



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Ανάλυση της απόσπασης προσοχής των πεζών που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο



Δήμητρα Τύπα

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

Ευχαριστίες

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

Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στο Δημήτρη Νικολάου, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τις πολύτιμες συμβουλές του , τις παραγωγικές υποδείξεις του πάνω σε σημαντικά θέματα της Διπλωματικής Εργασίας, το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε καθώς και τον χρόνο που μου διέθεσε.

Τέλος, ευχαριστώ γενικότερα την οικογένειά μου και τους φίλους μου που ήταν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια, στηρίζοντας με σε κάθε βήμα των σπουδών μου.

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

Δήμητρα Τύπα

Ανάλυση της απόσπασης προσοχής των πεζών που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο

Τύπα Δήμητρα

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

Σύνοψη

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διεξοδική μελέτη της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι κατά τη διάρκεια της διάσχισης σηματοδοτούμενων διαβάσεων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες, με τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης, σε τρεις σηματοδοτούμενες διαβάσεις στο κέντρο της Αθήνας, ώστε να καταστεί εφικτή η σύγκριση των χαρακτηριστικών των πεζών που παρουσιάζουν ή όχι απόσπαση προσοχής. Αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της επιρροής της απόσπασης προσοχής στην ταχύτητα των πεζών. Παράλληλα, αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για να αποτυπώσουν τη συσχέτιση μεταξύ της ασφάλειας των πεζών (εμπλοκή σε παρ'ολίγον ατύχημα) και της απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι επιδρά αρνητικά στα κύρια χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών, με τους πεζούς με απόσπαση προσοχής να εμφανίζουν εν γένει μικρότερη ταχύτητα και μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακούν σε παρ'ολίγον ατύχημα συγκριτικά με τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής.

Λέξεις κλειδιά: απόσπαση προσοχής, πεζοί, κυκλοφοριακή συμπεριφορά, ασφάλεια πεζών, σηματοδοτούμενη διάβαση, βιντεοσκόπηση, πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Analysis of pedestrians distracted behaviour talking on mobile phone

Typa Dimitra

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract

The aim of this Diploma Thesis is to investigate the impact of hand-held cell phone conversation on pedestrians' traffic and safety behaviour, when crossing signalized intersections. An outdoor-environment experiment, through video recording, was conducted in real road conditions, in three signalized intersections at the centre of Athens for the purpose of comparing the behaviour of distracted and non-distracted pedestrians. Multiple linear regression models were developed to define the influence of cell phone distraction on pedestrians' speed. Furthermore, binary logistic regression models were developed to determine the association between cell phone distraction and pedestrians' safety characteristics (near misses). The results of the models' application demonstrated that distraction caused by hand-held cell phone conversation had a negative impact on pedestrians' main traffic and safety characteristics, since, in general, mobile use not only decreases pedestrians' speed but also increases their probability of being involved in an accident with an oncoming vehicle.

Keywords: cell phone distraction, pedestrians, traffic and safety behaviour, signalized intersection, video recording, multiple linear regression, binary logistic regression

Περίληψη

Η ασφάλεια των χρηστών της οδού και ειδικότερα των πεζών αποτελεί ένα αντικείμενο μείζονος σημασίας που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Συγκεκριμένα, το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αφορούσε στη διεξοδική διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών **που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο για συνομιλία στο χέρι** όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις. Σκοπός ήταν η ανάλυση της επιρροής του κινητού τηλεφώνου στα **χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας** των πεζών.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων πραγματοποιήθηκε **πείραμα με τη μέθοδο της βιντεοσκοπήσης** μέσω κινητού τηλεφώνου σε τρεις σηματοδοτούμενες διαβάσεις στο κέντρο της Αθήνας. Στη συνέχεια, ακολούθησε η κωδικοποίηση και η επεξεργασία των δεδομένων μέσω των κατάλληλων προγραμμάτων και τέλος, πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων ώστε να παραχθούν πρότυπα τα οποία να καθιστούν δυνατή τη σύγκριση της συμπεριφοράς των πεζών με ή χωρίς απόσπαση προσοχής.

Μετά από μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τρία **μαθηματικά πρότυπα** με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης για τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας (ταχύτητα των πεζών), με το ένα να αφορά στο συνολικό μοντέλο, καθώς και δύο πρότυπα αναφορικά με τα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών (πιθανότητα εμπλοκής των πεζών σε παρ' ολίγον ατύχημα με διερχόμενο όχημα), τα οποία αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα **αποτελέσματα** των προτύπων για τους πεζούς με και χωρίς απόσπαση προσοχής.

Επισημαίνεται πως η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της **ελαστικότητας**. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής κάθε μεταβλητής δίνοντας τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των μεταβλητών (του ίδιου τύπου) τόσο του ίδιου προτύπου όσο και των δύο προτύπων μεταξύ τους.

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών με απόσπαση προσοχής

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Πεζοί με απόσπαση προσοχής							
	Λογάριθμος της ταχύτητας				Παρ' ολίγον ατύχημα			
	β	t	ei	ei*	β	Wald	ei	ei*
Σταθερός όρος	0,196	5,517	-	-				
Σύγκρουση πεζών	-0,044	-1,749	-0,49	-2,36				
Συνοδεία πεζών	-0,068	-1,94	0,21	1,00				
Ηλικία πεζών	-0,030	-2,261	-1,84	-				
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-0,00007255	-2,728	-0,46	-				
Σαββατοκύριακο					3,458	4,641	3,66	-4,31
Μη ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση					-3,989	8,201	-0,85	1,00
Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					2,514	5,075	1,49	-1,75
Φόρτος πεζών ανά μήκος διάβασης					-0,654	3,857	-0,27	1,00
Μήκος διάβασης στο τετράγωνο					-0,040	7,327	-0,80	2,91

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής							
	Λογάριθμος της ταχύτητας				Παρ' ολίγον ατύχημα			
	β	t	ei	ei*	β	Wald	ei	ei*
Σταθερός όρος	0,232	13,067	-	-				
Σύγκρουση πεζών	-0,032	-2,491	-0,26	-1,28				
Συνοδεία πεζών	-0,063	-5,759	-0,66	-3,23				
Ηλικία πεζών	-0,034	-5,841	-15,70	-				
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-0,0000783	-6,226	-10,37	-				
Σαββατοκύριακο					1,311	2,773	1,77	-2,09
Μη ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση					-2,437	8,518	-0,87	1,02
Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					2,119	6,62	4,68	-5,50
Φόρτος πεζών ανά μήκος διάβασης					-0,876	15,152	-0,89	3,26
Μήκος διάβασης στο τετράγωνο					-0,044	12,066	-1,98	7,19

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άρρηκτα συνδεδεμένα με το στόχο αλλά και τα αρχικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν. Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας, μέσω της σύνθεσης των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Επομένως, τα **συμπεράσματα** συνοψίζονται παρακάτω:

- Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποτελεί την **πρώτη έρευνα** που πραγματοποιείται στην Ελλάδα με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης κινητού τηλεφώνου για συνομιλία στο χέρι στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις.
- Η εν κινήσει συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι έχει σημαντική επιρροή στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειάς του πεζού. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση κινητού από τον πεζό οδηγεί σε **μείωση της ταχύτητας** του καθώς και σε **αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής** τους σε ατύχημα με διερχόμενο όχημα.

Ταχύτητα Πεζών

- **Η συνομιλία με το κινητό στο χέρι** κατά τη διέλευση από τη διάβαση, οδηγεί σε **μείωση της μέσης ταχύτητας** των πεζών, ενδεχομένως διότι δεν επικεντρώνονται στο περπάτημα αλλά στην επικοινωνία με το συνομιλητή τους και παρουσιάζουν διανοητική απόσπαση προσοχής.
- Η μέση ταχύτητα των πεζών για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής εξαρτάται από τη σύγκρουση μεταξύ πεζών, τη συνοδεία, την ηλικία και τον κυκλοφοριακό φόρτο των πεζών.
- Στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η **σύγκρουση** μεταξύ πεζών διότι μετά τη σύγκρουση οι πεζοί με απόσπαση προσοχής καθυστερούν περισσότερο να επανακαθορίσουν τη διαδρομή τους. Στην περίπτωση της μη απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η **συνοδεία** του πεζού από άλλον πεζό, καθώς ενδεχομένως οι πεζοί που δεν αποσπώνται από τη συνομιλία

αλληλεπιδρούν περισσότερο με τον πεζό που είναι δίπλα τους, γεγονός που αποτελεί μία άλλη μορφή απόσπασης προσοχής.

- Οι πεζοί με **απόσπαση προσοχής** παρουσιάζουν **μικρότερη ταχύτητα** από τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής **σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου** πεζών, καταδεικνύοντας ότι η απόσπαση προσοχής οδηγεί γενικότερα σε μεγαλύτερη καθυστέρηση διάσχισης της διάβασης, άρα και σε μεγαλύτερης διάρκειας έκθεση σε ενδεχόμενο κίνδυνο.
- Τη **χαμηλότερη ταχύτητα** την παρουσιάζουν οι **ηλικιωμένοι** πεζοί με απόσπαση προσοχής καθώς δεν είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση κινητού τηλεφώνου ενώ παράλληλα δυσκολεύονται να διαχειριστούν διαφορετικές δραστηριότητες ταυτόχρονα.
- Η **ταχύτητα** των πεζών **μειώνεται** με την **αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου**, για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής, καθώς όσο αυξάνεται η πυκνότητα των πεζών τόσο μειώνεται η επιφάνεια που καταλαμβάνει ο κάθε πεζός και κατ' επέκταση ο βαθμός ευκινησίας του.

Παρ' ολίγον Ατύχημα Πεζών Με Διερχόμενο Όχημα

- Η πιθανότητα εμπλοκής σε παρ' ολίγον ατύχημα με διερχόμενο όχημα για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής εξαρτάται από την ημέρα της εβδομάδας, την ύπαρξη οχήματος επί τη διάβασης, την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη των πεζών, τον κυκλοφοριακό φόρτο των πεζών και το μήκος της διάβασης.
- Στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή έχει η **ημέρα της εβδομάδας**, γεγονός που ίσως να οφείλεται στο ότι η συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο επιδεινώνει και καθιστά περισσότερο απερίσκεπτη την ούτως ή άλλως αφηρημένη συμπεριφορά των πεζών το Σαββατοκύριακο. Στην περίπτωση της μη απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επίδραση παρουσιάζει η **ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη**, ενδεχομένως διότι οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής θεωρούν ότι διαθέτουν μεγαλύτερη ικανότητα και είναι πιο επιρρεπείς στην παράνομη διάσχιση της οδού.
- Πιο συγκεκριμένα, τη μεγαλύτερη **πιθανότητα εμπλοκής** σε παρ' ολίγον ατύχημα εκδηλώνουν οι πεζοί με απόσπαση προσοχής όταν υπάρχει όχημα στη διάβαση, η ένδειξη του σηματοδότη είναι κόκκινη και η διάσχιση πραγματοποιείται το Σαββατοκύριακο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην περίπτωση αυτή η μείωση της πιθανότητας εμπλοκής γίνεται με **πιο αργό ρυθμό** και δε μηδενίζεται σε υψηλό φόρτο όπως στις άλλες περιπτώσεις, δεδομένο που ενισχύει την άποψη ότι όταν επικρατούν οι συγκεκριμένες συνθήκες υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ο οποίος δεν περιορίζεται σημαντικά με την αύξηση του φόρτου.
- Η **πιθανότητα εμπλοκής** σε παρ' ολίγον ατύχημα για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής παρουσιάζει **μειωτική τάση αυξανόμενου του φόρτου των πεζών** ανά μήκος διάβασης, καθώς εάν υπάρξει κίνδυνος εμπλοκής σε ατύχημα μεγάλο μέρος των πεζών θα πραγματοποιήσει ελιγμούς και άρα θα οδηγήσει τους υπόλοιπους στην υιοθέτηση της ίδιας συμπεριφοράς αλλά και πιο εύκολα ένα όχημα θα προσέξει την κίνηση των πεζών και δεν θα προκληθεί παρ' ολίγον ατύχημα.
- Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** και της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** ως οι καταλληλότερες για τη συγκεκριμένη ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τις προαναφερθείσες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών προτύπων

διερεύνησης της επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών.

- Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας **δύνανται να γενικευτούν** ώστε να ισχύσουν σε άλλες περιοχές εκτός από την περιοχή έρευνας. Πριν από οποιαδήποτε γενίκευση όμως, οφείλουν να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση.....	1
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	3
1.3 Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας.....	4
1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	5
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	7
2.1 Εισαγωγή	7
2.2 Συναφείς Έρευνες Και Μεθοδολογίες	7
2.3 Σύνοψη-Κριτική Αξιολόγηση	9
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	11
3.1 Εισαγωγή	11
3.2 Μαθηματικά Πρότυπα.....	11
3.2.1 Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση.....	11
3.2.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση.....	12
3.2.3 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης.....	12
3.3 Διαδικασία Ανάπτυξης Και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου	13
3.4 Λειτουργία Του Ειδικού Λογισμικού Στατιστικής Ανάλυσης	16
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων.....	17
4.1 Εισαγωγή	17
4.2 Συλλογή Στοιχείων.....	17
4.2.1 Πείραμα	17
4.2.2 Παρατηρηθέντα Στοιχεία	18
4.3 Επεξεργασία Στοιχείων.....	20
4.3.1 Εισαγωγή.....	20
4.3.2 Εισαγωγή Των Στοιχείων Σε Βάση Δεδομένων	20
4.3.3 Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος.....	22
4.3.4 Επεξεργασία Στοιχείων Με Το Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης	23
5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας–Αποτελέσματα.....	31
5.1 Εισαγωγή	31
5.2.1 Δεδομένα Εισόδου – Καθορισμός Μεταβλητών.....	31
5.2.2 Περιγραφική Στατιστική	32
5.2.3 Επιλογή Μεθόδου Παλινδρόμησης.....	33
5.2.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	34
5.2.3.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση	34
5.2.4 Έλεγχος Σφάλματος Εξίσωσης Προτύπου	34
5.2.5 Συσχέτιση Των Μεταβλητών	35
5.2.6 Παρουσίαση Και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων	36
5.2.6.1 Συνολικό Μοντέλο Για Την Ταχύτητα Πεζών.....	36
5.2.6.1.1 Ποιότητα Προτύπου.....	37

5.2.6.1.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου.....	37
5.2.6.2 Πρότυπο Πεζών Με Απόσπαση Προσοχής	38
5.2.6.2.1 Ποιότητα Προτύπου.....	39
5.2.6.2.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου.....	39
5.2.6.3 Πρότυπο Πεζών Χωρίς Απόσπαση Προσοχής	40
5.2.6.3.1 Ποιότητα Προτύπου.....	40
5.2.6.3.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου.....	40
5.2.7 Σχετική Επιρροή Των Μεταβλητών Των Δύο Επιμέρους Μοντέλων	41
5.2.8 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	42
5.3 Πρότυπα Συσχέτισης Απόσπασης Προσοχής Και Χαρακτηριστικών Ασφαλείας Πεζών.....	44
5.3.1 Δεδομένα Εισόδου – Καθορισμός Μεταβλητών.....	44
5.3.2 Επιλογή Μεθόδου Παλινδρόμησης.....	45
5.3.3 Συσχέτιση Των Μεταβλητών	45
5.3.4.1 Πρότυπο Για Παρ'ολίγον Ατυχήματα Πεζών Που Συνομιλούν Στο Κινητό Τηλέφωνο	45
5.3.4.1.1 Ποιότητα Προτύπου.....	46
5.3.4.1.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου.....	47
5.3.4.2 Πρότυπο Για Παρ'ολίγον Ατυχήματα Πεζών Χωρίς Απόσπαση Προσοχής	47
5.3.4.2.1 Ποιότητα Προτύπου.....	48
5.3.4.2.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου.....	48
5.3.5 Σχετική Επιρροή Των Μεταβλητών Των Δύο Επιμέρους Μοντέλων.....	49
5.3.6 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	50
6. Συμπεράσματα.....	53
6.2 Συνολικά Συμπεράσματα	54
6.3 Προτάσεις Για Βελτίωση Της Ασφάλειας Των Πεζών	56
7. Βιβλιογραφία.....	58

1.Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η **οδική ασφάλεια** αποτελεί πρωτίστης σημασίας θέμα που απασχολεί πληθώρα κρατών τη σύγχρονη εποχή, καθώς τα οδικά ατυχήματα αποτελούν παγκοσμίως μία από τις κυριότερες αιτίες σοβαρών τραυματισμών και θανάτων. Τα οδικά ατυχήματα έχουν τεράστιο **κοινωνικό και οικονομικό κόστος**, γεγονός που καθιστά προτεραιότητα για κάθε χώρα τον περιορισμό τους. Στην αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού το επιστημονικό πεδίο της οδικής ασφάλειας, το οποίο συνεχώς αναπτύσσεται, στοχεύει στη μείωση του κινδύνου θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού για τους χρήστες ενός οδικού δικτύου.

Η πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου πεδίου έγκειται στην **αλληλεπίδραση μίας σειράς παραγόντων**, οι οποίοι επιδρούν σε διαφορετικό βαθμό στην οδική ασφάλεια. Οι τρεις βασικοί παράγοντες, κατά σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας είναι: το όχημα, η οδός και το περιβάλλον και οι χρήστες της οδού. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι **ο ανθρώπινος παράγοντας** μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες, παίζει ρόλο στο 95% των ατυχημάτων (Φραντζεσκάκης, et al., 1994).

Στην **Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε)** ο **ετήσιος αριθμός των νεκρών από οδικά ατυχήματα ανέρχεται στους 25.100** (European Commission, 2018) και στην **Ελλάδα στους 740** (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018). Ωστόσο, αξίζει να τονιστεί ότι η Ελλάδα έχει σημειώσει τη μεγαλύτερη μείωση στον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (45% την περίοδο 2010-2018, European Commission, 2018)

Πεζοί

Μείζονος σημασίας συνιστώσα του προβλήματος αποτελούν οι ευπαθείς χρήστες της οδού (πεζοί, ποδηλάτες, μοτοσικλετιστές και πρόσφατα και οι επιβαίνοντες σε ηλεκτρικά πατίνια) . Οι **πεζοί** υφίστανται τις κρισιμότερες επιπτώσεις από τη σύγκρουση με άλλους χρήστες της οδού καθώς είναι από τη φύση τους πιο ευάλωτοι μπροστά στην **ταχύτητα και τη μάζα της λοιπής κυκλοφορίας**. Αυτό έχει ως συνέπεια κατά τη συχνή εμπλοκή τους σε οδικά ατυχήματα, λόγω της ελλιπούς προστασίας τους, να οδηγούνται σε αυξημένη πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού ή θανάτου.

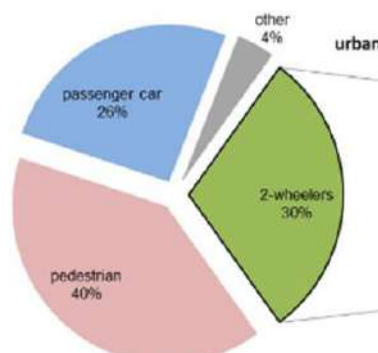
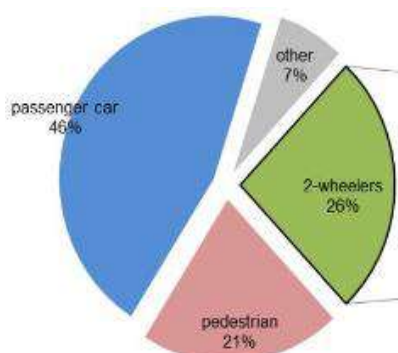
Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ERSO, 2019), υπολογίζεται ότι το έτος 2017 καταγράφηκαν 5.220 θάνατοι πεζών οφειλόμενοι σε οδικά ατυχήματα, το οποίο αποτελεί το 21% των συνολικών θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ε.Ε, ενώ πιο συγκεκριμένα στις αστικές περιοχές το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 40% (Διαγράμματα 1.1 & 1.2).

Βέβαια, σημαντικό θεωρείται το γεγονός ότι τη δεκαετία 2008-2017 οι θάνατοι των πεζών μειώθηκαν κατά 36%, με τον συνολικό αριθμό θανάτων να μειώνεται σχεδόν κατά 41% (ERSO, 2019). Σημειώνεται ότι στην Ελλάδα παρουσιάζεται, κατά κύριο λόγο, σταδιακή μείωση αυτού του αριθμού με το 2017 να καταγράφονται 118 θάνατοι, που υποδεικνύει μείωση του αριθμού των θανάτων πεζών κατά 52% για τη δεκαετία 2008-2017 (CARE, 2019).

Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζεται ο απόλυτος αριθμός των πεζών που έχασαν τη ζωή τους, για την περίοδο 2008-2017 στις χώρες της Ε.Ε (CARE, 2019).

Πίνακας 1.1 Ετήσιος αριθμός πεζών που χάνουν τη ζωή τους στα κράτη της Ε.Ε τη χρονική περίοδο 2008-2017 (ΠΗΓΗ: CARE, 2019)

Country	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Austria (AT)	102	101	98	87	81	82	71	84	73	73
Belgium (BE)	99	101	108	113	104	99	106	92	78	95
Bulgaria (BG)	278	198	174	149	135	108	156	164	118	157
Croatia (HR)	136	103	105	71	72	69	73	61	67	56
Cyprus (CY)	16	9	13	13	10	8	10	16	14	-
Czechia (CZ)	238	176	168	176	163	162	130	150	130	129
Denmark (DK)	58	52	44	33	31	34	22	27	36	20
Estonia (EE)	41	23	14	26	29	23	26	24	22	10
Finland (FI)	53	30	35	41	29	34	36	32	29	27
France (FR)	548	496	485	519	489	465	499	466	553	480
Germany (DE)	653	591	476	614	527	561	527	545	500	489
Greece (EL)	248	202	179	223	170	151	125	128	149	118
Hungary (HU)	251	186	192	124	156	147	152	149	152	170
Iceland (IS)	0	2	2	4	2	1	0	1	2	0
Ireland (IE)	49	40	44	47	29	31	42	31	-	-
Italy (IT)	646	667	621	589	576	551	578	602	570	600
Latvia (LV)	105	82	79	60	62	70	71	63	55	51
Lithuania (LT)	-	-	-	-	-	96	109	81	-	-
Luxembourg (LU)	6	12	1	6	6	5	3	7	8	4
Malta (MT)	1	-	-	-	-	-	-	5	8	-
Netherlands (NL)	56	63	62	65	64	51	50	60	44	64
Norway (NO)	31	26	24	16	22	18	18	12	15	11
Poland (PL)	1882	1467	1236	1408	1157	1140	1116	915	868	873
Portugal (PT)	155	148	195	199	159	144	145	146	123	130
Romania (RO)	1067	1015	868	747	728	726	697	649	717	733
Slovakia (SK)	204	113	126	-	-	-	-	-	-	-
Slovenia (SI)	39	24	26	21	19	20	14	16	22	10
Spain (ES)	502	470	471	380	370	371	336	367	389	351
Sweden (SE)	45	44	31	53	50	42	52	28	42	37
Switzerland (CH)	59	60	75	69	75	69	43	58	50	47
United Kingdom (UK)	591	524	415	466	429	405	464	427	463	485
European Union (EU)	8159	7025	6367	6319	5744	5683	5671	5406	5297	5220
Yearly Change		-13.90%	-9.36%	-0.76%	-9.10%	-1.07%	-0.22%	-4.67%	-2.02%	-1.45%



Διαγράμματα 1.1 & 1.2 Ποσοστό νεκρών από οδικά ατυχήματα που αποτελούν οι πεζοί σε όλες τις ηλικίες στην Ε.Ε γενικά και σε αστικές περιοχές αντίστοιχα το έτος 2017 (ΠΗΓΗ: European Commission, 2018)

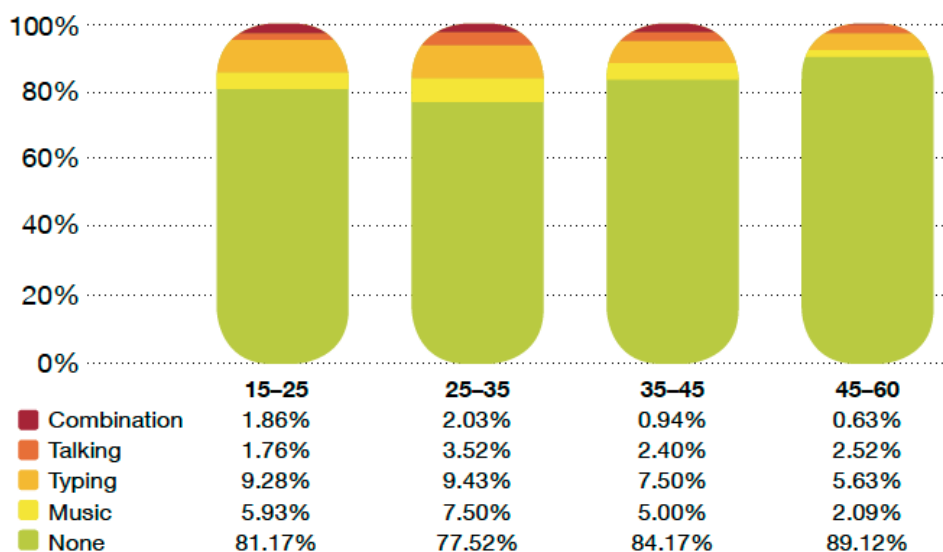
Απόσπαση Προσοχής Των Πεζών

Η **απόσπαση προσοχής** των πεζών λόγω χρήσης **κινητού τηλεφώνου** αποτελεί τα τελευταία χρόνια μία από τις κύριες **αιτίες εμπλοκής των πεζών σε οδικά ατυχήματα**, καθώς είναι γεγονός ότι το κινητό τηλέφωνο αποτελεί πλέον αναπόσπαστο τμήμα της καθημερινότητας των ανθρώπων. Η συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο, η αποστολή γραπτών μηνυμάτων, η μουσική ακόμα και η χρήση μιας εφαρμογής αποτελούν κίνδυνο τόσο για τους ίδιους τους πεζούς με απόσπαση προσοχής όσο και για τους υπόλοιπους χρήστες της οδού.

Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε έξι μεγάλες ευρωπαϊκές πρωτεύουσες (DEKRA Accident Research, 2016) βρέθηκε ότι σημαντικό ποσοστό των πεζών που διέσχιζαν την οδό έκαναν **χρήση του κινητού τηλεφώνου** (ποσοστό κατά μέσο όρο ίσο με 16,9%, με μέγιστο το 23,6% το οποίο παρατηρήθηκε στη Στοκχόλμη).

Πιο συγκεκριμένα, τα μεγαλύτερα ποσοστά χρήσης κινητού τηλεφώνου παρατηρήθηκαν στην ηλικιακή ομάδα 25-35 ετών με το ποσοστό των πεζών που χρησιμοποιούσαν το κινητό τους τηλέφωνο για συνομιλία, να ανέρχεται στο 3,52%, για αποστολή μηνυμάτων στο 9,43% και για να ακούνε μουσική με χρήση ακουστικών στο 7,50% (Διάγραμμα 1.3).

Smartphone Usage amongst Pedestrians, by age group



Διάγραμμα 1.3 Κατανομή της χρήσης του κινητού τηλεφώνου με βάση την ηλικία των πεζών (Πηγή: DEKRA Accident Research, 2016)

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διεξοδική μελέτη της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς και της ασφάλειας των πεζών που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι ή με τη χρήση ακουστικών**.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε **πείραμα** καταγραφής της κίνησης των πεζών σε **πραγματικές οδικές συνθήκες** σε τρεις σηματοδοτούμενες διαβάσεις πεζών στο κέντρο της Αθήνας με τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης, όπου συλλέχθηκαν τα απαραίτητα οπτικο-ακουστικά δεδομένα.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε σύγκριση της συμπεριφοράς των πεζών-χρηστών κινητού τηλεφώνου με τη συμπεριφορά των υπόλοιπων πεζών που δε δέχονταν απόσπαση προσοχής ώστε να διερευνηθεί εάν και σε τι βαθμό η χρήση του κινητού τηλεφώνου επηρεάζει τα **χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών**. Με βάση τα δεδομένα του πειράματος που συλλέχθηκαν, επιλέχθηκε ότι τα χαρακτηριστικά των πεζών που χρήζουν μελέτης είναι η **ταχύτητα** διέλευσής τους από τη διάβαση (speed) και τα **παρ'ολίγον ατυχήματα** με διερχόμενο όχημα (near misses).

Προκειμένου, συνεπώς, να γίνει ποσοτικοποίηση της **επιρροής** της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στα παραπάνω χαρακτηριστικά 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 την επιρροή της **απόσπασης προσοχής (distraction)** στη διέλευση των πεζών από τις διαβάσεις αλλά και ο προσδιορισμός των υπολοίπων παραμέτρων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των πεζών. Αναγκαίο κρίνεται να ληφθούν υπόψιν όλες οι δυνατές περιπτώσεις ώστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να αποτυπώνουν με βέλτιστο τρόπο τη συμπεριφορά του συνόλου των πεζών.

Εκτιμάται ότι, τα **αποτελέσματα** που θα προκύψουν, με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας, θα καταστήσουν εμφανή τη διαφοροποίηση ή μη της συμπεριφοράς των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διέλευσή τους από σηματοδοτούμενες διαβάσεις για συνομιλία στο χέρι.

1.3 Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά, στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιήθηκε ο **καθορισμός του αντικειμένου** προς εξέταση καθώς και η **οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου**. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες, επιστημονικά άρθρα και εν γένει πληροφορίες συναφείς με το εξεταζόμενο αντικείμενο ώστε να αποτελέσουν τη βάση για την επιλογή της μεθόδου συλλογής και ανάλυσης στοιχείων.

Μετά την ολοκλήρωση της αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, ακολούθησε η εύρεση του τρόπου **συλλογής των στοιχείων**. Στο στάδιο αυτό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί πείραμα σε πραγματικές οδικές συνθήκες σε τρεις σηματοδοτούμενες διαβάσεις πεζών στο κέντρο της Αθήνας και ως **τρόπος καταγραφής των στοιχείων** καθορίστηκε η μέθοδος της βιντεοσκόπησης μέσω κινητού τηλεφώνου. Σημειώνεται πως η επιλογή της εκάστοτε τοποθεσίας ήταν καθοριστική για την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας.

Στη συνέχεια, τα δεδομένα υπέστησαν επεξεργασία και συνεχείς τροποποιήσεις ώστε να καταχωρηθούν σε μία σαφή ηλεκτρονική βάση δεδομένων και εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης και η επιλογή της μεθόδου **στατιστικής επεξεργασίας** των στοιχείων.

Στο επόμενο στάδιο, αναπτύχθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα και **παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματά** τους, όπου περιγράφεται η επιρροή της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών. Τέλος, εξήχθησαν τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας και διατυπώθηκαν αξιολογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται, υπό μορφή **διαγράμματος ροής**, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας (Διάγραμμα 1.3).



Διάγραμμα 1.4 Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

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

Στο πρώτο κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί την **εισαγωγή** της Διπλωματικής Εργασίας, γίνεται μία σύντομη παρουσίαση του γενικότερου πλαισίου της οδικής ασφάλειας, και πιο συγκεκριμένα της ασφάλειας των πεζών, σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο μέσω της παράθεσης πινάκων και διαγραμμάτων. Έπειτα, περιγράφεται το αντικείμενο και ο επιδιωκόμενος στόχος της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, παρουσιάζονται αποτελέσματα και μεθοδολογίες ερευνών με συναφές αντικείμενο. Σημειώνεται ότι καμία από τις παρατιθέμενες εργασίες δεν αφορά έρευνα σε ελληνικό επίπεδο, ενώ όλες έχουν δημοσιευτεί σε επιστημονικά περιοδικά. Τέλος, πραγματοποιείται σύνοψη των μεθοδολογιών καθώς και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνών, ώστε να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσον κάποιες από αυτές είναι ικανές να συμβάλλουν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** της Διπλωματικής Εργασίας, παρουσιάζεται η επιλεγείσα μεθοδολογία, αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής και της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης, ενώ παρουσιάζονται και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι των μοντέλων. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία σύντομη παράθεση των βημάτων που ακολουθούνται για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της διαδικασίας της **συλλογής και της επεξεργασίας των στοιχείων**, περιγράφεται ο σχεδιασμός και η εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας, η κωδικοποίηση των δεδομένων και η δημιουργία του βασικού πίνακα (master file) ενώ τέλος πραγματοποιείται μία προκαταρκτική στατιστική ανάλυση.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η **διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής των τελικών μαθηματικών μοντέλων**, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των

αποτελεσμάτων. Πραγματοποιείται σύγκριση των μοντέλων που αφορούν τη χρήση ή μη κινητού τηλεφώνου, αναλύονται οι συσχετίσεις των επιμέρους μεταβλητών ενώ τα τελικά αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις, καθώς και από ανάλυση ευαισθησίας και ελαστικότητας για την καλύτερη αποτύπωση των αποτελεσμάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο, έπειτα από τη **σύνοψη των αποτελεσμάτων**, παρατίθενται τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των εξαγόμενων μαθηματικών μοντέλων, μέσω των οποίων επιχειρείται να δοθεί απάντηση στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Ταυτόχρονα, γίνεται αναφορά στη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας και καταγράφονται **προτάσεις** για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρατίθεται ο **κατάλογος των βιβλιογραφικών αναφορών** 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.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το σημείο είναι πολύ σημαντικό να γίνει η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έτσι ώστε να τονιστούν οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στο αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από έρευνες που αναφέρονται στην απόσπαση προσοχής των πεζών λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου. Επισημαίνεται ότι κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση δόθηκε έμφαση σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μέσω πειράματος ώστε η διαδικασία συλλογής στοιχείων να είναι συναφής με την αντίστοιχη της Διπλωματικής Εργασίας. Εν κατακλείδι, μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός της καταλληλότερης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 Συναφείς Έρευνες Και Μεθοδολογίες

Σύμφωνα με μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Μελβούρνη της Αυστραλίας (**Tim Horberry et al., 2019**) καταδεικνύεται ότι το 20% των πεζών έκαναν χρήση κινητού τηλεφώνου καθώς ακόμα ότι η χρήση ακουστικών (38%) και η αλληλεπίδραση με τη συσκευή (37%) ήταν οι πιο συχνές παρατηρηθείσες λειτουργίες και ακολουθούνταν από την κλήση στο χέρι (19%). Ταυτόχρονα, το ποσοστό των πεζών που χρησιμοποιούσαν κινητό τηλέφωνο, παρουσίαζε διακύμανση από περιοχή σε περιοχή (50% σε περιοχή πανεπιστημίου και 12% σε οδούς γύρω από κλειστές αγορές) επιβεβαιώνοντας και παλαιότερες έρευνες που συμπέραναν ότι οι νεότεροι πεζοί τείνουν να χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο πιο συχνά.

Αντίστοιχα, από μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Βελιγραδίου (**Dalibor Pesic et al., 2016**) προέκυψε ότι στο κέντρο της πόλης το 11.5 % των πεζών χρησιμοποιούσε κινητό τηλέφωνο (9.1% για τα προάστια), εκ των οποίων το 4.9% συνομιλούσε στο κινητό τηλέφωνο το 4.4% έστελνε γραπτά μηνύματα και το 2.2% άκουγε μουσική (3.9%, 3.2% και 2% για τα προάστια αντίστοιχα).

Από την έρευνα των **Tim Horberry et al. (2019)** προκύπτει επιπλέον ότι αναφορικά με τους χρήστες κινητού τηλεφώνου οι άντρες πεζοί ηλικιακής ομάδας 31-60 ετών παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ποσοστό κρίσιμων συμβάντων (35%), ενώ για τις γυναίκες το μεγαλύτερο ποσοστό παρατηρήθηκε στην ηλικιακή ομάδα 18-30 ετών (29%). Αντίθετα, όσον αφορά τους μη χρήστες τόσο οι άντρες όσο και οι γυναίκες πεζοί ηλικιακής ομάδας 31-60 ετών παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ποσοστό (35% και 32% αντίστοιχα).

Παράλληλα, από την ίδια έρευνα καταδεικνύεται ότι οι γυναίκες πεζοί που χρησιμοποιούσαν το κινητό τηλέφωνο ήταν λιγότερο πιθανόν να ελέγξουν την κυκλοφορία πριν διασχίσουν σηματοδοτούμενες και μη διαβάσεις από τις γυναίκες που δεν χρησιμοποιούσαν το κινητό τους τηλέφωνο (23% και 16% αντίστοιχα) συγκριτικά με τους άντρες χρήστες (19%) και τους μη χρήστες (10%). Τέλος, το 56% των αντρών-χρηστών ηλικίας 18-30 ετών που δημιούργησαν κρίσιμο συμβάν χρησιμοποιούσαν ακουστικά ενώ το 43% των γυναικών-χρηστών αλληλεπιδρούσαν με τη συσκευή τους ή έστελναν μηνύματα. Για την ηλικιακή ομάδα 31-60 ετών το 37% των αντρών χρηστών που προκάλεσε κρίσιμο συμβάν συνομιλούσε με το κινητό στο χέρι (37% και για τις γυναίκες) ενώ το 34% αλληλεπιδρούσε με τη συσκευή (35% για τις γυναίκες).

Επιπλέον, από την έρευνα των **Tim Horberry et al. (2019)** προκύπτει ότι το 31% των χρηστών δημιούργησαν κρίσιμο συμβάν συγκριτικά με το 19% των μη χρηστών ($X^2=39.58$ και $p<0.01$). Αναφορικά με τα κρίσιμα συμβάντα, προέκυψε ότι για τους μη χρήστες κινητού τηλεφώνου το πιο

συχνό φαινόμενο ήταν η «διάσχιση κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης» (49% και 34% για τους χρήστες), ενώ για τους χρήστες ήταν η «διάσχιση χωρίς να ελέγξουν την κυκλοφορία» (42% και 26% για τους μη χρήστες). Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ότι οι χρήστες λόγω νοητικής συγκέντρωσης στο κινητό τους τηλέφωνο ελέγχουν λιγότερο την κυκλοφορία, ενώ οι μη χρήστες διασχίζουν τη λάνθος στιγμή πιθανόν επειδή θεωρούν ότι διαθέτουν επιπλέον ικανότητα.

Αντίστοιχα ποσοστά από την έρευνα των **Dalibor Pesic et al.** (2016) καταδεικνύουν ότι ανάμεσα στους πεζούς που χρησιμοποιούσαν το κινητό τηλέφωνο (συνομιλία, αποστολή μηνυμάτων, μουσική) το 80% επιδόθηκε σε έναν τουλάχιστον τύπο μη ασφαλούς συμπεριφοράς, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής ήταν 64%. Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι πιθανότητες μη ασφαλούς συμπεριφοράς στην ομάδα με απόσπαση προσοχής είναι 2.6 φορές περισσότερες από την ομάδα με μη απόσπαση προσοχής.

Από την έρευνα των **Dalibor Pesic et al.** (2016) προκύπτει ακόμα ότι όσοι συνομιλούν στον κινητό τηλέφωνο έχουν 8.5 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να επιδοθούν σε μη ασφαλή συμπεριφορά ($R^2=0.239$), όσοι στέλνουν γραπτά μηνύματα 3.9 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα ενώ για όσους ακούν μουσική δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0.855$). Αντίθετα, από μία μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Hefei University of Technology στην Κίνα (**K. Jiang et al., 2018**) συμπεραίνεται ότι η απόσπαση προσοχής λόγω γραπτών μηνυμάτων έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην συμπεριφορά των πεζών ακολουθούμενη από τη συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο και τέλος τη μουσική.

Από την έρευνα των **K. Jiang et al.** (2018) εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι πεζοί οι οποίοι αποσπώνται από μουσική ξεκινούν να διασχίζουν τη διασταύρωση αργότερα από τους μη χρήστες κινητού τηλεφώνου, οι πεζοί που αποσπώνται από τηλεφωνική συνομιλία διασχίζουν την οδό πιο αργά από τους μη χρήστες ενώ οι πεζοί που αποσπώνται από τα γραπτά μηνύματα κοιτάνε δεξιά και αριστερά λιγότερο συχνά από τους μη χρήστες.

Ταυτόχρονα από την έρευνα των **Dalibor Pesic et al.** (2016) καταδεικνύεται ότι οι πεζοί –χρήστες κινητού τηλεφώνου κοιτούν λιγότερο συχνά την κυκλοφορία πριν διασχίσουν την οδό, περιμένουν λιγότερο συχνά τη διακοπή της κυκλοφορίας πριν διασχίσουν την οδό, κοιτούν λιγότερο συχνά την κυκλοφορία ενώ διασχίζουν την οδό και δεν ολοκληρώνουν τη διάσχιση στη διαγραμμισμένη περιοχή της διάβασης πιο συχνά συγκριτικά με την ομάδα χωρίς απόσπαση προσοχής. Αναφορικά με το «εάν ο πεζός βρισκόταν στη διαγραμμισμένη διάβαση κατά την έναρξη της διάσχισης» δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις ομάδες ($p=0.261$).

Σύμφωνα με μια έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Αλαμπάμα στις ΗΠΑ (**David C. Schwebel et al., 2012**) σε φοιτητές συμπεραίνεται ότι οι συμμετέχοντες που αποσπώνταν από μουσική ή γραπτά μηνύματα ήταν πιο πιθανόν να χτυπηθούν από ένα εικονικό όχημα από τους συμμετέχοντες που δεν είχαν κάποια απόσπαση αλλά κάτι τέτοιο δεν συνέβαινε στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής από συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η μεν αποστολή μηνυμάτων περιλαμβάνει εκτός από ανταλλαγή επικοινωνίας, διάβασμα και πληκτρολόγηση, τα οποία είναι πιο απαιτητικά από την συνομιλία ενώ η δε απόσπαση λόγω μουσικής συντελεί σε μία συνεχή διακοπή ακουστικών σημάτων από το εικονικό περιβάλλον η οποία είχε επίδραση στην ασφάλεια των πεζών.

Αντίθετα, από μια παρεμφερή έρευνα στο ίδιο Πανεπιστήμιο (**Despina Stavrinos et al., 2011**) σε φοιτητές με μόνη απόσπαση τη συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο συμπεραίνεται ότι οι πεζοί που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο πραγματοποιούν πιο συχνά παρ'ολίγον ατυχήματα, κοιτούν λιγότερες φορές δεξιά και αριστερά πριν διασχίσουν την οδό, χάνουν πιο συχνά ευκαιρίες για να διασχίσουν την οδό αλλά αντιθέτως περισεύει περισσότερος χρόνος μετά τη διάσχιση της οδού

μέχρι το επόμενο όχημα να φτάσει στη διάβαση από τους φοιτητές χωρίς απόσπαση προσοχής. Προφανώς, σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις προέκυψε ότι οι μεταβλητές ήταν στατιστικά σημαντικές.

Αντίθετα, από την έρευνα των **David C. Schwebel et al.** (2012) προέκυψε ότι δε υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές από την ανάλυση των χαμένων ευκαιριών σαν εξαρτημένη μεταβλητή, γεγονός που ίσως καταδεικνύει ότι επιδέξιοι πεζοί μπορούν να συνδυάσουν τη διάσχιση της οδού με άλλες δραστηριότητες μέχρι ενός σημείου βέβαια, όπως φαίνεται και από τον αυξημένο βαθμό χτυπημάτων στην περίπτωση της απόσπασης λόγω μουσικής και των γραπτών μηνυμάτων.

Τέλος, από την έρευνα των **Despina Stavrinou et al.** (2011) προέκυψε ακόμα ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στην επίδοση των πεζών και στα **ατομικά διαφορετικά τους χαρακτηριστικά** (φύλο, ηλικία, χρόνος που αφιερώνεται καθημερινά στην χρήση κινητού τηλεφώνου, ενεργός μνήμη, διανοητική ευελιξία) καταδεικνύοντας ότι όλοι οι φοιτητές επηρεάζονται ισοδύναμα από την απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο.

2.3 Σύνοψη-Κριτική Αξιολόγηση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν οι σημαντικότερες έρευνες με σκοπό τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου. Μερικά από τα **βασικότερα σημεία** τα οποία προκύπτουν από τις παραπάνω έρευνες είναι τα εξής :

- Οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εκδηλώνουν εν γένει **πιο επικίνδυνη συμπεριφορά** από τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής, όπως ελέγχουν λιγότερο συχνά την κυκλοφορία πριν και ενώ διασχίσουν την οδό και εμπλέκονται συχνότερα σε παρ'ολίγον ατυχήματα καταδεικνύοντας τον επιπρόσθετο κίνδυνο που προκύπτει από την απόσπαση προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου.
- Οι πεζοί που αποσπώνται από τηλεφωνική συνομιλία διασχίζουν την οδό με **μικρότερη ταχύτητα**.
- Δεν έχει παρατηρηθεί στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην συμπεριφορά των πεζών με απόσπαση προσοχής και τα ατομικά τους χαρακτηριστικά, όπως η συχνότητα χρήσης κινητού τηλεφώνου, η ενεργός μνήμη και η διανοητική ευελιξία.
- Το **φύλο** έχει συσχέτιση με την οδική ασφάλεια των πεζών με απόσπαση προσοχής, με τις γυναίκες να είναι πιο επιρρεπείς σε επικίνδυνη συμπεριφορά.
- Οι κυριότεροι **τρόποι συλλογής** των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το πείραμα σε πραγματικές συνθήκες με τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης ή με επί τόπου καταγραφή των στοιχείων από τους παρατηρητές καθώς και το πείραμα σε συνθήκες προσομοίωσης.
- Τα κυριότερα **μοντέλα** που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η γραμμική παλινδρόμηση, η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης και η παραγοντική ανάλυση διακύμανσης.
- Οι πιο συχνές **ανεξάρτητες μεταβλητές** που χρησιμοποιήθηκαν πέρα από τη συνθήκη απόσπασης προσοχής ήταν το φύλο, η ηλικία, η τοποθεσία της διασταύρωσης και το εάν ο πεζός συνοδεύεται από άλλον πεζό.
- Οι συνήθειες **εξαρτημένες μεταβλητές** που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο αριθμός των φορών που οι πεζοί κοιτούν δεξιά και αριστερά πριν και ενώ διασχίζουν την οδό, τα παρ'ολίγον ατυχήματα, οι χαμένες ευκαιρίες, η ταχύτητα και ο διαθέσιμος χρόνος μετά από μία ασφαλή διάσχιση της οδού μέχρι το επόμενο όχημα να φτάσει στη διάβαση.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψιν το περιορισμένο πλήθος ερευνών σχετικά με τη σύνδεση της οδικής ασφάλειας των πεζών με την απόσπαση προσοχής που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα, προκύπτει η αναγκαιότητα για περαιτέρω έρευνα. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε ανάλυση της απόσπασης προσοχής των πεζών που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι μέσω πειράματος με τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης σε πραγματικές συνθήκες και επιλέχθηκε να γίνει χρήση γραμμικής παλινδρόμησης και λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης.

