



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διερεύνηση της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών που στέλνουν μηνύματα ή περιηγούνται στο διαδίκτυο

Διπλωματική Εργασία



Μαρία – Ήλια Ροπακά

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

Αθήνα, Ιούλιος 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την επιλογή του θέματος και την πολύτιμη καθοδήγηση, υποστήριξη αλλά και αποτελεσματική συνεργασία σε όλα τα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Επίσης, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Δημήτρη Νικολάου, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθειά του, τις παραγωγικές υποδείξεις του, τον χρόνο που μου διέθεσε καθώς και το πολύ καλό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τους Υποψήφιους Διδάκτορες Ε.Μ.Π., Αποστόλη Ζιακόπουλο και Κατερίνα Φώλλα για τις σημαντικές συμβουλές πάνω σε κρίσιμα θέματα της Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου που βρίσκονταν δίπλα όλα αυτά τα χρόνια, υποστηρίζοντάς με σε κάθε μου βήμα.

Αθήνα, Ιούλιος 2019

Μαρία – Ήλια Ροπακά

Διερεύνηση της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών που στέλνουν μηνύματα ή περιηγούνται στο διαδίκτυο

Μαρία – Ήλια Ροπακά

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

Σύνοψη

Στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η εκτενής μελέτη της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε πείραμα μέσω βιντεοσκόπησης σε πραγματικές οδικές συνθήκες, σε τρεις σηματοδοτούμενες διαβάσεις στο κέντρο της Αθήνας, ώστε να συγκριθεί η συμπεριφορά των πεζών που παρουσιάζουν ή όχι απόσπαση προσοχής. Για την ανάλυση, αναπτύχθηκαν τρία στατιστικά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τον συσχετισμό της ταχύτητας των πεζών και της απόσπασης προσοχής λόγω χρήσης κινητού. Επιπλέον, αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της επιρροής της απόσπασης προσοχής στα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών (εμπλοκή σε παρ'ολίγον ατύχημα, τροχιά, σύγκρουση μεταξύ πεζών). Από την εφαρμογή των προτύπων προκύπτει ότι σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών, η χρήση κινητού οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας των πεζών, ανεξαρτήτως ηλικίας, καθώς και σε αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής τους σε ατύχημα με διερχόμενο όχημα. Επιπλέον, προέκυψε ότι η απόσπαση προσοχής λόγω αποστολής μηνυμάτων ή πλοήγησης στο διαδίκτυο επιδρά αρνητικά στα κύρια χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών.

Λέξεις κλειδιά: απόσπαση προσοχής, πεζοί, χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας, σηματοδοτούμενη διάβαση, βιντεοσκόπηση, πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση

Investigation of traffic and safety behaviour of pedestrians texting or web-surfing

Maria – Ilia Ropaka

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract

The objective of this Diploma Thesis is to examine pedestrians' traffic and safety behaviour while texting or web-surfing, when crossing signalized intersections. In order to compare the behaviour of distracted and non-distracted pedestrians, an experimental process through video recording was carried out in real road conditions, in three signalized intersections in the centre of Athens. For the analysis, three multiple linear regression models were developed to investigate the association of pedestrians' speed and distraction caused by mobile use. Furthermore, binary logistic regression models were developed in order to determine the influence of distraction on pedestrians' safety characteristics (near misses, trajectory, conflict among pedestrians). The application developed in this research pointed out that in high pedestrian traffic, mobile use not only decreases pedestrians' speed, regardless of their age, but also increases their probability of being involved in an accident with an oncoming vehicle. Results indicated that distraction caused by texting or web-surfing had a negative impact on pedestrians' main traffic and safety characteristics.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ασφάλεια των χρηστών της οδού και ειδικότερα των πεζών αποτελεί ένα αντικείμενο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Συγκεκριμένα, το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αφορούσε στην **εκτενή διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο 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 βιντεοσκόπησης μέσω κινητού τηλεφώνου σε τρεις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις** στο κέντρο της Αθήνας. Τα χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν εισήχθησαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου κωδικοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων ώστε να παραχθούν πρότυπα τα οποία να συγκρίνουν τη συμπεριφορά των πεζών που παρουσίαζαν ή όχι απόσπαση προσοχής.

Μετά από μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τρία **μαθηματικά πρότυπα** με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης για την ταχύτητα των πεζών, με το ένα να αφορά στο συνολικό μοντέλο καθώς και έξι πρότυπα που αφορούσαν στα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών. Τα πρότυπα των χαρακτηριστικών ασφάλειας αφορούσαν στην πιθανότητα εμπλοκής των πεζών σε ατύχημα, στην πιθανότητα διατήρησης ευθείας τροχιάς και στην πιθανότητα σύγκρουσης με άλλους πεζούς, ενώ αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της λογιστικής παλινδρόμησης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προτύπων για τους πεζούς με και χωρίς απόσπαση προσοχής, ενώ δεν παρουσιάζεται το συνολικό πρότυπο για την ταχύτητα καθώς δεν αναλύθηκε περεταίρω.

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 παρέχοντας τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των μεταβλητών τόσο του ίδιου προτύπου όσο και των δύο προτύπων μεταξύ τους.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πεζοί με απόσπαση προσοχής															
	Ταχύτητα				Παράγον αιτύχημα				Τροχιά				Σύγκρουση			
	β _i	t	e _i	e _i [*]	B	Wald	e _i	e _i [*]	B	Wald	e _i	e _i [*]	B	Wald	e _i	e _i [*]
Ηλικία	-0.018	-1.781	-0.38	13.54									2.509 3.927 14.94 -46.11			
Συνοδεία πεζών	-0.052	-2.093	-0.07	2.37												
Μήκος διάβασης	0.021	7.676	1.47	-52.69												
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-6E-05	-2.662	-0.03	1.00	3.287 11.399 59.87 174.31				-0.893 2.675 -0.76 -5.14				0.122 13.149 2.42 -7.47			
Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη																
Φόρτος πεζών																
Λογάριθμος της ταχύτητας					6.158 2.354 0.34 1.00											
Όχημα πάνω στη διάβαση									0.526 3.494 91.1 617.03				1.048 1.907 2.66 -8.22			
1 Λωρίδα κυκλοφορίας									1.095 6.601 0.62 4.23							
2 Λωρίδες κυκλοφορίας									0.695 2.995 0.36 2.44							
Ημέρα της εβδομάδας													1.041 3.203 3.05 -9.43			
R ²	0.648				0.911				0.268				0.271			

