δεν καταγράφηκαν οι πεζοί που διέσχιζαν την οδό ακριβώς τη στιγμή εκκίνησης κάποιου λεωφορείου ή τη στιγμή κατά την οποία το λεωφορείο επιβράδυνε σημαντικά με σκοπό να προσεγγίσει τη στάση. Αυτό συνέβη, διότι από τη στιγμή που η στάση απέχει αρκετά από μια πιθανή θέση πεζού, ο πεζός γνωρίζει ότι δε θα τον προσεγγίσει το λεωφορείο αλλά θα σταματήσει στη στάση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το φαινόμενο της **παράνομης στάθμευσης** στην περιοχή ήταν συχνό, κυρίως στον πεζόδρομο της Μασσαλίας, αλλά ακόμα και στην οδό Σόλωνος απέναντι από τη Νομική Σχολή. Ειδικά σε ό,τι αφορά στην παράνομη στάθμευση στα όρια του πεζοδρομίου της Σόλωνος προς τον πεζόδρομο, παρατηρήθηκε παρεμβολή των παραπάνω οχημάτων στη λήψη της κάμερας, κάτι που οδήγησε στο να διαφύγει ένας μικρός αριθμός πεζών. Επίσης τα παράνομα σταθμευμένα οχήματα στην οδό Σόλωνος, όπως θα αναφερθεί πιο λεπτομερώς παρακάτω, επηρέαζαν τη συμπεριφορά των πεζών κατά τη διαδικασία διάσχισης της οδού.



ΕΙΚΟΝΑ 4.4: Παράδειγμα παράνομης στάθμευσης επί της οδού

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

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

4.3.1 Εισαγωγή των στοιχείων σε βάση δεδομένων

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο αξιολογήθηκαν και τα κυριότερα αυτών καταχωρήθηκαν σε μία βάση δεδομένων. Κατά την παρακολούθηση των ταινιών, τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για την ανάλυση και την επεξεργασία, καταγράφονταν και κατόπιν μεταφέρονταν κωδικοποιημένα σε ηλεκτρονική μορφή στη βάση δεδομένων.

Πραγματοποιήθηκε *a priori* διαχωρισμός των πεζών και οχημάτων σε διάφορες κατηγορίες οι οποίες τροποποιήθηκαν αργότερα κατά την ανάλυση των ταινιών. Κατά τη βιντεοσκόπηση καταγραφόταν η **ταχύτητα** των εμπλεκόμενων οχημάτων. Εν συνεχεία κατά την ανάλυση των ταινιών καταγράφονταν και τα υπόλοιπα στοιχεία.

Ένας πρώτος διαχωρισμός των πεζών ήταν η **ηλικία** και το **φύλο** τους. Είναι προφανές ότι δεν καθίσταται εφικτός ο ακριβής προσδιορισμός της ηλικίας του κάθε πεζού. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε ο διαχωρισμός των πεζών σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες: κάτω των 18, 18-35 35-60 και 60 και άνω.

Το επόμενο στοιχείο που καταγράφηκε ήταν, το ενδεχόμενο κάποιος πεζός να **συνοδευόταν** από ένα ή περισσότερα άτομα και επίσης καταγράφηκαν το **φύλο** και η **ηλικία** για τα άτομα αυτά.

Επίσης προσδιορίστηκε το **είδος των εμπλεκόμενων οχημάτων** με τους διερχόμενους πεζούς και επιλέχθηκαν οι εξής κατηγορίες: δίκυκλο, συμβατικό επιβατικό αυτοκίνητο, ταξί, SUV, φορτηγό και λεωφορείο. Επιλέχθηκε να καταγραφούν και τα οχήματα SUV για το λόγο ότι πλέον αποτελούν σημαντικό ποσοστό των επιβατικών αυτοκινήτων.

Μια περαιτέρω διάκριση που έγινε στα οχήματα, είναι στο **μέγεθός** τους. Τα επιβατικά χωρίστηκαν σε μικρού και μεγάλου μεγέθους και τα δίκυκλα σε μικρού και μεγάλου κυβισμού. Ειδικά για τα λεωφορεία δεν έγινε τέτοια διάκριση καθώς θεωρήθηκαν απλουστευτικά μεγάλου μεγέθους. Για τα φορτηγά επίσης δεν έγινε κάποιος διαχωρισμός τους σε ελαφριά ή βαριά,

καθώς ο αριθμός των φορτηγών που καταγράφηκαν ήταν πολύ μικρός και αποτελούταν αποκλειστικά από ελαφριά. Επίσης, τα φορτηγά θεωρήθηκαν μεγάλα στη στήλη μέγεθος οχήματος.

Επίσης καταγράφηκε το **χρώμα** των οχημάτων. Για τα ταξί αναγκαστικά προεπιλέχθηκε το κίτρινο και για τα λεωφορεία το μπλε.

Δύο πολύ σημαντικά στοιχεία που αναλύθηκαν κατά την παρακολούθηση των ταινιών, ήταν ο **χρόνος αναμονής** των πεζών στο κράσπεδο και το **χρονικό διάστημα** από το όχημα που δέχτηκε ο πεζός για να διασχίσει την οδό. Ειδικά στο δεύτερο στόχο του πειράματος, που είναι η εύρεση των μεταβλητών που επηρεάζουν τον καθορισμό της τελικής απόφασης του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό εκτός διάβασης, καταγράφηκαν και τα **απορριπτέα χρονικά διαστήματα** από κάποια οχήματα και τα χαρακτηριστικά των οχημάτων αυτών. Πιο λεπτομερής αναφορά θα πραγματοποιηθεί παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση πολύ πυκνής φάλαγγας οχημάτων ως χρονικό διάστημα λαμβανόταν εκείνο του πρώτου οχήματος.

Με την παραδοχή της σταθερής ταχύτητας των οχημάτων υπολογίστηκε η **απόσταση** των εμπλεκόμενων οχημάτων από τους πεζούς.

Επίσης καταγράφηκε η **λωρίδα** που βρισκόταν το εμπλεκόμενο όχημα σε σχέση με την πλευρά της οδού που βρισκόταν ο πεζός. Παρόλο που η οδός Σόλωνος αποτελείται από δυο λωρίδες κυκλοφορίας, έγινε ο διαχωρισμός σε κεντρική λωρίδα, κοντινή και μακρινή ως προς τον πεζό, γιατί πολλές φορές τα οχήματα δε διατηρούσαν τη λωρίδα τους και πορεύονταν στο μέσο της οδού.

Ως τελευταίο στοιχείο καταγράφηκε η ύπαρξη **παράνομα σταθμευμένων οχημάτων** επί της οδού Σόλωνος και η επίδρασή τους στην διαδικασία διάσχησης της οδού.

Για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων θα έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος, ώστε όλες οι μεταβλητές να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους. Θα έπρεπε δηλαδή και οι ποιοτικές μεταβλητές να αποκτήσουν την έννοια της μέτρησης. Αποφασίστηκε έτσι, τόσο οι ποσοτικές, όσο και οι ποιοτικές μεταβλητές να καταχωρηθούν στον πίνακα δεδομένων με τρόπο τέτοιο, ώστε κάθε χαρακτηριστικό να αντιστοιχεί σε κάποιο ακέραιο αριθμό. Για παράδειγμα όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ηλικία των πεζών χωρίστηκε σε τέσσερις κατηγορίες των κάτω των 18, 18-35 35-60 και 60 και άνω οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τις τιμές 1, 2,3 και 4 αντίστοιχα. Αν δηλαδή κάποιος είναι ηλικιωμένος, καταχωρείται η τιμή 4 στη στήλη ηλικία ή αν κάποιο όχημα είναι πράσινου χρώματος, καταχωρείται η τιμή 2 στη στήλη χρώμα.

Στην πορεία αποδείχθηκε πως η μέθοδος αυτή δεν θα εξυπηρετούσε την ανάλυση, αφού για την ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου είναι προτιμότερο οι τιμές που θα μπορούσαν να λάβουν οι μεταβλητές να είναι μόνο οι 0 και 1, καθώς οι τιμές 1, 2, 3, 4 θα έδιναν την έννοια της συνέχειας σε διακριτές μεταβλητές όπως για παράδειγμα το χρώμα του οχήματος. Για το λόγο αυτό τροποποιήθηκε ο πίνακας, έτσι ώστε οι δυνατές τιμές που θα μπορούσαν να λάβουν οι μεταβλητές να είναι μόνο οι 0 και 1. Θα έπρεπε δηλαδή, σε κάθε στήλη οι πιθανές τιμές να είναι δύο: το αν πληρείται η ιδιότητα της στήλης να αντιστοιχεί στην τιμή 1 και εάν όχι να αντιστοιχείται η τιμή 0. Στην περίπτωση αυτή, ως παράδειγμα, αναφέρεται η ηλικία που χωρίστηκε στις τέσσερις ηλικιακές ομάδες. Έτσι αν κάποιος συμμετέχοντας ήταν έφηβος, ετίθετο 1 στην πρώτη κατηγορία και 0 στις υπόλοιπες.

4.3.2 Περιγραφή βάσης δεδομένων

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρατεθούν κάποιοι πίνακες που προέκυψαν από μια πρώτη ανάλυση των στοιχείων της βάσης δεδομένων, με τη βοήθεια των οποίων εξάγονται κάποια πρώτα στοιχεία πάνω στις παρατηρηθείσες και μετρηθείσες μεταβλητές του πειράματος.

<u>Κωδικός πεζού</u>	<u>Φύλο</u>	<u><18</u>	<u>18- 35</u>	<u>35- 60</u>	<u>>60</u>	<u>Ύπαρξη συνοδείας</u>
1	1	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0
4	1	0	0	1	0	0
5	1	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	1	0
7	1	0	0	1	0	0
8	0	0	0	1	0	0
9	1	0	0	0	1	0
10	1	0	0	0	1	0
11	1	0	0	1	0	0
12	0	0	1	0	0	0
13	1	0	0	1	0	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 Απόσπασμα πίνακα με τις παρατηρηθείσες μεταβλητές

<u>Ταχύτητα(m/sec)</u>	<u>Διάστημα(sec)</u>	<u>Λογάριθμος του διαστήματος</u>	<u>Απόσταση(m)</u>	<u>Δίκυκλο</u>	<u>ΙΧ</u>
8,33	3,33	0,52	27,75	0	0
2,50	2,21	0,34	5,53	0	0
3,89	5,59	0,75	21,74	0	0
5,56	2,29	0,36	12,72	0	0
8,33	3,30	0,52	27,50	1	0
8,06	4,08	0,61	32,87	1	0
6,39	9,37	0,97	59,86	0	0
8,61	5,11	0,71	44,00	0	0
6,94	2,85	0,45	19,79	1	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 Απόσπασμα τελικού πίνακα

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 SPSS 13.0. 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), διατεταγμένη (ordinal) και διακριτή (nominal). Μετά την εισαγωγή της βάσης δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η εντολή **analyze**, με την οποία πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν περιγράφονται στη συνέχεια:

- 1. Descriptive statistics:** Πρόκειται για διαδικασία για την παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων, όπως αυτή της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου (analyze → descriptive statistics → options).
- 2. Correlate:** Πρόκειται για διαδικασία για τη μέτρηση της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο **Variables** (analyze → correlate → bivariate correlations). Χρήσιμες επιλογές είναι οι Pearson ή οι Spearman συσχετίσεις.
- 3. Regression:** Πρόκειται για διαδικασία που εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης. Η διαδικασία της ανάλυσης ξεκινά με τη γραμμική παλινδρόμηση, οπότε και επιλέγεται η εντολή **Linear** (analyze → regression → linear). Επίσης για το σκοπό του πειράματος χρησιμοποιείται και η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης, οπότε και επιλέγεται η εντολή **Linear** (analyze → regression → binary logistic). Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter, που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που γράφονται εκεί.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι τόσο στο λογισμικό EXCEL όσο και SPSS, δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικές βάσεις δεδομένων, μια για κάθε διαδικασία παλινδρόμησης, αφού σε κάθε στόχο του πειράματος αντιστοιχούσε άλλη μέθοδος στατιστικής ανάλυσης.

Για παράδειγμα στην εύρεση του ελάχιστου αποδεκτού διαστήματος από το όχημα χρησιμοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση, ενώ για την εύρεση της πιθανότητας να διασχίσει ή όχι την οδό, λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

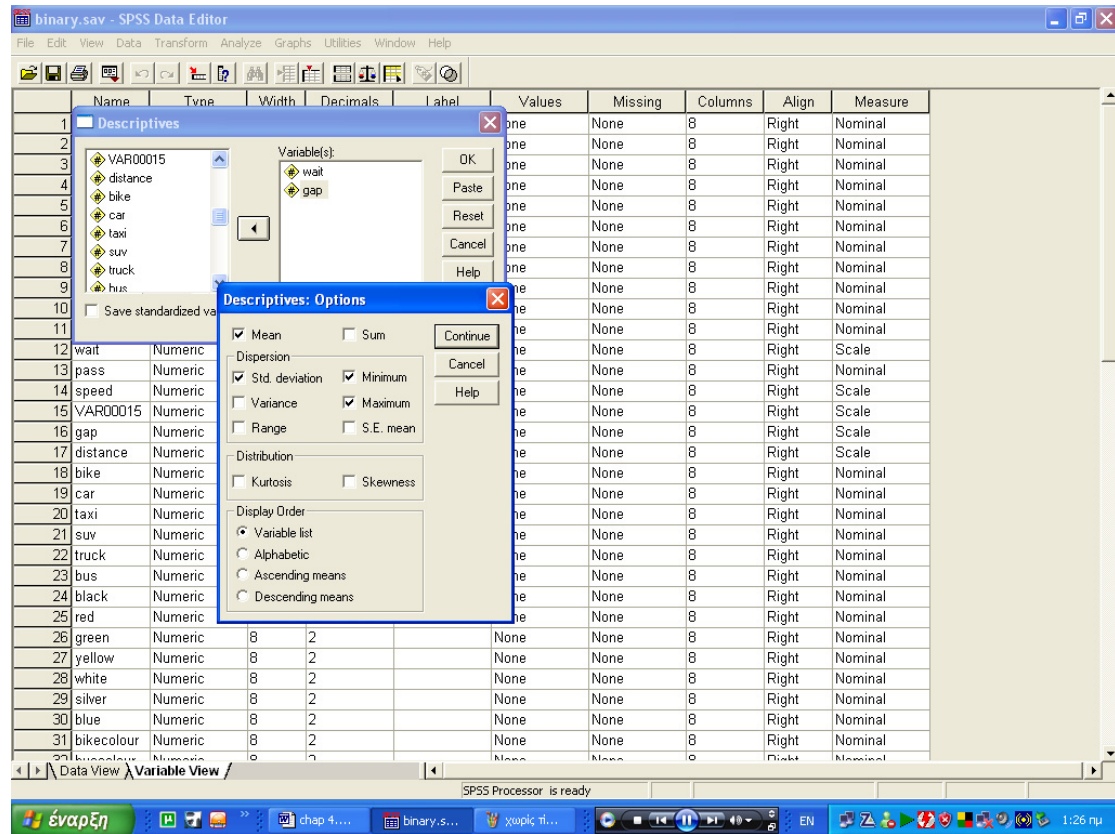
personid	gender	child	young	middle	old	accomp	gender2	age2	gender3	age3	wait	pass
1	1,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	,00	1,00
2	2,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	7,60	,00
3	2,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	7,60	1,00
4	3,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	1,66	1,00
5	3,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	1,66	,00
6	4,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
7	5,00	1,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	,00	1,00
8	6,00	,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	4,21	,00
9	6,00	,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	4,21	1,00
10	7,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
11	8,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
12	9,00	1,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	,00	1,00
13	10,00	1,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	,00	1,00
14	11,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	6,48	,00
15	11,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	6,48	1,00
16	12,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	10,95	,00
17	12,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	10,95	1,00
18	13,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
19	14,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	5,54	,00
20	14,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	5,54	1,00
21	15,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
22	16,00	1,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	,00	1,00
23	17,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
24	18,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	2,20	1,00
25	18,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	2,20	,00
26	19,00	1,00	,00	1,00	,00	,00	1,00	1,00	2,00	.	,00	1,00
27	20,00	1,00	1,00	,00	,00	,00	.	.	.	.	1,66	1,00
28	21,00	,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
29	22,00	,00	,00	1,00	,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00
30	23,00	1,00	1,00	,00	,00	,00	.	.	.	.	1,19	1,00
31	24,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	.	.	.	.	,00	1,00