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίστηκε η στατιστική ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Αναφορικά με την ταχύτητα των πεζών που δέχονται απόσπαση προσοχής ή μη, η επιλεγείσα μέθοδος είναι η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression), καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς τιμές και ακολουθεί κανονική κατανομή, ενώ ταυτόχρονα πρόκειται για μία απλή, ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο.

Σχετικά με την πρόβλεψη των παρ' ολίγον ατυχημάτων η επιλεγείσα μέθοδος είναι η **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression), καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει μόνο δύο τιμές. Παράλληλα, αναλύονται τα επιμέρους θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στις δύο μεθόδους καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος, αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε.

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

3.2.1 Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Με τον όρο **εξαρτημένη** μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος **ανεξάρτητη** μεταβλητή αναφέρεται 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 αντίθετα, θεωρείται τυχαία και "καθοδηγείται" από την ανεξάρτητη μεταβλητή.

Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκαλεί 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 εάν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς ή διακριτές τιμές. Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης, της οποίας η πιο απλή περίπτωση είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (Simple Linear Regression).

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

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

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν όσο το δυνατόν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της εξαρτημένης μεταβλητής Y από την ανεξάρτητη

μεταβλητή X . Κάθε ζεύγος τιμών (α, β) καθορίζει και μία διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- 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 τη μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα.

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

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

- Η μεταβλητή X είναι ελεγχόμενη για το υπό μελέτη πρόβλημα, δηλαδή είναι γνωστές οι 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 $E(\epsilon_i) = 0$ και $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma_\epsilon^2$.

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

3.2.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές X ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) τότε γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (Multiple Linear Regression). Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \dots + \beta_k * x_k + \epsilon_i$$

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή γίνεται η υπόθεση ότι τα σφάλματα ϵ_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν **κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά**. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν την εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελεγχθεί εάν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \rightarrow 0$, για κάθε $i \neq j$).

3.2.3 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Στο μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης που περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτό ισχύει η προϋπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Εντούτοις, στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **διακριτή** (όπως το ενδεχόμενο να συμβεί παρ'ολίγον ατύχημα) 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 δυο 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 νεπέριος λογάριθμος για την πιθανότητα ή το **λόγο πιθανοφάνειας** (likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι 1, σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$Y = \text{logit}(P) = \ln \frac{Pi}{1 - Pi} = Bo + BiXi$$

όπου:

P_i : η πιθανότητα η i -οστή περίπτωση να έχει έκβαση του αποτελέσματος ίση με τη μονάδα (π.χ. P_5 η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα στην 5^η περίπτωση)

B_0 : η σταθερά του μοντέλου

B_i : οι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές X_i ($i=1, \dots, n$, όπου n το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών).

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\ln(P/(1-P))$ κυμαίνεται από μείον άπειρο ως συν άπειρο. Τα μοντέλα λογιστικής 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:

$$\frac{Pi}{1 - Pi} = e^{(Bo + BiXi)} = e^{Bo} * e^{BiXi}$$

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

$$\left[\frac{Pi}{1 - Pi} \right]' = e^{Bo} * e^{Bi(Xi+1)} = e^{Bo} * e^{BiXi} * e^{Bi}$$

Συνεπώς, παρατηρείται ότι όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μια μονάδα, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές να παραμένουν σταθερές, η πιθανότητα $[Pi/(1-Pi)]$ αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{Bi} .

3.3 Διαδικασία Ανάπτυξης Και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Όπως προαναφέρθηκε οι **βασικές προϋποθέσεις** που εξετάζονται πριν την ανάπτυξη ενός **μοντέλου** αφορούν καταρχάς στην κανονικότητα, απαιτείται δηλαδή 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 ($\rho(X_i, X_j) = 0 \forall i \neq j$), 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.

Λογική Ερμηνεία Των Προσέμων Των Συντελεστών

Το **θετικό πρόσημο** του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης, ενώ **αρνητικό πρόσημο** συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά

δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες.

Ελαστικότητα

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 και **συνεχείς μεταβλητές** δίνεται από την παρακάτω σχέση:

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

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

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

Όπου:

I , το πλήθος των πιθανών επιλογών

x_{ink} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου n

$\Delta(\beta_i x_n)$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1

$\beta_i x_n$, η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{in} έχει τιμή 0

β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk}

Στατιστική Σημαντικότητα

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:

$$tstat = \frac{\beta_i}{s.e}$$

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

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής $tstat$ και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Ισχύει ότι για μέγεθος δείγματος περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1.7$, συνεπώς αν για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή X_i η απόλυτη τιμή του t είναι μεγαλύτερη από το 1.7 συνεπάγεται ότι η μεταβλητή αυτή είναι αποδεκτή ως στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

Στα μοντέλα **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης** το αντίστοιχο t -test έχει την ονομασία **Wald**. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1.7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, όπως ακριβώς και για το συντελεστή t .

Επιπροσθέτως, **ελέγχεται σε ποιο ποσοστό** το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι σε θέση να προβλέψει σωστά την πιθανότητα να συμβεί παρ'ολίγον ατύχημα. Είναι επιθυμητό να προβλέπεται σωστά η περίπτωση που συνέβη ή όχι ατύχημα, σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό. Καθίσταται σκόπιμο **ο μέσος όρος του ποσοστού αυτού για τα δύο ενδεχόμενα να είναι μεγαλύτερος από το 65%** και να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο αντίστοιχων ποσοστών των δύο ενδεχομένων.

Συντελεστής Προσαρμογής R^2 Και Hosmer-Lemeshow Test

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

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

Όπου:

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

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 απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 .

Στη **λογιστική παλινδρόμηση** ο συντελεστής συσχέτισης R^2 αναφέρεται ως **Cox&Snell R Square** και ως **Nagelkerke R Square**. Επισημαίνεται ότι σε περιπτώσεις λογιστικής παλινδρόμησης ο έλεγχος **Hosmer-Lemeshow test** (επιλογή στα options του binary logistic) θεωρείται πιο αξιόπιστος από το συντελεστή R^2 λόγω της πιθανής μη γραμμικότητας των αναλύσεων. Ο έλεγχος Hosmer-Lemeshow test πρέπει να εμφανίζει τιμή πάνω από 5% ($\text{Sig} > 0,05$) για επίπεδο σημαντικότητας 95%.

Σφάλμα Εξίσωσης Προτύπου

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

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$
- Να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$

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.

3.4 Λειτουργία Του Ειδικού Λογισμικού Στατιστικής Ανάλυσης

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του ειδικού λογισμικού στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS 21.0. Αφού καταχωρήθηκαν τα δεδομένα σε ειδικές βάσεις δεδομένων, μεταφέρθηκαν στο λογισμικό στο πεδίο δεδομένων και ακολουθήθηκαν οι ενέργειες που 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** η οποία περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- Descriptive Statistics: Διαδικασίες για την **παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων**, μέσω των εντολών analyze → descriptive statistics → descriptives (για συνεχείς)/ frequencies (για διακριτές) → options για χρήσιμες στατιστικές περιγραφικές συναρτήσεις (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).
- Correlate: Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο Variables (analyze → correlate → bivariate correlations). Στη συνέχεια, 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, όπως η **γραμμική παλινδρόμηση** με την ακολουθία εντολών analyze → regression → linear και η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**, με την ακολουθία εντολών analyze → regression → binary logistic. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πλαίσιο Dependent ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s) για τη γραμμική παλινδρόμηση και Covariate(s) για τη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση. Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών, η οποία συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες οι μεταβλητές βρισκόμενες στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί. Στην επιλογή Options επιλέγεται η εισαγωγή σταθεράς ή όχι στο πρότυπο, η πραγματοποίηση ή όχι του ελέγχου Hosmer-Lemeshow test στη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση καθώς και η αναλογία κατηγοριοποίησης.

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

- Οι **συντελεστής συσχέτισης R^2 , Cox&Snell R Square** και **Nagelkerke R Square** να είναι οι μεγαλύτεροι δυνατοί.
- 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 δελήφθηκαν υπόψη, να είναι ο μικρότερος δυνατός.
- Η **τιμή του στατιστικού ελέγχου t ή Wald** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Ο έλεγχος **Hosmer-Lemeshow test** πρέπει να εμφανίζει τιμή πάνω από 5% (Sig>0,05) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Το **επίπεδο σημαντικότητας** να είναι μικρότερο από 5%.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις**. Κατά συνέπεια, έπειτα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το συγκεκριμένο θέμα, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που οδήγησε στην επιλογή της γραμμικής και λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης ως μεθόδων στατιστικής ανάλυσης.

Η **συλλογή** των απαιτούμενων δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **βιντεοσκόπησης σε πραγματικό χρόνο** σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις επί τριών οδών, μίας, δύο και τριών λωρίδων κυκλοφορίας αντίστοιχα. Στη συνέχεια, ακολούθησε η **επεξεργασία** των στοιχείων μέσω της εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή καθώς και η **κωδικοποίησή** τους ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων.

4.2 Συλλογή Στοιχείων

4.2.1 Πείραμα

Αρχικά αναφέρεται πως ως τρόπος καταγραφής των στοιχείων καθορίστηκε η μέθοδος της **βιντεοσκόπησης μέσω κινητού τηλεφώνου**. Η επιλογή των διαβάσεων για την πραγματοποίηση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε βάσει των ακόλουθων κριτηρίων: αυξημένη κίνηση πεζών ώστε να εξασφαλιστεί επαρκής αριθμός δείγματος, ύπαρξη φωτεινού σηματοδότη στη διάβαση καθώς και ποικιλία ως προς τον αριθμό λωρίδων για να διερευνηθεί αν ο αριθμός των λωρίδων επηρεάζει την συμπεριφορά των πεζών.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω κριτήρια, η τοποθεσία που επιλέχθηκε για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν το κέντρο της Αθήνας και συγκεκριμένα:

- Διάβαση οδικού τμήματος τριών λωρίδων κυκλοφορίας επί της οδού **Ακαδημίας**, στο ύψος της διασταύρωσης με την οδό **Ιπποκράτους**.
- Διάβαση οδικού τμήματος δύο λωρίδων κυκλοφορίας επί της οδού **Ιπποκράτους**, στο ύψος της διασταύρωσης με την οδό **Ακαδημίας**.
- Διάβαση οδικού τμήματος μίας λωρίδας κυκλοφορίας επί της οδού **Σκουφά**, στο ύψος της διασταύρωσης με την **Πλατεία Κολωνακίου**.

Τα συγκεκριμένα τμήματα, έπειτα από δοκιμαστική βιντεοσκόπηση, κρίθηκαν κατάλληλα για τον σκοπό της Διπλωματικής Εργασίας καθώς παρείχαν αντιπροσωπευτικό δείγμα –εύρος ηλικιών- αλλά και ικανοποιητικό αριθμό πεζών, δεδομένου ότι οι διαβάσεις βρίσκονται κοντά σε πολυσύχναστες οδούς με πληθώρα καταστημάτων, γραφείων και υπηρεσιών.

Για την αύξηση της ακρίβειας των δεδομένων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις τόσο τις **καθημερινές** όσο και κατά τη διάρκεια του **Σαββατοκύριακου**, με όλες τις μετρήσεις να πραγματοποιούνται τις μεσημβρινές ώρες, που αποτελούν και ώρες αιχμής, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής αριθμός δείγματος πεζών.

Συγκεκριμένα, για κάθε διάβαση πραγματοποιήθηκε μία μέτρηση μισής ώρας κατά τη διάρκεια μιας εργάσιμης μέρας (Τρίτη) το διάστημα 15:30- 16:00 και μία το Σαββατοκύριακο (Σάββατο) το διάστημα 13:00-13:30. Επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα καθώς θεωρήθηκε ότι

συγκέντρωναν τη μεσημβρινή αιχμή της κίνησης των πεζών. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν υπό καλές καιρικές συνθήκες και από τις έξι συνολικά μετρήσεις διάρκειας τριών ωρών, μετρήθηκαν **2.280 πεζοί**.

Αναφορικά με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε, η τοποθέτηση του κινητού τηλεφώνου για την βιντεοσκόπηση έγινε με κατάλληλο τρόπο ώστε να καθίσταται ευκρινής η καταγραφή των εξής στοιχείων: της κίνησης των πεζών και της απόστασης/ή μη προσοχής τους και στις δύο κατευθύνσεις σε περιοχή εντός και εκτός διάβασης, της κίνησης των εμπλεκόμενων οχημάτων καθώς και της ένδειξης του σηματοδότη.

Σκοπός ήταν η καταγραφή των πεζών που παρουσίαζαν ή όχι απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι και διέσχιζαν τόσο νόμιμα όσο και παράνομα τη σηματοδοτούμενη διάβαση με στόχο τη διερεύνηση της εμπλοκής τους σε **παρ'ολίγον ατυχήματα** με διερχόμενα οχήματα και της **ταχύτητάς** τους.

4.2.2 Παρατηρηθέντα Στοιχεία

Έπειτα από τη βιντεοσκόπηση, οι ταινίες εισήχθησαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ώστε να αναλυθούν για να προκύψουν τα χαρακτηριστικά των πεζών. Η ανάλυση των ταινιών πραγματοποιήθηκε μέσω του **προγράμματος αναπαραγωγής πολυμέσων VLC media player** (Εικόνα 4.1), ενώ προστέθηκε και η επέκταση Time v3.2 ώστε να διατίθεται ακρίβεια δεκάτων του δευτερολέπτου στο χρόνο.

Καταρχάς, το βασικότερο στοιχείο που καταγράφηκε ήταν εάν ο πεζός είχε κάποια μορφή **απόσπασης προσοχής** από το κινητό τηλέφωνο ή όχι. Παράλληλα, μετρήθηκε ο **φόρτος των πεζών** που διέσχιζαν την εκάστοτε διάβαση σε κάθε περίοδο σηματοδότησης και καταγράφηκε τόσο ο αριθμός αυτών που παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής όσο και αυτών που δεν χρησιμοποιούσαν κινητό. Έπειτα, παρατηρήθηκε το **φύλο** των πεζών και η **ηλικία** τους. Καθώς δεν καθίσταται εφικτός ο ακριβής προσδιορισμός της ηλικίας του κάθε πεζού πραγματοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες: κάτω των 18, 18-35, 35-60 και 60 και άνω.

Ταυτόχρονα, το επόμενο στοιχείο που καταγράφηκε ήταν εάν ο πεζός **συνοδευόταν** από άλλον πεζό καθώς και τα εξής τρία στοιχεία που αφορούν στην ευρύτερη κυκλοφοριακή συμπεριφορά του πεζού: εάν υπήρχε **σύγκρουση** του πεζού με άλλον πεζό κατά τη διάρκεια της διάσχισης της οδού, εάν η **τροχιά** του πεζού ήταν ευθεία ή όχι, καθώς και εάν ο πεζός διέσχισε την οδό κατά τη διάρκεια της **πράσινης ή της κόκκινης ένδειξης του σηματοδότη** για τους πεζούς.

Επίσης, καταγράφηκε εάν υπήρχε **όχημα πάνω στη διάβαση**, εάν κάποιο **όχημα διέσχιζε παράνομα την οδό** κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης για τους πεζούς και τέλος, **η ημέρα της εβδομάδας** που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση (καθημερινή ή Σαββατοκύριακο).

Αναφορικά με τον **χρόνο διάσχισης** της οδού, η έναρξη ήταν ακριβώς τη στιγμή που ο πεζός έκανε το πρώτο του βήμα προς την οδό εγκαταλείποντας το πεζοδρόμιο ενώ η λήξη τη στιγμή που εγκατέλειπε την οδό και ερχόταν σε επαφή με το πεζοδρόμιο. Για τον **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.

Αντίστοιχα, μετρήθηκε και ο **χρόνος αντίληψης** της πράσινης ένδειξης, ως η διαφορά του χρόνου έναρξης της κίνησης του πεζού από τη χρονική στιγμή έναρξης της πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη.

Όσον αφορά την εμπλοκή του πεζού σε **παρ'ολίγον ατύχημα** ως χρονικό κριτήριο τέθηκε το χρονικό διάστημα των 2 δευτερολέπτων, δηλαδή το χρονικό περιθώριο το οποίο αν δεν υπήρχε θα οδηγούσε σε σύγκρουση οχήματος και πεζού, ενώ ως χωρικό κριτήριο τέθηκε η απόσταση του ενός μέτρου.

Τέλος, προσδιορίστηκαν τα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διάβασης** με διπλό τρόπο. Καταγράφηκε τόσο ο αριθμός των λωρίδων της κάθε διάβασης όσο το μήκος και το πλάτος της διάβασης μέσω του εργαλείου **Google Earth**, με σχετική ακρίβεια. Σκοπός ήταν η εξαγωγή του μέτρου της ταχύτητας που ορίζεται ως ο λόγος του μήκους της διάβασης προς τη χρονική διάρκεια κίνησης του πεζού πάνω στη διάβαση.

Συνοψίζοντας, τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά παρακάτω συνοδευόμενα από τις ονομασίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία τους:

- Speed: μέση ταχύτητα του πεζού (σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο)
- Near Miss: παρ'ολίγον ατύχημα πεζού με όχημα
- Distraction hand: απόσταση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι
- Gender: το φύλο του πεζού
- Age: η ηλικία του πεζού (κατ' εκτίμηση)
- Wait time: ο χρόνος αναμονής του πεζού πριν διασχίσει την οδό (σε δευτερόλεπτα)
- Accompanied: συνοδεία του πεζού από άλλον πεζό
- Collision: σύγκρουση του πεζού με άλλον πεζό
- Green light: ένδειξη φωτεινού σηματοδότη των πεζών
- Trajectory: τροχιά του πεζού
- Pedestrian volume: φόρτος των πεζών που καταλαμβάνουν τη διάβαση σε μία περίοδο του σηματοδότη
- Number of lanes: αριθμός λωρίδων της διάβασης
- Crossing width: το πλάτος της διάβασης
- Crossing length: το μήκος της διάβασης
- Vehicle on crossing: ύπαρξη οχήματος στη διάβαση των πεζών
- Illegal vehicle passing: διάσχιση της διάβασης από παράνομο όχημα
- Weekday: καθημερινή
- TΠ-T0: χρόνος αντίληψης της πράσινης ένδειξης
- T1-T0: χρόνος διέλευσης

Από την ανάλυση των ταινιών προέκυψε πως 112 πεζοί συνομιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι, 125 φορούσαν ακουστικά, 142 έστελναν γραπτά μηνύματα ή πλοηγούνταν στο Διαδίκτυο και 1901 δεν παρουσίαζαν καμία απόσταση προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου.



Εικόνα 4.1 Ανάλυση ταινιών μέσω του προγράμματος VLC

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

4.3.1 Εισαγωγή

Στην παράγραφο αυτή πραγματοποιείται περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την **εισαγωγή των στοιχείων στο λογισμικό** που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική ανάλυση. Επιπλέον, πραγματοποιείται μία σύντομη παρουσίαση των **προγραμμάτων** που χρησιμοποιήθηκαν και κάποια χρήσιμα στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία τους. Για την καλύτερη κατανόηση του θέματος παρατίθενται ακόμα ορισμένες διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης επεξεργασίας στοιχείων, καθώς και αποσπάσματα των πινάκων των στοιχείων.

4.3.2 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, καταγράφηκαν και εν συνεχεία μεταφέρθηκαν κωδικοποιημένα σε ηλεκτρονική μορφή στη βάση δεδομένων του προγράμματος **Microsoft Excel** (Εικόνα 4.2).

Αναφορικά με το δείγμα των πεζών, καταχωρήθηκαν όλοι οι πεζοί οι οποίοι συνομιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι. Αναφορικά με τους πεζούς που δεν παρουσίαζαν κάποια απόσπαση προσοχής επιλέχθηκε ένα δείγμα με τυχαίο τρόπο, το οποίο μελετήθηκε και καταγράφηκε καθώς ο αριθμός της συγκεκριμένης ομάδας πεζών ήταν πολύ μεγάλος (1901 πεζοί) και ήταν αδύνατον να καταγραφούν τα χαρακτηριστικά τους.

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε πεζό που καταγραφόταν, υπολογιζόταν ο μέσος όρος της ταχύτητας των πεζών που βρίσκονταν έως εκείνη τη στιγμή στη βάση συμπεριλαμβανομένου και του νέου πεζού. **Στο σημείο που η μέση ταχύτητα σταμάτησε να μεταβάλλεται σημαντικά** με την προσθήκη νέων πεζών, δηλαδή όταν ο αριθμός των πεζών ήταν 412, σταμάτησε και η καταγραφή του δείγματος (Διάγραμμα 4.1). Πραγματοποιήθηκε, λοιπόν, η θεώρηση ότι το συγκεκριμένο δείγμα (control group) ήταν αντιπροσωπευτικό της συμπεριφοράς του συνόλου των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής ως προς τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειάς τους.

Για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων θα έπρεπε όλες οι μεταβλητές να είναι **συγκρίσιμες** μεταξύ τους, 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 κάποιον αριθμό.

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά, ο πρώτος διαχωρισμός που πραγματοποιήθηκε αφορούσε το **φύλο** των πεζών και η κωδικοποίηση καθορίστηκε σε 1 για τους άντρες και 0 για τις γυναίκες. Αναφορικά με την **ηλικία**, πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες όπως αυτές παρουσιάστηκαν παραπάνω, ενώ η κωδικοποίηση πραγματοποιήθηκε κατά αύξουσα σειρά, με τον αριθμό 1 να αντιστοιχεί στην ηλικιακή ομάδα κάτω των 18 ετών.

Αναφορικά με την **απόσπαση προσοχής**, ο αριθμός 1 αντιστοιχούσε σε όσους χρησιμοποιούσαν το κινητό τους τηλέφωνο ενώ το 0 στο control group. Όσοι πεζοί καταγράφηκαν με **συνοδεία** άλλων πεζών αντιστοιχήθηκαν στον αριθμό 1 ενώ οι υπόλοιποι στο 0. Αντίστοιχα, η **πράσινη ένδειξη** του σηματοδότη, η **ευθεία τροχιά**, η **ύπαρξη οχήματος** πάνω στη διάβαση αλλά και **διερχόμενου οχήματος**, τα **παρ'ολίγον ατυχήματα** αλλά και η περίπτωση που παρατηρούταν **σύγκρουση** μεταξύ των πεζών αντιστοιχήθηκε στον αριθμό 1. Σε αντίθετη περίπτωση, η κωδικοποίηση πραγματοποιούνταν με τον αριθμό 0.

Τέλος, αναφορικά με την **ημέρα της εβδομάδας**, ο αριθμός 0 αφορούσε τη μέτρηση κατά το Σαββατοκύριακο ενώ για τον **αριθμό των λωρίδων** χρησιμοποιήθηκε η κωδικοποίηση με αριθμούς 1,2,3 όσες δηλαδή ήταν και οι λωρίδες σε κάθε οδό.

Στον Πίνακα 4.1 παρατίθενται οι μεταβλητές που λαμβάνουν τις τιμές «0» και «1».