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών με απόσπαση προσοχής

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής															
	Ταχύτητα				Παρ'ολίγον ατύχημα				Τροχιά				Σύγκρουση			
	β_i	t	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*
Ηλικία	-0.033	-6.562	3.45	-123.4												
Συνοδεία πεζών	-0.063	-6.194	1.09	-38.88									-0.900	10.591	-0.42	1.21
Μήκος διάβασης	0.026	15.23	-4.41	157.63	-0.543	25.724	-3.86	-11.23								
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-4E-05	-3.200	0.87	-31.13												
Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					2.269	8.095	9.68	28.18	-0.687	8.913	-0.65	-4.42				
Φόρτος πεζών					-0.074	4.328	-0.84	-2.43					0.116	39.185	-0.71	2.20
Λογάριθμος της ταχύτητας					3.866	1.860	0.36	1.06								
Όχημα πάνω στη διάβαση									1.196	50.833	5.75	38.91	0.646	3.555	-0.32	1.00
1 Λωρίδα κυκλοφορίας									0.315	2.275	0.15	1.00				
2 Λωρίδες κυκλοφορίας									0.525	3.356	-0.40	-2.68				
Ημέρα της εβδομάδας													-0.409	1.656	-0.43	1.32
R^2		0.560				0.927				0.309				0.235		

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία σειρά από συμπεράσματα που είναι άμεσα συνδεδεμένα με το στόχο αλλά και τα αρχικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν και συνοψίζονται παρακάτω:

- ❖ Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί την **πρώτη έρευνα** που πραγματοποιείται στην Ελλάδα με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης κινητού τηλεφώνου για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις.
- ❖ Η εν κινήσει αποστολή μηνυμάτων ή η πλοήγηση στο διαδίκτυο του πεζού έχει σημαντική επιρροή στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειάς του. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση κινητού από τον πεζό οδηγεί σε **μείωση της ταχύτητας** των πεζών, ανεξαρτήτως ηλικίας, καθώς και σε **αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής** τους σε ατύχημα με διερχόμενο όχημα. Επιπλέον, οι πεζοί που συνοδεύονται και χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο εμφανίζουν μειωμένη πιθανότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους πεζούς να συγκρουστούν με κάποιο πεζό.

Ταχύτητα πεζών

- ❖ Σε **χαμηλό φόρτο πεζών** τα παιδιά με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη ταχύτητα συγκριτικά με τους νέους χωρίς απόσπαση προσοχής, καθώς είναι πολύ εξοικειωμένα με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και δεν επηρεάζεται η ταχύτητά σε μεγάλο βαθμό.
- ❖ Σε **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών**, όσοι αποστέλλουν μηνύματα εμφανίζουν μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με όσους δεν χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο, ανεξάρτητα από την ηλικία καθώς λόγω της απόσπασης προσοχής δεν έχουν επίγνωση της κυκλοφορίας και επομένως εμφανίζουν μεγαλύτερη καθυστέρηση στη διάσχιση της διάβασης.

Παρ'ολίγον ατυχήματα πεζών με διερχόμενο όχημα

- ❖ Η **πιθανότητα για παρ'ολίγον ατύχημα των πεζών με απόσπαση προσοχής αυξάνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου** των πεζών καθώς όσο περισσότεροι είναι οι πεζοί που καταλαμβάνουν τη διάβαση τόσο δυσκολότερο είναι να προσέξουν τη λοιπή κυκλοφορία αφού κοιτάζουν την οθόνη του κινητού τους.
- ❖ Η **πιθανότητα για παρ'ολίγον ατύχημα των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής μειώνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου** των πεζών καθώς οι πεζοί έχουν πλήρη επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας και μπορούν να αντιληφθούν έγκαιρα τον κίνδυνο παρατηρώντας την συμπεριφορά των υπολοίπων.
- ❖ Οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής φαίνεται να έχουν σχεδόν μηδενική πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα ενώ σε πολύ **χαμηλούς φόρτους πεζών**, η πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος είναι μικρότερη για όσους πραγματοποιούν χρήση κινητού. Πιθανή εξήγηση είναι το γεγονός ότι παρότι είναι προσηλωμένοι στην οθόνη του κινητού τους, η προσοχή τους δεν αποσπάται από άλλους παράγοντες, όπως η ύπαρξη πληθώρας ατόμων τριγύρω τους και επομένως έχουν επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας όντας ταυτόχρονα επιφυλακτικοί.

Τροχιά πεζών

- ❖ Στην περίπτωση ύπαρξης οχήματος πάνω στη διάβαση και πράσινης ένδειξης του σηματοδότη **η πιθανότητα διατήρησης ευθείας τροχιάς είναι μεγαλύτερη για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής**. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβαίνει καθώς οι πεζοί γνωρίζουν πως δεν έχουν πλήρη επίγνωση της κυκλοφορίας εξαιτίας της χρήσης του κινητού και επομένως επιλέγουν να διασχίσουν την οδό από κάποιο σημείο που βρίσκεται πιο μακριά από το σημείο στο οποίο βρίσκεται το όχημα και άρα δεν πραγματοποιούν ελιγμούς.

Σύγκρουση μεταξύ πεζών

- ❖ Οι **μη συνοδευόμενοι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να συγκρουστούν** με τους υπόλοιπους πεζούς καθώς η προσοχή τους είναι στραμμένη στην οθόνη του κινητού και δεν υπάρχει κάποιο άτομο δίπλα τους να τους υποδείξει τη διαδρομή που οφείλουν να ακολουθήσουν ώστε να αποφύγουν τη σύγκρουση.
- ❖ Αντιθέτως, **οι συνοδευόμενοι πεζοί που δεν παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου εμφανίζουν μικρότερη πιθανότητα να συγκρουστούν** με άλλους πεζούς. Μία πιθανή εξήγηση είναι πως η συνομιλία με άλλους πεζούς αποτελεί ένα διαφορετικό είδος απόσπασης προσοχής με αποτέλεσμα να απορροφώνται και να είναι απρόσεκτοι.

- ❖ Το **Σαββατοκύριακο** οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα για σύγκρουση καθώς είναι πιθανόν αφηρημένοι καθώς αποστέλλουν μηνύματα στους χρήστες που σκοπεύουν να συναντήσουν καθώς συνήθως η διαδρομή που πραγματοποιούν αφορά σκοπό αναψυχής. Αντιθέτως, οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα για σύγκρουση τις **καθημερινές** καθώς διαδρομή αφορά σκοπό εργασίας και άρα οι πεζοί όντας βιαστικοί ή/και κουρασμένοι δεν προσέχουν.
- ❖ Στην περίπτωση **υψηλού φόρτου πεζών**, οι πεζοί που παρακολουθούν την οθόνη του κινητού τους και συνοδεύονται από άλλους πεζούς τείνουν να απομακρύνονται από τους υπόλοιπους καθώς καθοδηγούνται από τον συνοδό τους ενώ αντιθέτως όσοι συνομιλούν κατά τη διέλευσή τους χωρίς να χρησιμοποιούν κινητό είναι απορροφημένοι και έχουν αυξημένη πιθανότητα να συγκρουστούν με άλλους πεζούς.
- ❖ Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** και της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** καθώς αποδείχθηκαν κατάλληλες για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τις προαναφερθείσες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών προτύπων διερεύνησης της επιρροής της χρήσης κινητού 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 απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	7
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΖΩΝ	7
2.2.1 Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study (Thompson, et al., 2013)	7
2.2.2 Effects of using a smart phone on pedestrians' attention and walking (Haga, et al., 2015)	8
2.2.3 Pedestrians' Crossing Behavior at Marked Crosswalks on Channelized Right-Turn Lanes at Intersections (Muley, et al., 2017)	9
2.2.4 Effects of mobile phone distraction on pedestrians' crossing behavior and visual attention allocation at a signalized intersection: An outdoor experimental study (Jiang, et al., 2018)	10
2.2.5 Pedestrian behavior at signalized intersection crosswalks: observational study of factors associated with distracted walking, pedestrian violations, and walking speed (Russo, et al., 2018)	11
2.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΕΖΩΝ	11
2.3.1 Distraction and pedestrian safety: how talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street (Schwebel, et al., 2012)	11
2.3.2 Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk (Byington, et al., 2013)	12
2.3.3 The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at unsignalized intersections—Models for predicting unsafe pedestrians behaviour (Pešić, et al., 2016)	13
2.3.4 Pedestrian behavior at signalized intersection crosswalks: observational study of factors associated with distracted walking, pedestrian violations, and walking speed (Russo, et al., 2018)	13
2.4 ΣΥΝΟΨΗ	14
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	15
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	15
3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	15