ΕΙΚΟΝΑ 4.5 Παράδειγμα εισαγωγής των στοιχείων στο λογισμικό SPSS

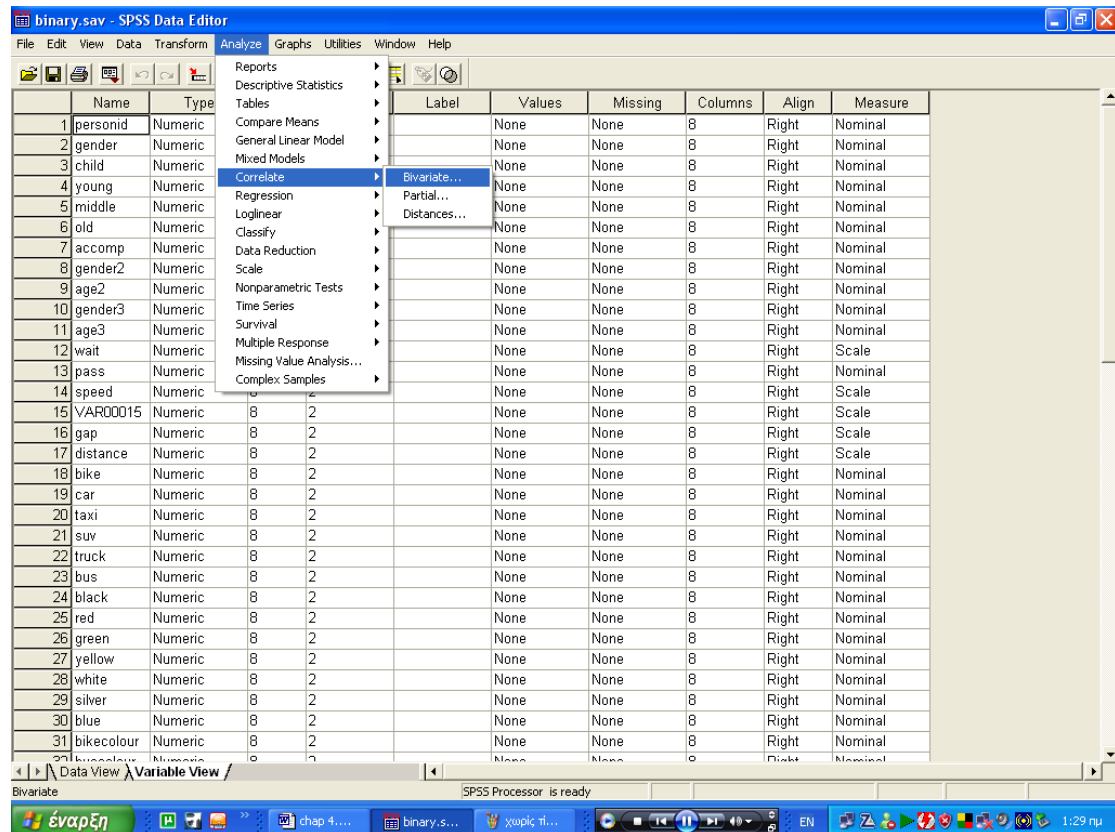
Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1 personid	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
2 gender	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
3 child	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
4 young	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
5 middle	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
6 old	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
7 accomp	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
8 gender2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
9 age2	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
10 gender3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
11 age3	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
12 wait	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
13 pass	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
14 speed	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
15 VAR00015	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
16 gap	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
17 distance	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
18 bike	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
19 car	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
20 taxi	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
21 suv	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
22 truck	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
23 bus	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
24 black	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
25 red	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
26 green	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
27 yellow	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
28 white	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
29 silver	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
30 blue	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
31 bikecolour	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal

ΕΙΚΟΝΑ 4.6 Παράδειγμα καθορισμού των μεταβλητών

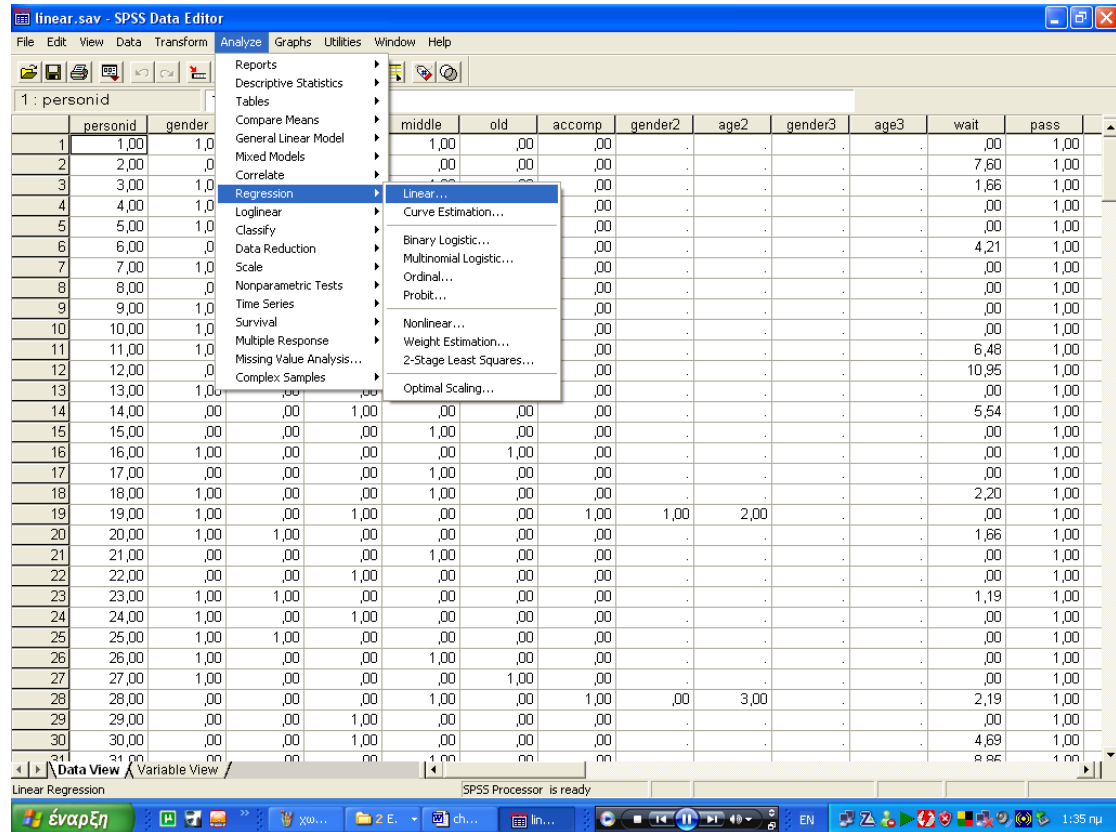
ΕΙΚΟΝΑ 4.7 Παραγωγή περιγραφικών συναρτήσεων



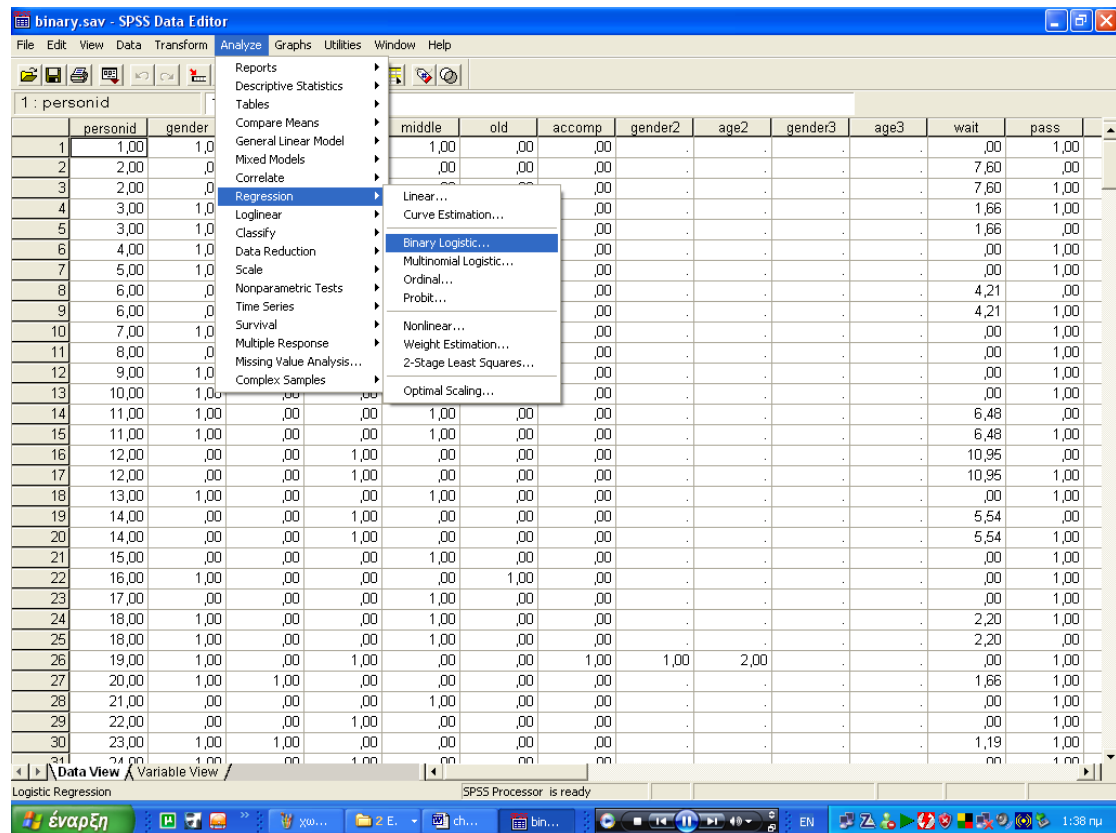
ΕΙΚΟΝΑ 4.8 Επιλογή των περιγραφικών συναρτήσεων της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου



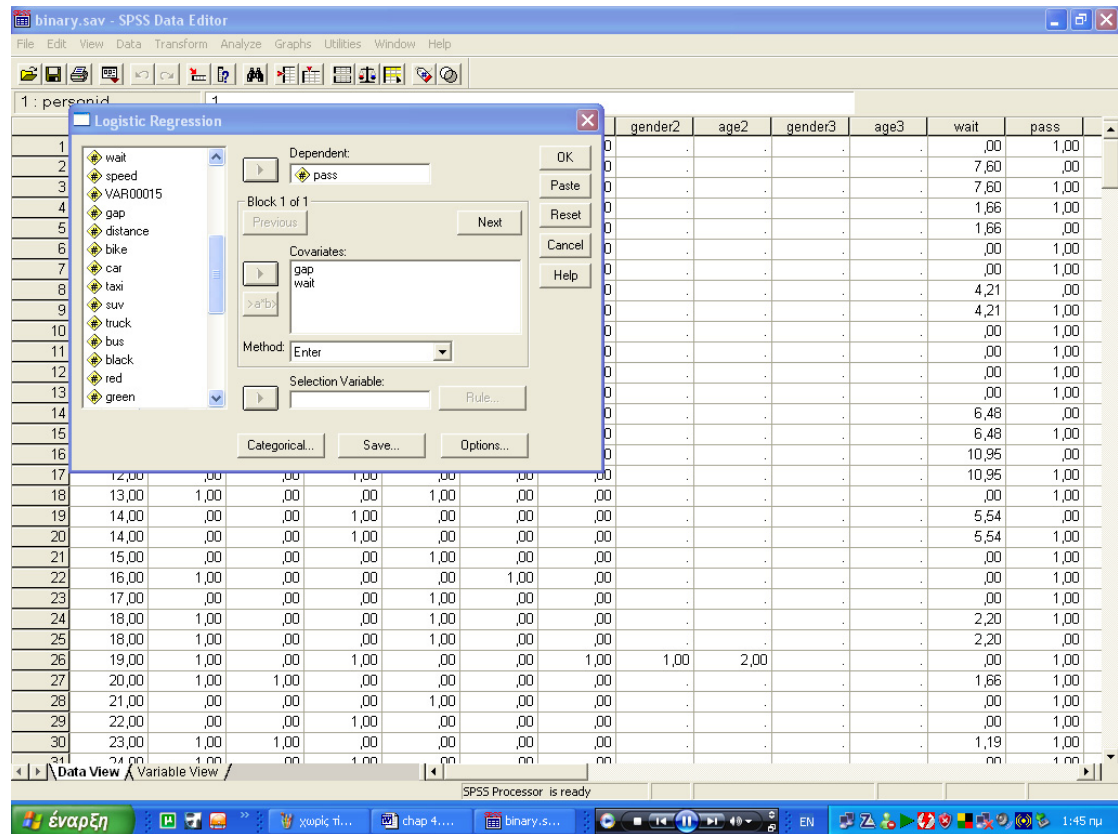
ΕΙΚΟΝΑ 4.9 Διαδικασία συσχέτισης των μεταβλητών



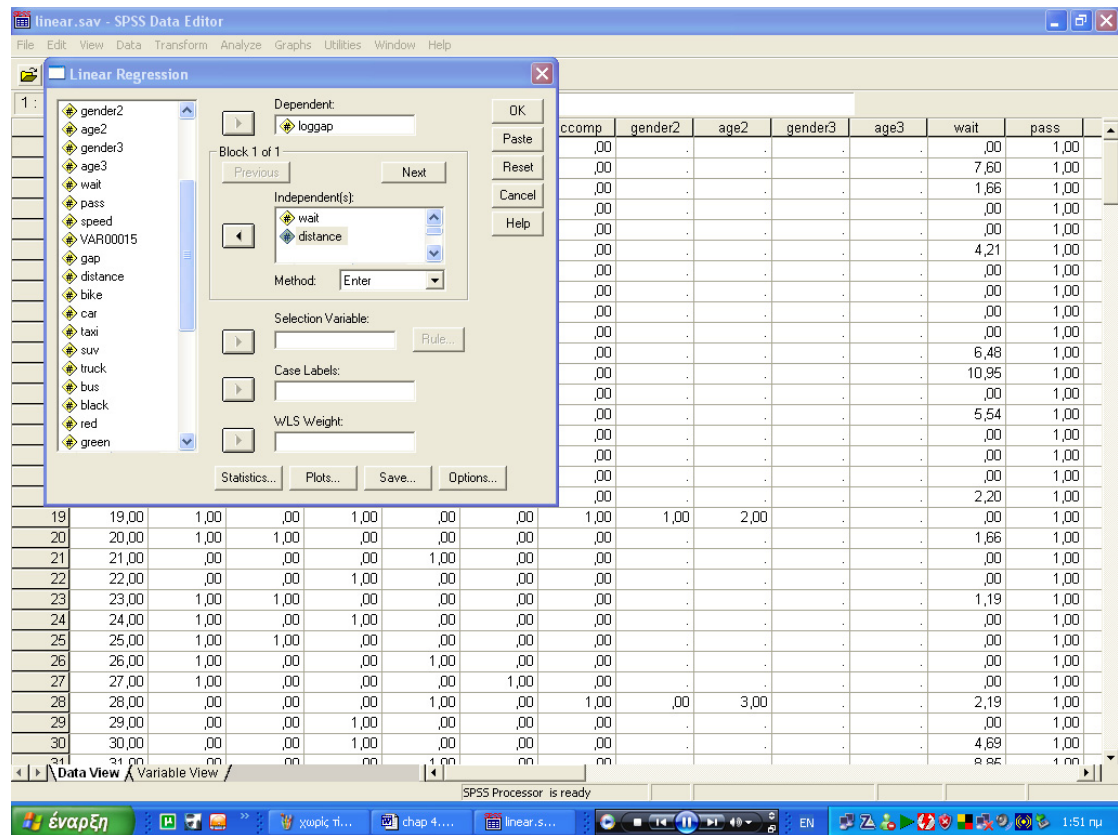
ΕΙΚΟΝΑ 4.10 Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση



ΕΙΚΟΝΑ 4.11 Ανάλυση με λογιστική παλινδρόμηση



ΕΙΚΟΝΑ 4.12 Παράδειγμα ορισμού εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών



ΕΙΚΟΝΑ 4.13 Παράδειγμα ορισμού εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούν αναλυτικά οι διεργασίες που έλαβαν χώρα στο πακέτο ειδικού λογισμικού στατιστικής ανάλυσης, όπως για παράδειγμα η προσπάθεια συσχέτισης κάποιων ανεξάρτητων μεταβλητών και τα αποτελέσματά της, ο λόγος που οδήγησαν στην επιλογή της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης έναντι της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, καθώς και τα τελικά αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων πάνω στους δυο στόχους της διπλωματικής εργασίας.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας.

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε με δύο διαφορετικές μεθόδους: τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης και τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση.

Στο παρόν κεφάλαιο 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 αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν **οι στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

Σημαντικό τμήμα του κεφαλαίου καταλαμβάνει το εδάφιο που αφορά στην **παρουσίαση των αποτελεσμάτων** και διακρίνεται στις τρεις φάσεις που ακολουθούν:

- 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. Αξίζει να σημειωθεί ότι πραγματοποιήθηκαν δυο ξεχωριστές στατιστικές αναλύσεις, καθότι στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν δυο ξεχωριστές εξαρτημένες μεταβλητές. Και στις δυο περιπτώσεις, οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο ήταν οι ίδιες.