Πίνακας 4.1 Κατηγοριοποίηση διακριτών μεταβλητών

Μεταβλητές	Τιμή "0"	Τιμή "1"
Near Miss	μη ύπαρξη παρολίγων ατυχήματος	ύπαρξη παρολίγων ατυχήματος
Distraction hand	μη συνομιλία με κινητό τηλέφωνο στο χέρι	συνομιλία με κινητό τηλέφωνο στο χέρι
Distraction handsfree	μη χρήση ακουστικών	χρήση ακουστικών
Gender	γυναίκα	άνδρας
Accompanied	απουσία συνοδείας πεζού	ύπαρξη συνοδείας πεζού
Collision	μη σύγκρουση με άλλον πεζό	σύγκρουση με άλλον πεζό
Green light	κόκκινη ένδειξη σηματοδότη πεζών	πράσινη ένδειξη σηματοδότη πεζών
Trajectory	μη ευθεία τροχιά πεζού	ευθεία τροχιά πεζού
Vehicle on crossing	απουσία οχήματος στη διάβαση	ύπαρξη οχήματος στη διάβαση
Illegal vehicle passing	μη διάσχιση της διάβασης από παράνομο όχημα	διάσχιση της διάβασης από παράνομο όχημα
Weekday	Σαββατοκύριακο	καθημερινή

Για τις υπόλοιπες μεταβλητές απλώς εισήχθη η τιμή που είχε μετρηθεί κατά την ανάλυση των ταινιών (χρόνος αναμονής, χρόνος αντίληψης, μήκος και πλάτος διάβασης, φόρτος πεζών, χρόνος διέλευσης). Τέλος, η **ταχύτητα των πεζών** υπολογίστηκε βάσει του παρακάτω τύπου:

$$V = \frac{x}{t} \text{ (m/sec)}$$

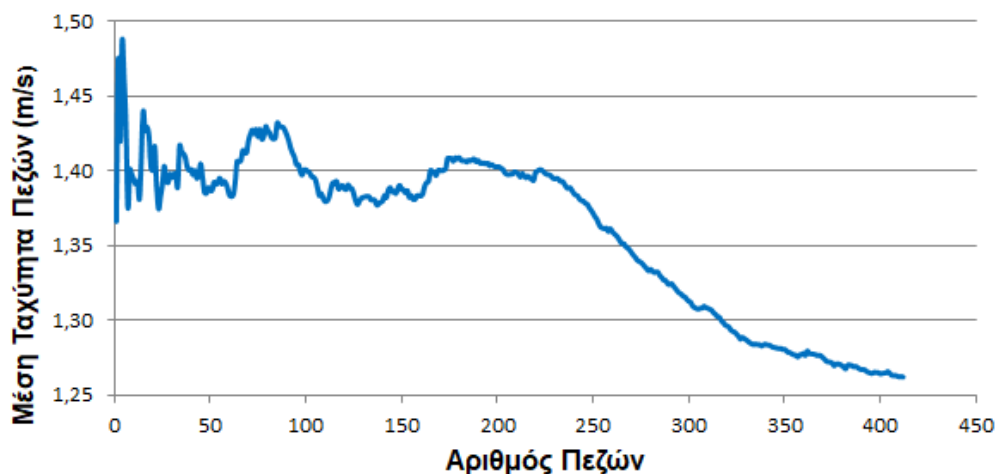
Όπου:

X: Μήκος Διάβασης (m)

t: Χρόνος διέλευσης διάβασης (sec)

Εικόνα 4.2 Απόσπασμα της βάσης δεδομένων στο πρόγραμμα Microsoft Excel

Σημειώνεται ότι ο τελικός πίνακας που παράχθηκε αποτελούταν από 52 στήλες και 649 γραμμές.



Διάγραμμα 4.1 Μεταβολή της μέσης ταχύτητας των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής με τον αριθμό του δείγματος

4.3.3 Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος

Από την τελική βάση δεδομένων προέκυψαν τα αρχικά περιγραφικά στοιχεία για την επίδραση της απόσπασης προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου στη συμπεριφορά των πεζών και συγκεκριμένα στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειάς τους. Με αυτό τον τρόπο, πραγματοποιήθηκε μία αρχική εκτίμηση των αποτελεσμάτων πριν τη στατιστική ανάλυση. Με τη χρήση του λογισμικού Microsoft Excel και της εντολής **Pivot Table**, παρήχθησαν υποπίνακες με δεδομένα σχετικά με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή τα παρ'ολίγον ατυχήματα, το είδος της τροχιάς, τη διάσχιση κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης του σηματοδότη, τις συγκρούσεις των πεζών μεταξύ τους καθώς και την ταχύτητα διέλευσής τους από τη διάβαση, οι οποίοι παρατίθενται παρακάτω.

Πίνακας 4.2 Ποσοστό πεζών ανάλογα με το είδος απόσπασης προσοχής

Type of distraction	Count	Percentage
Hand	112	5,24%
Handsfree	125	5,85%
No Distraction	1901	88,91%
Sum	2138	100,00%

Πίνακας 4.3 Κατανομή πεζών και παρ'ολίγον ατυχήματα

	Near Misses					
	Count			Percentage		
Type of distraction	yes (1)	no (0)	Sum	%yes	%no	Sum
Hand	7	105	112	6,25%	93,75%	100,00%
Handsfree	6	119	125	4,80%	95,20%	100,00%
No Distraction	11	401	412	2,67%	97,33%	100,00%

Πίνακας 4.4 Κατανομή πεζών και τροχιά

	Trajectory					
	Count			Percentage		
Type of distraction	not direct (0)	direct (1)	Sum	%not direct	%direct	Sum
Hand	35	77	112	31,25%	68,75%	100,00%
Handsfree	37	88	125	29,60%	70,40%	100,00%
No Distraction	115	297	412	27,91%	72,09%	100,00%

Πίνακας 4.5 Κατανομή πεζών και μεταξύ τους σύγκρουση

	Collision					
	Count			Percentage		
Type of distraction	no (0)	yes (1)	Sum	%no	%yes	Sum
Hand	89	23	112	79,46%	20,54%	100,00%
Handsfree	94	31	125	75,20%	24,80%	100,00%
No Distraction	325	87	412	78,88%	21,12%	100,00%

Πίνακας 4.6 Κατανομή πεζών και πράσινη ένδειξη σηματοδότη

	Greenlight					
	Count			Percentage		
Type of distraction	yes (1)	no (0)	Sum	%yes	%no	Sum
Hand	87	25	112	77,68%	22,32%	100,00%
Handsfree	103	22	125	82,40%	17,60%	100,00%
No Distraction	293	119	412	71,12%	28,88%	100,00%

Πίνακας 4.7 Κατανομή πεζών και ταχύτητα

	Pedestrian Speed									
	Count					Percentage				
Type of distraction	0-1m/s	1-1.5m/s	1.5-2m/s	>2	Sum	0-1m/s	1-1.5m/s	1.5-2m/s	>2	Sum
Hand	24	67	19	2	112	21,43%	59,82%	16,96%	1,79%	100,00%
Handsfree	13	78	31	3	125	10,40%	62,40%	24,80%	2,40%	100,00%
No Distraction	95	231	75	11	412	23,06%	56,07%	18,20%	2,67%	100,00%

Παρατηρήσεις:

- Τα ποσοστά των πεζών με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι (5.24%) και λόγω χρήσης ακουστικών (5.85%) είναι περίπου ίσα, με το ποσοστό με τη χρήση ακουστικών να είναι λίγο μεγαλύτερο.
- Οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμπλέκονται σε περισσότερα **παρ'ολίγον ατυχήματα** (ποσοστό 6.25% για όσους συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι και 4.80% για όσους φοράνε ακουστικά) από τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής (2.67%).
- Οι πεζοί που φοράνε ακουστικά (24.8%) εμφανίζουν λίγο περισσότερες **συγκρούσεις** με άλλους πεζούς από τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής (21.12%) και τους πεζούς που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι (20.54%).
- Οι πεζοί με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το χέρι (31.25%) παρεκκλίνουν από την ευθεία **τροχιά** τους σε λίγο μεγαλύτερο ποσοστό από όσους φορούν ακουστικά (29.6%) και όσους δεν δέχονται κάποια απόσπαση προσοχής (27.91%).
- Οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής διασχίζουν **παράνομα** τη διάβαση σε μεγαλύτερο ποσοστό από τους πεζούς με απόσπαση προσοχής (28.88%), με τους πεζούς που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι (22.32%) να εμφανίζουν μεγαλύτερο ποσοστό από όσους φορούν ακουστικά (17.60%).
- Αναφορικά με την **ταχύτητα**, η σύγκριση πραγματοποιήθηκε με το διαχωρισμό της σε τέσσερις ομάδες, με το μεγαλύτερο ποσοστό και των τριών τύπων πεζών να κινείται με 1-1,5 m/sec.

4.3.4 Επεξεργασία Στοιχείων Με Το Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης

Αφού δημιουργήθηκε ο τελικός πίνακας στο λογισμικό **Microsoft Excel**, ακολούθησε αρχικά η διάσπασή του σε **δύο επιμέρους πίνακες**, με τον πρώτο να περιλαμβάνει τους πεζούς οι οποίοι συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι και τον δεύτερο τους πεζούς που κάνουν χρήση

ακουστικών. Και στους δύο επιμέρους πίνακες περιλαμβάνονται οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής.

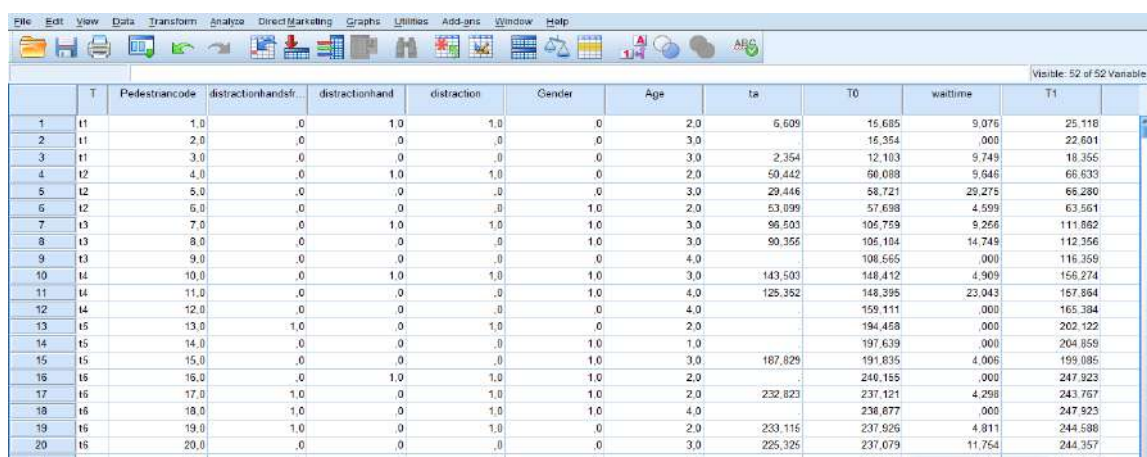
Επίσης, έγινε ακόμα ένας διαχωρισμός του τελικού πίνακα σε **δύο επιμέρους πίνακες**, με τον πρώτο να αφορά στις μετρήσεις για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι και το δεύτερο για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής (control group).

Στη συνέχεια, εισήχθησαν τόσο οι επιμέρους όσο και ο συνολικός πίνακας στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, **IBM SPSS Statistics 21.0** καθώς σκοπός ήταν η παραγωγή τόσο ενός ενιαίου μοντέλου όσο και ξεχωριστών μοντέλων.

Τα στοιχεία των πινάκων εισήχθησαν αρχικά στο πεδίο δεδομένων (**Data View**), το οποίο δέχεται αποκλειστικά στοιχεία αριθμητικής μορφής (Εικόνα 4.3). Έπειτα, καθορίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν οι μεταβλητές μέσα από το πεδίο μεταβλητών (**Variable View**), όπου επιλέχθηκε το είδος της εκάστοτε μεταβλητής (αριθμητική κλπ), ο αριθμός δεκαδικών ψηφίων καθώς και ο τύπος της (Εικόνα 4.4). Οι τύποι των μεταβλητών ορίζονται ως εξής:

- Συνεχείς μεταβλητές (Scale Variables): Λαμβάνουν όλες τις τιμές πραγματικών αριθμών, όπως για παράδειγμα η ταχύτητα των πεζών
- Διατεταγμένες μεταβλητές (Ordinal Variables): Λαμβάνουν ακέραιες τιμές με μαθηματική συσχέτιση μεταξύ τους, δηλαδή μικρότεροι αριθμοί συμβολίζουν μικρότερες αξίες της μεταβλητής. Ένα παράδειγμα αυτής της μεταβλητής είναι η ηλικία των πεζών.
- Διακριτές μεταβλητές (Nominal Variables): Λαμβάνουν συμβολικές ακέραιες τιμές χωρίς την ύπαρξη μαθηματικής συσχέτισης, όπως για παράδειγμα η απόσπαση προσοχής.

Σημειώνεται πως προκειμένου να πραγματοποιηθεί πληθώρα συνδυασμών ώστε να προκύψει το τελικό μοντέλο, δημιουργήθηκαν στον πίνακα βάσης του **Excel** διάφορες μορφές της ίδιας μεταβλητής, οι οποίες εισήχθησαν ως ξεχωριστές μεταβλητές στο **λογισμικό SPSS**. Ορισμένα παραδείγματα αφορούν στη δημιουργία του λογάριθμου της ταχύτητας των πεζών (Logspeed), στη διαίρεση του φόρτου των πεζών με το μήκος διάβασης (volumelength) στην ύψωση του φόρτου των πεζών στη δεύτερη δύναμη (volume2).



	T	Pedestriancode	distractionhandsfr	distractionhand	distraction	Gender	Age	ta	T0	waittime	T1	
1	t1	1.0	.0	1.0	1.0	.0	2.0	6.609	15.685	9.076	25.118	
2	t1	2.0	.0	.0	.0	.0	3.0		16.354	.000	22.601	
3	t1	3.0	.0	.0	.0	.0	3.0	2.354	12.103	9.749	18.355	
4	t2	4.0	.0	1.0	1.0	.0	2.0	50.442	60.089	9.646	66.633	
5	t2	5.0	.0	.0	.0	.0	3.0	29.446	58.721	29.275	66.280	
6	t2	6.0	.0	.0	.0	1.0	2.0	53.099	57.698	4.599	63.561	
7	t3	7.0	.0	1.0	1.0	1.0	3.0	96.503	105.759	9.256	111.862	
8	t3	8.0	.0	.0	.0	1.0	3.0	90.356	105.104	14.749	112.356	
9	t3	9.0	.0	.0	.0	.0	4.0		108.565	.000	116.359	
10	t4	10.0	.0	1.0	1.0	1.0	3.0	143.503	148.412	4.909	156.274	
11	t4	11.0	.0	.0	.0	1.0	4.0	125.352	148.395	23.043	167.864	
12	t4	12.0	.0	.0	.0	.0	4.0		159.111	.000	165.384	
13	t5	13.0	1.0	.0	1.0	.0	2.0		194.458	.000	202.122	
14	t5	14.0	.0	.0	.0	1.0	1.0		197.639	.000	204.859	
15	t5	15.0	.0	.0	.0	1.0	3.0	187.829	191.835	4.005	199.085	
16	t5	16.0	.0	1.0	1.0	1.0	2.0		246.155	.000	247.923	
17	t5	17.0	1.0	.0	1.0	1.0	2.0	232.823	237.121	4.298	243.767	
18	t5	18.0	1.0	.0	1.0	1.0	4.0		236.877	.000	247.923	
19	t5	19.0	1.0	.0	1.0	.0	2.0	233.116	237.925	4.811	244.598	
20	t5	20.0	.0	.0	.0	.0	3.0	225.325	237.079	11.754	244.357	

Εικόνα 4.3 Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό IBM SPSS Statistics 21.0

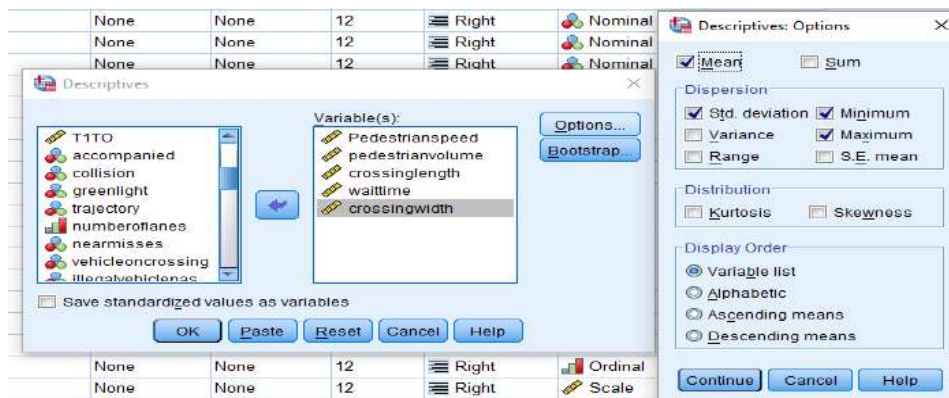
	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	T	String	3	0		None	None	3	Left	Nominal	Input
2	Pedestrian...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Scale	Input
3	distractionh...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
4	distractionh...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
5	distraction	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
6	Gender	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
7	Age	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Ordinal	Input
8	ta	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
9	T0	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
10	waittime	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
11	T1	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
12	T1TO	Numeric	17	3		None	None	17	Right	Scale	Input
13	Pedestrians...	Numeric	17	2		None	None	17	Right	Scale	Input
14	accompanied	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
15	collision	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
16	greentlight	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
17	trajectory	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
18	pedestrianv...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Scale	Input
19	numberoflan...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Ordinal	Input
20	crossinglen...	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Scale	Input
21	crossingwidth	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Scale	Input
22	nearmissesi...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
23	vehicleoncro...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
24	illegalvehicl...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input

Εικόνα 4.4 Παράδειγμα καθορισμού μεταβλητών στο λογισμικό IBM SPSS Statistics 21.0

Το επόμενο βήμα, αφορούσε στην εφαρμογή λειτουργιών για την εξαγωγή βασικών **περιγραφικών συναρτήσεων** από το λογισμικό πριν ακολουθήσει η κύρια στατιστική ανάλυση. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής: Analyze → Descriptive Statistics → Descriptives (για συνεχείς) /Frequencies (για διακριτές) → Options και έπειτα η επιλογή των μεταβλητών (Εικόνες 4.5 & 4.6).

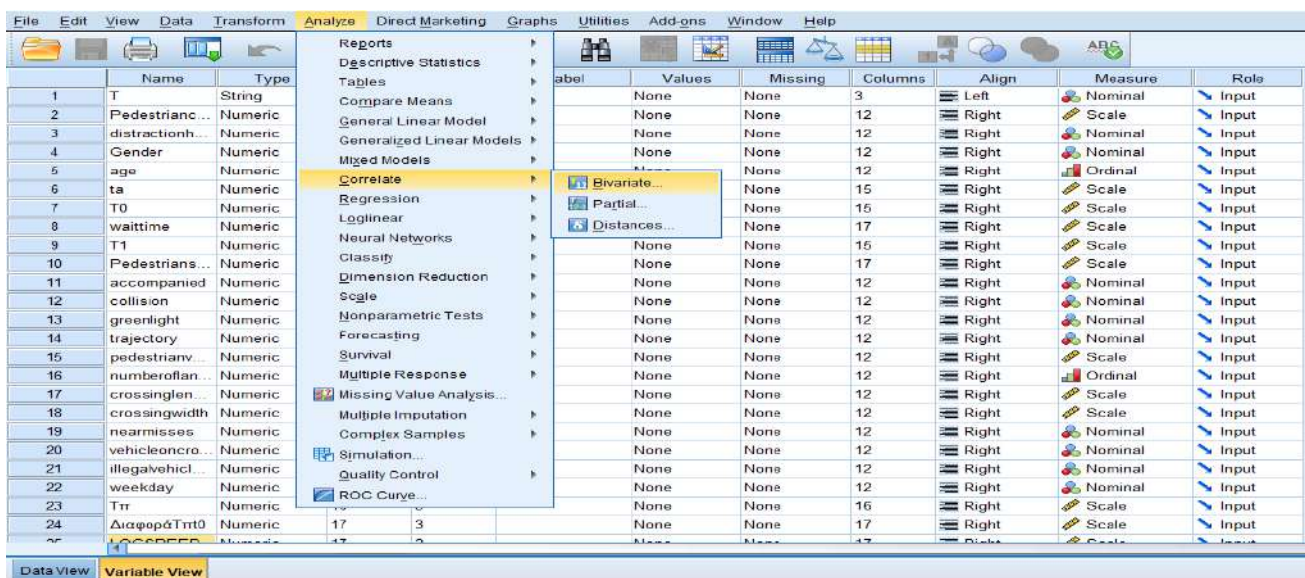
	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	T	String	3	0		None	None	3	Left	Nominal	Input
2	Pedestrian...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Scale	Input
3	distractionh...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
4	distractionh...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
5	distraction	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
6	Gender	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
7	Age	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Ordinal	Input
8	ta	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
9	T0	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
10	waittime	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
11	T1	Numeric	12	3		None	None	12	Right	Scale	Input
12	T1TO	Numeric	17	3		None	None	17	Right	Scale	Input
13	Pedestrians...	Numeric	17	2		None	None	17	Right	Scale	Input
14	accompanied	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
15	collision	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
16	greentlight	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
17	trajectory	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
18	pedestrianv...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Scale	Input
19	numberoflan...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Ordinal	Input
20	crossinglen...	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Scale	Input
21	crossingwidth	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Scale	Input
22	nearmissesi...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
23	vehicleoncro...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input
24	illegalvehicl...	Numeric	12	0		None	None	12	Right	Nominal	Input

Εικόνα 4.5 Παραγωγή περιγραφικών συναρτήσεων στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

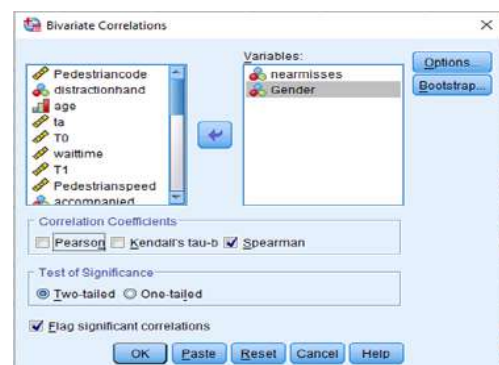
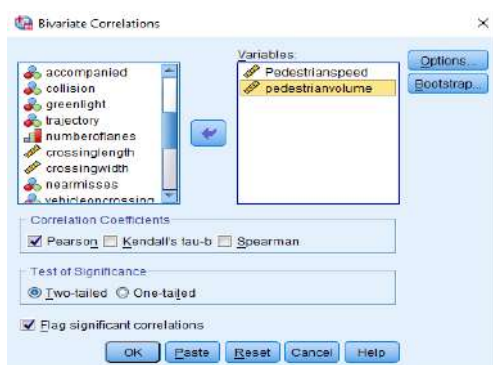


Εικόνα 4.6 Επιλογή επιθυμητών μεταβλητών και περιγραφικών συναρτήσεων

Στη συνέχεια, ακολούθησε η **διερεύνηση συσχετίσεων** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Όλες οι επιλεγμένες μεταβλητές αναλύθηκαν ανά ζεύγη ενώ χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής **Pearson** για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής **Spearman** για διακριτές. Οι συντελεστές που προέκυψαν κυμαίνονταν από -1.00 (τέλεια αντιστρόφως ανάλογη συσχέτιση) έως +1.00 (τέλεια ανάλογη συσχέτιση), ενώ τιμή 0.00 αφορούσε τέλεια ασυσχέτιστες μεταβλητές. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής: Analyze → Correlate → Bivariate και έπειτα η επιλογή των μεταβλητών και του συντελεστή (Pearson/Spearman) (Εικόνες 4.7, 4.8 & 4.9).