3.2.2 Λογιστική Παλινδρόμηση	16
3.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	17
3.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	20
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	21
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
4.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	21
4.2.1 Το πείραμα	21
4.2.2 Παρατηρηθέντα χαρακτηριστικά	22
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	24
4.3.1 Εισαγωγή των στοιχείων στη βάση δεδομένων	24
4.3.2 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία.....	26
4.3.3 Επεξεργασία στοιχείων με το ειδικό λογισμικό.....	27
5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	33
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
5.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΠΟΣΠΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΖΩΝ.....	33
5.2.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών	33
5.2.2 Περιγραφική στατιστική.....	34
5.2.3 Συσχέτιση των μεταβλητών	35
5.2.4 Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	36
5.2.4.1 Συνολικό μοντέλο για την ταχύτητα πεζών	36
5.2.4.1.1 Ποιότητα προτύπου	37
5.2.4.1.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	38
5.2.4.2 Πρότυπο πεζών με απόσπαση προσοχής	38
5.2.4.2.1 Ποιότητα προτύπου	39
5.2.4.2.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	40
5.2.4.3 Πρότυπο πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής.....	40
5.2.4.3.1 Ποιότητα προτύπου	41
5.2.4.3.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	41
5.2.5 Σχετική επιρροή των μεταβλητών των δύο επιμέρους μοντέλων.....	41
5.2.6 Ανάλυση ευαισθησίας.....	42
5.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΠΟΣΠΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΕΖΩΝ.....	45
5.3.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών	45
5.3.2 Περιγραφική στατιστική.....	45
5.3.3 Συσχέτιση των μεταβλητών	46

5.3.4 Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	46
5.3.4.1 Πρότυπο για παρ'ολίγον ατυχήματα πεζών με απόσπαση προσοχής	46
5.3.4.1.1 Ποιότητα προτύπου	47
5.3.4.1.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	47
5.3.4.2 Πρότυπο για παρ'ολίγον ατυχήματα πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής	48
5.3.4.2.1 Ποιότητα προτύπου	49
5.3.4.2.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	49
5.3.4.3 Πρότυπο για τροχιά πεζών με απόσπαση προσοχής	49
5.3.4.3.1 Ποιότητα προτύπου	50
5.3.4.3.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	51
5.3.4.4 Πρότυπο για τροχιά πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής.....	51
5.3.4.4.1 Ποιότητα προτύπου	52
5.3.4.4.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	52
5.3.4.5 Πρότυπο για σύγκρουση πεζών με απόσπαση προσοχής.....	52
5.3.4.5.1 Ποιότητα προτύπου	53
5.3.4.5.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	54
5.3.4.6 Πρότυπο για σύγκρουση πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής	54
5.3.4.6.1 Ποιότητα προτύπου	55
5.3.4.6.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου.....	55
5.3.5 Σχετική επιρροή των μεταβλητών των επιμέρους μοντέλων.....	56
5.3.5.1 Πρότυπα για παρ'ολίγον ατυχήματα.....	56
5.3.5.2 Πρότυπα για τροχιά πεζών.....	56
5.3.5.3 Πρότυπα για σύγκρουση πεζών	57
5.3.6 Ανάλυση ευαισθησίας.....	58
5.3.6.1 Πρότυπα για παρ'ολίγον ατυχήματα.....	58
5.3.6.2 Πρότυπα για τροχιά πεζών.....	59
5.3.6.3 Πρότυπα για σύγκρουση πεζών	60
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	62
6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	63
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ.....	66
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΕΤΑΙΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	67
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1: Ποσοστό νεκρών από οδικά ατυχήματα ανάλογα με το είδος της μετακίνησης στην Ε.Ε.....	2
Διάγραμμα 1.2: Ποσοστό των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο καθώς διασχίζουν την οδό στις έξι ευρωπαϊκές πρωτεύουσες που εξετάστηκαν στην έρευνα.....	3
Διάγραμμα 1.3: Κατανομή της χρήσης κινητού τηλεφώνου αναλόγως της ηλικίας των πεζών.....	3
Διάγραμμα 1.4: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.....	5
Διάγραμμα 4.1: Μεταβολή της μέσης ταχύτητας των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής με τον αριθμό του δείγματος.....	25
Διάγραμμα 5.1: Ταχύτητα πεζών προς κυκλοφοριακό φόρτο πεζών (Μήκος διάβασης=7.9 m, Όχι Συνοδεία).....	43
Διάγραμμα 5.2: Ταχύτητα πεζών προς κυκλοφοριακό φόρτο πεζών (Μήκος διάβασης=7.9 m, Συνοδεία).....	43
Διάγραμμα 5.3: Ταχύτητα πεζών προς μήκος διάβασης (Κυκλοφοριακός φόρτος πεζών=30 πεζοί, Όχι Συνοδεία).....	43
Διάγραμμα 5.4: Ταχύτητα πεζών προς μήκος διάβασης (Κυκλοφοριακός φόρτος πεζών=30 πεζοί, Συνοδεία).....	44
Διάγραμμα 5.5: Πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος και φόρτος πεζών (Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Μήκος διάβασης=7.9 m, Μέση ταχύτητα=1.23 m/sec).....	58
Διάγραμμα 5.6: Πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος και ταχύτητα (Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Μήκος διάβασης=7.9 m, Κυκλοφοριακό φόρτος πεζών= 30 πεζοί).....	58
Διάγραμμα 5.7: Πιθανότητα ευθείας τροχιάς και αριθμός λωρίδων (Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Απουσία οχήματος πάνω στη διάβαση).....	59
Διάγραμμα 5.8: Πιθανότητα ευθείας τροχιάς και αριθμός λωρίδων (Πράσινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Όχημα πάνω στη διάβαση).....	59
Διάγραμμα 5.9: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Όχι Συνοδεία, Σαββατοκύριακο, Όχημα πάνω στη διάβαση).....	60
Διάγραμμα 5.10: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Συνοδεία, Σαββατοκύριακο, Απουσία οχήματος πάνω στη διάβαση).....	60
Διάγραμμα 5.11: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Συνοδεία, Σαββατοκύριακο, Όχημα πάνω στη διάβαση).....	60