Εξαρτημένες Μεταβλητές

gap: το χρονικό διάστημα από το όχημα (σε δευτερόλεπτα)

pass/no: το εάν διέσχισε ή όχι την οδό τελικά ο πεζός

-Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Gender1: το φύλο του πεζού

Child: πεζός του οποίου η ηλικία είναι κάτω των 18 ετών (κατ' εκτίμηση)

Young: πεζός ηλικίας 18-35 (κατ' εκτίμηση)

Middle: πεζός ηλικίας 35-60 (κατ' εκτίμηση)

Old: πεζός ηλικίας 60 και άνω (κατ' εκτίμηση)

Accompanied: εάν ο πεζός συνοδεύεται

Gender2: φύλο του πρώτου συνοδού του πεζού

Age2: ηλικία του πρώτου συνοδού του πεζού

Gender3: φύλο του δεύτερου συνοδού του πεζού

Age3: ηλικία του δεύτερου συνοδού του πεζού

Wait: ο χρόνος αναμονής του πεζού στην οδό (σε δευτερόλεπτα)

Speed: ταχύτητα του εμπλεκόμενου οχήματος (σε χιλιόμετρα ανά ώρα)

Distance: η απόσταση του πεζού από το εμπλεκόμενο όχημα (σε μέτρα)

Bike: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν μοτοσικλέτα

Car: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν ΙΧ επιβατικό

Taxi: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν ταξί

Suv: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν επιβατικό τύπου jeep (suv)

Bus: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν λεωφορείο

Truck: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν φορτηγό

Black: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος μαύρου ή γκρι

Red: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος κόκκινου

Green: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος πράσινου

Yellow: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος κίτρινου

White: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος λευκού

Silver: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος ασημί

Blue: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν χρώματος μπλε

Bikexroma: το χρώμα των μοτοποδηλάτων

Size: εάν το διερχόμενο όχημα ήταν μεγάλου ή μικρού μεγέθους

Central lane: εάν το διερχόμενο όχημα δε βρισκόταν ουσιαστικά ούτε στην αριστερή λωρίδα ούτε στη δεξιά

Rightlane: εάν το όχημα διερχόμενο βρισκόταν στη μακρινή λωρίδα σε σχέση με τον πεζό

Leftlane: εάν το διερχόμενο όχημα βρισκόταν στην κοντινή λωρίδα σε σχέση τον πεζό

Park/no: η ύπαρξη ή όχι παράνομα σταθμευμένων οχημάτων σε κοντινή απόσταση από το σημείο των μετρήσεων

Επισημαίνεται ότι, από τις ανωτέρω μεταβλητές, οι μεταβλητές wait (χρόνος αναμονής), speed (ταχύτητα), distance (απόσταση), gap (χρονικό διάστημα από το όχημα) ορίστηκαν ως συνεχείς (scale). Αντίθετα, όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές ορίστηκαν ως ποιοτικές (nominal), χωρίς όμως να έχουν την έννοια της φυσικής διάταξης (ordinal). Οι δυνατές τιμές των μεταβλητών αυτών διακρίθηκαν σε δύο κατηγορίες, στις οποίες αντιστοιχίστηκαν οι τιμές 0 και 1. Οι κατηγορίες των μεταβλητών και οι αντίστοιχες τιμές τους φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: Κατηγοριοποίηση διακριτών μεταβλητών

Μεταβλητές	Τιμή "0"	Τιμή "1"
gender	γυναίκα	άνδρας
size	μικρό όχημα	μεγάλο όχημα
pass/no	δε διέσχισε την οδό δεν υπάρχει παρκαρισμένο	διέσχισε την οδό
park/no	όχημα	υπάρχει

Σε ότι αφορά στη μεταβλητή size έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Όλα τα ταξί, φορτηγά και λεωφορεία έλαβαν την τιμή "1"
- Οι μοτοσικλέτες μεγάλου κυβισμού έλαβαν την τιμή "1", ενώ οι μικρού κυβισμού την τιμή "0"
- Στα συν και τα ΙΧ επιβατικά αυτοκίνητα η κατηγοριοποίηση του μεγέθους έγινε κατ' εκτίμηση, για παράδειγμα τα οικογενειακά αυτοκίνητα θεωρήθηκαν μεγάλα και έλαβαν την τιμή "1", ενώ τα μίνι έλαβαν την τιμή "0".

Επίσης σε ότι αφορά στην ηλικία, στο χρώμα και στο είδος των οχημάτων, και στη λωρίδα κυκλοφορίας υπήρχαν περισσότερες των δύο κατηγορίες, έτσι η

τιμή “1” ήταν δυνατό να αντιστοιχεί σε όλες τις μεταβλητές αυτές εφόσον λάμβαναν χώρα. Ακριβώς παρακάτω στον πίνακα 5.2 φαίνεται ένα τέτοιο παράδειγμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: Παράδειγμα κατηγοριοποίησης διακριτών μεταβλητών που εμπίπτουν σε άλλο κανόνα

<u>Child</u>	<u>young</u>	<u>middle</u>	<u>old</u>
0	0	1	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	1	0
0	0	0	1
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	0
0	0	0	1

Για παράδειγμα στη πρώτη σειρά του παραπάνω πίνακα ο οποίος αποτελεί απόσπασμα της βάσης δεδομένων, παρατηρείται ότι ο πεζός ανήκει στην κατηγορία middle δηλαδή είναι ηλικίας 35-60 ετών, ενώ στη δεύτερη σειρά ο πεζός είναι νέος ηλικίας 18-35 ετών.

5.2.2 Περιγραφική στατιστική

Ολόκληρη η διαδικασία της ανάλυσης που θα παρουσιαστεί στην παράγραφο αυτή πραγματοποιείται μέσω της εντολής **Analyze**.

Αυτό που ενδιαφέρει αρχικά, είναι η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Αφού επιλεγεί η εντολή Analyze, ακολουθεί η επιλογή της εντολής Descriptive statistics και στη συνέχεια η επιλογή Descriptives, προκειμένου για την **παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων** (analyze → descriptive statistics → descriptives → options). Οι συναρτήσεις που επιλέγονται είναι εκείνη της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου. Είναι προφανές ότι, οι προαναφερθείσες συναρτήσεις έχουν νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές.

Επομένως, στο πλαίσιο των μεταβλητών (variables) εισάγονται ο χρόνος αναμονής (wait), η ταχύτητα (speed), η απόσταση (distance) και το χρονικό διάστημα (gap) καθώς αποτελούν εκείνες τις μεταβλητές που λαμβάνουν συνεχείς τιμές. Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών

Μεταβλητές	Συναρτήσεις				
	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση τιμή	Τυπική Απόκλιση
Χρόνος αναμονής πεζού (sec)	243	0	37,32	6,21	6,12
Ταχύτητα οχήματος (km/h)	243	4	48	25,21	7,82
Απόσταση πεζού από το όχημα (m)	243	2,97	64,98	30,07	12,08
Χρονικό διάστημα από το όχημα(sec)	243	0,50	11,11	3,29	1,76

5.2.3 Συσχέτιση των μεταβλητών

Το επόμενο βήμα αφορά στη **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών πραγματοποιείται και πάλι μέσω της εντολής analyze (analyze → correlate → bivariate correlations). Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πεδίο Variables. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα αποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας διερεύνησης της συσχέτισης τόσο για τις συνεχείς, όσο και για τις διακριτές μεταβλητές φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4: Συσχέτιση μεταξύ συνεχών μεταβλητών

		wait	speed	gap	distance
wait	Pearson Correlation	1	-,013	,040	,007
	Sig. (2-tailed)		,840	,540	,910
	N	243	243	243	243
speed	Pearson Correlation	-,013	1	-,225**	,606**
	Sig. (2-tailed)	,840		,000	,000
	N	243	243	243	243
gap	Pearson Correlation	,040	-,225**	1	,579**
	Sig. (2-tailed)	,540	,000		,000
	N	243	243	243	243
distance	Pearson Correlation	,007	,606**	,579**	1
	Sig. (2-tailed)	,910	,000	,000	
	N	243	243	243	243

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Από τον ανωτέρω πίνακα παρατηρούνται τα εξής:

- Υφίσταται πολύ **σημαντική συσχέτιση** μεταξύ του χρονικού διαστήματος και της απόστασης του οχήματος από τον πεζό και της ταχύτητας του οχήματος σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Η συσχέτιση αυτή δικαιολογείται απόλυτα από τη σχέση που ορίζει την ταχύτητα ($V=S/T$) και καθιστά την ταχύτητα και το χρονικό διάστημα ως αντιστρόφως ανάλογα ποσά και την ταχύτητα και την απόσταση ως ανάλογα ποσά.
- Δε παρουσιάζεται κάποια άλλη συσχέτιση μεταξύ των συνεχών μεταβλητών σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εξαιτίας του πολύ μεγάλου αριθμού των διακριτών μεταβλητών, ο τελικός πίνακας συσχέτισης τους δεν ήταν δυνατόν να παρουσιαστεί και έτσι ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τη συσχέτιση ορισμένων διακριτών μεταβλητών που τελικά ελήφθησαν υπόψη στα τελικά μοντέλα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5: Συσχέτιση μεταξύ διακριτών μεταβλητών

		gender	pass	parking	car	accomp
gender	Pearson Correlation	1	,004	-,083	,008	-,069
	Sig. (2-tailed)		,940	,134	,884	,213
	N	330	330	330	330	330
pass	Pearson Correlation	,004	1	-,074	-,101	-,031
	Sig. (2-tailed)	,940		,177	,066	,579
	N	330	330	330	330	330
parking	Pearson Correlation	-,083	-,074	1	,026	-,065
	Sig. (2-tailed)	,134	,177		,641	,238
	N	330	330	330	330	330
car	Pearson Correlation	,008	-,101	,026	1	,007
	Sig. (2-tailed)	,884	,066	,641		,893
	N	330	330	330	330	330
accomp	Pearson Correlation	-,069	-,031	-,065	,007	1
	Sig. (2-tailed)	,213	,579	,238	,893	
	N	330	330	330	330	330

Δεν παρατηρείται καμία συσχέτιση μεταξύ αυτών των διακριτών μεταβλητών σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01.

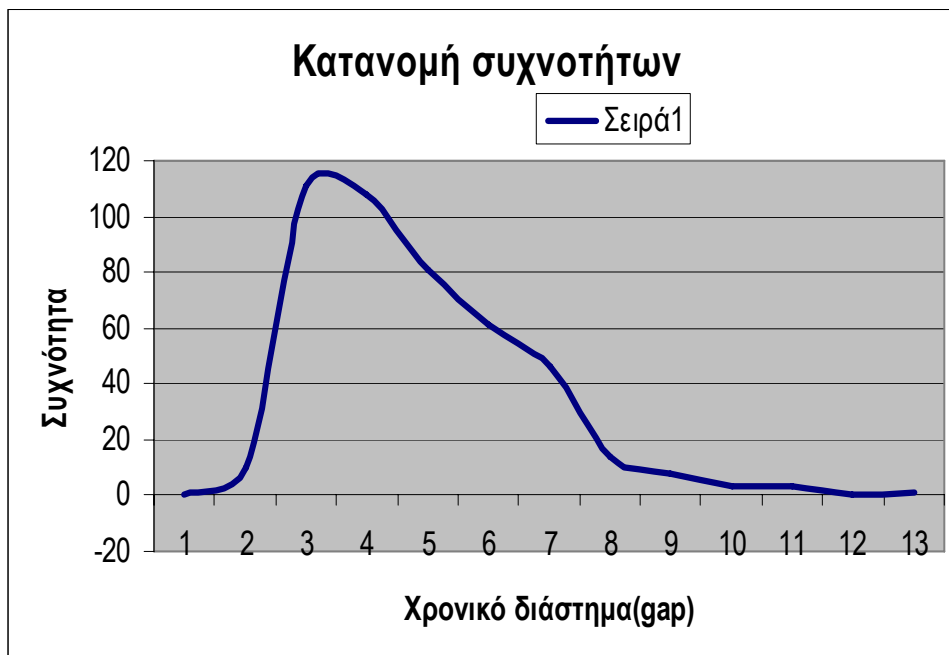
Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, απαιτείται η μη ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν σε αυτό. Συνεπώς, στις δοκιμές που θα ακολουθήσουν θα αποκλειστούν οι περιπτώσεις συνύπαρξης, ως ανεξάρτητων μεταβλητών, των ταχυτήτων μεταξύ τους, και οποιασδήποτε από τις τρεις ταχύτητες με τη διάρκεια της διαδρομής.

5.2.4 Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης συνίσταται στην **επιλογή του είδους της παλινδρόμησης**, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων. Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων.

Επομένως, ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται το χρονικό διάστημα από το όχημα (gar). Επειδή ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου ανάλυσης είναι η κατανομή που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή, αναπτύχθηκε το διάγραμμα κατανομής.

Διάγραμμα 5.1: Κατανομή συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή



5.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ Ο ΠΕΖΟΣ

5.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η επιλογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι οι μεταβλητές που εξετάζονται (εξαρτημένες) είναι συνεχείς και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθούν μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την κανονική. Η γραμμική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών: analyze → regression → linear.

Τη μετάβαση στην επιλογή linear διαδέχεται ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Προτεραιότητα, στο σημείο αυτό, δίδεται στην περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης των δεδομένων εξόδου της ανάλυσης και κατ' επέκταση του μοντέλου.

Τα δεδομένα που εξετάζονται για την **αξιολόγηση του μοντέλου** είναι ο συντελεστής R^2 , οι συντελεστές της εξίσωσης βί, οι τιμές t του στατιστικού ελέγχου t-test και το σφάλμα της εξίσωσης.

Ο **συντελεστής R^2** καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου. Ο συντελεστής αυτός, για τον οποίο έγινε αναφορά σε προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο. Συγκεκριμένα, εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από τη μεταβλητή X. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X. Επισημαίνεται ότι, ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι, δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του R^2 που κρίνεται ως αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του 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 σημαντικά από εκείνη του R^2 .

Όσον αφορά στους **συντελεστές βί των μεταβλητών**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας τόσο των προσήμων, όσο και των τιμών τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης.

Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Βάσει της φυσικής έννοιας της τιμής του συντελεστή, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β μονάδες.

Στη συνέχεια αξιολογείται η **στατιστική εμπιστοσύνη** του μοντέλου, μέσω του ελέγχου **t-test** (κριτήριο t της κατανομής student). Με το δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών. Καθορίζεται, δηλαδή, ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο.

Ο συντελεστής t ορίζεται από τη σχέση:

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

Όπου, s.e : τυπικό σφάλμα (standard error)

Από την ανωτέρω σχέση παρατηρείται ότι, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} . Όπως προαναφέρθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.

Για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης ορίζεται μια κρίσιμη τιμή του t (t^*). Έτσι για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και μεγάλο μέγεθος δείγματος, είναι $t^* = 1,7$. Οι μεταβλητές των οποίων οι απόλυτες τιμές του t είναι μικρότερες από 1,7 δεν συμπεριλαμβάνονται στην επόμενη δοκιμή για τη διαμόρφωση του μοντέλου. Από την αξιολόγηση ενός μοντέλου δε θα πρέπει να παραλείπεται ο **έλεγχος του σφάλματος**. Σε κάθε εξίσωση υπάρχει ο προσθετός ϵ , που ονομάζεται σφάλμα της εξίσωσης. Ο έλεγχος του σφάλματος θα περιγραφεί αναλυτικά σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια σειρά από δοκιμές με στόχο την εξεύρεση ενός καταλληλότερου μοντέλου. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6: Δοκιμές με εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,750	,308		15,424	,000
	wait	,020	,021	,061	,953	,342
	old	,333	,293	,078	1,136	,257
	young	-,085	,222	-,026	-,384	,701
	blue	,330	,413	,055	,798	,426
	bikecolour	-,751	,277	-,225	-2,712	,007
	buscolour	,627	,467	,089	1,342	,181
	size	-,476	,264	-,150	-1,807	,072
	leftlane	,152	,276	,042	,551	,582
	rightlane	-,077	,239	-,024	-,323	,747

a. Dependent Variable: gap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,242	,320		13,265	,000
	wait	,021	,021	,063	,989	,324
	blue	,280	,409	,046	,686	,494
	bikecolour	-,762	,274	-,229	-2,779	,006
	buscolour	,605	,460	,086	1,316	,189
	size	-,474	,261	-,149	-1,816	,071
	centrallane	,055	,238	,016	,230	,818
	leftlane	,090	,255	,025	,353	,725
	parking	,607	,267	,146	2,275	,024

a. Dependent Variable: gap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,120	,350		11,763	,000
	wait	,019	,021	,056	,874	,383
	blue	,339	,420	,056	,806	,421
	bikecolour	-,683	,296	-,205	-2,306	,022
	buscolour	,610	,463	,087	1,317	,189
	size	-,392	,274	-,124	-1,431	,154
	centrallane	,063	,239	,018	,263	,793
	leftlane	,076	,256	,021	,297	,767
	parking	,660	,272	,159	2,431	,016
	silver	-,106	,437	-,016	-,242	,809
	red	,657	,606	,074	1,085	,279

a. Dependent Variable: gap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,742	,274		13,645	,000
	wait	,012	,021	,036	,561	,575
	buscolour	,650	,467	,092	1,391	,165
	size	-,030	,214	-,009	-,139	,890
	leftlane	,035	,240	,010	,145	,885
	parking	,670	,275	,161	2,438	,016
	silver	,050	,429	,008	,117	,907
	red	1,030	,582	,116	1,770	,078
	accomp	,100	,320	,020	,313	,755

a. Dependent Variable: gap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,297	,322		13,352	,000
	wait	,017	,021	,052	,814	,417
	size	-,184	,284	-,058	-,650	,516
	parking	,686	,264	,165	2,598	,010
	silver	-,415	,440	-,063	-,945	,346
	red	,474	,595	,053	,797	,426
	accomp	,064	,315	,013	,203	,839
	bike	-,858	,275	-,258	-3,119	,002
	taxi	-,513	,301	-,136	-1,702	,090

a. Dependent Variable: gap

Αξίζει να σημειωθεί ότι η απλή γραμμική παλινδρόμηση δε θεωρήθηκε η καταλληλότερη μέθοδος περιγραφής. Αυτό φαίνεται καθαρά στο αμέσως επόμενο παράδειγμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7: Παράδειγμα απλής γραμμικής παλινδρόμησης