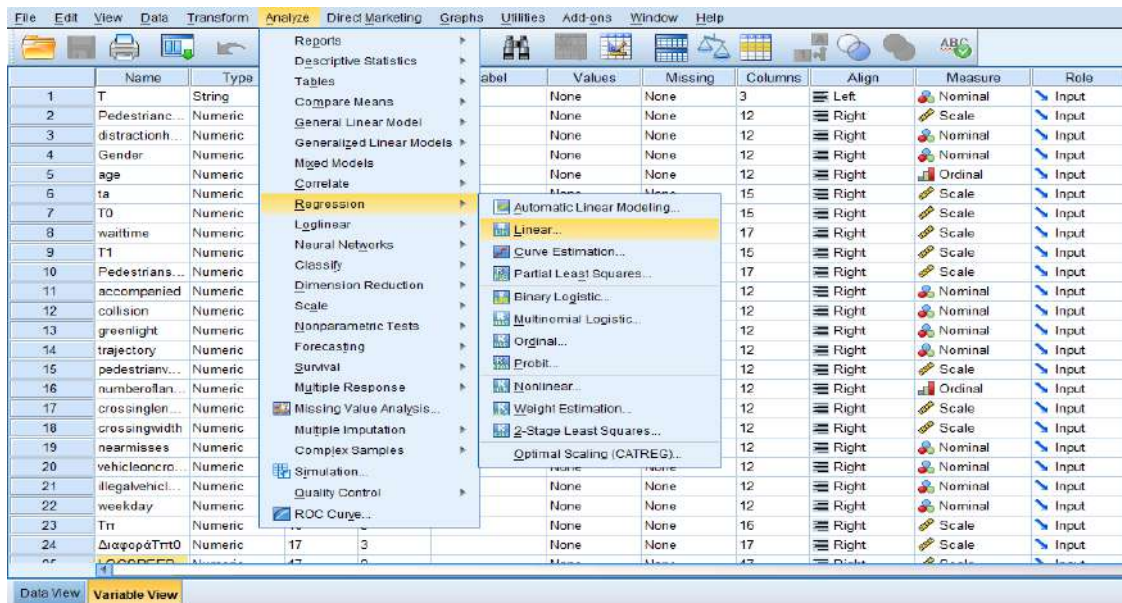
Εικόνα 4.7 Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών



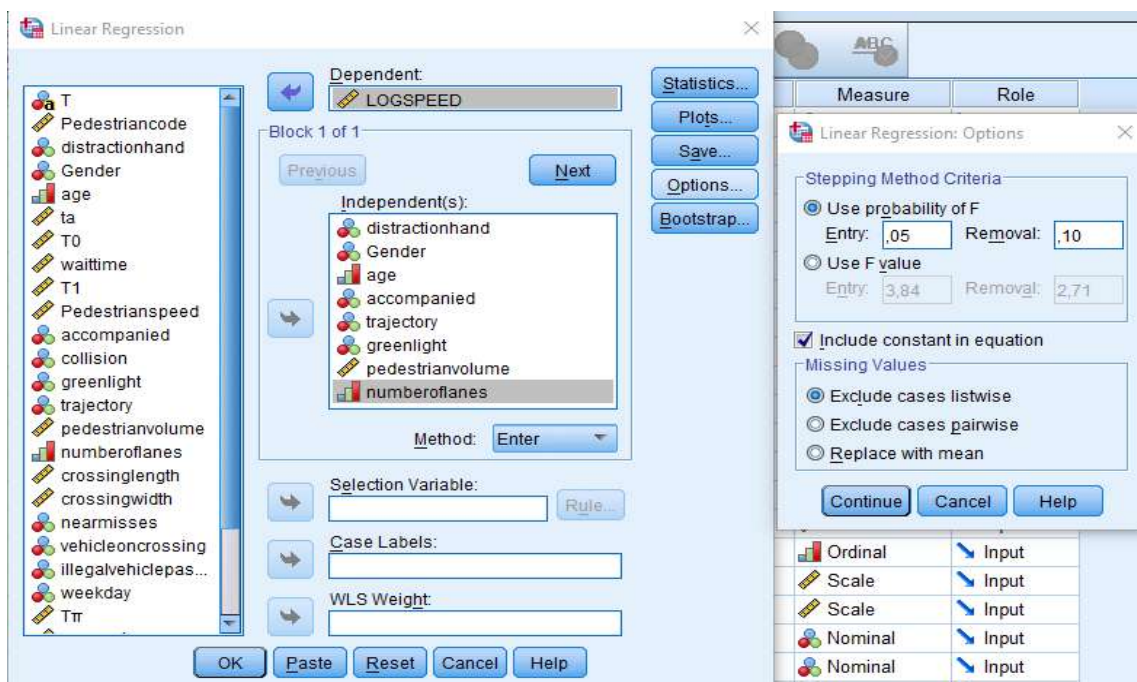
Εικόνες 4.8 & 4.9 Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η **κύρια στατιστική ανάλυση** με στόχο την ανάπτυξη των τελικών μοντέλων γραμμικής και διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Ακολουθήθηκαν, λοιπόν, τα εξής

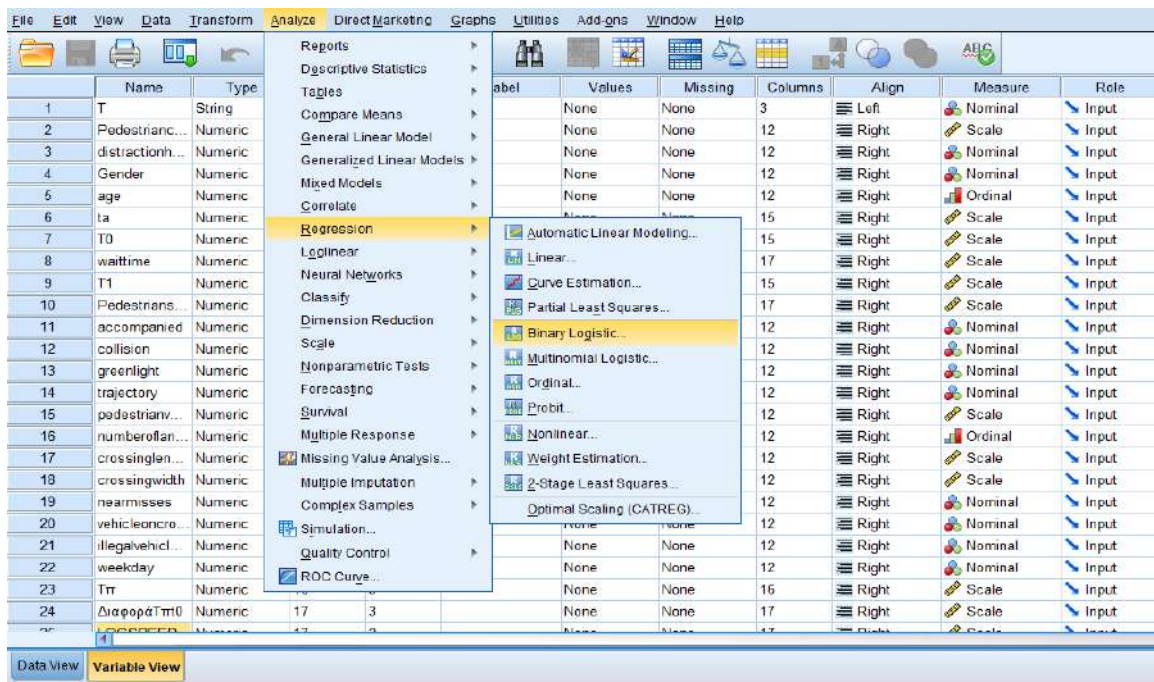
βήματα: Analyze → Regression → Linear (γραμμική παλινδρόμηση) και Analyze → Regression → Binary Logistic (διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση), τα οποία παρουσιάζονται ενδεικτικά μέσω των παρακάτω εικόνων.



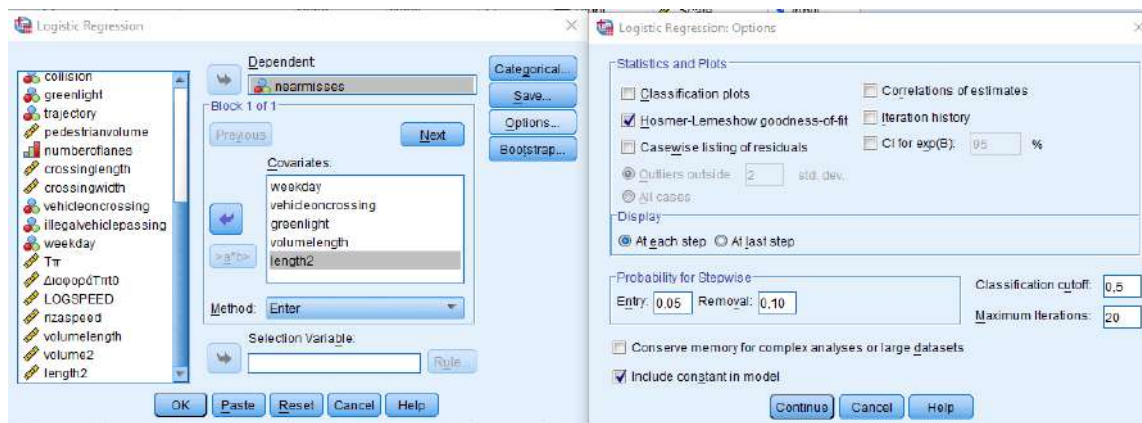
Εικόνα 4.10 Επιλογή γραμμικής παλινδρόμησης



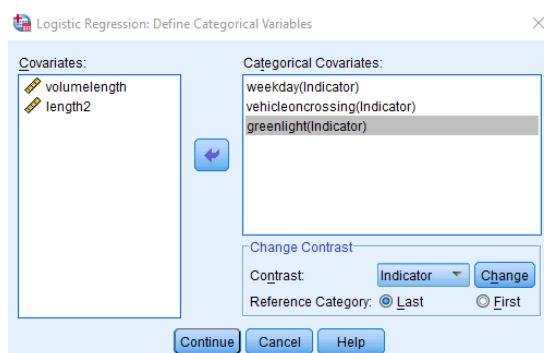
Εικόνα 4.11 Επιλογή μεταβλητών- μεθόδου εισαγωγής τους και επιπρόσθετες επιλογές



Εικόνα 4.12 Επιλογή διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης



Εικόνα 4.13 Επιλογή μεταβλητών- μεθόδου εισαγωγής τους και επιπρόσθετες επιλογές



Εικόνα 4.14 Επιλογή κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών

Σημειώνεται ότι στη **γραμμική παλινδρόμηση** οι ανεξάρτητες μεταβλητές εισέρχονται στο πλαίσιο Independent(s) (Εικόνα 4.11) ενώ στη **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** στο πλαίσιο Covariates (Εικόνα 4.13). Σε κάθε περίπτωση η εξαρτημένη μεταβλητή εισέρχεται στο πλαίσιο Dependent (Εικόνες 4.11 & 4.13). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών (Εικόνες 4.11 & 4.13). Αυτή συνήθως αφήνεται Enter, που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) ή Covariates με τη σειρά που γράφονται εκεί.

Από την επιλογή Options (Εικόνες 4.11 & 4.13) επιλέγονται οι απαιτούμενοι στατιστικοί έλεγχοι καθώς και η ύπαρξη σταθεράς στο μοντέλο. Τέλος, αναφορικά με τη **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση**, απαιτείται η επισήμανση των μη συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών (**διακριτών και διατεταγμένων**) προτού ξεκινήσει η ανάλυση καθώς και η επιλογή της κατηγορίας αναφοράς τους (Εικόνα 4.14).

5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας– Αποτελέσματα

5.1 Εισαγωγή

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.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και την παραγωγή των τελικών μοντέλων, ενώ έμφαση δίνεται στην εφαρμογή των **στατιστικών ελέγχων** που όπως έχει προαναφερθεί, απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των προτύπων. Σημαντικό τμήμα του κεφαλαίου είναι εκείνο 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** κάθε μοντέλου, όσο και σχετικά **διαγράμματα** και **πίνακες** για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε **ανάλυση ελαστικότητας** και **ανάλυση ευαισθησίας** όπου αυτές κρίθηκαν απαραίτητες.

5.2 Πρότυπα Συσχέτισης Απόσπασης Προσοχής Και Ταχύτητας Πεζών

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των τριών διαφορετικών προτύπων για τη συσχέτιση της ταχύτητας των πεζών με την απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι. Το πρώτο πρότυπο αφορά στην **πρόβλεψη της ταχύτητας** εξετάζοντας το συνολικό δείγμα των δεδομένων ενώ τα υπόλοιπα δύο αφορούν ξεχωριστά πρότυπα- συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο και μη (control group) - με κοινές ανεξάρτητες μεταβλητές ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση της μέσης ταχύτητας των πεζών και για τις δύο συνθήκες

5.2.1 Δεδομένα Εισόδου – Καθορισμός Μεταβλητών

Για την ανάπτυξη του μοντέλου εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4. Στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης εισήχθη τόσο η βάση δεδομένων που περιλάμβανε τα δεδομένα για το σύνολο των πεζών όσο και οι δύο βάσεις που αφορούσαν στις δύο κατηγορίες πεζών ξεχωριστά, ενώ ακολούθησε ο **έλεγχος σφάλματος**, ο **έλεγχος συσχέτισης** των μεταβλητών καθώς και οι **έλεγχοι σημαντικότητάς τους**.

Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επελέγησαν έπειτα από **πολλές δοκιμές**, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών προτύπων που περιλάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών και κάθε φορά απορρίπτονταν όσες μεταβλητές δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική επιρροή στο μοντέλο.

5.2.2 Περιγραφική Στατιστική

Αυτό που ενδιαφέρει αρχικά, είναι η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα προέκυψαν από τις δύο ξεχωριστές βάσεις δεδομένων –απόσπαση προσοχής και μη- ώστε να καθίσταται πιο εμφανής η διαφοροποίηση μεταξύ των χαρακτηριστικών των δύο συνθηκών.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών που παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και δεν έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 4.

Πίνακας 5.1 Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pedestrianspeed_distract ionhand	112	,406	2,043	1,24790	,305595
Pedestrianvolume	112	2	42	14,62	9,463
Crossinglength	112	6,5	9,9	8,163	1,5053
Crossingwidth	112	5,5	6,3	5,986	,3925
Waittime	112	,000	30,597	6,23963	8,322772
Valid N (listwise)	112				

Πίνακας 5.2 Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pedestrianspeed_no	412	,541	2,637	1,26203	,339928
pedestrianvolume	412	1	42	15,26	9,910
crossinglength	412	6,5	9,9	8,055	1,5078
crossingwidth	412	5,5	6,3	5,954	,3968
waittime	412	,000	604,247	9,50892	31,156691
Valid N (listwise)	412				

Πίνακας 5.3 Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Gender) για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	66	58,9	58,9	58,9
1	46	41,1	41,1	100,0
Total	112	100,0	100,0	

Πίνακας 5.4 Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Gender) για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	209	50,7	50,7	50,7
1	203	49,3	49,3	100,0
Total	412	100,0	100,0	

Πίνακας 5.5 Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Accompanied) για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	102	91,1	91,1	91,1
1	10	8,9	8,9	100,0
Total	112	100,0	100,0	

Πίνακας 5.6 Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Accompanied) για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	278	67,5	67,5	67,5
	1	134	32,5	32,5	100,0
	Total	412	100,0	100,0	

Πίνακας 5.7 Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Age) για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής

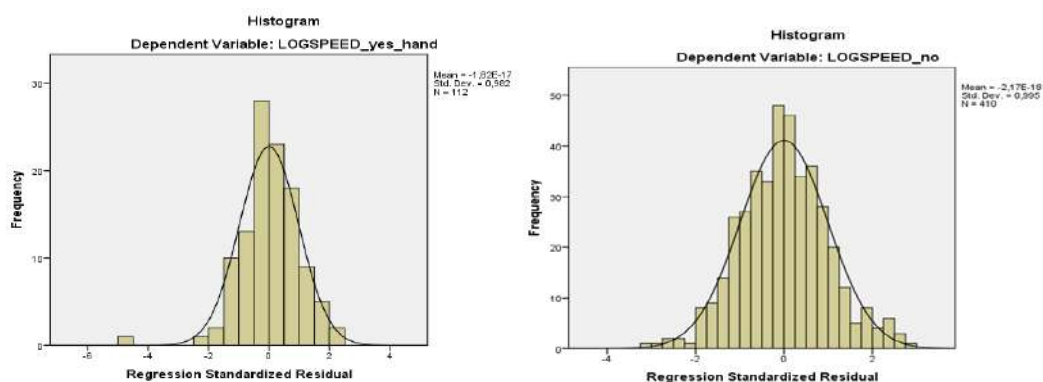
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	6	5,4	5,4	5,4
	2	50	44,6	44,6	50,0
	3	45	40,2	40,2	90,2
	4	11	9,8	9,8	100,0
	Total	112	100,0	100,0	

Πίνακας 5.8 Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Age) για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	25	6,1	6,1	6,1
	2	155	37,6	37,6	43,7
	3	147	35,7	35,7	79,4
	4	85	20,6	20,6	100,0
	Total	412	100,0	100,0	

5.2.3 Επιλογή Μεθόδου Παλινδρόμησης

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης συνίσταται στην **επιλογή του είδους της παλινδρόμησης**, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων. Επειδή ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου ανάλυσης είναι η κατανομή που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή, αναπτύχθηκε το **διάγραμμα κατανομής**, στο οποίο παρουσιάζεται η προσαρμογή των συχνοτήτων της εξαρτημένης μεταβλητής στην κανονική κατανομή (Διαγράμματα 5.1 & 5.2).



Διαγράμματα 5.1 & 5.2 Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή της μέσης ταχύτητας του πεζού με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι και χωρίς απόσπαση προσοχής αντίστοιχα

5.2.3.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Η επιλογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι η μεταβλητή που εξετάζεται (εξαρτημένη) είναι **συνεχής** και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθεί μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την **κανονική**.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αναπτύχθηκαν αρκετά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης με ικανοποιητική προσαρμογή. Όμως, θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί και το ενδεχόμενο η καμπύλη συσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής να μην παρουσιάζει σταθερή κλίση σε όλα τα τμήματά της και για το λόγο αυτό εξετάστηκε η μέση ταχύτητα των πεζών και με την ανάπτυξη **μοντέλου λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, όπως αυτό περιγράφεται στη συνέχεια.

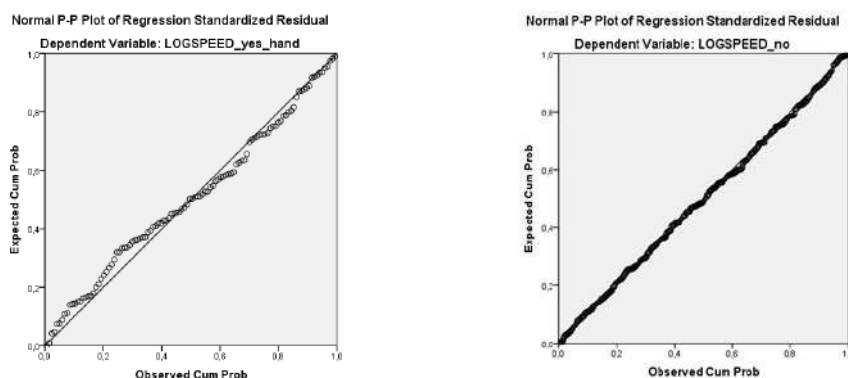
5.2.3.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

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, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή ενδιαφέρει ο **φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής**, γι' αυτό χρησιμοποιείται ως εξαρτημένη μεταβλητή ο λογάριθμος της μέσης ταχύτητας του πεζού (LogSpeed).

5.2.4 Έλεγχος Σφάλματος Εξίσωσης Προτύπου

Από την αξιολόγηση των μοντέλων δε θα πρέπει να παραλειφθεί ο έλεγχος του σφάλματος, βάσει του οποίου το σφάλμα πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3.

Η ισχύς των προϋποθέσεων αυτών ελέγχονται μέσω της ακολουθίας εντολών: analyze → regression → linear → plot του στατιστικού λογισμικού. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, ο άξονας Χ 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**.

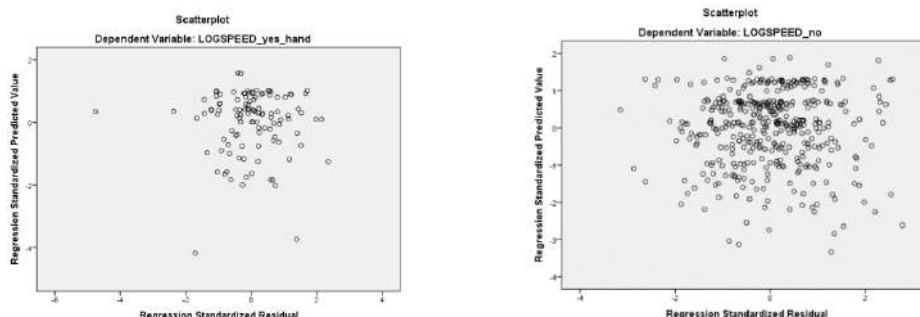


Διαγράμματα 5.3 & 5.4 Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για την περίπτωση της απόσπασης λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι και της μη απόσπασης προσοχής αντίστοιχα

Οι δύο επιπρόσθετοι έλεγχοι φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας Χ αντιπροσωπεύει το μέγεθος zresid (Standard residual), δηλαδή **τυπικά σφάλματα** και ο άξονας Ψ το μέγεθος zpred (Standard Predicted Value), δηλαδή τις **προβλεπόμενες τιμές** του μοντέλου.

Από τα παρακάτω διαγράμματα 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.

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



Διαγράμματα 5.5 & 5.6 Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων της μέσης ταχύτητας του πεζού με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι και χωρίς απόσπαση προσοχής αντίστοιχα

5.2.5 Συσχέτιση Των Μεταβλητών

Ακολούθησε η **διερεύνηση της συσχέτισης** των επιμέρους μεταβλητών με κριτήριο οι ανεξάρτητες μεταβλητές να παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή συσχέτισης με την εξαρτημένη μεταβλητή αλλά χαμηλό συντελεστή μεταξύ τους, ώστε να επιλεγούν αυτές που θα οδηγούσαν στο καλύτερο συνολικό μοντέλο. Η απόλυτη τιμή του συντελεστή, πάνω από την οποία θεωρήθηκε υψηλή συσχέτιση ορίστηκε σύμφωνα με εμπειρικό κανόνα ίση με 0,4. Σημειώνεται ότι δεν πραγματοποιήθηκε εισαγωγή ταυτόχρονα όλων των μορφών μίας μεταβλητής καθώς θα ήταν απόλυτα συσχετισμένες μεταξύ τους.

Σημειώνεται πως η μεταβλητή της **απόσπασης προσοχής (Distraction)** θα χρησιμοποιούταν στο συνολικό μοντέλο οπότε οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές δεν έπρεπε να παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση μαζί της ενώ ως εξαρτημένη μεταβλητή τέθηκε ο λογάριθμος της ταχύτητας (**LOGSPEED**) , όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Επιπλέον, όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 5.5, τρεις μεταβλητές παρουσίαζαν υψηλή συσχέτιση τόσο με την εξαρτημένη όσο και μεταξύ τους. Από το γεγονός αυτό, προέκυψε ότι δύναται να χρησιμοποιηθεί μόνο μία εξ 'αυτών για την ανάπτυξη του προτύπου.