Διάγραμμα 5.12: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Συνοδεία, Καθημερινή, Απουσία οχήματος πάνω στη διάβαση).....	61
Διάγραμμα 5.13: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Συνοδεία, Καθημερινή, Όχημα πάνω στη διάβαση).....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 4.1: Ανάλυση ταινιών μέσω του προγράμματος VLC.....	23
Εικόνα 4.2: Απόσπασμα από τη βάση δεδομένων στο πρόγραμμα Microsoft Excel.....	25
Εικόνα 4.3: Δημιουργία των δύο υποπινάκων με τη χρήση της εντολής Filter του προγράμματος Microsoft Excel.....	27
Εικόνα 4.4: Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στο λογισμικό IBM SPSS Statistics 21.0.....	28
Εικόνα 4.5: Παράδειγμα καθορισμού μεταβλητών στο λογισμικό IBM SPSS Statistics 21.0.....	29
Εικόνα 4.6: Εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών.....	29
Εικόνες 4.7 & 4.8: Επιλογή επιθυμητών μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών.....	30
Εικόνα 4.9: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών.....	30
Εικόνες 4.10 & 4.11: Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης.....	30
Εικόνα 4.12: Επιλογή γραμμικής παλινδρόμησης.....	31
Εικόνα 4.13: Επιλογή μεταβλητών και μεθόδου εισαγωγής τους, Επιπρόσθετες επιλογές.....	31
Εικόνα 4.14: Επιλογή διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης.....	31
Εικόνα 4.15: Επιλογή μεταβλητών και τρόπου εισαγωγής τους, Επιπρόσθετες επιλογές.....	32
Εικόνα 4.16: Επιλογή κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών.....	32

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Εξέλιξη αριθμού θανάτων πεζών σε οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ε.Ε. κατά τα έτη 2008-2017.....	2
Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t της Κατανομής Student.....	19
Πίνακας 4.1: Ποσοστό πεζών ανάλογα με το είδος απόσπασης προσοχής.....	26
Πίνακας 4.2: Κατανομή πεζών και παρ'ολίγον ατυχήματα.....	26
Πίνακας 4.3: Κατανομή πεζών και μεταξύ τους σύγκρουση.....	26

Πίνακας 4.4: Κατανομή πεζών και τροχιά.....	26
Πίνακας 4.5: Κατανομή πεζών και ταχύτητα.....	26
Πίνακας 5.1: Περιγραφική στατιστική συνεχών μεταβλητών.....	34
Πίνακας 5.2: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Gender).....	34
Πίνακας 5.3: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Accompanied).....	34
Πίνακας 5.4: Περιγραφική στατιστική διατεταγμένης μεταβλητής (Age).....	34
Πίνακας 5.5: Συντελεστής συσχέτισης συνεχών μεταβλητών.....	35
Πίνακας 5.6: Συντελεστής συσχέτισης διακριτών/διατεταγμένων μεταβλητών.....	36
Πίνακας 5.7: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	37
Πίνακας 5.8: Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients).....	37
Πίνακας 5.9: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	39
Πίνακας 5.10: Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients).....	39
Πίνακας 5.11: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	40
Πίνακας 5.12: Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients).....	40
Πίνακας 5.13: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων ταχυτήτων.....	42
Πίνακας 5.14: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Greenlight) στους πεζούς με απόσπαση προσοχής.....	45
Πίνακας 5.15: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Greenlight) στους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής.....	45
Πίνακας 5.16: Συντελεστής συσχέτισης διακριτών μεταβλητών.....	46
Πίνακας 5.17: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	47
Πίνακας 5.18: Hosmer & Lemeshow Test.....	47
Πίνακας 5.19: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation).....	47
Πίνακας 5.20: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	48
Πίνακας 5.21: Hosmer & Lemeshow Test.....	48
Πίνακας 5.22: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation).....	49
Πίνακας 5.23: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	50
Πίνακας 5.24: Hosmer & Lemeshow Test.....	50
Πίνακας 5.25: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation).....	50
Πίνακας 5.26: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	51
Πίνακας 5.27: Hosmer & Lemeshow Test.....	51

Πίνακας 5.28: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation).....	52
Πίνακας 5.29: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	53
Πίνακας 5.30: Hosmer & Lemeshow Test.....	53
Πίνακας 5.31: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation).....	53
Πίνακας 5.32: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R2 (Model Summary).....	54
Πίνακας 5.33: Hosmer & Lemeshow Test.....	55
Πίνακας 5.34: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation).....	55
Πίνακας 5.35: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων ατυχημάτων.....	56
Πίνακας 5.36: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων τροχιάς.....	56
Πίνακας 5.37: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων συγκρούσεων.....	57
Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών με απόσπαση προσοχής.....	62
Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής.....	63