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,622 ^a	,387	,374	1,25599

a. Predictors: (Constant), parking, accomp, size, gender, distance

b. Dependent Variable: gap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,071	,324		3,308	,001
	distance	,081	,007	,620	11,784	,000
	size	,427	,167	,134	2,560	,011
	accomp	,404	,256	,082	1,582	,115
	gender	,313	,164	,098	1,910	,057
	parking	,559	,212	,135	2,638	,009

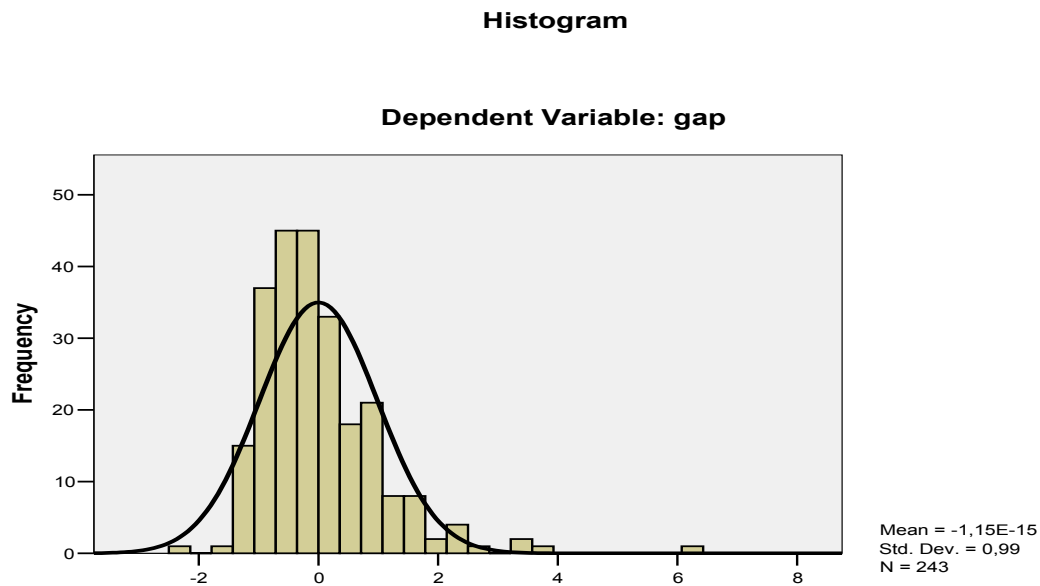
a. Dependent Variable: gap

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι η τιμή του συντελεστή συσχέτισης R^2 είναι μικρή σχετικά (0,387), όμως οι τιμές του δείκτη t είναι μεγάλες με εξαίρεση ίσως την ανεξάρτητη μεταβλητή accomp (εάν συνοδεύεται ή όχι ο πεζός), η οποία έχει τιμή οριακά αποδεκτή (1,582) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Ως μια πρώτη εικόνα φαίνεται ότι οι παραπάνω εξαρτημένες μεταβλητές (απόσταση, μέγεθος οχήματος, ενδεχόμενο να συνοδεύεται ο πεζός, φύλο και ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων) επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή, όμως η μικρή τιμή του συντελεστή συσχέτισης δηλώνει ότι απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η προσαρμογή των συχνοτήτων της εξαρτημένης μεταβλητής στην κανονική κατανομή.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή



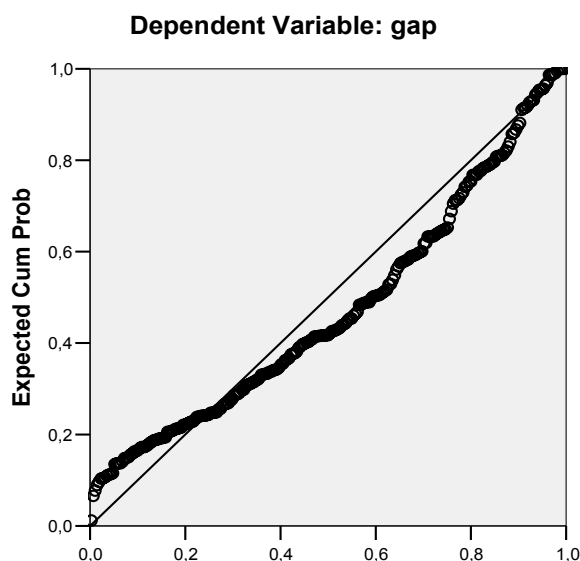
Από την αξιολόγηση του μοντέλου δε θα πρέπει να παραλειφθεί ο έλεγχος του σφάλματος, βάσει του οποίου το σφάλμα πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- να ακολουθεί κανονική κατανομή,
- να έχει μηδενική αυτοσυσχέτιση $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$,
- να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$ και
- να έχει μηδενικό μέσο όρο ($\mu=0$)

Η ισχύς των προϋποθέσεων αυτών ελέγχονται μέσω της ακολουθίας εντολών: analyze → regression → linear → plot του στατιστικού λογισμικού. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, ο άξονας X αντιπροσωπεύει την αθροιστική πιθανότητα του σφάλματος και ο άξονας Ψ την αθροιστική πιθανότητα της κανονικής κατανομής. Για να ικανοποιείται η πρώτη και βασική προϋπόθεση, που αφορά στην κανονική κατανομή των τυπικών σφαλμάτων, θα πρέπει αυτά να βρίσκονται πάνω στη διαγώνιο.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



5.3.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Στην προσπάθεια αναζήτησης μιας καλύτερης μεθόδου ανάλυσης των δεδομένων, επιλέχθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression). Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και σε αυτή την περίπτωση γραμμική. Η διαφορά της από την γραμμική παλινδρόμηση έγκειται στο ότι εδώ ενδιαφέρει **ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής**.

Η διαδικασία της ανάλυσης είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη που ακολουθήθηκε προηγουμένως για τη γραμμική παλινδρόμηση (analyze → regression → linear), με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί, ως εξαρτημένη μεταβλητή, ο λογάριθμος του χρονικού διαστήματος από το όχημα (loggap). Τα αποτελέσματα ορισμένων δοκιμών, που πραγματοποιήθηκαν, δίνονται συνοπτικά στον συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί αμέσως παρακάτω. Αναφέρεται ότι κάθε φορά που εξεταζόταν κάποια εξαρτημένη μεταβλητή, χρησιμοποιούνταν, αρχικά, όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια απορρίπτονταν όσες είχαν t μικρότερο από 1,7.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8: Δοκιμές με εφαρμογή της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης

Παράδειγμα 1

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,686 ^a	,470	,430	,12109

a. Predictors: (Constant), blue, parking, centrallane, young, green, wait, distance, silver, gender, white, black, child, red, accomp, old, yellow, leftlane

b. Dependent Variable: loggap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,275	,034		8,157	,000
	distance	,009	,001	,642	12,766	,000
	wait	,002	,002	,055	1,117	,265
	gender	,025	,016	,076	1,515	,131
	child	-,006	,037	-,009	-,168	,867
	young	-,020	,018	-,060	-1,081	,281
	old	,011	,023	,025	,468	,640
	accomp	,047	,026	,094	1,831	,068
	centrallane	-,013	,019	-,037	-,695	,488
	leftlane	,017	,020	,045	,823	,411
	parking	,051	,022	,121	2,352	,020
	black	,042	,032	,067	1,299	,195
	red	,056	,046	,062	1,208	,228
	green	-,045	,045	-,050	-,999	,319
	yellow	,033	,021	,088	1,625	,106
	white	,063	,029	,115	2,171	,031
	silver	,044	,034	,066	1,275	,203
	blue	,057	,032	,093	1,789	,075

a. Dependent Variable: loggap

Παράδειγμα 2

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,660 ^a	,435	,418	,12233

a. Predictors: (Constant), blue, parking, distance, wait, accomp, silver, yellow

b. Dependent Variable: loggap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,300	,029		10,488	,000
	distance	,009	,001	,649	13,020	,000
	wait	,002	,002	,062	1,243	,215
	accomp	,039	,025	,078	1,562	,120
	parking	,045	,021	,106	2,162	,032
	yellow	,020	,019	,053	1,045	,297
	silver	,029	,034	,044	,864	,388
	blue	,044	,031	,072	1,426	,155

a. Dependent Variable: loggap

Τελική δοκιμή

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,675 ^a	,455	,444	,11964	,455	39,581	5	237	,000

a. Predictors: (Constant), gender, distance, parking, accomp, size

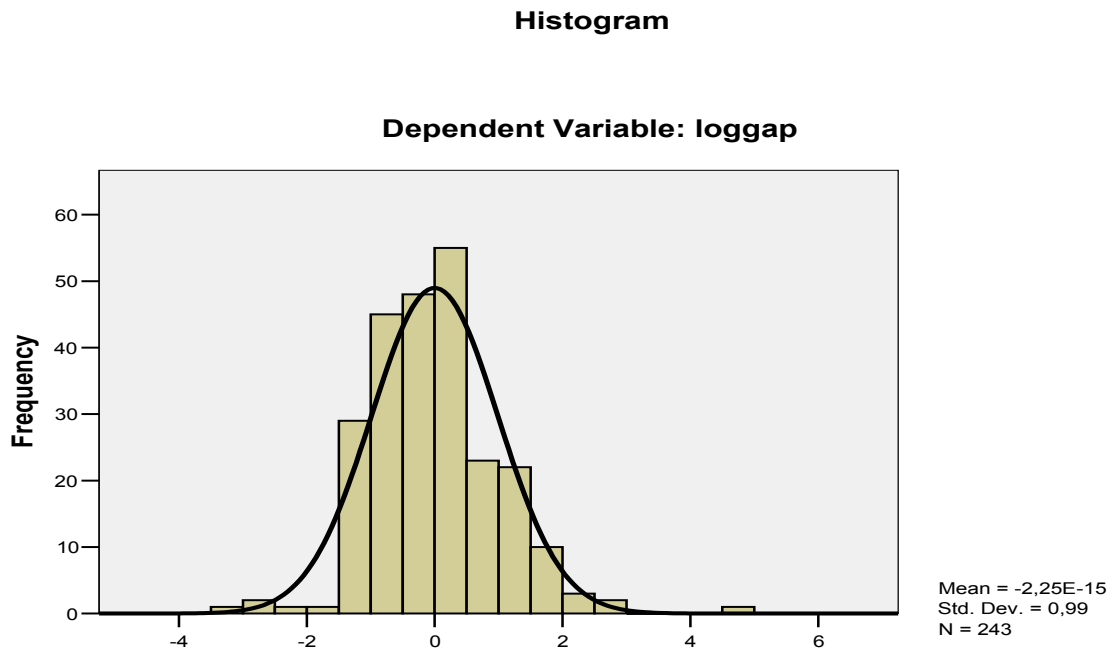
b. Dependent Variable: loggap

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,262	,031		8,496	,000
	distance	,009	,001	,682	13,759	,000
	size	,050	,016	,156	3,147	,002
	accomp	,043	,024	,085	1,747	,082
	parking	,048	,020	,114	2,360	,019
	gender	,025	,016	,076	1,579	,116

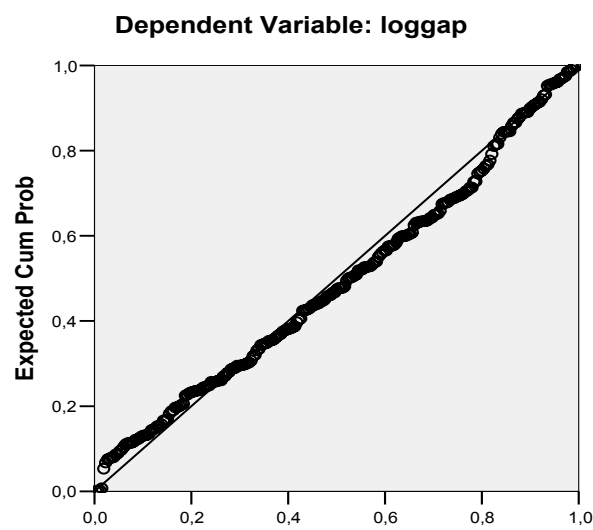
a. Dependent Variable: loggap

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Παρατηρούμε τα εξής:

- i) Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,455.
- ii) Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή είναι η απόσταση από το όχημα με συντελεστή $t=13,759$, το μέγεθος του οχήματος με $t=3,147$, η τυχόν συνοδεία του πεζού με $t=1,747$, η ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων με $t=2,360$ και το φύλο με $t=1,579$.
- iii) 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 και κατά δεύτερον θεωρήθηκε ότι θα έδινε ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο τελικό μοντέλο.

5.3.3 Περιγραφή των αποτελεσμάτων του μοντέλου

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν είχαν ως στόχο, τη διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων. Έτσι, αναπτύχθηκαν εξισώσεις που είχαν ως εξαρτημένη μεταβλητή το χρονικό διάστημα από το όχημα. Από αυτές, εκείνες που οδήγησαν στα καταλληλότερα μοντέλα αναφέρθηκαν προηγουμένως και θα περιγραφούν πιο αναλυτικά στη συνέχεια.

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε για το ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός είναι η εξής:

$$\text{Loggap} = 0,262 + 0,009 \cdot \text{distance} + 0,05 \cdot \text{size} + 0,043 \cdot \text{accompagnied} + 0,048 \cdot \text{parking} + 0,025 \cdot \text{gender}$$

Η παραπάνω σχέση γίνεται ως εξής:

$$\text{Gap} = 10^{(0,262 + 0,009 \cdot \text{distance} + 0,05 \cdot \text{size} + 0,043 \cdot \text{accompagnied} + 0,048 \cdot \text{parking} + 0,025 \cdot \text{gender})}$$

Όπου,

0,262: σταθερά

Distance: η απόσταση του πεζού από το όχημα σε μέτρα

Size: το μέγεθος του οχήματος

Accompanied: το αν συνοδεύεται ή όχι ο πεζός

Parking: ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων

Gender: το φύλο του πεζού

Όπως φαίνεται από την ανωτέρω σχέση, το χρονικό διάστημα που αποδέχεται ο πεζός εξαρτάται από τις ανεξάρτητες διακριτές μεταβλητές: «μέγεθος οχήματος», «φύλο», «ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων», «ενδεχόμενο να συνοδεύεται ο πεζός» και την ανεξάρτητη συνεχή μεταβλητή: «απόσταση του πεζού από το όχημα».

Απόσταση

Το πρόσημο της μεταβλητής «απόσταση» είναι θετικό, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της συνεχούς αυτής μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του χρονικού διαστήματος. Δηλαδή **αύξηση της απόστασης από το όχημα συνεπάγεται και αύξηση του χρονικού διαστήματος** εφόσον διατηρείται η ταχύτητα σταθερή. Αυτό φαίνεται και από την έρευνα του Oxley (2005), όπου θεωρήθηκε ότι τα οχήματα κινούνται με σταθερή ταχύτητα, οπότε και ισχύει ο νόμος της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, δηλαδή $V=S/T$ (ταχύτητα = απόσταση/ χρόνος).

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής είναι 13,759, αρκετά μεγαλύτερη από την τιμή 1,7, γεγονός που αποδεικνύει τη στατιστική σημαντικότητα της απόστασης του πεζού από το όχημα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι παρόλο που στο πείραμα που διεξήχθη μετρήθηκε η ταχύτητα του οχήματος, προτιμήθηκε να επιλεγεί ως εξαρτημένη μεταβλητή η απόσταση από το όχημα και όχι η ταχύτητα του οχήματος, γιατί σε πραγματικές συνθήκες ο πεζός είναι σε θέση να εκτιμήσει με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια την απόσταση από το όχημα και να επιλέξει χρονικό

διάστημα μέσω της απόστασης (κάτι το οποίο όπως φάνηκε και από την έρευνα του Oxley του 2005, δεν είναι απόλυτα ορθό). Εάν η τιμή της ταχύτητας του οχήματος δε λαμβάνει ακραίες μικρές ή μεγάλες τιμές δεν επηρεάζεται το χρονικό διάστημα που θα επιλέξει ο πεζός.

Μέγεθος οχήματος

Η μεταβλητή μέγεθος οχήματος έχει θετικό πρόσημο, δηλώνοντας έτσι ότι αύξηση της τιμής της οδηγεί σε αύξηση της τιμής του χρονικού διαστήματος. Η μεταβλητή αυτή έχει εισαχθεί στη βάση δεδομένων ως διακριτή, λαμβάνοντας την τιμή 0 για μικρά οχήματα (δίκυκλα μικρού κυβισμού, ΙΧ μικρού και μεσαίου μεγέθους) και τιμή 1 για οχήματα τύπου SUV, φορτηγά, λεωφορεία και ΙΧ μεγάλου μεγέθους. Δηλαδή **οι πεζοί αποδέχονται μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα όταν το εμπλεκόμενο όχημα είναι μεγάλου μεγέθους**. Αυτό δηλώνει ότι οι πεζοί ριψοκινδυνεύουν λιγότερο, όταν απέναντί τους βρίσκεται ένα μεγάλου μεγέθους όχημα.

Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής «μέγεθος οχήματος», παρατηρείται ότι η απόλυτη τιμή του δείκτη t είναι 3,147, μεγαλύτερη, δηλαδή, από την τιμή 1,7, που αποτελεί την οριακή τιμή για την αποδοχή της μεταβλητής στο μοντέλο.

Πιθανή συνοδεία του πεζού

Αύξηση της τιμής αυτής της διακριτής μεταβλητής προκαλεί αύξηση στην τιμή του χρονικού διαστήματος, καθώς το πρόσημο της μεταβλητής είναι θετικό. Αυτό συμβαίνει, διότι **όταν οι πεζοί βρίσκονται σε ομάδες είναι περισσότερο προσεκτικοί** και είναι σπάνιο φαινόμενο να ριψοκινδυνεύσουν καθώς λαμβάνουν τις αποφάσεις συλλογικά και όχι ατομικά. Έτσι δύσκολα κάποιος πεζός θα δράσει μόνος του ξεχωριστά από την ομάδα, διότι επηρεάζεται από την παρουσία των υπολοίπων πεζών. Κάτι τέτοιο αναφέρεται και στην έρευνα του Sun (2002).

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής είναι 1,747 οριακά μεγαλύτερη δηλαδή από την τιμή 1,7, πιστοποιώντας μεν τη στατιστική σημαντικότητα και αυτής της μεταβλητής, αλλά υποδηλώνοντας δε την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα πάνω στο θέμα αυτό.

Ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων

Το πρόσημο της διακριτής αυτής μεταβλητής είναι θετικό, το οποίο σημαίνει ότι **η ύπαρξη παράνομα παρκαρισμένων οχημάτων** στην περιοχή διάσχισης της οδού από τους πεζούς (τιμή 1) **αυξάνει το αποδεκτό χρονικό διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός**. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι όταν έχουμε παράνομα παρκαρισμένα οχήματα οι πεζοί επιθεωρούν πιο προσεκτικά την περιοχή θεωρώντας τις συνθήκες πιο επικίνδυνες από όταν δεν υπάρχουν παράνομα παρκαρισμένα οχήματα. Διαπιστώθηκε ένα μέσο αποδεκτό χρονικό διάστημα με ύπαρξη παρκαρισμένων αυτοκινήτων των 4.51 sec ενώ η αντίστοιχη μέση τιμή χωρίς παράνομα παρκαρισμένα οχήματα ήταν 3,9 sec.

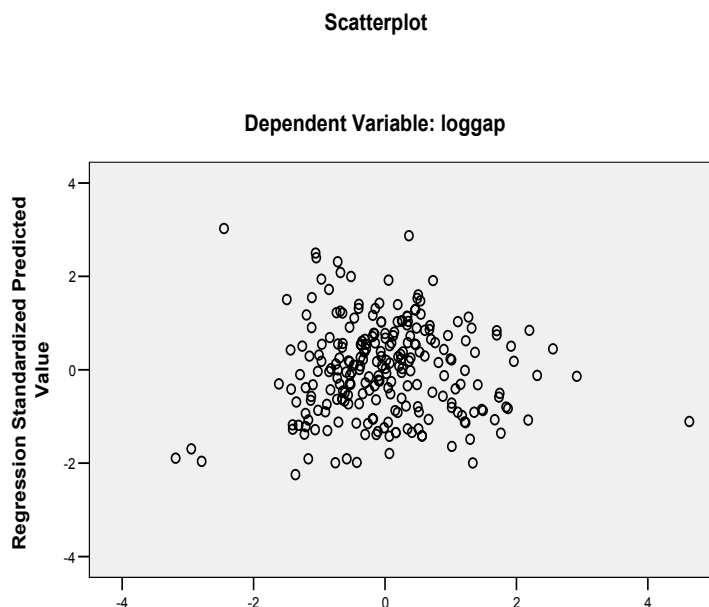
Φύλο

Το πρόσημο της μεταβλητής είναι θετικό, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της διακριτής αυτής μεταβλητής, αυξάνεται η τιμή του χρονικού διαστήματος. Το θετικό πρόσημο, σε αυτή την περίπτωση, δηλώνει ότι **οι άντρες** (τιμή 1 της μεταβλητής) **επιλέγουν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από εκείνα των γυναικών** (τιμή 0 της μεταβλητής).

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής «φύλο» είναι 1,579 κάτι το οποίο δεν είναι εντελώς αποδεκτό για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Διαπιστώθηκε μέσο αποδεκτό χρονικό διάστημα για τις γυναίκες 4,29 sec και για τους άντρες 4,49 sec, επιβεβαιώνοντας την τάξη της τιμής του t .

Ένας τελευταίος έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος $zresid$ (Standard residual), δηλαδή τα τυπικά σφάλματα και ο άξονας Ψ το μέγεθος $zpred$

(Standardized Predicted Value), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων του χρονικού διαστήματος από το όχημα

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών των σφαλμάτων, Επιπρόσθετα φαίνεται η σταθερή διασπορά των σφαλμάτων γύρω από το μηδέν και η κατά προσέγγιση μηδενική τιμή του μέσου όρου. Αναφέρεται ότι, η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

Τα προαναφερθέντα συγκλίνουν στο ότι πληρούνται ικανοποιητικά και οι τέσσερις προϋποθέσεις για τον έλεγχο του σφάλματος, ώστε αυτό να μην επηρεάζει τα αποτελέσματα των μοντέλων.

Τέλος ο συντελεστής συσχέτισης R^2 έχει τιμή 0,455 η οποία θεωρείται ικανοποιητική.

5.3.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ο βαθμός της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε ενός από τα παραπάνω μοντέλα στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή (χρονικό διάστημα από το όχημα, απόφαση του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό) εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας και αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Η ελαστικότητα είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών των μοντέλων, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών, είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων, που αναπτύχθηκαν, υπολογίστηκε σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

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

Ο προσδιορισμός της σχετικής επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, αποδείχθηκε η πιο απλή και κατάλληλη τεχνική, ικανή να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, αλλά και να καταστήσει εφικτή τη σύγκριση μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση $e_i = \beta_i \cdot (X_i / Y_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης

μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές και όχι για διακριτές μεταβλητές, αλλά στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υπολογίστηκε η σχετική επιρροή και για τις διακριτές μεταβλητές ως μια θεωρητική έννοια, μόνο για να πραγματοποιηθεί θεωρητικά μια σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του εκάστοτε μοντέλου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο του αποδεκτού χρονικού διαστήματος από το όχημα

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Λογάριθμος αποδεκτού χρονικού διαστήματος από το όχημα ($\log gap$)		
	β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*
Απόσταση από το όχημα(m)	0,009	0,423	51,62
Μέγεθος οχήματος	0,05	0,039	4,79
Συνοδεία πεζών	0,043	0,008	1,00
Στάθμευση	0,048	0,065	7,92
Φύλο	0,025	0,023	2,86

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

Παρατηρείται ότι η **μεταβλητή «απόσταση από το όχημα» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή** στην εξαρτημένη μεταβλητή. Αυτό φάνηκε εξ αρχής από το μοντέλο όπου ήταν φανερά αυτή με το μεγαλύτερο δείκτη t . Φαίνεται, επιπλέον, ότι και η μεταβλητή «στάθμευση» επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα. Τη μικρότερη επιρροή φαίνεται να την έχουν οι μεταβλητές «φύλο» και «συνοδεία πεζών».

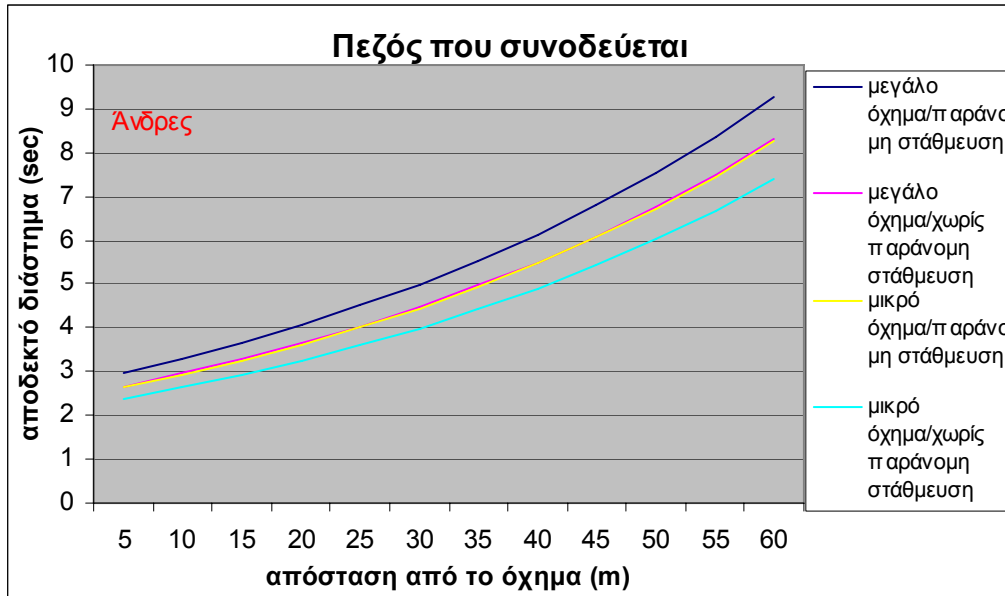
Από τις τιμές της σχετικής επιρροής e_i^* προκύπτει η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών σε σχέση με την επιρροή της μεταβλητής «συνοδεία πεζών». Έτσι, το φύλο έχει 2,86 φορές μεγαλύτερη επιρροή στο χρονικό διάστημα από το όχημα σε σχέση με το ενδεχόμενο να συνοδεύεται ο πεζός. Το μέγεθος του οχήματος επηρεάζει το αποδεκτό χρονικό διάστημα από το όχημα 4,79 φορές περισσότερο από τη συνοδεία πεζών. Τέλος, η στάθμευση επηρεάζει 7,92 φορές περισσότερο την εξαρτημένη μεταβλητή από τη συνοδεία πεζών.

5.3.5 Ανάλυση Ευαισθησίας

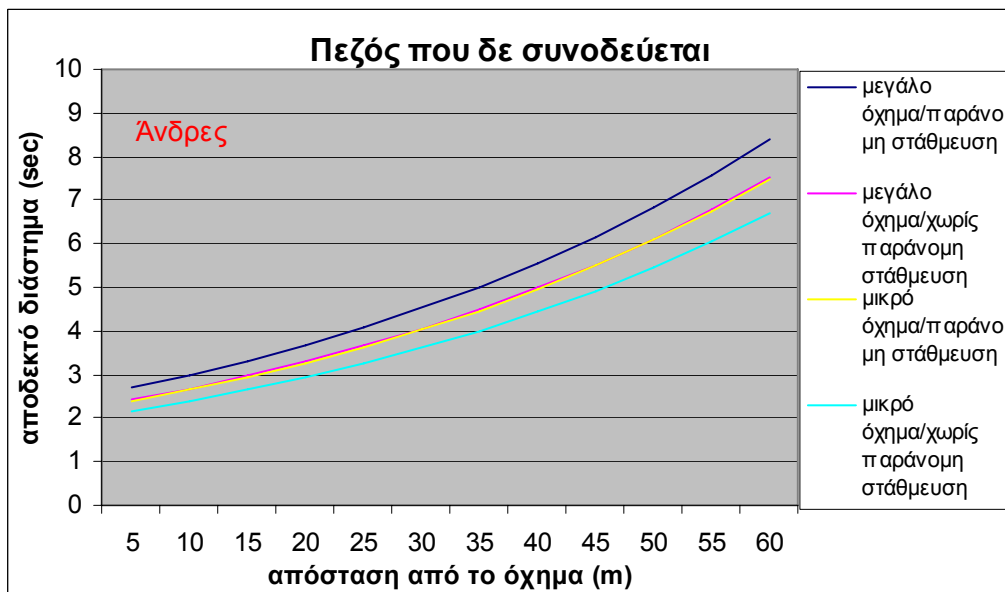
Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται τα **διαγράμματα ευαισθησίας**, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο.

Για τη διαμόρφωση των διαγραμμάτων, που αφορούν στο **μοντέλο του αποδεκτού διαστήματος από το όχημα**, 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 αποδεκτού διαστήματος στη μεταβολή της τιμής της απόστασης, για συγκεκριμένη κάθε φορά τιμή των μεταβλητών «μέγεθος εμπλεκόμενου οχήματος», «φύλο», «ενδεχόμενο να συνοδεύονται οι πεζοί» και «παράνομη στάθμευση».

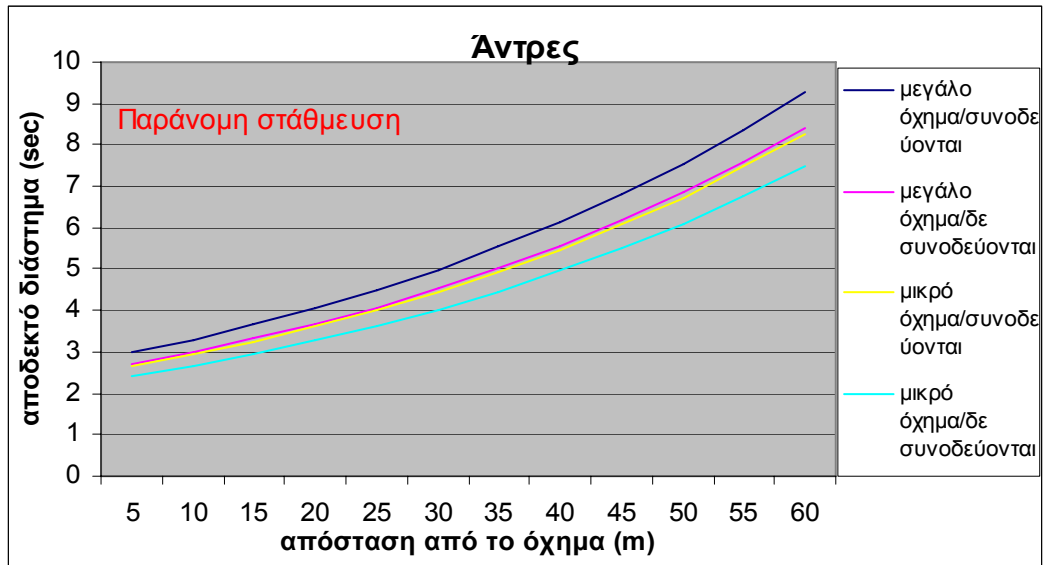
Παρακάτω παρατίθενται τα ακόλουθα διαγράμματα ευαισθησίας για το μοντέλο προσδιορισμού του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα για να διασχίσει ο πεζός:



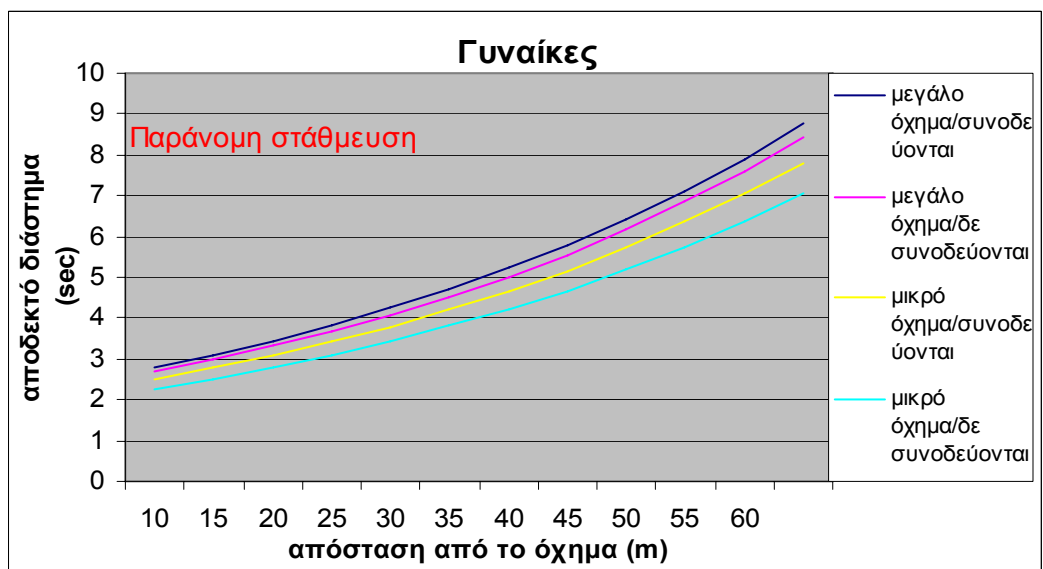
Διάγραμμα 5.7: Αποδεκτό διάστημα αντρών που συνοδεύονται