Πίνακας 5.9 Συντελεστής συσχέτισης συνεχών μεταβλητών

		Waittime	Pedestrianvolume	Crossinglength	Crossingwidth	Τπ	Logspeed
Waittime	Pearson Correlation	1	,013	,090*	,053	,005	,020
	Sig. (2-tailed)		,768	,040	,222	,938	,647
	N	524	524	524	524	218	524
Pedestrianvolume	Pearson Correlation	,013	1	-,602**	-,730**	,053	-,381**
	Sig. (2-tailed)	,768		,000	,000	,433	,000
	N	524	524	524	524	218	524
Crossinglength	Pearson Correlation	,090*	-,602**	1	,899**	-,069	,437**
	Sig. (2-tailed)	,040	,000		,000	,309	,000
	N	524	524	524	524	218	524
Crossingwidth	Pearson Correlation	,053	-,730**	,899**	1	-,087	,462**
	Sig. (2-tailed)	,222	,000	,000		,203	,000
	N	524	524	524	524	218	524
Τπ	Pearson Correlation	,005	,053	-,069	-,087	1	,075
	Sig. (2-tailed)	,938	,433	,309	,203		,273
	N	218	218	218	218	218	218
Logspeed	Pearson Correlation	,020	-,381**	,437**	,462**	,075	1
	Sig. (2-tailed)	,647	,000	,000	,000	,273	
	N	524	524	524	524	218	524

Πίνακας 5.10 Συντελεστής συσχέτισης διακριτών/διατεταγμένων μεταβλητών

			collision	greenlight	accompanied	trajectory	Gender	age	numberoflanes
Spearman's rho	collision	Correlation Coefficient	1,000	,166	,151	,009	-,065	,052	-,171
		Sig. (2-tailed)	.	,080	,112	,925	,496	,583	,071
		N	112	112	112	112	112	112	112
	greenlight	Correlation Coefficient	,166	1,000	,017	,101	-,119	-,158	,018
		Sig. (2-tailed)	,080	.	,855	,288	,211	,096	,847
		N	112	112	112	112	112	112	112
	accompanied	Correlation Coefficient	,151	,017	1,000	,144	-,007	-,072	,003
		Sig. (2-tailed)	,112	,855	.	,131	,943	,450	,974
		N	112	112	112	112	112	112	112
	trajectory	Correlation Coefficient	,009	,101	,144	1,000	-,103	-,201*	-,028
		Sig. (2-tailed)	,925	,288	,131	.	,281	,034	,766
		N	112	112	112	112	112	112	112
	Gender	Correlation Coefficient	-,065	-,119	-,007	-,103	1,000	,219*	-,218*
		Sig. (2-tailed)	,496	,211	,943	,281	.	,020	,021
		N	112	112	112	112	112	112	112
	age	Correlation Coefficient	,052	-,158	-,072	-,201*	,219*	1,000	-,182
		Sig. (2-tailed)	,583	,096	,450	,034	,020	.	,055
		N	112	112	112	112	112	112	112
	numberoflanes	Correlation Coefficient	-,171	,018	,003	-,028	-,218*	-,182	1,000
		Sig. (2-tailed)	,071	,847	,974	,766	,021	,055	.
		N	112	112	112	112	112	112	112

5.2.6 Παρουσίαση Και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Τα **τελικά αποτελέσματα** που προέκυψαν τόσο για το συνολικό μοντέλο όσο και για τα δύο επιμέρους μοντέλα παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

5.2.6.1 Συνολικό Μοντέλο Για Την Ταχύτητα Πεζών

Ύστερα από πληθώρα δοκιμών προέκυψε το τελικό μοντέλο το οποίο συσχετίζει τον λογάριθμο της ταχύτητας των πεζών με οχτώ ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

$$\text{Logspeed} = 0,150 - 0,021 \times \text{Distractionhand} + 0,023 \times \text{Gender} - 0,034 \times \text{Age} - 0,060 \times \text{Accompanied} + 0,029 \times \text{Trajectory} - 0,057 \times \text{Greenlight} - 0,002 \times \text{Pedestrianvolume} + 0,043 \times \text{Numberoflanes}$$

Η παραπάνω σχέση μετασχηματίζεται σε:

$$\text{Speed} = 10^{(0,150 - 0,021 \times \text{Distractionhand} + 0,023 \times \text{Gender} - 0,034 \times \text{Age} - 0,060 \times \text{Accompanied} + 0,029 \times \text{Trajectory} - 0,057 \times \text{Greenlight} - 0,002 \times \text{Pedestrianvolume} + 0,043 \times \text{Numberoflanes})}$$

Όπου:

- Logspeed (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της μέσης ταχύτητας των πεζών (m/sec)
- Distractionhand (Διακριτή μεταβλητή): απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι (1: απόσπαση προσοχής, 0: μη απόσπαση προσοχής)
- Gender (Διακριτή μεταβλητή): το φύλο του πεζού (1: άνδρες, 0: γυναίκες)
- Age (Διατεταγμένη μεταβλητή): η ηλικία του πεζού (1: <18 ετών, 2: 18-35 ετών, 3: 35-65 ετών, 4: >65 ετών)
- Accompanied (Διακριτή μεταβλητή): συνοδεία του πεζού από άλλον πεζό (1: ύπαρξη συνοδείας πεζού, 0: απουσία συνοδείας πεζού)

- Trajectory (Διακριτή μεταβλητή): τροχιά του πεζού (1: ευθεία τροχιά πεζού, 0: μη ευθεία τροχιά πεζού)
- Greenlight (Διακριτή μεταβλητή): ένδειξη φωτεινού σηματοδότη των πεζών (1: πράσινη ένδειξη, 0: κόκκινη ένδειξη)
- Pedestrianvolume (Συνεχής μεταβλητή): φόρτος των πεζών που καταλαμβάνουν τη διάβαση σε μία περίοδο του σηματοδότη (πεζοί)
- Numberoflanes (Διατεταγμένη μεταβλητή): αριθμός λωρίδων της διάβασης (1: 1 λωρίδα, 2: 2 λωρίδες, 3: 3 λωρίδες)

Πίνακας 5.11 Περίληψη προτύπου και συντελεστής R^2 (Model Summary)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,611 ^a	,373	,363	,0920630251

Πίνακας 5.12 Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,150	,025		6,071	,000
	Distractionhand	-,021	,010	-,074	-2,037	,042
	Gender	,023	,008	,102	2,845	,005
	Age	-,034	,005	-,250	-6,992	,000
	Accompanied	-,060	,010	-,231	-6,266	,000
	Trajectory	,029	,009	,113	3,160	,002
	Greenlight	-,057	,009	-,221	-6,125	,000
	Pedestrianvolume	-,002	,001	-,147	-3,302	,001
	Numberoflanes	,043	,006	,331	7,434	,000

5.2.6.1.1 Ποιότητα Προτύπου

Η ποιότητα του εκάστοτε προτύπου αξιολογείται βάσει των κριτηρίων που έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3. Επομένως για το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύουν τα παρακάτω:

- Ο **συντελεστής R^2** ισούται με 0,373 και ήταν ο μεγαλύτερος από όσα μοντέλα δοκιμάστηκαν. Δεδομένου ότι η στατιστική ανάλυση βασίστηκε σε πείραμα μέσω βιντεοσκόπησης, ο συντελεστής κρίνεται ικανοποιητικός.
- Ικανοποιείται ο **στατιστικός έλεγχος t** καθώς όλες οι μεταβλητές εμφανίζουν τιμή t μεγαλύτερη του 1,7 (σε απόλυτη τιμή).
- Το **επίπεδο σημαντικότητας** είναι μικρότερο από 5% για όλες τις μεταβλητές
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.2.6.1.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό πως η απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι (distractionhand) επιδρά αρνητικά στην μέση ταχύτητα των πεζών καθώς ο συντελεστής β για τη συγκεκριμένη μεταβλητή έχει αρνητικό πρόσημο και τιμή ίση με -0,021. Αυτό σημαίνει πως η **συνομιλία με το κινητό στο χέρι** κατά τη διέλευση από τη

διάβαση, οδηγεί σε **μείωση της μέσης ταχύτητας** των πεζών, ενδεχομένως διότι δεν επικεντρώνονται στο περπάτημα αλλά στην επικοινωνία με το συνομιλητή τους και παρουσιάζουν διανοητική απόσπαση προσοχής.

Αναφορικά με τις υπόλοιπες μεταβλητές, η μέση ταχύτητα των πεζών μειώνεται με την **ηλικία** όπως είναι λογικό, ενώ αυξάνεται με την αύξηση του **αριθμού των λωρίδων** καθώς οι πεζοί πρέπει να διασχίσουν περισσότερη απόσταση με αποτέλεσμα να επιταχύνουν. Επιπλέον, μεγαλύτερη μέση ταχύτητα εμφανίζουν οι άντρες συγκριτικά με τις γυναίκες καθώς και οι πεζοί που διασχίζουν τη διάβαση έχοντας ευθεία **τροχιά**, αφού ακολουθούν τη συντομότερη διαδρομή χωρίς την εμπλοκή τους σε εμπόδια.

Ταυτόχρονα, όσο αυξάνεται ο **αριθμός των πεζών** που καταλαμβάνουν τη διάβαση τόσο μειώνεται η μέση ταχύτητα του πεζού, γεγονός εύλογο καθώς όσο αυξάνεται η πυκνότητα (πεζοί/τ.μ), μειώνεται η επιφάνεια που καταλαμβάνει ο κάθε πεζός και κατ' επέκταση ο βαθμός ευκινησίας του.

Μεγαλύτερη μέση ταχύτητα εμφανίζουν ακόμα οι πεζοί που δεν **συνοδεύονται** από άλλον πεζό το οποίο εξηγείται από την πρόσθετη απόσπαση προσοχής λόγω αλληλεπίδρασης και συνομιλίας με τον άλλον πεζό. Τέλος, οι πεζοί που διασχίζουν **παράνομα** τη διάβαση κατά την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη εμφανίζουν υψηλότερη μέση ταχύτητα καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος εμπλοκής τους σε ατύχημα με όχημα και ως εκ τούτου επιταχύνουν. Η ύπαρξη σταθεράς με θετικό συντελεστή υποδηλώνει την ύπαρξη επιπρόσθετων άγνωστων παραγόντων που προκαλούν αύξηση της μέσης ταχύτητας.

5.2.6.2 Πρότυπο Πεζών Με Απόσπαση Προσοχής

Σκοπός της δημιουργίας των δύο επιμέρους προτύπων ήταν η **σύγκριση** των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας των πεζών με ή χωρίς απόσπαση προσοχής. Για τον σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν μοντέλα με **ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές** ώστε να πραγματοποιηθεί σύγκρισή τους μέσω των συντελεστών β του εκάστοτε προτύπου. Προέκυψε συνεπώς, ύστερα από πληθώρα δοκιμών, το τελικό μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής το οποίο συσχέτιζε το λογάριθμο της ταχύτητάς τους με **τέσσερις** ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Logspeed (Distractionhand)

$$= 0.196 - 0.044 * Collision - 0.030 * Age - 0.068 * Accompanied - 7.255E - 005 * Volume^2$$

Η παραπάνω σχέση μετασχηματίζεται σε:

Speed (Distractionhand)

$$= 10^{(0.196 - 0.044 * Collision - 0.030 * Age - 0.068 * Accompanied - 7.255E - 005 * Volume^2)}$$

Όπου:

- Logspeed (Distraction) (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της μέσης ταχύτητας των πεζών που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο (m/sec)
- ✓ Collision (Διακριτή μεταβλητή): σύγκρουση του πεζού με άλλον πεζό (1: σύγκρουση με άλλον πεζό, 2: μη σύγκρουση με άλλον πεζό)
- Age (Διατεταγμένη μεταβλητή): η ηλικία του πεζού (1: <18 ετών, 2: 18-35 ετών, 3: 35-65 ετών, 4: >65 ετών)

- Accompanied (Διακριτή μεταβλητή): συνοδεία του πεζού από άλλον πεζό (1: ύπαρξη συνοδείας πεζού, 0: απουσία συνοδείας πεζού)
- Volume² (Συνεχής μεταβλητή): φόρτος των πεζών που καταλαμβάνουν τη διάβαση σε μία περίοδο του σηματοδότη υψωμένος στη δεύτερη δύναμη (πεζοί εις το τετράγωνο)

Πίνακας 5.13 Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,456 ^a	,208	,179	,1031662249

Πίνακας 5.14 Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,196	,036		5,517	,000
	Collision	-,044	,025	-,158	-1,749	,083
	Age	-,030	,013	-,197	-2,261	,026
	Accompanied	-,068	,035	-,172	-1,940	,055
	Volume2	-7,255E-005	,000	-,249	-2,728	,007

5.2.6.2.1 Ποιότητα Προτύπου

Για το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύουν τα παρακάτω:

- Ο **συντελεστής R^2** είναι 0.208 για την περίπτωση της απόσπασης προσοχής με συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο, ο οποίος κρίνεται ικανοποιητικός.
- Ικανοποιείται ο **στατιστικός έλεγχος t** καθώς όλες οι μεταβλητές εμφανίζουν τιμή t μεγαλύτερη του 1,7 (σε απόλυτη τιμή).
- Το **επίπεδο σημαντικότητας** είναι μικρότερο από 5% για όλες τις μεταβλητές εκτός του collision και οριακά του accompanied. Παρόλα αυτά, το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 10% και δεδομένου ότι ο συντελεστής t και των δύο μεταβλητών είναι μεγαλύτερος του 1,7 (σε απόλυτη τιμή), κρίνονται αποδεκτές οι μεταβλητές.
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.2.6.2.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό ότι η ηλικία, η συνοδεία του πεζού και ο φόρτος των πεζών επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο τη μέση ταχύτητα των πεζών που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι όπως και στο συνολικό μοντέλο. Επιπλέον, οι πεζοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη μέση ταχύτητα **όταν δεν συγκρούονται** με άλλους πεζούς, το οποίο εξηγείται από το γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερη ευελιξία κινήσεων και δεν καθυστερούν εξαιτίας της σύγκρουσης. Η ύπαρξη σταθεράς με θετικό συντελεστή υποδηλώνει την ύπαρξη επιπρόσθετων άγνωστων παραγόντων που προκαλούν αύξηση της μέσης ταχύτητας των πεζών που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι.

5.2.6.3 Πρότυπο Πεζών Χωρίς Απόσπαση Προσοχής

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δημιουργήθηκε μοντέλο με τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές με αυτές του μοντέλου για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι έτσι ώστε να συγκριθεί η συμπεριφορά που εμφανίζουν.

Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

Logspeed (No Distraction)

$$= 0.232 - 0.032 * Collision - 0.034 * Age - 0.063 * Accompanied - 7.831E - 005 * Volume^2$$

Η παραπάνω σχέση μετασχηματίζεται σε:

$$Speed (No Distraction) = 10^{(0.232 - 0.032 * Collision - 0.034 * Age - 0.063 * Accompanied - 7.831E - 005 * Volume^2)}$$

Πίνακας 5.15 Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,501 ^a	,251	,243	,1008133710

Πίνακας 5.16 Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	,232	,018		13,067	,000
Collision	-,032	,013	-,113	-2,491	,013
Age	-,034	,006	-,253	-5,841	,000
Accompanied	-,063	,011	-,255	-5,759	,000
Volume2	-7,831E-005	,000	-,281	-6,226	,000

5.2.6.3.1 Ποιότητα Προτύπου

Για το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύουν τα παρακάτω:

- Ο **συντελεστής R^2** είναι 0.251 για την περίπτωση της μη απόσπασης προσοχής, ο οποίος κρίνεται ικανοποιητικός.
- Ικανοποιείται ο **στατιστικός έλεγχος t** καθώς όλες οι μεταβλητές εμφανίζουν τιμή t μεγαλύτερη του 1,7 (σε απόλυτη τιμή).
- Το **επίπεδο σημαντικότητας** είναι μικρότερο από 5% για όλες τις μεταβλητές.
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**

5.2.6.3.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο την ταχύτητα των πεζών είτε παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής

λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι είτε όχι καθώς τα πρόσημα των συντελεστών β είναι όμοια και στις δύο περιπτώσεις. Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται οι αναλύσεις ελαστικότητας και ευαισθησίας ώστε να πραγματοποιηθεί η σύγκριση των δύο προτύπων.

5.2.7 Σχετική Επιρροή Των Μεταβλητών Των Δύο Επιμέρους Μοντέλων

Στο σημείο αυτό, κρίθηκε σημαντικός ο υπολογισμός του **βαθμού επιρροής** (ελαστικότητα) της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής του εκάστοτε προτύπου στην εξαρτημένη μεταβλητή (logspeed) ώστε να προκύψει ο βαθμός στον οποίο οι ίδιες μεταβλητές επηρεάζουν την ταχύτητα των πεζών που διασχίζουν σηματοδοτούμενη διάβαση με ή χωρίς απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι.

Στα δύο πρότυπα, συμπεριλήφθηκαν μία διατεταγμένη, μία συνεχής και δύο διακριτές μεταβλητές. Οπότε, σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3 χρησιμοποιήθηκαν οι εξής τύποι για τον υπολογισμό της ελαστικότητας για συνεχείς μεταβλητές:

$$ei = \beta_i * (X_i / Y_i)$$

καθώς και για διακριτές μεταβλητές:

$$e_i = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{l=1}^L e^{\beta_{lkn}}}{\sum_{l=1}^L e^{\Delta(\beta_{lkn})}} - 1$$

Ο προσδιορισμός της **σχετικής επιρροής** κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής αποδείχθηκε η καταλληλότερη τεχνική για την εύρεση και σύγκριση των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών. Για τον υπολογισμό της σχετικής επιρροής για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή πραγματοποιήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση $ei = \beta_i * (X_i / Y_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της ανεξάρτητης και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο **μέσος όρος** των ανωτέρω τιμών. Σημειώνεται πως η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές αλλά στην παρούσα Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήθηκε και η έννοια της ψευδοελαστικότητας για τον υπολογισμό της σχετικής επιρροής των διακριτών και διατεταγμένων μεταβλητών ώστε να πραγματοποιηθεί η σύγκριση.

Πίνακας 5.17 Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων ταχυτήτων

Logspeed						
	No Distraction			Distraction Hand		
Variables	β	ei	ei*	β	ei	ei*
Constant	0,232			0,196		
Collision	-0,032	-0,26	-1,28	-0,044	-0,49	-2,36
Accompanied	-0,063	-0,66	-3,23	-0,068	0,21	1,00
Age	-0,034	-15,70	-	-0,030	-1,84	-
Volume2	-0,0000783	-10,37	-	-0,00007255	-0,46	-

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της εκάστοτε εξαρτημένης μεταβλητής στην ταχύτητα των πεζών. Στη στήλη ei^* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που

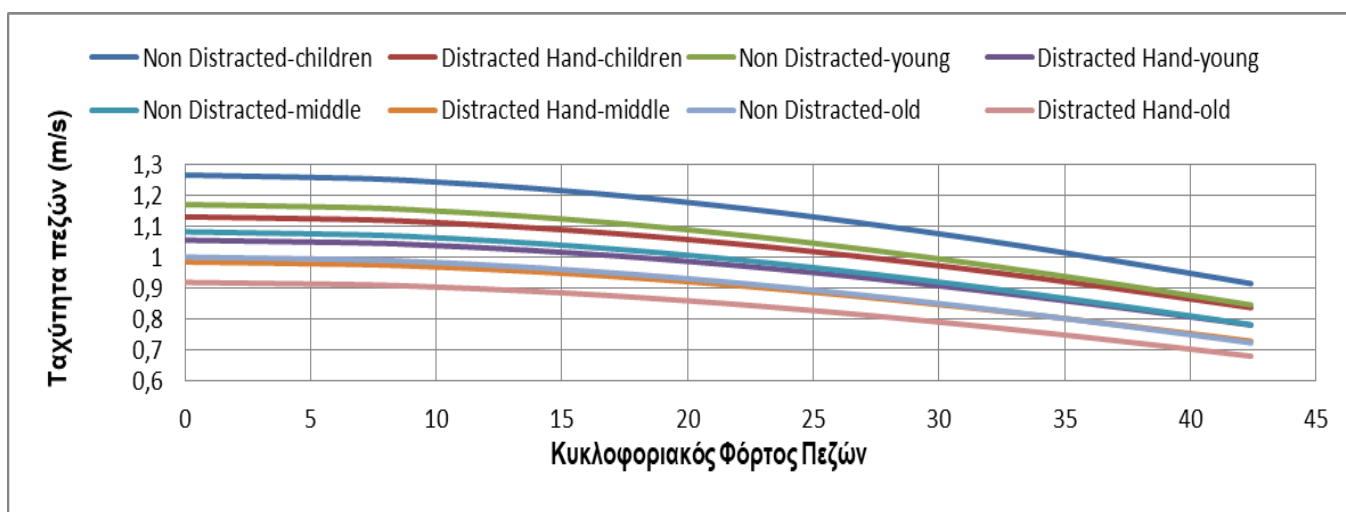
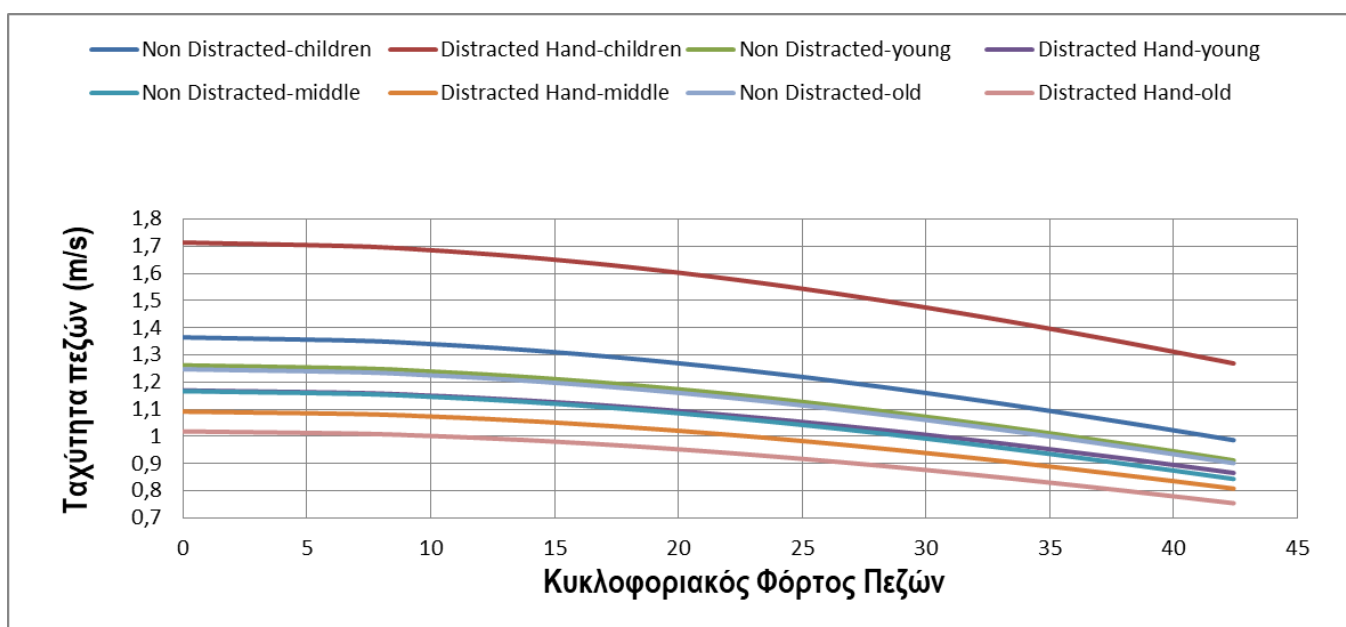
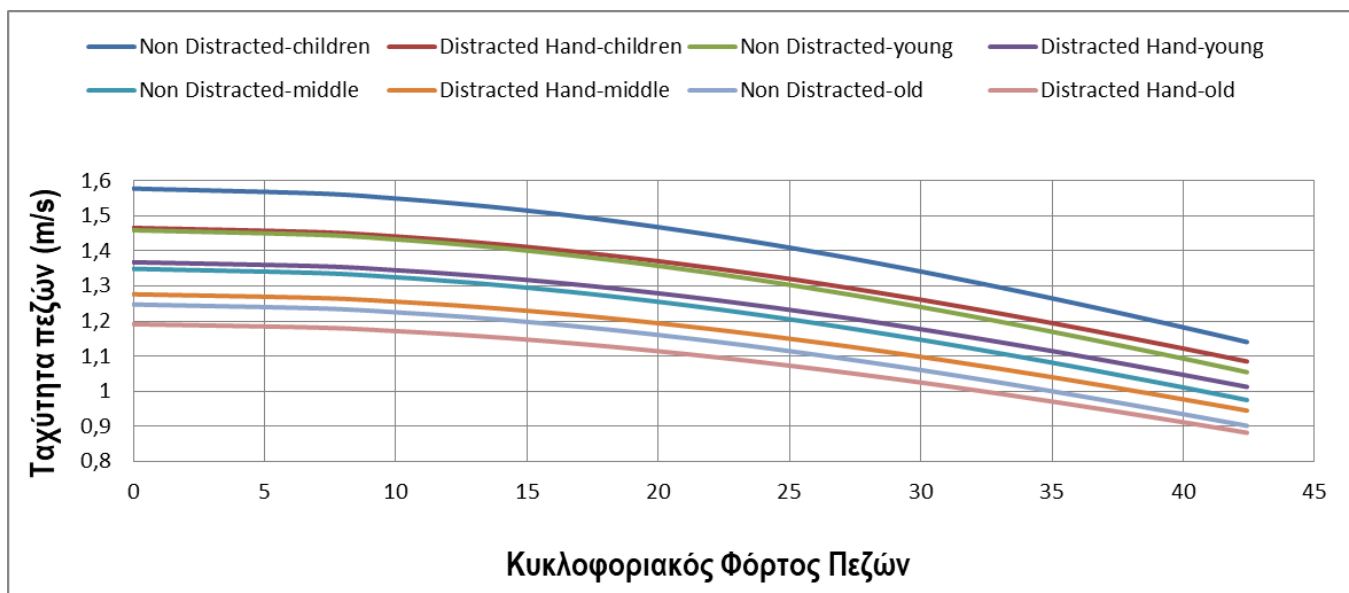
επηρεάζει σε μικρότερο βαθμό την εξαρτημένη (κατ' απόλυτη τιμή). Η σύγκριση των επιρροών πραγματοποιήθηκε τόσο για το κάθε μοντέλο ξεχωριστά όσο και για τα δύο μοντέλα μαζί και προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η **σύγκρουση** μεταξύ πεζών διότι μετά τη σύγκρουση οι πεζοί με απόσπαση προσοχής καθυστερούν περισσότερο να επανακαθορίσουν τη διαδρομή τους. Στην περίπτωση της μη απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η **συνοδεία** του πεζού από άλλον πεζό, καθώς ενδεχομένως οι πεζοί που δεν αποσπώνται από τη συνομιλία αλληλεπιδρούν περισσότερο με τον πεζό που είναι δίπλα τους, γεγονός που αποτελεί μία άλλη μορφή απόσπασης προσοχής.
- Επίσης, ο **κυκλοφοριακός φόρτος** των πεζών παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη επιρροή στους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής. Αυτό ενδεχομένως συμβαίνει διότι έχουν σημαντικά περισσότερες επιλογές και διακύμανση στη συμπεριφορά τους στην προσπάθεια να βελτιστοποιήσουν τη διαδρομή τους δρώντας ανάλογα με τις κινήσεις των άλλων πεζών. Αντίθετα, οι πεζοί που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο ίσως δεν επηρεάζονται από την κίνηση των πεζών γύρω τους αλλά ακολουθούν την πιο εύκολη διαδρομή, ανεξάρτητα από την συμπεριφορά των υπολοίπων.
- Αξιοσημείωτη είναι η πολύ μεγάλη διαφορά της σχετικής επιρροής της **ηλικίας** στην ταχύτητα των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής σε σχέση με τους πεζούς με απόσπαση προσοχής. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να μπορεί να εξηγηθεί από το ότι στην περίπτωση των πεζών-χρηστών κινητού τηλεφώνου το 85% ανήκουν στις κατηγορίες 18-35 και 35-65 ετών, σε αντίθεση με τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής που παρουσιάζουν πιο ομοιόμορφη κατανομή στο σύνολο των ηλικιών με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγαλύτερη διακύμανση στη συμπεριφορά τους.