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

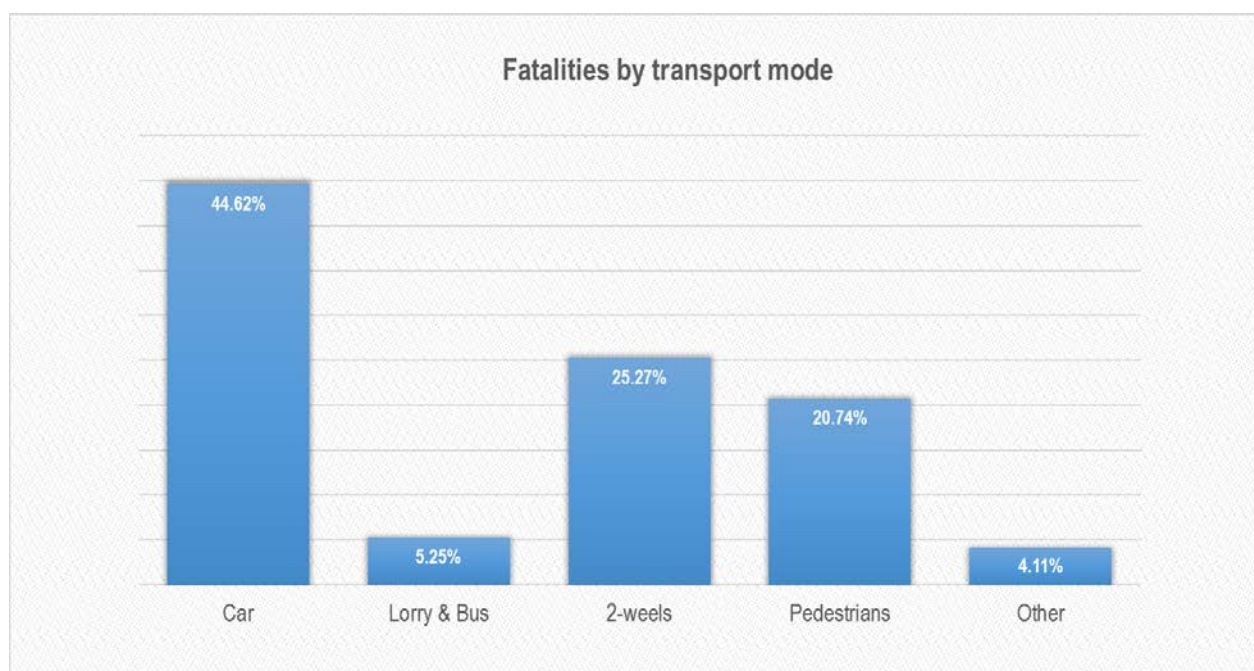
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η **οδική ασφάλεια** αποτελεί ένα μείζον θέμα που απασχολεί πληθώρα κρατών τη σημερινή εποχή, καθώς τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν παγκοσμίως μία από τις βασικότερες αιτίες τραυματισμών αλλά και θανάτων. Η ιδιαίτερη φύση και πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου τομέα έγκειται στην **αλληλεπίδραση μίας σειράς παραγόντων**, οι οποίοι τόσο ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό, επηρεάζουν σε διαφορετικό βαθμό την οδική ασφάλεια. Η κατηγοριοποίηση των παραγόντων πραγματοποιείται σε **τρεις βασικές κατηγορίες** οι οποίες είναι η συμπεριφορά του χρήστη της οδού, το οδικό περιβάλλον και το όχημα (Φρατζεσκάκης, et al., 1994). Ιδιαίτερη σημασία οφείλει να δοθεί στο γεγονός ότι ο χρήστης της οδού τόσο μόνος του όσο και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες αποτελεί την κύρια αιτία οδικών ατυχημάτων, σε ποσοστό περίπου 95% (Φρατζεσκάκης, et al., 1994).

Σημαντική διάσταση του προβλήματος αποτελούν οι ευπαθείς χρήστες της οδού, όπως οι πεζοί, οι ποδηλάτες και οι μοτοσικλετιστές (πρόσφατα και οι επιβαίνοντες σε ηλεκτρικά πατίνια). Οι **πεζοί** από τη φύση τους, όντας ευάλωτοι μπροστά στην ταχύτητα και τον όγκο της λοιπής κυκλοφορίας, τείνουν να υπομένουν τις σοβαρότερες επιπτώσεις κατά τη διάρκεια των συγκρούσεων με άλλους χρήστες της οδού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, κατά την εμπλοκή τους σε οδικά ατυχήματα να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο σοβαρού τραυματισμού ή ακόμα και θανάτου.

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ERSO, 2019), υπολογίζεται ότι το έτος 2017 καταγράφηκαν 5.220 θάνατοι πεζών οφειλόμενοι σε οδικά ατυχήματα, αριθμός που αποτελεί το 21% του συνόλου των θανάτων εξαιτίας των οδικών ατυχημάτων. 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). Τέλος, αξιοσημείωτο κρίνεται το γεγονός πως το 15% των θανάτων των πεζών οφείλεται αποκλειστικά σε δική τους λανθασμένη ενέργεια (Thomson, et al., 2013).

Παρακάτω, παρατίθεται η ποσοστιαία κατανομή των ατυχημάτων ανάλογα με το είδος της μετακίνησης καθώς και ο πίνακας με την κατανομή του αριθμού θανάτων πεζών ανά χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη δεκαετία 2008-2017 (CARE, 2019).

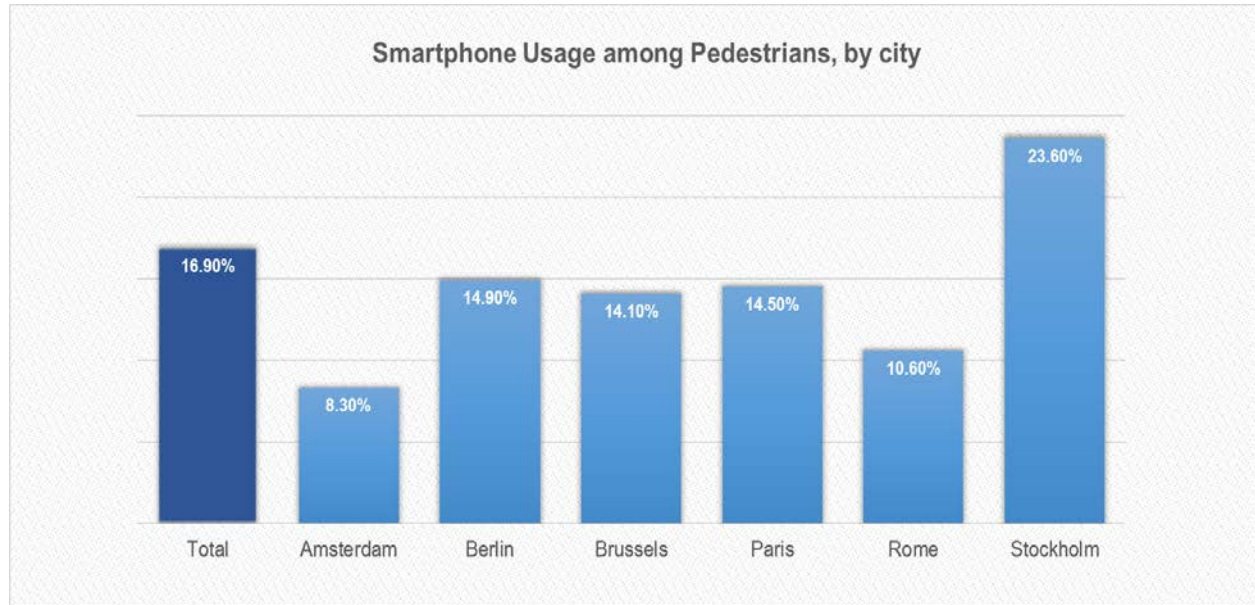


Διάγραμμα 1.1: Ποσοστό νεκρών από οδικά ατυχήματα ανάλογα με το είδος της μετακίνησης στην Ε.Ε. (Πηγή: CARE)