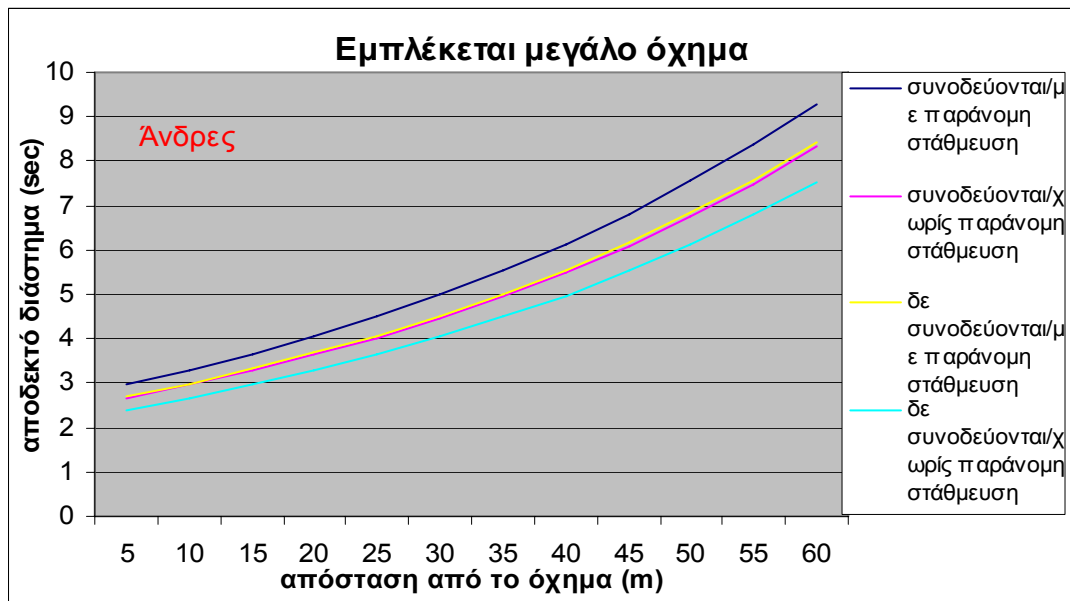
Διάγραμμα 5.8: Αποδεκτό διάστημα αντρών που δε συνοδεύονται



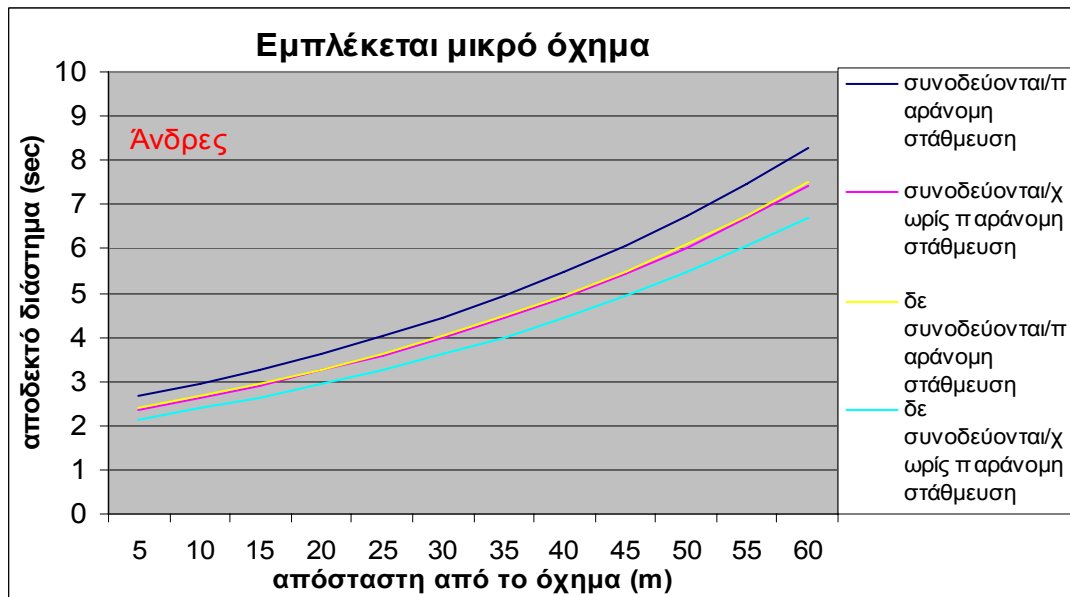
Διάγραμμα 5.9: Αποδεκτό διάστημα αντρών όταν υπάρχει παράνομη στάθμευση



Διάγραμμα 5.10: Αποδεκτό διάστημα γυναικών όταν υπάρχει παράνομη στάθμευση



Διάγραμμα 5.11: Αποδεκτό διάστημα αντρών όταν εμπλέκεται μεγάλο όχημα



Διάγραμμα 5.12: Αποδεκτό διάστημα αντρών όταν εμπλέκεται μικρό όχημα

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- 1) Οι άντρες αποδέχονται ελαφρώς μεγαλύτερο διάστημα από το όχημα σε σύγκριση με τις γυναίκες. Αυτό παρατηρήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και όχι 95% και χρήζει περαιτέρω έρευνας.
- 2) Πεζοί ανεξαρτήτως φύλου οι οποίοι συνοδεύονται αποδέχονται μικρότερο διάστημα από εκείνους που δε συνοδεύονται. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν οι πεζοί συνοδεύονται, συμπεριφέρονται λιγότερο ριψοκίνδυνα από ότι όταν βρίσκονται μόνοι τους στη οδό.
- 3) Η παράνομη στάθμευση οδηγεί στην απόρριψη μικρών διαστημάτων και στην αποδοχή μεγαλύτερων. Αυτό παρατηρείται διότι η παράνομη στάθμευση ενδεχομένως ωθεί τους πεζούς να είναι περισσότερο προσεκτικοί επιλέγοντας ασφαλέστερα διαστήματα.
- 4) Όταν το εμπλεκόμενο όχημα είναι μικρού μεγέθους οδηγεί σε αποδοχή μικρότερων διαστημάτων σε σύγκριση με μεγάλα εμπλεκόμενα οχήματα. Μεγαλύτερα οχήματα οδηγούν τον πεζό να επιλέξει πιο μεγάλα χρονικά διαστήματα, καθότι ριψοκινδυνεύει λιγότερο επηρεασμένος από τον όγκο του οχήματος.
- 5) Τα πιο μεγάλα και ασφαλέστερα διαστήματα επιλέγονται από άντρες. Όταν μάλιστα αυτοί συνοδεύονται και υπάρχει παράνομη στάθμευση το αποδεκτό χρονικό αυξάνεται περισσότερο. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με μεγάλου μεγέθους εμπλεκόμενα οχήματα οδηγούν στα μέγιστα αποδεκτά διαστήματα.
- 6) Τα αντίστοιχα πιο μικρά και επικίνδυνα διαστήματα επιλέγονται από γυναίκες, οι οποίες δε συνοδεύονται, δεν υπάρχει παράνομη στάθμευση και εμπλέκεται παντού μικρού μεγέθους όχημα.

5.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΖΟΥ ΝΑ ΔΙΑΣΧΙΣΕΙ Η ΟΧΙ ΤΗΝ ΟΔΟ

5.4.1 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων. Αξίζει να σημειωθεί, ότι επιπροσθέτως εξετάστηκε και το ζήτημα του **καθορισμού της απόφασης να διασχίσει ή όχι την οδό** ο πεζός. Αυτό σημαίνει ότι ο πεζός παρατηρώντας τα διάφορα χρονικά διαστήματα από τα οχήματα που του παρουσιάζονταν, είτε απέρριπτε ένα χρονικό διάστημα (gap), οπότε δε διέσχισε την οδό, είτε αποδεχόταν ένα άλλο χρονικό διάστημα, οπότε διέσχισε τελικά την οδό. Στη περίπτωση αυτή ως εξαρτημένη μεταβλητή ελήφθη η μεταβλητή pass/no, δηλαδή το εάν διέσχισε ή όχι την οδό ο πεζός. Η μεταβλητή αυτή είναι διακριτή και μάλιστα είναι δυνατό να λάβει μόνο δύο τιμές.

Για το λόγο αυτό η ανάλυση έγινε με λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης (binary logistic regression). Η λογιστική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών: analyze → regression → binary logistic. Τη μετάβαση στην επιλογή binary logistic διαδέχεται ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Covariates. Στη συνέχεια στην επιλογή categorical τοποθετούμε όσες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές.

Η εξαρτημένη μεταβλητή είναι δυνατό να πάρει μόνο δύο τιμές όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Η τιμή 1 αντιστοιχεί σε διάσχιση της οδού ενώ η τιμή 0 αντιστοιχεί σε μη διάσχιση.

Γενικά, ισχύει ό,τι και στη γραμμική παλινδρόμηση με τη διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το t-test έχει την ονομασία Wald. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 όπως ακριβώς και για το συντελεστή t. Επίσης, ο συντελεστής συσχέτισης R^2 στη λογιστική παλινδρόμηση αναφέρεται ως Cox&Snell R Square και ως Nagelkerke R Square. Θα ελεγχθούν και οι δύο αυτές τιμές εάν είναι μεγαλύτερες του 0,4.

Επιπροσθέτως, ελέγχεται σε ποιο ποσοστό το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι σε θέση να προβλέψει σωστά την απόφαση του πεζού. Στην προκειμένη περίπτωση επιθυμείται να προβλέπονται σωστά οι διασχίσεις ή οι μη διασχίσεις σε όσο το δυνατόν πιο μεγάλο ποσοστό. Ο μέσος όρος του ποσοστού αυτού για τα δύο ενδεχόμενα είναι σκόπιμο να είναι μεγαλύτερος από το 65% και να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δυο αντίστοιχων ποσοστών των δυο ενδεχόμενων. Αυτό φαίνεται στον αμέσως επόμενο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10: Ποσοστό ορθών προβλέψεων της λογιστικής παλινδρόμησης

Classification Table ^a

Observed		Predicted			
		pass		Percentage Correct	
		,00	1,00		
Step 1	pass	,00	67	20	77,0
		1,00	15	228	93,8
Overall Percentage					89,4

a. The cut value is ,500

Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες δοκιμές στο μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11: Δοκιμές με εφαρμογή της λογιστικής παλινδρόμησης

Παράδειγμα 1

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	166,469 ^a	,478	,698

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

Classification Table^a

Observed		Predicted			
		pass		Percentage Correct	
		,00	1,00		
Step 1	pass	,00	70	17	80,5
	1,00		17	226	93,0
Overall Percentage					89,7

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1						
wait	-,252	,042	35,321	1	,000	,778
gap	2,219	,285	60,442	1	,000	9,194
parking(1)	1,163	,598	3,780	1	,052	3,200
car(1)	1,002	,440	5,190	1	,023	2,724
child(1)	-,969	,932	1,082	1	,298	,379
accomp(1)	,591	,566	1,087	1	,297	1,805
leftlane(1)	-,209	,476	,193	1	,661	,811
Constant	-4,791	1,327	13,042	1	,000	,008

a. Variable(s) entered on step 1: wait, gap, parking, car, child, accomp, leftlane.

Παράδειγμα 2

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	166,569 ^a	,477	,697

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

Classification Table^a

Observed		Predicted			
		pass		Percentage Correct	
		,00	1,00		
Step 1	pass	,00	67	20	77,0
		1,00	17	226	93,0
Overall Percentage					88,8

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1						
wait	-,263	,046	31,898	1	,000	,769
gap	2,246	,291	59,771	1	,000	9,452
parking(1)	1,161	,591	3,863	1	,049	3,193
car(1)	1,067	,508	4,408	1	,036	2,906
middle(1)	-,004	,431	,000	1	,993	,996
taxi(1)	-,315	,526	,360	1	,549	,729
bus(1)	1,320	1,150	1,316	1	,251	3,742
truck(1)	,537	,917	,343	1	,558	1,711
black(1)	,203	,753	,072	1	,788	1,225
red(1)	-,218	1,160	,035	1	,851	,804
Constant	-6,951	2,497	7,751	1	,005	,001

a. Variable(s) entered on step 1: wait, gap, parking, car, middle, taxi, bus, truck, black, red.

Παράδειγμα 3

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	151,315 ^a	,501	,732

a. Estimation terminated at iteration number 20 because maximum iterations has been reached. Final solution cannot be found.

Classification Table ^a

Observed		Predicted			
		pass		Percentage Correct	
		,00	1,00		
Step 1	pass	,00	70	17	80,5
		1,00	15	228	93,8
Overall Percentage					90,3

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1						
gender1(1)	-,529	,465	1,294	1	,255	,589
child(1)	-1,923	1,223	2,473	1	,116	,146
young(1)	-1,127	,736	2,345	1	,126	,324
middle(1)	-,795	,706	1,266	1	,261	,452
accomp(1)	1,032	,694	2,214	1	,137	2,807
wait	-,286	,052	30,523	1	,000	,751
gap	2,490	,339	54,058	1	,000	12,058
bike(1)	-1,751	1,418	1,523	1	,217	,174
car(1)	,193	1,398	,019	1	,890	1,213
taxi(1)	12,443	40192,878	,000	1	1,000	253458,5
suv(1)	-,314	1,836	,029	1	,864	,730
truck(1)	-1,396	1,892	,544	1	,461	,248
black(1)	-,630	1,073	,345	1	,557	,533
red(1)	-1,052	1,438	,535	1	,465	,349
green(1)	-3,447	1,522	5,128	1	,024	,032
yellow(1)	-14,287	40192,878	,000	1	1,000	,000
white(1)	,497	1,368	,132	1	,716	1,644
grey(1)	-1,055	1,169	,814	1	,367	,348
size(1)	-,049	,763	,004	1	,949	,952
centrallane(1)	,290	,597	,236	1	,627	1,336
rightlane(1)	-,058	,604	,009	1	,923	,944
parking(1)	1,545	,672	5,286	1	,021	4,689
Constant	6,426	6,265	1,052	1	,305	617,523

a. Variable(s) entered on step 1: gender1, child, young, middle, accomp, wait, gap, bike, car, taxi, suv, truck, black, red, green, yellow, white, grey, size, centrallane, rightlane, parking.

Παράδειγμα 4

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	167,552 ^a	,476	,695

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

Classification Table^a

Observed		Predicted		Percentage Correct	
		pass			
		,00	1,00		
Step 1	pass	,00	65	22	74,7
	1,00	16	227		93,4
Overall Percentage					88,5

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	green(1)	-1,775	1,256	1,996	1	,158	,169
	parking(1)	1,304	,594	4,824	1	,028	3,685
	wait	-,264	,045	34,007	1	,000	,768
	gap	2,233	,284	61,948	1	,000	9,328
	accomp(1)	1,129	,628	3,230	1	,072	3,094
	child(1)	-1,483	,952	2,428	1	,119	,227
	young(1)	-,740	,456	2,630	1	,105	,477
	Constant	-2,089	1,716	1,481	1	,224	,124

a. Variable(s) entered on step 1: green, parking, wait, gap, accomp, child, young.

Τελική δοκιμή**Model Summary**

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	168,877 ^a	,474	,692

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

Classification Table^a

Observed		Predicted			
		pass		Percentage Correct	
		,00	1,00		
Step 1	pass	,00	67	20	77,0
		1,00	17	226	93,0
Overall Percentage					88,8

a. The cut value is ,500

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	wait	-,250	,042	34,846	1	,000	,779
	gap	2,161	,275	61,701	1	,000	8,677
	car(1)	1,078	,436	6,109	1	,013	2,939
	parking(1)	,969	,553	3,068	1	,080	2,634
	Constant	-5,241	,817	41,186	1	,000	,005

a. Variable(s) entered on step 1: wait, gap, car, parking.

Στο τελικό μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης παρατηρούνται τα εξής:

- i) Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι 0,474 (Cox&Snell) και 0,692 (Nagelkerke).
- ii) Το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά οι διασχίσεις της οδού είναι 93%, το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά οι μη διασχίσεις είναι 77% και ο μέσος όρος τους 88,8%.
- iii) Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή είναι ο χρόνος αναμονής με Wald 34,846, το χρονικό διάστημα από το όχημα με Wald 61,701, το εάν το όχημα είναι Ι.Χ. επιβατικό με Wald 6,109 και η ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων με Wald 3,068.

5.4.2 Περιγραφή των αποτελεσμάτων του μοντέλου

Στο πείραμα εκτός από τη διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό, διερευνήθηκαν και οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την απόφαση του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό, δηλαδή το εάν θα δεχτεί ή θα απορρίψει κάποιο χρονικό διάστημα που θα του παρουσιαστεί.

Η εξίσωση του μοντέλου που προέκυψε για την απόφαση του πεζού να απορρίψει ή να δεχτεί κάποιο χρονικό διάστημα είναι:

$$U = - 5,241 - 0,25*wait + 2,161*gap + 1,078*car + 0,969*parking$$

Όπου,

Wait: χρόνος αναμονής

Gap: χρονικό διάστημα από το όχημα

Car: τύπος οχήματος ΙΧ

Parking: ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων

Αξίζει να σημειωθεί ότι U είναι η συνάρτηση χρησιμότητας ή αλλιώς **Utility Function**. Οπότε η πιθανότητα να διασχίσει κάποιος πεζός την οδό είναι:

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

Όπως φαίνεται από την ανωτέρω σχέση, η απόφαση του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό εξαρτάται από τις ανεξάρτητες διακριτές μεταβλητές: « τύπος οχήματος το ΙΧ», «ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων» και τις ανεξάρτητες συνεχείς μεταβλητές: «χρονικό διάστημα από το όχημα» και «χρόνος αναμονής».