5.2.8 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη ταχύτητα των δύο τύπων πεζών, αναπτύχθηκαν διαγράμματα ευαισθησίας. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής κατά τη μεταβολή μίας εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών όταν οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Σημειώνεται πως για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων, τα διαγράμματα αναπτύχθηκαν με **εξαρτημένη μεταβλητή τη μέση ταχύτητα των πεζών** και όχι τον λογάριθμό της, καθώς και ως ανεξάρτητη τον κυκλοφοριακό φόρτο των πεζών και όχι το τετράγωνό του.

Από τους συνδυασμούς που πραγματοποιήθηκαν, παρουσιάζονται εκείνοι με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον:



Όπου:

Children: <18 ετών

Young: 18-35 ετών

Middle: 35-65 ετών

Old: >65 ετών

Συνολικός Σχολιασμός Διαγραμμάτων

- Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι η **ταχύτητα** των πεζών παρουσιάζει **μειωτική τάση** καθώς **αυξάνεται** ο κυκλοφοριακός **φόρτος** τόσο για τους πεζούς που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι όσο και για όσους δεν δέχονται κάποια απόσπαση προσοχής, όπως ακριβώς αναφέρθηκε και προηγουμένως.
- Τη **χαμηλότερη ταχύτητα** σε όλες τις συνθήκες την παρουσιάζουν οι **ηλικιωμένοι** με απόσπαση προσοχής καθώς δεν είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση κινητού τηλεφώνου ενώ παράλληλα δυσκολεύονται να διαχειριστούν διαφορετικές δραστηριότητες ταυτόχρονα.
- Στην περίπτωση που οι πεζοί **δεν συνοδεύονται και δεν συγκρούονται** με άλλους πεζούς, παρατηρείται ότι οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής παρουσιάζουν μεγαλύτερη ταχύτητα από τους πεζούς με απόσπαση προσοχής ανεξαρτήτως φόρτου, με κάθε ηλικιακή ομάδα να εμφανίζει μεγαλύτερη ταχύτητα από την επόμενη της, καταδεικνύοντας ότι η απόσπαση προσοχής οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας των πεζών για κάθε ηλικιακή ομάδα σταδιακά όταν δεν υπάρχει κάποια άλλη επιπρόσθετη μορφή απόσπασης. (Διάγραμμα 5.7).
- Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι **τα παιδιά με απόσπαση προσοχής** παρουσιάζουν πολύ **μεγαλύτερη ταχύτητα** συγκριτικά με τα παιδιά χωρίς απόσπαση προσοχής αλλά και τις άλλες ηλικιακές ομάδες όταν συνοδεύονται από άλλον πεζό και δεν συγκρούονται, το οποίο μπορεί να εξηγηθεί από το ότι είναι πολύ εξοικειωμένα με το κινητό τηλέφωνο αλλά και ότι καθοδηγούνται ταυτόχρονα από άλλον πεζό, ο οποίος δεδομένης της απόσπασης προσοχής του παιδιού αναλαμβάνει την ευθύνη της ασφαλούς διάσχισης του από τη διάβαση (Διάγραμμα 5.8).

5.3 Πρότυπα Συσχέτισης Απόσπασης Προσοχής Και Χαρακτηριστικών Ασφαλείας Πεζών

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης προτύπων για τη σύγκριση των χαρακτηριστικών ασφαλείας των πεζών με απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο και μη. Ως εξαρτημένη μεταβλητή τέθηκε η ύπαρξη ή μη **παρ'ολίγον ατυχήματος** για την οποία αναπτύχθηκαν δύο επιμέρους μοντέλα, ένα για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής και ένα για όσους δεν παρουσίαζαν κάποια απόσπαση προσοχής.

5.3.1 Δεδομένα Εισόδου – Καθορισμός Μεταβλητών

Για την ανάπτυξη του μοντέλου ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με τα πρότυπα για την ταχύτητα των πεζών. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι τα μοντέλα που τελικώς επιλέχθηκαν εμφάνιζαν τα μεγαλύτερα ποσοστά πρόβλεψης των παρ'ολίγον ατυχημάτων.

5.3.2 Επιλογή Μεθόδου Παλινδρόμησης

Η ανάπτυξη των μοντέλων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή - το ενδεχόμενο να συμβεί παρ'ολίγον ατύχημα- είναι διακριτή.

5.3.3 Συσχέτιση Των Μεταβλητών

Πίνακας 5.18 Συντελεστής συσχέτισης διακριτών/διατεταγμένων μεταβλητών

			greenlight	weekday	vehicleoncrossing	nearmisseslt2sec1m
Spearman's rho	greenlight	Correlation Coefficient	1,000	-,050	-,186*	-,305**
		Sig. (2-tailed)	.	,600	,050	,001
		N	112	112	112	112
	weekday	Correlation Coefficient	-,050	1,000	,062	-,139
		Sig. (2-tailed)	,600	.	,515	,143
		N	112	112	112	112
	vehicleoncrossing	Correlation Coefficient	-,186*	,062	1,000	,362**
		Sig. (2-tailed)	,050	,515	.	,000
		N	112	112	112	112
	nearmisseslt2sec1m	Correlation Coefficient	-,305**	-,139	,362**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,001	,143	,000	.
		N	112	112	112	112

5.3.4 Παρουσίαση Και Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Τα **τελικά αποτελέσματα** που προέκυψαν για τα δύο επιμέρους μοντέλα παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

5.3.4.1 Πρότυπο Για Παρ'ολίγον Ατυχήματα Πεζών Που Συνομιλούν Στο Κινητό Τηλέφωνο

Και στην περίπτωση των παρ'ολίγον ατυχημάτων δημιουργήθηκαν δύο επιμέρους μοντέλα με **ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές** ώστε να πραγματοποιηθεί η σύγκρισή τους. Προέκυψε επομένως, ύστερα από πληθώρα δοκιμών, το μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής (που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι) το οποίο συσχέτιζε την πιθανότητα για εμπλοκή σε παρ'ολίγον ατύχημα με όχημα, με **πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές**.

Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

$$U \text{ (Distractionhand)}: 3,458 \times \text{Weekend} - 3,989 \times \text{Non_vehicleoncrossing} + 2,514 \times \text{Redlight} - 0,654 \times \text{Volumelength} - 0,040 \times \text{Length}^2$$

Όπου:

Weekend (Διακριτή μεταβλητή): Σαββατοκύριακο

Non_Vehicleoncrossing (Διακριτή μεταβλητή): Όχι ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση

Red Light (Διακριτή μεταβλητή): Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη

Volumelength (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών ανά μήκος διάβασης (πεζοί/ μέτρο)

Length² (Συνεχής μεταβλητή): Μήκος διάβασης υψωμένο στη δεύτερη δύναμη

U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Η πιθανότητα ένας πεζός που συνομιλεί στο κινητό τηλέφωνο με το χέρι να εμπλακεί σε παρ'ολίγον ατύχημα με κάποιο όχημα εξαρτάται άμεσα από το U και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$P = \frac{e^u}{e^u + 1}$$

Πίνακας 5.19 Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R² (Model Summary)

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	31,274 ^a	,669	,893

Πίνακας 5.20 Hosmer & Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	1,251	8	,996

Πίνακας 5.21 Πίνακας ταξινόμησης (Classification Table)

		Predicted		
		Nearmisses		Percentage Correct
Observed		,0	1,0	
Step 1	Nearmisses ,0	104	1	99,0
	1,0	4	3	42,9
Overall Percentage				95,5

Πίνακας 5.22 Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a						
Weekday(1)	3,458	1,605	4,641	1	,031	31,740
Vehicleoncrossing(1)	-3,989	1,393	8,201	1	,004	,019
Greenlight(1)	2,514	1,116	5,075	1	,024	12,356
Volumelength	-,654	,333	3,857	1	,050	,520
Length2	-,040	,015	7,327	1	,007	,961

5.3.4.1.1 Ποιότητα Προτύπου

Για το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύουν τα παρακάτω:

- Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,996 και μεγαλύτερο του 5%
- Οι **συντελεστές R²** είναι ίσοι με 0,669 και 0,893 αντίστοιχα (αρκετά υψηλοί) αν και ο συγκεκριμένος έλεγχος δεν είναι κρίσιμος
- Ικανοποιείται ο **στατιστικός έλεγχος Wald test** καθώς όλες οι μεταβλητές εμφανίζουν τιμή t μεγαλύτερη του 1,7 (σε απόλυτη τιμή)
- Το **επίπεδο σημαντικότητας** είναι μικρότερο από 5% για όλες τις μεταβλητές
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**
- Το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά τα παρ' ολίγον ατυχήματα είναι 42,9%, το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά τα μη παρ' ολίγον ατυχήματα είναι 99% και ο **μέσος όρος τους 95,5%**, δηλαδή μεγαλύτερος από 65%

5.3.4.1.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι πεζοί που **συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι** έχουν **μεγαλύτερη πιθανότητα** κατά 12,4 φορές να εμπλακούν σε ατύχημα όταν η **ένδειξη** του φωτεινού σηματοδότη είναι **κόκκινη** καθώς διασχίζουν παράνομα την οδό και άρα με μεγαλύτερη ταχύτητα όπως κατέδειξε το προηγούμενο μοντέλο και είναι πιο πιθανόν να μην προσέξουν κάποιο διερχόμενο όχημα. Επιπλέον, το **Σαββατοκύριακο** οι πεζοί που **συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο** είναι πιθανόν αφηρημένοι καθώς ενδεχομένως να συνομιλούν με άτομα που σκοπεύουν να συναντήσουν διότι συνήθως η διαδρομή που πραγματοποιούν αφορά σκοπό αναψυχής. Έτσι, εμφανίζουν 31,7 φορές **μεγαλύτερη πιθανότητα** να εμπλακούν σε παρ'ολίγον ατύχημα σε σχέση με τις καθημερινές.

Επιπλέον, **η πιθανότητα για παρ' ολίγον ατύχημα μειώνεται** με την **αύξηση του φόρτου πεζών** ανά μήκος διάβασης, δηλαδή με την πυκνότητα των πεζών. Όσο περισσότεροι είναι οι πεζοί που καταλαμβάνουν τη διάβαση τόσο πιο εύκολα ένα όχημα θα προσέξει την κίνηση των πεζών και δεν θα προκληθεί παρ' ολίγον ατύχημα. Μια ακόμα εξήγηση θα μπορούσε να είναι ότι οι πεζοί μπορούν να αντιληφθούν έγκαιρα τον κίνδυνο παρατηρώντας την συμπεριφορά των υπολοίπων. Πιο συγκεκριμένα, αν υπάρξει κίνδυνος εμπλοκής σε ατύχημα μεγάλο μέρος των πεζών θα πραγματοποιήσει ελιγμούς και άρα θα οδηγήσει τους υπόλοιπους στην υιοθέτηση της ίδιας συμπεριφοράς.

Αναφορικά με την **ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση**, στην περίπτωση που συμβαίνει αυτό η **πιθανότητα για εμπλοκή σε παρ'ολίγον ατύχημα αυξάνεται** διότι ο πεζός για να αποφύγει το όχημα επιλέγει να διασχίσει την οδό από σημείο εκτός διάβασης ή ενδεχομένως να περιορίζεται η ορατότητα του από το όχημα. Τέλος, η **πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος αυξάνεται σε διαβάσεις μικρότερου μήκους** καθώς οι πεζοί διαθέτουν λιγότερο χώρο για να κινηθούν σε περίπτωση εμπλοκής τους με όχημα.

5.3.4.2 Πρότυπο Για Παρ'ολίγον Ατυχήματα Πεζών Χωρίς Απόσπαση Προσοχής

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δημιουργήθηκε μοντέλο με τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές με αυτές του μοντέλου για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής έτσι ώστε να συγκριθεί η συμπεριφορά που εμφανίζουν.

Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

$$U \text{ (No Distraction)}: 1,311 \times \text{Weekend} - 2,437 \times \text{Non_vehicleoncrossing} + 2,119 \times \text{Redlight} - 0,876 \times \text{Volumelength} - 0,044 \times \text{Length}^2$$

Πίνακας 5.23 Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	67,976 ^a	,705	,940

Πίνακας 5.24 Hosmer & Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	6,078	8	,638

Πίνακας 5.25 Πίνακας ταξινόμησης (Classification Table)

Observed		Predicted		
		Nearmisses		Percentage Correct
		,0	1,0	
Step 1	Nearmisses ,0	401	0	100,0
	1,0	8	3	27,3
Overall Percentage				98,1

Πίνακας 5.26 Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Weekday(1)	1,311	,787	2,773	1	,096	3,711
Vehicleoncrossing(1)	-2,437	,835	8,518	1	,004	,087
Greenlight(1)	2,119	,824	6,620	1	,010	8,323
Volumelength	-,876	,225	15,152	1	,000	,416
Length2	-,044	,013	12,066	1	,001	,957

5.3.4.2.1 Ποιότητα Προτύπου

Για το συγκεκριμένο μοντέλο ισχύουν τα παρακάτω:

- Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,638 και μεγαλύτερο του 5%
- Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,705 και 0,940 αντίστοιχα (αρκετά υψηλοί) αν και ο συγκεκριμένος έλεγχος δεν είναι κρίσιμος
- Ικανοποιείται ο **στατιστικός έλεγχος Wald test** καθώς όλες οι μεταβλητές εμφανίζουν τιμή t μεγαλύτερη του 1,7 (σε απόλυτη τιμή)
- Το **επίπεδο σημαντικότητας** είναι μικρότερο από 5% για όλες τις μεταβλητές, με εξαίρεση το Σαββατοκύριακο. Παρόλα αυτά, καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 10% και ο συντελεστής t ισούται με 2,773-άρα μεγαλύτερος του 1,7- η μεταβλητή θεωρείται αποδεκτή
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**
- Το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά τα παρ'ολίγον ατυχήματα είναι 27,3%, το ποσοστό να προβλεφθούν σωστά τα μη παρ'ολίγον ατυχήματα είναι 100% και **ο μέσος όρος τους 98,1%**, δηλαδή μεγαλύτερος από 65%

5.3.4.2.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο την πιθανότητα εμπλοκής σε παρ'ολίγον ατύχημα είτε παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής λόγω συνομιλίας με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι είτε όχι καθώς τα πρόσημα των συντελεστών β είναι όμοια και στις δύο περιπτώσεις.

5.3.5 Σχετική Επιρροή Των Μεταβλητών Των Δύο Επιμέρους Μοντέλων

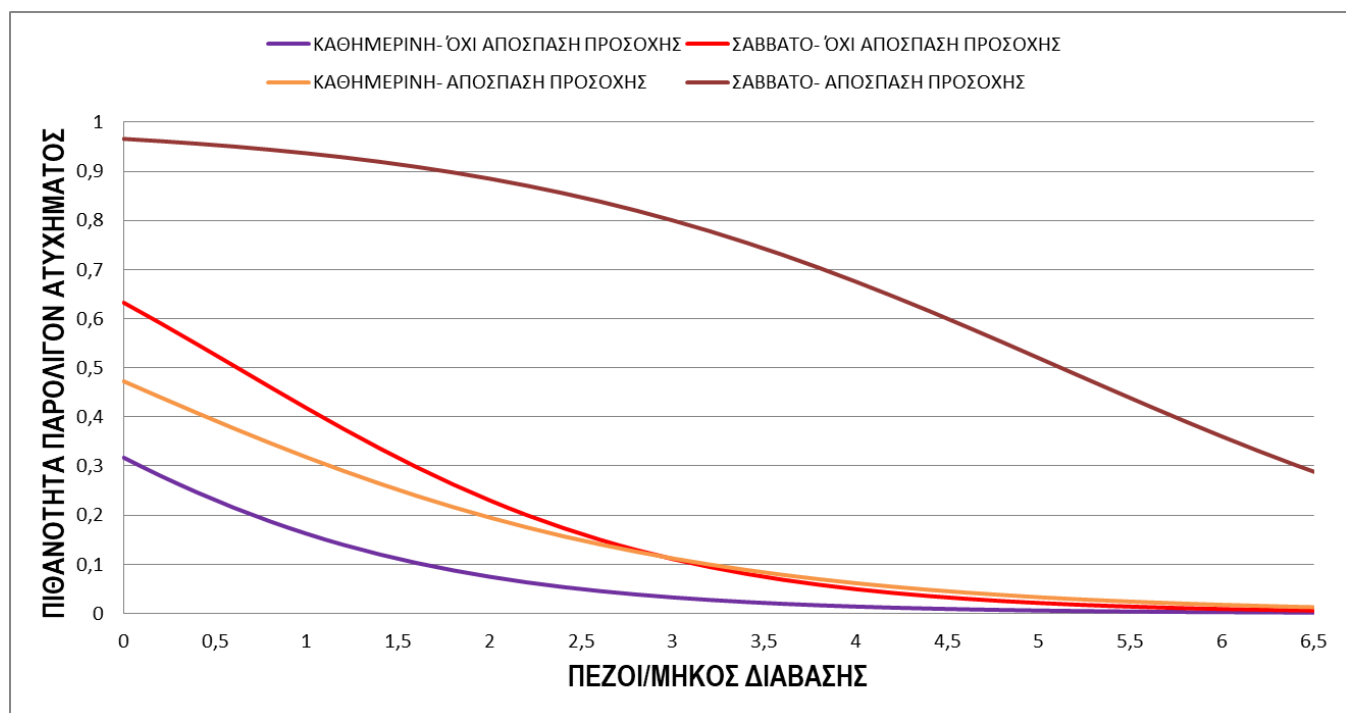
Πίνακας 5.27 Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων παρ'ολίγον ατυχημάτων

Near Misses						
	No Distraction			Distraction Hand		
Variables	β	ei	ei*	β	ei	ei*
Weekend	1,311	1,77	-2,09	3,458	3,66	-4,31
Non vehicle on crossing	-2,437	-0,87	1,02	-3,989	-0,85	1,00
Red light	2,119	4,68	-5,50	2,514	1,49	-1,75
Volumelength	-0,876	-0,89	3,26	-0,654	-0,27	1,00
Length2	-0,044	-1,98	7,19	-0,040	-0,80	2,91

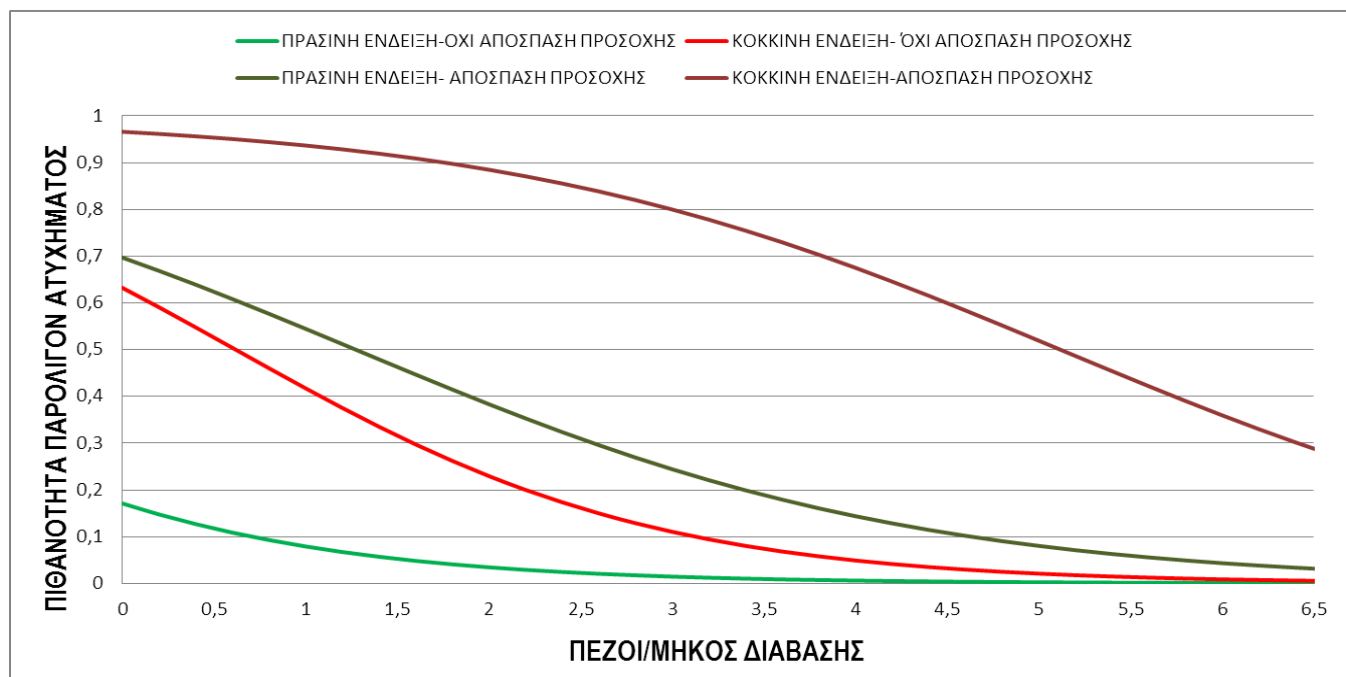
Η σύγκριση των επιρροών πραγματοποιήθηκε τόσο για το κάθε μοντέλο ξεχωριστά όσο και για τα δύο μοντέλα μαζί και προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Στο μοντέλο με τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών εμφανίζει η **ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη** και την μικρότερη η ύπαρξη οχήματος στη διάβαση, ενώ αναφορικά με τις συνεχείς μεταβλητές τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει το μήκος της διάβασης υψωμένο εις το τετράγωνο.
- Στο μοντέλο με τους πεζούς που συνομιλούν με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι τη μεγαλύτερη επιρροή μεταξύ των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών εμφανίζει η **ημέρα της εβδομάδας** και την μικρότερη η ύπαρξη οχήματος στη διάβαση, ενώ αναφορικά με τις συνεχείς μεταβλητές τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει το μήκος της διάβασης υψωμένο εις το τετράγωνο.
- Το μήκος της διάβασης παρουσιάζει μεγαλύτερη επιρροή στους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής, το οποίο ενδεχομένως να εξηγείται από το ότι οι πεζοί με απόσπαση προσοχής ακολουθούν μία πιο εύκολη διαδρομή (για παράδειγμα τη διαδρομή που ακολουθεί ο μπροστινό τους), ενώ οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν τη διαδρομή τους.