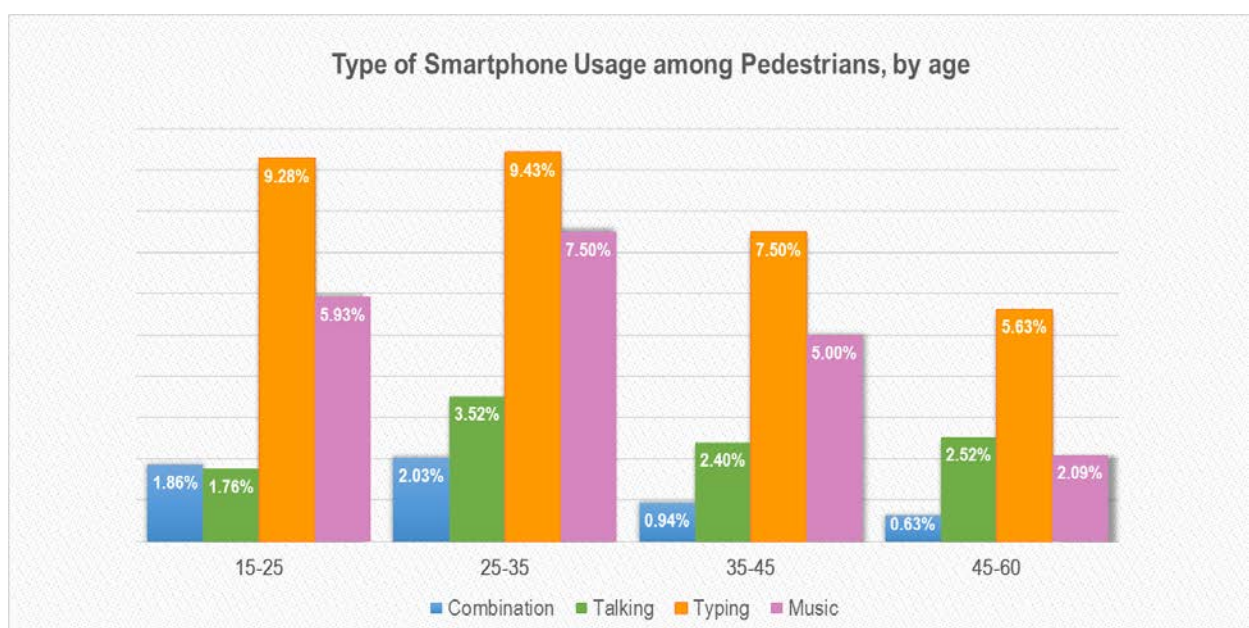
Country	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Austria (AT)	102	101	98	87	81	82	71	84	73	73
Belgium (BE)	99	101	108	113	104	99	106	92	78	95
Bulgaria (BG)	278	198	174	149	135	108	156	164	118	157
Croatia (HR)	136	103	105	71	72	69	73	61	67	56
Cyprus (CY)	16	9	13	13	10	8	10	16	14	-
Czechia (CZ)	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%

Πίνακας 1.1: Εξέλιξη αριθμού θανάτων πεζών σε οδικά ατυχήματα στα κράτη της Ε.Ε. κατά τα έτη 2008-2017 (Πηγή: CARE)

Ένας ακόμα παράγοντας που χρήζει διερεύνησης είναι η συσχέτιση των ατυχημάτων των πεζών με τη **χρήση κινητού τηλεφώνου**. Διανύοντας μία εποχή στην οποία η τεχνολογία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς, είναι πλέον γεγονός ότι το κινητό τηλέφωνο έχει εισβάλλει στη ζωή των ανθρώπων. 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 τους τηλεφώνου. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό εκείνων που χρησιμοποιούσαν το κινητό τους για αποστολή μηνυμάτων ανέρχεται στο 8%, το 2,6% των πεζών συνομιλούσε στο κινητό τηλέφωνο ενώ το 1,6% πραγματοποιούσε και τις δύο ενέργειες ταυτόχρονα.



Διάγραμμα 1.2: Ποσοστό των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο καθώς διασχίζουν την οδό στις έξι ευρωπαϊκές πρωτεύουσες που εξετάστηκαν στην έρευνα (Πηγή: DEKRA Accident Research, 2016)



Διάγραμμα 1.3: Κατανομή της χρήσης κινητού τηλεφώνου αναλόγως της ηλικίας των πεζών (Πηγή: DEKRA Accident Research, 2016)

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **εκτενής μελέτη της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις.**

Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε **πείραμα καταγραφής της κίνησης των πεζών** σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις στο κέντρο της Αθήνας, ώστε να παρατηρηθεί η συμπεριφορά όσων διέσχιζαν τη διάβαση με ταυτόχρονη χρήση του κινητού τους τηλεφώνου.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε **σύγκριση των χαρακτηριστικών κυκλοφορίας και ασφάλειας** τους με τη συμπεριφορά των υπόλοιπων πεζών που διασχίζουν τις διαβάσεις χωρίς απόσπαση προσοχής ώστε να προκύψει το συμπέρασμα 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 μετρηθέντα χαρακτηριστικά των πεζών που χρήζουν μελέτης είναι η ταχύτητα διέλευσής τους από τη διάβαση, η τροχιά τους, η σύγκρουση με άλλους διερχόμενους πεζούς καθώς και τα παρ'ολίγον ατυχήματα με διερχόμενο όχημα (near misses).

Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η **επιρροή** της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στα παραπάνω χαρακτηριστικά, απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης των δεδομένων. Κατά συνέπεια, ο πρωτεύων στόχος που τίθεται είναι η εύρεση μαθηματικών μοντέλων ώστε να αποτυπώνουν βέλτιστα τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει η **απόσπαση προσοχής** (distraction) τη διέλευση των πεζών από τις διαβάσεις ενώ ο δευτερεύων στόχος είναι 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 αφορούν το σύνολο των πεζών.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ήταν η απάντηση στο ερώτημα της ύπαρξης ή μη διαφοροποίησης στη συμπεριφορά των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διέλευσή τους από σηματοδοτούμενες διαβάσεις.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