Χρόνος Αναμονής

Το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής «χρόνος αναμονής», στο μοντέλο, συνεπάγεται ότι, **αύξηση της τιμής της διακριτής αυτής μεταβλητής, συνεπάγεται μείωση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής**. Δηλαδή, το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι η αύξηση του χρόνου αναμονής του πεζού οδηγεί τον πεζό να μη διασχίσει την οδό (τιμή 0). Το αποτέλεσμα αυτό αν και αρχικώς δε θεωρείται εύλογο, εξηγείται καθώς οι πεζοί οι οποίοι αναμένουν για πολύ ώρα πριν διασχίσουν την οδό είναι εκείνοι οι οποίοι γενικά δε ρισκάρουν επιλέγοντας μικρά χρονικά διαστήματα ή εκείνοι οι οποίοι από τη στιγμή που ο χρόνος αναμονής είναι μεγάλος, δε δυσκολεύονται να περιμένουν για λίγο χρόνο ακόμα ώστε να δεχτούν ένα απόλυτα ασφαλές χρονικό διάστημα. Στην έρευνα του Sun (2002), παρατηρείται ακριβώς το ίδιο φαινόμενο.

Αναφέρεται και εδώ ότι, η μεταβλητή «χρόνος αναμονής» θεωρείται στατιστικά σημαντική, καθώς η απόλυτη τιμή του δείκτη t (wald) είναι 34,846.

Χρονικό Διάστημα

Από το θετικό πρόσημο της μεταβλητής, προκύπτει ότι, **όσο αυξάνεται η τιμή της συνεχούς μεταβλητής «χρονικό διάστημα», αυξάνεται η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής**. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή, αύξηση του χρονικού διαστήματος σημαίνει ότι ο πεζός τείνει να διασχίσει την οδό (τιμή 1), κάτι το οποίο θεωρείται απόλυτα

λογικό καθώς στην πλειονότητα των ερευνών που εντοπίστηκαν, το βασικό κριτήριο διάσχισης της οδού είναι το χρονικό διάστημα από το όχημα (και η απόσταση).

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t (wald) της μεταβλητής είναι 61,701, πιστοποιώντας έτσι τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής.

Τύπος οχήματος το ΙΧ

Το πρόσημο της διακριτής αυτής μεταβλητής είναι θετικό το οποίο συνεπάγεται αύξηση στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. **Δηλαδή οι πεζοί τείνουν να διασχίσουν την οδό όταν ο τύπος του εμπλεκόμενου οχήματος είναι ΙΧ επιβατικό αυτοκίνητο.** Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι η συντριπτική πλειοψηφία των οχημάτων που συναντώνται στις οδούς είναι επιβατικά αυτοκίνητα, οπότε οι πεζοί είναι εξοικειωμένοι. Επίσης οι πεζοί ενδεχομένως να παρουσιάζονται διστακτικοί να διασχίσουν την οδό, όταν κυκλοφορούν δίκυκλα εξαιτίας των υψηλών ταχυτήτων που κινούνται και βαρέα οχήματα όπως λεωφορεία και φορτηγά εξαιτίας του μεγέθους τους.

Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής, αυτή πιστοποιείται, καθώς η απόλυτη τιμή του δείκτη t της μεταβλητής είναι 6,109.

Ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων

Η ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων είναι διακριτή μεταβλητή και επηρεάζει όπως φάνηκε προηγουμένως την επιλογή του χρονικού διαστήματος από το όχημα. Στο δεύτερο μοντέλο επηρεάζει την απόφαση του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό. Έχει θετικό πρόσημο που σημαίνει ότι η **ύπαρξη παρκαρισμένων οχημάτων** (τιμή 1) **οδηγεί τον πεζό να διασχίσει την οδό.**

Η τιμή του t (wald) είναι 3,068, μεγαλύτερη δηλαδή, από την τιμή 1,7, γεγονός που υποδηλώνει τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής.

Γενικά παρατηρείται ότι η παράνομη στάθμευση από τη μια αυξάνει το αποδεκτό χρονικό διάστημα, αλλά από την άλλη οδηγεί τον πεζό να διασχίσει την οδό. Αυτή η αντίθεση πιθανόν οδηγεί στα ατυχήματα τα οποία προκαλούνται από την παράνομη στάθμευση όπως αναφέρεται σε έρευνες όπως για παράδειγμα του Hine (1996). Είναι πιθανόν ότι η διατάραξη των φυσιολογικών συνθηκών στη οδό, όπως για παράδειγμα υπερβολική ροή οχημάτων, αυξημένος θόρυβος και παράνομη στάθμευση επηρεάζουν τη συμπεριφορά των πεζών και συχνά τους οδηγούν σε μη λογικές αντιδράσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση ταχύτητα των εμπλεκόμενων οχημάτων όταν υφίσταται παράνομη στάθμευση είναι 24,9 km/h ενώ η αντίστοιχη τιμή χωρίς παράνομη στάθμευση είναι 26,8 km/h. Η διαφορά αυτή δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή όμως δείχνει μια τάση ότι επηρεάζεται και η συμπεριφορά των οδηγών, οι οποίοι ελαττώνουν ελαφρώς ταχύτητα κάτι το οποίο οδηγεί πιθανόν σε αυξημένο χρονικό διάστημα από τον πεζό άρα και σε μια τάση να διασχίσει την οδό.

Η παράμετρος “παράνομη στάθμευση” χρειάζεται περαιτέρω έρευνα ώστε να εξαχθούν σίγουρα συμπεράσματα για το πώς επηρεάζει τη συμπεριφορά των πεζών.

Τέλος αναφέρεται ότι ο συντελεστής R^2 , που καθορίζει την ποιότητα του μαθηματικού μοντέλου, παίρνει τιμές 0,474 και 0,692, τιμές που θεωρούνται ικανοποιητικές.

5.4.3 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Η σχετική επιρροή των μεταβλητών στο μοντέλο επιλογής του πεζού να διασχίσει την οδό υπολογίστηκε με τη θεωρία ελαστικότητας, παρόμοια με το προηγούμενο μοντέλο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.12: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διάσχησης της οδού

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Διάσχιση ή όχι της οδού(pass/no)		
	β _i	Σχετική επιρροή	
		e _i	e _i *
Χρόνος αναμονής(sec)	-0,25	0,202	12,75
Χρονικό διάστημα από το όχημα(sec)	2,161	0,764	48,26
Τύπος οχήματος το ΙΧ	1,078	0,015	1,00
Στάθμευση	0,969	0,123	7,77

Εξετάζοντας το μοντέλο της διάσχισης ή όχι της οδού από τον πεζό (pass/no pass), παρατηρείται ότι η μεταβλητή «χρονικό διάστημα από το όχημα» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη από όλες τις υπόλοιπες. Την αμέσως μεγαλύτερη επιρροή την παρουσιάζει η μεταβλητή «χρόνος αναμονής». Τη μικρότερη επιρροή φαίνεται να την έχει το ΙΧ ως τύπος εμπλεκόμενου οχήματος.

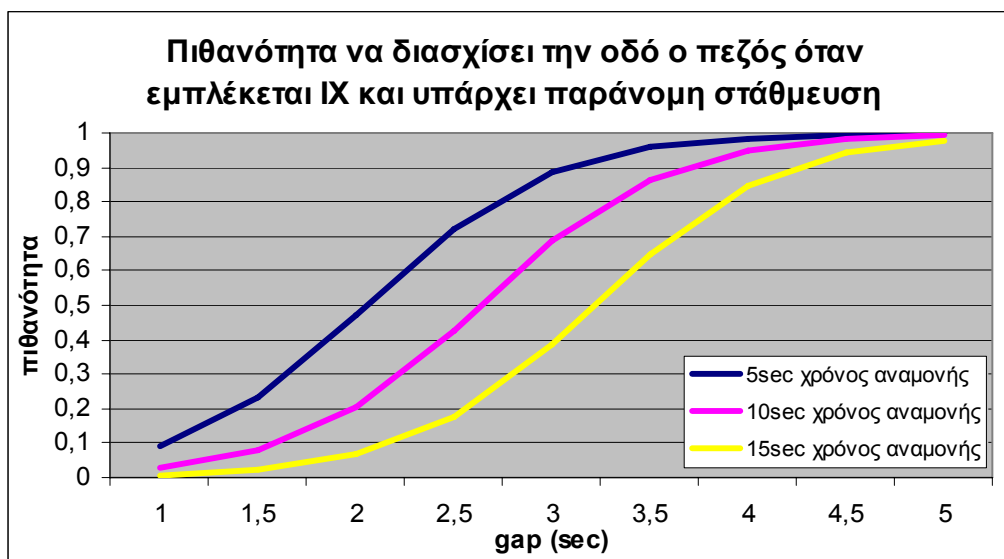
Συγκεκριμένα, η στάθμευση επηρεάζει το ενδεχόμενο να διασχίσει ο πεζός την οδό 7,771 φορές περισσότερο από την περίπτωση όταν το εμπλεκόμενο όχημα είναι ΙΧ. Ο χρόνος αναμονής δείχνει να επηρεάζει αρκετά την εξαρτημένη διακριτή μεταβλητή και μάλιστα 12,752 φορές περισσότερο από την περίπτωση όταν το εμπλεκόμενο όχημα είναι ΙΧ.

Ως γενικά συμπεράσματα αναφέρεται ότι:

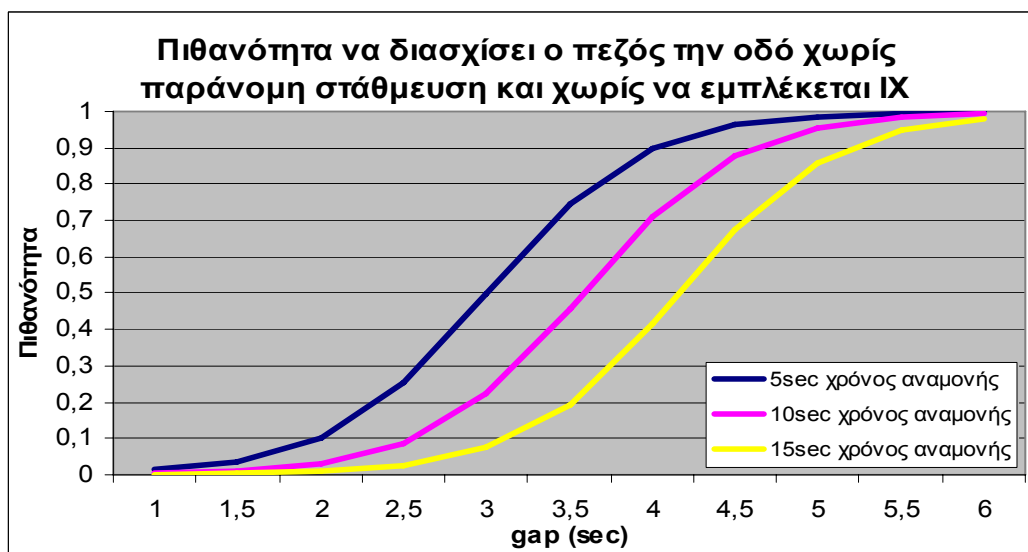
- 1) η απόσταση από το όχημα είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το αποδεκτό χρονικό διάστημα.
- 2) το χρονικό διάστημα από το όχημα και ο χρόνος αναμονής του πεζού επηρεάζουν περισσότερο το αν θα επιλέξει να διασχίσει την οδό τελικά ο πεζός.

5.4.4 Ανάλυση Ευαισθησίας του μοντέλου

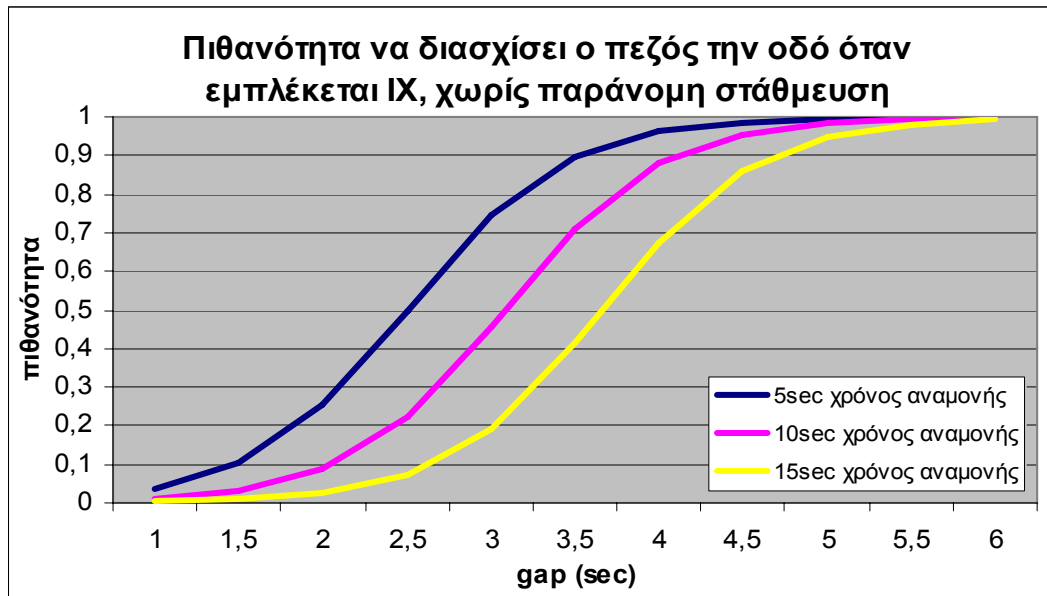
Σε ό,τι αφορά στο μοντέλο της διάσχισης της οδού πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας, με τρόπο όμοιο με το προηγούμενο μοντέλο, παρόλο που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και δεν είναι απόλυτα ορθό επιστημονικά να πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας. Τα διαγράμματα ευαισθησίας περιγράφουν την ευαισθησία της πιθανότητας να διασχίσει την οδό ο πεζός στη μεταβολή της τιμής του χρονικού διαστήματος του πεζού από το όχημα, για συγκεκριμένη κάθε φορά τιμή των μεταβλητών «χρόνος αναμονής του πεζού», «τύπος οχήματος το Ι.Χ.» και «παράνομη στάθμευση».



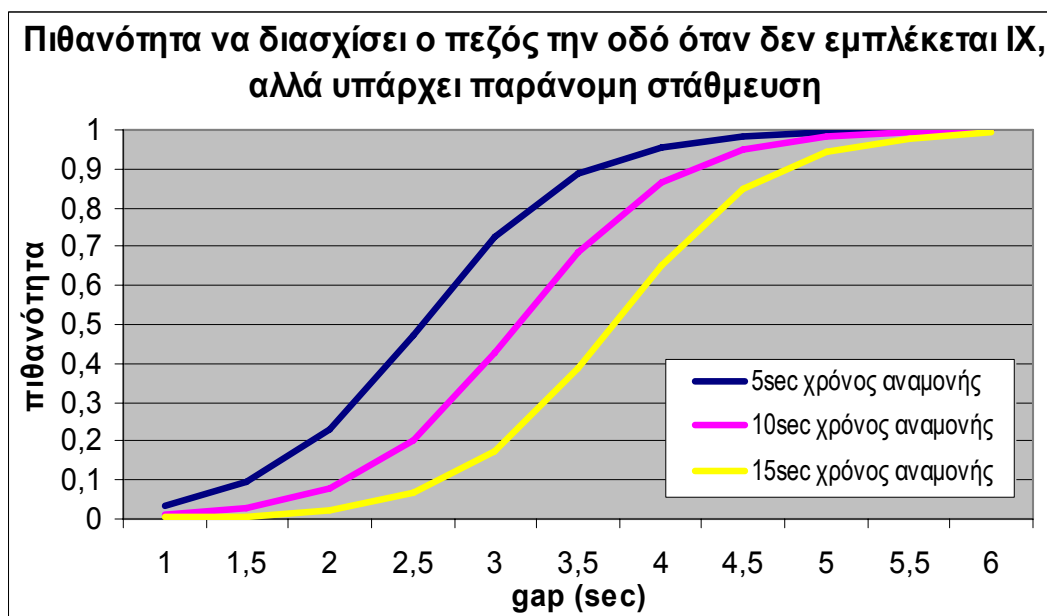
Διάγραμμα 5.13: Πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός την οδό όταν εμπλέκεται ΙΧ και υπάρχει παράνομη στάθμευση



Διάγραμμα 5.14: Πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός την οδό χωρίς να εμπλέκεται ΙΧ και χωρίς παράνομη στάθμευση



Διάγραμμα 5.15: Πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός την οδό όταν εμπλέκεται ΙΧ και δεν υπάρχει παράνομη στάθμευση



Διάγραμμα 5.16: Πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός την οδό χωρίς να εμπλέκεται ΙΧ αλλά υπάρχει παράνομη στάθμευση

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- 1) Σχεδόν όλοι οι πεζοί αποδέχονται διαστήματα των έξι περίπου δευτερολέπτων. Η πιθανότητα δηλαδή να διασχίσουν την οδό όταν τους παρουσιαστεί χρονικό διάστημα από το όχημα μεγαλύτερο των 6 δευτερολέπτων γίνεται θεωρητικά σχεδόν 100%.