5.3.6 Ανάλυση Ευαισθησίας



Διάγραμμα 5.10 Πιθανότητα παρ' ολίγον ατυχήματος και πεζοί ανά μήκος διάβασης (Όχημα στη διάβαση-κόκκινη ένδειξη-μήκος διάβασης=8,1m)



Διάγραμμα 5.11 Πιθανότητα παρ' ολίγον ατυχήματος και πεζοί ανά μήκος διάβασης (Σαββατοκύριακο- όχημα στη διάβαση-μήκος διάβασης=8,1m)

Συνολικός Σχολιασμός Διαγραμμάτων

- Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η **πιθανότητα εμπλοκής σε παρ' ολίγον ατύχημα** για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής παρουσιάζει **μειωτική τάση αυξανόμενου του φόρτου των πεζών** ανά μήκος διάβασης, καθώς αν υπάρξει κίνδυνος εμπλοκής σε ατύχημα μεγάλο μέρος των πεζών θα πραγματοποιήσει ελιγμούς και άρα θα οδηγήσει τους υπόλοιπους στην υιοθέτηση της ίδιας συμπεριφοράς αλλά και πιο

εύκολα ένα όχημα θα προσέξει την κίνηση των πεζών και δεν θα προκληθεί παρ'ολίγον ατύχημα.

- Ταυτόχρονα, είναι προφανές ότι τη **μεγαλύτερη πιθανότητα εμπλοκής σε παρ' ολίγον ατύχημα** εκδηλώνουν οι πεζοί με **απόσπαση προσοχής** όταν υπάρχει όχημα στη διάβαση, η ένδειξη του σηματοδότη είναι κόκκινη και η διάσχιση πραγματοποιείται το Σαββατοκύριακο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην περίπτωση αυτή η μείωση της πιθανότητας εμπλοκής γίνεται με **πιο αργό ρυθμό** και δε μηδενίζεται σε **υψηλό φόρτο** όπως συμβαίνει εν γένει στις άλλες περιπτώσεις, δεδομένο που ενισχύει την άποψη ότι όταν επικρατούν οι συγκεκριμένες συνθήκες υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ο οποίος δεν περιορίζεται σημαντικά με την αύξηση του φόρτου.
- Το Σαββατοκύριακο όταν υπάρχει όχημα στη διάβαση, οι πεζοί με **απόσπαση προσοχής** παρουσιάζουν **μεγαλύτερη πιθανότητα εμπλοκής σε παρ' ολίγον ατύχημα** είτε διασχίζουν την οδό **παράνομα** είτε **νόμιμα** (Διάγραμμα 5.9). Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να εξηγείται από το ότι η συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο επιδεινώνει και καθιστά περισσότερο απερίσκεπτη την ούτως ή άλλως αφηρημένη συμπεριφορά των πεζών το Σαββατοκύριακο.
- Επισημαίνεται ότι το Σαββατοκύριακο, οι πεζοί-χρήστες του κινητού τηλεφώνου που διασχίζουν την οδό με πράσινο έχουν σταθερά **μεγαλύτερη πιθανότητα εμπλοκής σε παρ' ολίγον ατύχημα** από τους παράνομους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής, η οποία δεν περιορίζεται με την αύξηση του φόρτου, γεγονός που επαληθεύει την αυξημένη επικινδυνότητα που παρουσιάζουν οι πεζοί με απόσπαση προσοχής.
- Σε χαμηλό φόρτο πεζών, με όχημα στη διάβαση και κόκκινη ένδειξη οι πεζοί που διασχίζουν την οδό το Σαββατοκύριακο χωρίς απόσπασης προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα από τους πεζούς που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο την καθημερινή (Διάγραμμα 5.10). Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι το Σαββατοκύριακο οι πεζοί είναι γενικά πιο αφηρημένοι, ενώ την καθημερινή οι πεζοί που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο επειδή έχουν επίγνωση ότι είναι πιο ευάλωτοι πιθανόν να είναι πιο προσεκτικοί και ίσως πιο συγκεντρωμένοι γιατί πραγματοποιούν διαδρομή από ή προς την εργασία. Ωστόσο, σε υψηλό φόρτο πεζών οι πιθανότητες αυτές ταυτίζονται.

6. Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Η ασφάλεια των χρηστών της οδού και ειδικότερα των πεζών αποτελεί ένα αντικείμενο μείζονος σημασίας που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Συγκεκριμένα, το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αφορούσε στη διεξοδική **διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο για συνομιλία στο χέρι όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις**. Σκοπός ήταν η ανάλυση της επιρροής του κινητού τηλεφώνου στα **χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας** των πεζών.

Για τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων πραγματοποιήθηκε **πείραμα με τη μέθοδο της βιντεοσκοπήσης** μέσω κινητού τηλεφώνου σε τρεις σηματοδοτούμενες διαβάσεις στο κέντρο της Αθήνας. Στη συνέχεια, ακολούθησε η κωδικοποίηση και η επεξεργασία των δεδομένων μέσω των κατάλληλων προγραμμάτων και τέλος, πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων ώστε να παραχθούν πρότυπα τα οποία να καθιστούν δυνατή τη σύγκριση της συμπεριφοράς των πεζών με ή χωρίς απόσπαση προσοχής.

Μετά από μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τρία **μαθηματικά πρότυπα** με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης για τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας (ταχύτητα των πεζών), με το ένα να αφορά στο συνολικό μοντέλο καθώς και δύο πρότυπα αναφορικά με τα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών (πιθανότητα εμπλοκής των πεζών σε παρ'ολίγον ατύχημα με διερχόμενο όχημα), τα οποία αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.

Στους Πίνακες 6.1 και 6.2 παρουσιάζονται τα **αποτελέσματα** των προτύπων για τους πεζούς με και χωρίς απόσπαση προσοχής.

Επισημαίνεται πως η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της **ελαστικότητας**. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής κάθε μεταβλητής δίνοντας τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των μεταβλητών (του ίδιου τύπου) τόσο του ίδιου προτύπου όσο και των δύο προτύπων μεταξύ τους.

Πίνακας 6.1 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών με απόσπαση προσοχής

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Πεζοί με απόσπαση προσοχής							
	Λογάρισμος της ταχύτητας				Παρ' ολίγον ατύχημα			
	β	t	ei	ei*	β	Wald	ei	ei*
Σταθερός όρος	0,196	5,517	-	-				
Σύγκρουση πεζών	-0,044	-1,749	-0,49	-2,36				
Συνοδεία πεζών	-0,068	-1,94	0,21	1,00				
Ηλικία πεζών	-0,030	-2,261	-1,84	-				
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-0,00007255	-2,728	-0,46	-				
Σαββατοκύριακο					3,458	4,641	3,66	-4,31
Μη ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση					-3,989	8,201	-0,85	1,00
Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					2,514	5,075	1,49	-1,75
Φόρτος πεζών ανά μήκος διάβασης					-0,654	3,857	-0,27	1,00
Μήκος διάβασης στο τετράγωνο					-0,040	7,327	-0,80	2,91

Πίνακας 6.2 Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής							
	Λογάριθμος της ταχύτητας				Παρ' ολίγον ατύχημα			
	β	t	ei	ei*	β	Wald	ei	ei*
Σταθερός όρος	0,232	13,067	-	-				
Σύγκρουση πεζών	-0,032	-2,491	-0,26	-1,28				
Συνοδεία πεζών	-0,063	-5,759	-0,66	-3,23				
Ηλικία πεζών	-0,034	-5,841	-15,70	-				
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-0,0000783	-6,226	-10,37	-				
Σαββατοκύριακο					1,311	2,773	1,77	-2,09
Μη ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση					-2,437	8,518	-0,87	1,02
Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					2,119	6,62	4,68	-5,50
Φόρτος πεζών ανά μήκος διάβασης					-0,876	15,152	-0,89	3,26
Μήκος διάβασης στο τετράγωνο					-0,044	12,066	-1,98	7,19

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άρρηκτα συνδεδεμένα με το στόχο αλλά και τα αρχικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν. Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας, μέσω της σύνθεσης των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Επομένως, τα **συμπεράσματα** συνοψίζονται παρακάτω:

- Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποτελεί την **πρώτη έρευνα** που πραγματοποιείται στην Ελλάδα με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης κινητού τηλεφώνου για συνομιλία στο χέρι στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις.
- Η εν κινήσει συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι έχει σημαντική επιρροή στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειάς του πεζού. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση κινητού από τον πεζό οδηγεί σε **μείωση της ταχύτητας** του καθώς και σε **αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής** του σε ατύχημα με διερχόμενο όχημα.

Ταχύτητα Πεζών

- **Η συνομιλία με το κινητό στο χέρι** κατά τη διέλευση από τη διάβαση, οδηγεί σε **μείωση της μέσης ταχύτητας** των πεζών, ενδεχομένως διότι δεν επικεντρώνονται στο περπάτημα αλλά στην επικοινωνία με το συνομιλητή τους και παρουσιάζουν διανοητική απόσπαση προσοχής.
- Η μέση ταχύτητα των πεζών για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής εξαρτάται από τη σύγκρουση μεταξύ πεζών, τη συνοδεία, την ηλικία και τον κυκλοφοριακό φόρτο των πεζών.
- Στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η **σύγκρουση** μεταξύ πεζών διότι μετά τη σύγκρουση οι πεζοί με απόσπαση προσοχής καθυστερούν περισσότερο να επανακαθορίσουν τη διαδρομή τους. Στην περίπτωση της μη απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή παρουσιάζει η **συνοδεία** του πεζού από

άλλον πεζό, καθώς ενδεχομένως οι πεζοί που δεν αποσπώνται από τη συνομιλία αλληλεπιδρούν περισσότερο με τον πεζό που είναι δίπλα τους, γεγονός που αποτελεί μία άλλη μορφή απόσπασης προσοχής.

- Οι πεζοί με **απόσπαση προσοχής** παρουσιάζουν **μικρότερη ταχύτητα** από τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής **σε όλες τις ηλικιακές ομάδες** και **ανεξαρτήτως** κυκλοφοριακού **φόρτου** πεζών, καταδεικνύοντας ότι η απόσπαση προσοχής οδηγεί γενικότερα σε μεγαλύτερη καθυστέρηση διάσχισης της διάβασης, άρα και σε μεγαλύτερης διάρκειας έκθεση σε ενδεχόμενο κίνδυνο.
- Τη **χαμηλότερη ταχύτητα** την παρουσιάζουν οι **ηλικιωμένοι** πεζοί με απόσπαση προσοχής καθώς δεν είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση κινητού τηλεφώνου ενώ παράλληλα δυσκολεύονται να διαχειριστούν διαφορετικές δραστηριότητες ταυτόχρονα.
- Η **ταχύτητα** των πεζών **μειώνεται** με την **αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου**, για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής, καθώς όσο αυξάνεται η πυκνότητα των πεζών τόσο μειώνεται η επιφάνεια που καταλαμβάνει ο κάθε πεζός και κατ' επέκταση ο βαθμός ευκινησίας του.

Παρ'ολίγον Ατύχημα Πεζών Με Διερχόμενο Όχημα

- Η πιθανότητα εμπλοκής σε παρ' ολίγον ατύχημα με διερχόμενο όχημα για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής εξαρτάται από την ημέρα της εβδομάδας, την ύπαρξη οχήματος επί τη διάβασης, την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη των πεζών, τον κυκλοφοριακό φόρτο των πεζών και το μήκος της διάβασης.
- Στην περίπτωση της απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επιρροή έχει η **ημέρα της εβδομάδας**, γεγονός που ίσως να οφείλεται στο ότι η συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο επιδεινώνει και καθιστά περισσότερο απερίσκεπτη την ούτως ή άλλως αφηρημένη συμπεριφορά των πεζών το Σαββατοκύριακο. Στην περίπτωση της μη απόσπασης προσοχής τη μεγαλύτερη επίδραση παρουσιάζει η **ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη**, ενδεχομένως διότι οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής θεωρούν ότι διαθέτουν μεγαλύτερη ικανότητα και είναι πιο επιρρεπείς στην παράνομη διάσχιση της οδού.
- Πιο συγκεκριμένα, τη μεγαλύτερη **πιθανότητα εμπλοκής** σε παρ' ολίγον ατύχημα εκδηλώνουν οι πεζοί με απόσπαση προσοχής όταν υπάρχει όχημα στη διάβαση, η ένδειξη του σηματοδότη είναι κόκκινη και η διάσχιση πραγματοποιείται το Σαββατοκύριακο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην περίπτωση αυτή η μείωση της πιθανότητας εμπλοκής γίνεται με **πιο αργό ρυθμό** και δε μηδενίζεται σε υψηλό φόρτο όπως στις άλλες περιπτώσεις, δεδομένο που ενισχύει την άποψη ότι όταν επικρατούν οι συγκεκριμένες συνθήκες υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ο οποίος δεν περιορίζεται σημαντικά με την αύξηση του φόρτου.
- Η **πιθανότητα εμπλοκής** σε παρ' ολίγον ατύχημα για τους πεζούς με ή χωρίς απόσπαση προσοχής παρουσιάζει **μειωτική τάση αυξανόμενου του φόρτου των πεζών** ανά μήκος διάβασης, καθώς εάν υπάρξει κίνδυνος εμπλοκής σε ατύχημα μεγάλο μέρος των πεζών θα πραγματοποιήσει ελιγμούς και άρα θα οδηγήσει τους υπόλοιπους στην υιοθέτηση της ίδιας συμπεριφοράς αλλά και πιο εύκολα ένα όχημα θα προσέξει την κίνηση των πεζών και δεν θα προκληθεί παρ'ολίγον ατύχημα.
- Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** και της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** ως οι καταλληλότερες για τη συγκεκριμένη ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τις

προαναφερθείσες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών προτύπων διερεύνησης της επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών.

- Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας **δύνανται να γενικευτούν** ώστε να ισχύσουν σε άλλες περιοχές εκτός από την περιοχή έρευνας. Πριν από οποιαδήποτε γενίκευση όμως, οφείλουν να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας.

6.3 Προτάσεις Για Βελτίωση Της Ασφάλειας Των Πεζών

Βάσει των συνολικών εξαγόμενων συμπερασμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μίας σειράς προτάσεων που ενδεχομένως να συμβάλλουν στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των πεζών.

- Κατ' αρχάς, δεδομένου ότι οι πεζοί που συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο υφίστανται διανοητική απόσπαση προσοχής και ενδεχομένως να μην παρατηρούν τη λοιπή κυκλοφορία και τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη, χρήσιμο θα ήταν οι σηματοδότες σε κύριες αρτηρίες να αντικατασταθούν με σύγχρονους, πιο εξελιγμένους οι οποίοι να διαθέτουν **σύστημα αντίστροφης μέτρησης**, ώστε οι πεζοί με απόσπαση προσοχής να ενημερώνονται για τον υπολειπόμενο χρόνο πράσινου.
- Ένα επιπλέον μέτρο που θα μπορούσε να ληφθεί είναι η τοποθέτηση **φωτιστικών στοιχείων** (πχ. στο πεζοδρόμιο ή/και στο οδόστρωμα) είτε στην αρχή και στο τέλος είτε κατά μήκος όλης της σηματοδοτούμενης διάβασης ώστε να ενημερώνουν τους πεζούς για την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Παράλληλα, αναγκαίο κρίνεται να δημιουργηθούν **εφαρμογές έξυπνων κινητών τηλεφώνων** με σκοπό να προειδοποιούν τους χρήστες όταν πλησιάζουν σε επικίνδυνες διασταυρώσεις, σηματοδοτούμενες ή μη, λαμβάνοντας υπόψιν τις εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες καθώς και τον δείκτη ατυχημάτων.
- Επιπροσθέτως, πρωταρχική ευθύνη για την άρση του φαινομένου φέρουν οι **εκπαιδευτικοί φορείς** οι οποίοι οφείλουν να δημιουργούν το υπόβαθρο για τη διαμόρφωση υπεύθυνων πεζών από μικρή ηλικία μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων αλλά και μαθημάτων οδικής ασφάλειας σε ένα γενικότερο πνεύμα αντιμετώπισης του προβλήματος των οδικών ατυχημάτων.
- Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται ένα **ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης από την Πολιτεία** έτσι ώστε να τονιστεί ο αυξημένος κίνδυνος της χρήσης κινητού τηλεφώνου από τους πεζούς, ακόμα και σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις. Για το λόγο αυτό, επιτακτική καθίσταται η ανάγκη να δημιουργηθούν **εκστρατείες ενημέρωσης** σε όλα τα μέσα ενημέρωσης και το διαδίκτυο ώστε να ευαισθητοποιηθούν οι πεζοί -και κυρίως οι νέοι- αλλά και οι οδηγοί απέναντι σε πιθανή κυκλοφορία πεζών με χρήση κινητών τηλεφώνων.

6.4 Προτάσεις Για Περαιτέρω Έρευνα

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η διερεύνηση των παρακάτω:

- Η συλλογή των δεδομένων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί για επιπλέον οδούς και τύπους οδών, σηματοδοτούμενες ή μη. Με την **αλλαγή της περιοχής έρευνας** θα ήταν δυνατόν να εξακριβωθεί κατά πόσο ισχύουν τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης σε άλλες διαβάσεις ώστε να καθίσταται δυνατή η γενίκευση τους.
- Μια ακόμη προσέγγιση για περαιτέρω διερεύνηση θα ήταν η διεξαγωγή **μελλοντικής έρευνας στις ίδιες περιοχές**, η οποία θα παρουσίαζε την εξέλιξη των φαινομένων σε βάθος χρόνου και τα αποτελέσματα θα ήταν απολύτως συγκρίσιμα. Μία έρευνα τέτοιου είδους θα επέτρεπε και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ενδεχόμενων βελτιώσεων με μεθόδους ανάλυσης 'πριν' και 'μετά'.
- Παράλληλα, χρήσιμη θα ήταν η καταγραφή της κίνησης των πεζών **καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας**. Με αυτό τον τρόπο θα αυξανόταν η διάρκεια της βιντεοσκόπησης προς ανάλυση, άρα το στατιστικό δείγμα θα ήταν πιο αξιόπιστο, ενώ θα ήταν εμφανής και η διαφοροποίηση της συμπεριφοράς των πεζών αναλόγως της χρονικής στιγμής της ημέρας.
- Ενδιαφέρουσα θα ήταν μια έρευνα αντίστοιχη της παρούσας η οποία θα στηριζόταν σε ακόμη **περισσότερα δεδομένα**, όπως οι χρήσεις γης, ο σκοπός μετακίνησης, η ταχύτητα του διερχόμενου οχήματος που δύναται να συγκρουστεί με τον πεζό, οι καιρικές συνθήκες, η ώρα της ημέρας καθώς και η ύπαρξη ευκρινούς διαγράμμισης της διάβασης.
- Εν κατακλείδι, για περαιτέρω στατιστική ανάλυση και εξαγωγή επιπλέον μοντέλων, θα φαινόταν χρήσιμη η εφαρμογή άλλων μεθόδων στατιστικής ανάλυσης (ομαδοποίησης, παραγόντων, επιλογών), οι οποίες θα ανήκουν σε διαφορετική οικογένεια από την ήδη επιλεγείσα αλλά και η πραγματοποίηση περισσότερων συνδυασμών εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

7. Βιβλιογραφία

1. CARE database (2019)
2. DEKRA, (2016), Smartphone Usage: Smobies, beware! , <https://www.dekra-solutions.com/2016/06/smartphone-usage-amongst-pedestrians-smombies-beware/?lang=en>
3. European Road Safety Observatory, https://ec.europa.eu/transport/road_safety/
4. Horberry, T., Osborne, R., Young, K. (2019). Pedestrian smartphone distraction: Prevalence and potential severity. *Transportation Research Part F* 60, 515-523.
5. Jiang, K., Ling, F., Feng, Z., Ma, C., Kumfer, W., Shao, C., & Wang, K. (2018). Effects of mobile phone distraction on pedestrians' crossing behavior and visual attention allocation at a signalized intersection: An outdoor experimental study. *Accident Analysis & Prevention*, 115, 170-177.
6. Pešić, D., Antić, B., Glavić, D., & Milenković, M. (2016). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at unsignalized intersections–Models for predicting unsafe pedestrian behaviour. *Safety science*, 82, 1-8.
7. Schwebel, C. D., Stavrinos, D., Byington, W. K., Davis, T., O'Neal, E. E., & De Jong, D. (2012). Distraction and pedestrian safety: how talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 266-271.
8. Stavrinos, D., Byington, W. K., Schwebel, C. D. (2011). Distracted walking: Cell phones increase injury risk for college pedestrians. *Journal of Safety Research*, 42, 101–107.
9. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, <http://www.statistics.gr/>
10. Κοκκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2008) "Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική με Εφαρμογές", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2010 Emerging Technologies 16.3: 320-331.
11. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας & Μ. Χ. Πιτσιάβα– Λατινοπούλου (2009) "Κυκλοφοριακή Τεχνική." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
12. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας (1994) "Οδική Ασφάλεια." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
13. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Μ. Χ. Πιτσιάβα– Λατινοπούλου & Δ. Α. Τσαμπούλας (1997) "Διαχείριση Κυκλοφορίας." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.