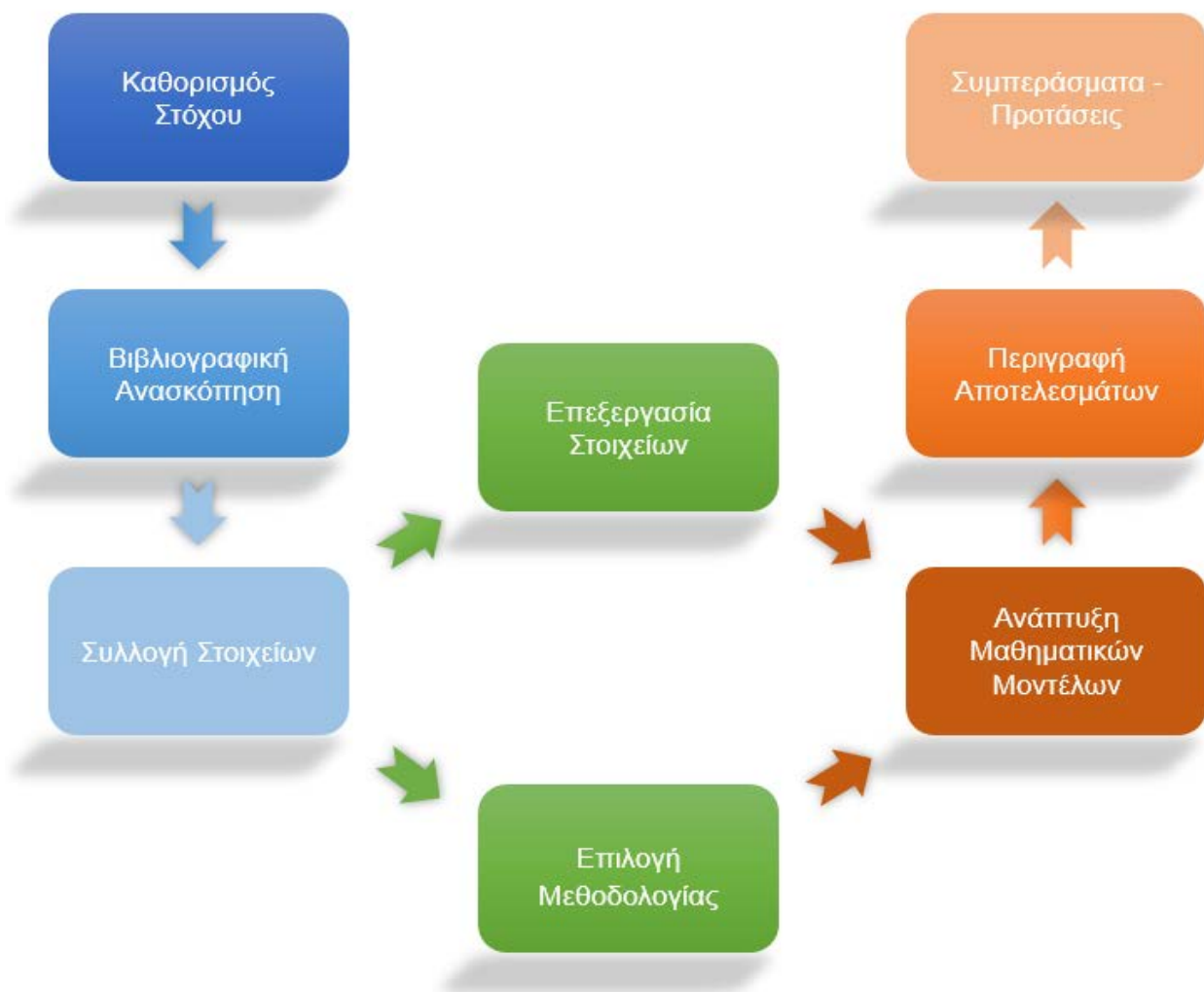
Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας για την επίτευξη του στόχου της.

Αρχικά, στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιήθηκε ο **καθορισμός του αντικειμένου** προς εξέταση καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εύρεση ερευνών, διεθνών και μη, με αντικείμενο μελέτης παρόμοιο της Διπλωματικής Εργασίας. Οι έρευνες αυτές, θα παρείχαν σημαντικά στοιχεία προς χρήση, για την επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων καθώς και μεθόδου ανάλυσης αυτών.

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. Σημειώνεται πως η επιλογή της εκάστοτε τοποθεσίας ήταν καθοριστική για την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας ενώ η μέθοδος της βιντεοσκόπησης μέσω κινητού τηλεφώνου αποτέλεσε τον **τρόπο καταγραφής των στοιχείων**.

Στη συνέχεια, τα στοιχεία, έπειτα από κατάλληλη κωδικοποίηση, εισήχθησαν αρχικά σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων και ακολούθως, έχοντας υποστεί **επεξεργασία**, εισήχθησαν σε λογισμικό στατιστικής ανάλυσης όπου και πραγματοποιήθηκε **η επιλογή της μεθοδολογίας** για την στατιστική επεξεργασία τους.

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, παρατέθηκαν τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας. Παρακάτω παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.4: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 ΔΟΜΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο παρόν υποκεφάλαιο, παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής αναφοράς του περιεχομένου του εκάστοτε κεφαλαίου της.

Στο **κεφάλαιο 1**, το οποίο είναι **εισαγωγικό**, γίνεται μία σύντομη παρουσίαση του αντικείμενου 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 στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και τίθενται τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Ακολουθεί η συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας με την παράθεση του διαγράμματος ροής για καλύτερη κατανόηση καθώς και η σύνοψη της δομής.

Στο **κεφάλαιο 2**, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από εκτενή **βιβλιογραφική ανασκόπηση** ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο. Σημειώνεται ότι καμία από τις παρατιθέμενες εργασίες δεν αφορά έρευνα σε ελληνικό επίπεδο, ενώ όλες έχουν δημοσιευτεί σε επιστημονικά περιοδικά. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται σύνοψη των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα.

Στο **κεφάλαιο 3**, που αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο**, αναλύεται η κατηγορία για την εκάστοτε επιλεχθείσα μεθοδολογία, δηλαδή τη γραμμική και τη λογιστική παλινδρόμηση. Αρχικά, καταγράφονται όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την εφαρμογή της κάθε μεθόδου και παρουσιάζεται η ακολουθείσα διαδικασία παραγωγής των μοντέλων καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι που πρέπει πραγματοποιηθούν. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία σύντομη παράθεση των βημάτων που ακολουθούνται για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Το **κεφάλαιο 4**, αφορά τη διαδικασία **συλλογής** και **επεξεργασίας των στοιχείων** που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, πραγματοποιείται εκτενής περιγραφή του πειράματος που εφαρμόστηκε, ενώ ακολούθως παρουσιάζεται η επεξεργασία των δεδομένων, έως να αποκτήσουν την τελική τους μορφή, προκειμένου να εισαχθούν στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Τέλος, παρατίθενται ενδεικτικά ορισμένοι πίνακες δεδομένων καθώς και περιγραφικά στοιχεία.

Στο **κεφάλαιο 5**, παρουσιάζεται αναλυτικά η **διαδικασία και μεθοδολογία που ακολουθήθηκε** για την παραγωγή των μοντέλων και την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Πραγματοποιείται σύγκριση των μοντέλων που αφορούν τη χρήση ή μη κινητού τηλεφώνου, αναλύονται οι συσχετίσεις των επιμέρους μεταβλητών ενώ τα τελικά μοντέλα συνοδεύονται και από διαγράμματα ευαισθησίας για την καλύτερη αποτύπωση των αποτελεσμάτων.