- 2) Όπως παρατηρείται, η αύξηση του χρόνου αναμονής μειώνει την πιθανότητα να διασχίσει ο πεζός την οδό. Αυτό συμβαίνει διότι εκείνοι οι πεζοί που είναι διατεθειμένοι να περιμένουν για αρκετή ώρα στο πεζοδρόμιο πριν διασχίσουν την οδό, δε ριψοκινδυνεύουν να διασχίσουν την οδό επιλέγοντας μικρότερα διαστήματα από το εμπλεκόμενο όχημα.

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **διερεύνηση του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων.**

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες, στο κέντρο της Αθήνας και συγκεκριμένα στην οδό Σόλωνος, στην περιοχή έξω από τη Νομική σχολή. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφηκε σειρά μεταβλητών, όπως η ταχύτητα των εμπλεκόμενων οχημάτων, ο τύπος και το χρώμα του οχήματος και τα διάφορα χαρακτηριστικά των πεζών, όπως για παράδειγμα το φύλο και η ηλικία του πεζού.

Για τη **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ό,τι αφορά στο ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός, μετά από σειρά δοκιμών για την εύρεση των καταλληλότερων μοντέλων, επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Σε ό,τι αφορά στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό, επιλέχθηκε εξ αρχής η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν **τα τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή (αποδεκτό διάστημα από το όχημα και διάσχιση ή όχι της οδού) προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής.

Η **σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, δεν είναι θεωρητικά ορθό να χρησιμοποιείται το μέγεθος της ελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές, όπως είναι η μεταβλητή «φύλο». Παρόλα αυτά, 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.

Στους πίνακες που ακολουθούν (Πίν. 6.1, Πίν. 6.2), παρουσιάζεται η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στις μέσες ταχύτητες συνολικής, ελεύθερης και διακοπτόμενης διαδρομής. Σε αυτόν περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* των ανεξάρτητων μεταβλητών των δύο μοντέλων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο του αποδεκτού χρονικού διαστήματος από το όχημα

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Λογάριθμος αποδεκτού χρονικού διαστήματος από το όχημα ($\log gap$)		
	β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*
Απόσταση από το όχημα (m)	0,009	0,423	51,62
Μέγεθος οχήματος	0,05	0,039	4,79
Συνοδεία πεζών	0,043	0,008	1,00
Στάθμευση	0,048	0,065	7,92
Φύλο	0,025	0,023	2,86

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διάσχισης της οδού

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Διάσχιση ή όχι της οδού (pass/no)		
	β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*
Χρόνος αναμονής(sec)	-0,250	0,202	12,75
Χρονικό διάστημα από το όχημα(sec)	2,161	0,764	48,26
Τύπος οχήματος το IX	1,078	0,015	1,00
Στάθμευση	0,969	0,123	7,77

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

6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με το αρχικό ερώτημα και στόχο της Εργασίας. Στο υποκεφάλαιο αυτό, όμως, επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Έτσι, τα γενικά συμπεράσματα συνοψίζονται ως εξής:

1. Για πρώτη φορά στην Ελλάδα διερευνάται με πειραματικές μεθόδους το ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική οδό εκτός διασταυρώσεων και η επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό.

2. Η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών, που εντοπίστηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, προσεγγίζει το ζήτημα του ελάχιστου διαστήματος που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό και την επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό, είτε με τη βοήθεια ειδικού υπολογιστικού προγράμματος προσομοίωσης, είτε με πείραμα σε πραγματικές συνθήκες. Στην παρούσα διπλωματική εργασία **πραγματοποιήθηκε πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες**. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη και αξιόπιστη, διότι επέτρεψε την παρατήρηση της πραγματικής συμπεριφοράς των πεζών.
3. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων σε ό,τι αφορά στο ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό, πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, που αποδείχθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων συσχέτισης του αποδεκτού διαστήματος με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
4. Διαπιστώθηκε ότι το **ελάχιστο διάστημα** από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει την οδό **εξαρτάται** από την απόσταση του εμπλεκόμενου οχήματος από τον πεζό, από το μέγεθος του οχήματος, από το εάν συνοδεύεται ο πεζός, από την ύπαρξη παράνομα σταθμευμένων οχημάτων και τέλος από το φύλο του πεζού.
5. **Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων στο ελάχιστο αποδεκτό διάστημα του πεζού από το όχημα** προσδιορίστηκε μέσω της σχετικής επιρροής. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε ότι:
 - τη μεγαλύτερη επιρροή στο αποδεκτό χρονικό διάστημα έχει η απόσταση του πεζού από το όχημα. Αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο, καθώς όσο αυξάνεται η απόσταση από το όχημα τόσο αυξάνεται και το χρονικό διάστημα, όμως πρέπει να συνυπολογιστεί ο παράγοντας της ταχύτητας του οχήματος, διότι είναι δυνατόν να

μεταβάλλει σημαντικά το χρονικό διάστημα μεταξύ πεζού και οχήματος.

- την αμέσως μικρότερη επιρροή στο αποδεκτό διάστημα την έχει η παράνομη στάθμευση. Η παράνομη στάθμευση ωθεί τους πεζούς να είναι περισσότερο προσεκτικοί και να αποδέχονται μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.
 - μικρότερη επιρροή από την παράνομη στάθμευση στο αποδεκτό διάστημα, έχει το μέγεθος του οχήματος. Μεγαλύτερα οχήματα οδηγούν τον πεζό να επιλέξει πιο μεγάλα και ασφαλή χρονικά διαστήματα.
 - την αμέσως μικρότερη επιρροή στο αποδεκτό διάστημα την έχει το φύλο του πεζού. Διαπιστώθηκε πως οι άντρες ριψοκινδυνεύουν λιγότερο και επιλέγουν σχετικά μεγαλύτερα διαστήματα από τις γυναίκες.
 - η μεταβλητή «συνοδεία πεζών» παρουσιάζει τη μικρότερη επιρροή στο ελάχιστο διάστημα. Φαίνεται δηλαδή ότι όταν οι πεζοί συνοδεύονται, συμπεριφέρονται λιγότερο ριψοκίνδυνα από ότι όταν βρίσκονται μόνοι τους στη οδό.
6. Όσον αφορά στο **αποδεκτό διάστημα από το όχημα** ισχύει ότι τα πιο μεγάλα και ασφαλέστερα διαστήματα επιλέγονται από άντρες. Όταν μάλιστα αυτοί συνοδεύονται και υπάρχει παράνομη στάθμευση το αποδεκτό χρονικό αυξάνεται περισσότερο. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με μεγάλου μεγέθους εμπλεκόμενα οχήματα οδηγούν στα μέγιστα αποδεκτά διαστήματα. Επίσης, τα αντίστοιχα πιο μικρά και επικίνδυνα διαστήματα επιλέγονται από γυναίκες, οι οποίες δε συνοδεύονται, δεν υπάρχει παράνομη στάθμευση και εμπλέκεται μικρού μεγέθους όχημα.

7. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων σε ό,τι αφορά στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό, πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης**, που αποδείχθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων συσχέτισης της πιθανότητας να διασχίσει ο πεζός την οδό με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
8. Διαπιστώθηκε ότι **η επιλογή του πεζού να διασχίσει την οδό εξαρτάται** από το χρονικό διάστημα από το όχημα, από το χρόνο αναμονής του πεζού στην οδό, από το εάν το εμπλεκόμενο όχημα είναι Ι.Χ. επιβατικό και τέλος από την ύπαρξη παράνομα σταθμευμένων οχημάτων και τέλος από το φύλο του πεζού.
9. **Ο βαθμός επιρροής των εξετασθέντων παραμέτρων στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό** προσδιορίστηκε και αυτή μέσω της σχετικής επιρροής όπως και στο προηγούμενο μοντέλο. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψε ότι:
- τη μεγαλύτερη επιρροή στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό έχει το χρονικό διάστημα από το όχημα. Αυτό είναι απολύτως λογικό και αναμενόμενο, διότι όσο αυξάνεται το χρονικό περιθώριο που έχει στη διάθεσή του ο πεζός, τόσο πιο εύκολα λαμβάνει την απόφαση να διασχίσει την οδό.
 - την αμέσως μικρότερη επιρροή στο αποδεκτό διάστημα την έχει ο χρόνος αναμονής. Μεγαλύτερος χρόνος αναμονής οδηγεί τους πεζούς να μη διασχίσουν την οδό. Αυτό παρατηρείται και στα διαγράμματα ευαισθησίας, όπου μικρότεροι χρόνοι αναμονής αυξάνουν την πιθανότητα διάσχισης της οδού. Αυτό εξηγείται, διότι οι πεζοί οι οποίοι είναι διατεθειμένοι να περιμένουν περισσότερο χρόνο, είναι εκείνοι οι οποίοι δε θα ριψοκινδύνευαν να επιλέξουν μικρά χρονικά διαστήματα.

- κατόπιν ακολουθεί η ύπαρξη παράνομα σταθμευμένων οχημάτων, η οποία οδηγεί τους πεζούς να διασχίσουν την οδό. Αυτό συμβαίνει ενδεχομένως διότι όταν οι πεζοί στέκονται ανάμεσα στα παράνομα σταθμευμένα οχήματα, αφενός αισθάνονται ασφαλείς και έχουν μικρότερο πλάτος οδοστρώματος να διασχίσουν και αφετέρου προτιμούν να διασχίσουν την οδό και να μη γυρίσουν πίσω να περπατήσουν στο πεζοδρόμιο για να διασχίσουν παρακάτω.
 - τη μικρότερη επιρροή στην επιλογή του πεζού να διασχίσει ή όχι την οδό φαίνεται να έχει το ενδεχόμενο το εμπλεκόμενο όχημα να είναι Ι.Χ. επιβατικό.
- 10.** Τέλος αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή η γενίκευση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε επόμενες συναφείς έρευνες. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές, διότι η οδός Σόλωνος μπορεί να διαφέρει από άλλες οδούς στον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας, στην ύπαρξη νόμιμα σταθμευμένων οχημάτων και σε άλλα χαρακτηριστικά.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξάχθηκαν κατά την εκπόνηση της Εργασίας αυτής, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας καθώς και στην αύξηση του επιπέδου οδικής ασφάλειας των πεζών αλλά και των οχημάτων στις αστικές οδούς.

- 1.** Η παράνομη στάθμευση είναι υπεύθυνη για ατυχήματα με θύματα πολλές φορές πεζούς. Έτσι η **εντατικοποίηση της αστυνόμευσης** της παράνομης στάθμευσης στις αστικές οδούς μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του αριθμού των πεζών που διασχίζουν την οδό εκτός διασταυρώσεων.

2. Το φαινόμενο της διάσχισης της οδού από πεζούς σε αστικές οδούς εκτός διασταυρώσεων θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί διαθέτοντας **επαρκή χρόνο πρασίνου πεζών** στους σηματοδότες. Βέβαια, αυτό προϋποθέτει έναν καλύτερο συντονισμό των σηματοδοτών για τη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας.
3. Επίσης, τοποθετώντας **κάγκελα** κατά μήκος του πεζοδρομίου, οι πεζοί θα αναγκάζονταν να κατευθυνθούν προς τις παρακείμενες διαβάσεις. Με τον τρόπο αυτό δε θα διέσχισαν την οδό εκτός διασταυρώσεων θέτοντας σε κίνδυνο τη σωματική τους ακεραιότητα.
4. Σε κάθε περίπτωση, στην Ελλάδα, επικρατεί η νοοτροπία ότι η αυξημένη ταχύτητα αποτελεί τρόπο προσωπικής ανάδειξης. Για να βελτιωθεί, όμως, το επίπεδο 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. Η αστυνόμευση θα ήταν χρήσιμη και σε αυτή την περίπτωση.
5. Επιπρόσθετα, **οι πολίτες θα πρέπει να ενημερώνονται** για θέματα που αφορούν στην οδική ασφάλεια και στη διαχείριση της κυκλοφορίας, σε συνάρτηση με τη σωστή συμπεριφορά των πεζών και οδηγών στην οδό, ώστε να γίνει ευρέως αντιληπτός ο κίνδυνος που προκαλεί η διάσχιση της οδού εκτός διασταυρώσεων. Το σχολείο, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και οι διάφορες εκστρατείες που πραγματοποιούνται από την Πολιτεία αλλά και το προσωπικό παράδειγμα των γονέων, τροχονόμων και όλων των εκπροσώπων της Πολιτείας, αποτελούν ένα βασικό τρόπο ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της διερεύνησης του ελάχιστου διαστήματος από το όχημα που αποδέχεται ο πεζός για να διασχίσει αστική

οδό εκτός διασταυρώσεων, ενδιαφέρον θα παρουσίαζαν οι παρακάτω προτάσεις:

1. Η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες περιπτώσεις όπως αναφέρεται και πιο πάνω. Το γεγονός ότι το πείραμα διεξήχθη στην οδό Σόλωνος, η οποία έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από άλλες οδούς των Αθηνών, απαιτεί τις **κατάλληλες προσαρμογές**. Για παράδειγμα είναι σκόπιμο να γίνουν παρόμοια πειράματα και αναλύσεις σε άλλες οδούς όπου επιτρέπεται η στάθμευση από τη μία μόνο ή και από τις δυο πλευρές της οδού, όπου ο αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας και το πλάτος τους διαφέρει από εκείνα της παρούσας έρευνας. Επίσης, πρέπει να γίνουν πειράματα και σε οδούς με διαφορετικές χρήσεις γης, όπου ίσως η κατανομή των ηλικιών και των χαρακτηριστικών των πεζών να είναι διαφορετική.
2. Στην παρούσα εργασία πέρα από το φύλο και την ηλικία κατά εκτίμηση δε συγκεντρώθηκαν άλλα στοιχεία για τον πεζό. Με χρήση **ερωτηματολογίων** θα ήταν δυνατό να συλλεχθούν και άλλα στοιχεία, όπως για παράδειγμα το επάγγελμά του πεζού, το βάρος και το ύψος του (ώστε να αναζητηθεί συσχέτιση των εξαρτημένων μεταβλητών που εξετάστηκαν με το Δείκτη Μάζας Σώματος του πεζού) και η αφετηρία και ο τελικός προορισμός του πεζού. Επίσης, θα ήταν δυνατό να συγκεντρωθούν στοιχεία για την ψυχολογική κατάσταση του πεζού, όπως για παράδειγμα το εάν αισθάνεται αγχωμένος ή εάν βιάζεται να φτάσει στον προορισμό του. Με ανάλυση των παραπάνω επιπλέον χαρακτηριστικών θα ήταν δυνατή η εύρεση και άλλων παραγόντων επιρροής στις εξαρτημένες μεταβλητές.
3. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη θεώρηση κάποιων μεταβλητών ως ποιοτικά μεγέθη. Ένας εναλλακτικός τρόπος προσέγγισης του θέματος θα ήταν η εφαρμογή της ίδιας διαδικασίας ανάλυσης, ορίζοντας τα ως **συνεχή**. Για παράδειγμα, ενώ στην εν λόγω έρευνα, η ηλικία χωρίστηκε σε τέσσερις ομάδες λαμβάνοντας είτε την τιμή 0, είτε την

τιμή 1, σε επόμενη έρευνα θα μπορούσε η μεταβλητή αυτή να λάβει ως τιμή την ακριβή ηλικία κάθε πεζού.

4. Σε ό,τι αφορά στο ελάχιστο διάστημα από το όχημα που αποδέχονται οι πεζοί για διάσχιση της οδού, 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 μοντέλων, θα φαινόταν χρήσιμη η **εφαρμογή μιας άλλης μεθόδου στατιστικής ανάλυσης**, η οποία θα άνηκε σε διαφορετική οικογένεια από την ήδη επιλεγείσα, όπως παραδείγματος χάριν η πολλαπλή ανάλυση μεταβλητών (multilevel analysis).
5. Τέλος, η περιορισμένη τεχνολογική υποστήριξη αποτέλεσε έναν ανασταλτικό παράγοντα τόσο για την ανάλυση περισσοτέρων μεταβλητών, όσο και για τον ακριβή προσδιορισμό των εξεταζόμενων μεταβλητών. Για παράδειγμα, λόγω της διάθεσης μόνο μια συσκευής καταγραφής ταχύτητας, δεν κατέστη δυνατή η καταγραφή των ταχυτήτων των οχημάτων από των οποίων τα διαστήματα απορρίφθηκαν από τους πεζούς. Έτσι δεν ήταν δυνατή η καταγραφή των απορριπτέων αποστάσεων από τα οχήματα, παρά μόνο των απορριπτέων χρονικών διαστημάτων. Σε επόμενη έρευνα, η **χρήση περισσοτέρων συσκευών μέτρησης ταχύτητας**, μπορεί να καταστήσει δυνατή την καταγραφή περισσότερων παραμέτρων που επηρεάζουν τις επιλογές του πεζού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baltés 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., Muhlrad 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. Stoloff 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., Muhlrud 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. Φραντζεσκάκης, Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Τσαμπούλας, **“Διαχείριση Κυκλοφορίας”**, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 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.