Το **κεφάλαιο 6**, περιλαμβάνει τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των τελικών μαθηματικών μοντέλων. Μέσω αυτών επιχειρείται να δοθεί απάντηση στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 7**, παρατίθεται σε **μορφή καταλόγου** το σύνολο των βιβλιογραφικών ερευνών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και στατιστικές έννοιες και μέθοδοι που αναλύθηκαν.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα διεθνών ερευνών, των οποίων το αντικείμενο παρουσιάζει συνάφεια με τα υπό μελέτη ζητήματα, όπως αυτά παρουσιάστηκαν συνοπτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Αρχικά, παρατίθενται έρευνες οι οποίες αναφέρονται στη συσχέτιση της **ταχύτητας** διέλευσης των πεζών από διαβάσεις (σηματοδοτούμενες και μη) με τη χρήση κινητού τηλεφώνου για αποστολή μηνυμάτων και πλοήγηση στο διαδίκτυο. Στα αποτελέσματα συμπεριλαμβάνονται και αυτά που αφορούν τους πεζούς που δεν πραγματοποιούσαν χρήση κινητού κατά τη διέλευσή τους, καθώς απώτερος σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας είναι η σύγκριση των δύο κατηγοριών πεζών. Παρότι στην παρούσα Διπλωματική Εργασία αναλύθηκε η επιρροή της χρήσης του κινητού σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις, στη βιβλιογραφία συμπεριλήφθηκαν έρευνες και για τους δύο τύπους διαβάσεων καθώς δεν υπήρχε πληθώρα διαθέσιμων δεδομένων. Στη συνέχεια, παρατίθενται οι έρευνες οι οποίες παρουσιάζουν δεδομένα που συσχετίζουν τη χρήση κινητού τηλεφώνου από τους πεζούς με τα χαρακτηριστικά ασφάλειάς τους, με έμφαση στην πιθανότητα εμπλοκής σε **παρ'ολίγον ατυχήματα** κατά τη διέλευσή τους από τη διάβαση. Σημειώνεται ότι ορισμένες έρευνες διέθεταν αποτελέσματα για τα δύο ζητήματα και γι' αυτό το λόγο εντάχθηκαν και στις δύο κατηγορίες.

Για κάθε επιστημονική εργασία, παρουσιάζεται μία σύντομη περίληψή της καθώς και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός της καταλληλότερης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικείμενου της Διπλωματικής Εργασίας. Η παράθεση των ερευνών πραγματοποιείται με χρονολογική σειρά.

2.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΖΩΝ

2.2.1 Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study (Thompson, et al., 2013)

Στη συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε μελέτη βασισμένη στην **παρατήρηση** της συμπεριφοράς των πεζών σε είκοσι επικίνδυνες διασταυρώσεις, **σηματοδοτούμενες και μη**, στην περιοχή του Σιάτλ, στην Ουάσινγκτον. Σημειώνεται ότι οι συγκεκριμένες διασταυρώσεις επιλέχθηκαν καθώς διέθεταν τον υψηλότερο αριθμό τραυματισμών πεζών σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα των τριών προηγούμενων ετών. **Σκοπός** της έρευνας, ήταν η μελέτη της επιρροής της απόσπασης προσοχής λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στην ταχύτητα και στη συμπεριφορά των πεζών.

Για τις ανάγκες του πειράματος, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε τρία χρονικά πλαίσια, πρωί, μεσημέρι και απόγευμα, και συνολικά μετρήθηκαν 1.102 πεζοί. Σε κάθε διασταύρωση οι παρατηρητές σημείωναν τόσο τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των

πεζών όσο και χαρακτηριστικά που αφορούσαν τη συμπεριφορά τους, για παράδειγμα τη χρήση κινητού τηλεφώνου (ομιλία στο κινητό τηλέφωνο, αποστολή μηνυμάτων ή χρήση ακουστικών για ακρόαση μουσικής). Συγχρόνως μετρήθηκαν και άλλα χαρακτηριστικά, όπως το πλάτος της οδού, ο αριθμός των λωρίδων, η κατεύθυνση των πεζών, η συμμόρφωση ή μη με τους φωτεινούς σηματοδότες καθώς και αν κοιτούσαν δεξιά ή αριστερά πριν διασχίσουν τη διασταύρωση.

Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Excel και Stata 11, και ύστερα από την εφαρμογή της **γραμμικής παλινδρόμησης** προέκυψε μοντέλο (*Cross per lane*) το οποίο συσχετίζει το χρόνο διέλευσης από τη μία λωρίδα (σε sec) με διάφορους παράγοντες, ένας από τους οποίους είναι και η χρήση κινητού για αποστολή μηνυμάτων. Το μοντέλο που προτάθηκε είναι το εξής:

Cross per lane = $0,22 \times \text{Distraction (handheld phone)} + 0,38 \times \text{Distraction (handsfree phone)} + 0,55 \times \text{Distraction (texting)} - 0,16 \times \text{Distraction (music)} + 0,21 \times \text{Distraction (other)} + 0,19 \times \text{Being in a group talking} + 0,14 \times \text{Gender (Female)} + 0,09 \times \text{Age (<18)} + 0,11 \times \text{Age (25-44)} + 0,27 \times \text{Age (45-64)} + 0,87 \times \text{Age (65+)}$.

Εξήχθη, λοιπόν, το **συμπέρασμα** ότι οι πεζοί που παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής λόγω αποστολής μηνυμάτων πραγματοποιούσαν μεγαλύτερο χρόνο **διέλευσης** της οδού κατά 0,55 sec σε σχέση με αυτούς που δεν έκαναν χρήση κινητού τηλεφώνου. Τέλος, από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε ότι το 29,8% διέρχονταν από την οδό κάνοντας χρήση κινητού, και συγκεκριμένα το 7,3% πραγματοποιούσε αποστολή μηνυμάτων.

2.2.2 Effects of using a smart phone on pedestrians' attention and walking (Haga, et al., 2015)

Στο συγκεκριμένο **πείραμα εργαστηρίου** που πραγματοποιήθηκε στην Ιαπωνία, 24 προπτυχιακοί φοιτητές περπάτησαν για ένα λεπτό κατά μήκος τετραγώνου περιμέτρου 3m×3m, οριοθετημένου εντός του δαπέδου. **Σκοπός** του πειράματος, ήταν η μελέτη των επιπτώσεων της χρήσης του έξυπνου κινητού τηλεφώνου κατά τη βάδιση στην έγκαιρη ανταπόκριση σε ερεθίσματα.

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, οι φοιτητές έφεραν στο ένα τους χέρι το κινητό τηλέφωνο (iPhone 5s), το οποίο χρησιμοποιούσαν είτε για αποστολή μηνυμάτων, για προβολή ταινιών, για video games είτε απλώς το κρατούσαν χωρίς να πραγματοποιούν κάποια ενέργεια (control group). Αρχικά, οι φοιτητές συμπλήρωσαν το έντυπο συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους, και έπειτα όσοι δεν ήταν εξοικειωμένοι με το συγκεκριμένο τύπο τηλεφώνου εξασκήθηκαν στην αποστολή μηνυμάτων μέσω αυτού. Στη συνέχεια, εκτέλεσαν το πείραμα μία φορά για κάθε κατηγορία που αναφέρθηκε παραπάνω. Αναφορικά με τη συνθήκη για την αποστολή μηνυμάτων, οι φοιτητές έπρεπε καθώς περπατούσαν να πληκτρολογούν στίχους ενός τραγουδιού και να ανταποκρίνονται ταυτόχρονα σε ηχητικά και οπτικά σήματα που στέλνονταν από ηχεία και οθόνες τοποθετημένα στο εργαστήριο. Σκοπός ήταν η ταχύτερη ανταπόκριση στα σήματα,

πατώντας το δεξί ή το αριστερό πλήκτρο στο ασύρματο ποντίκι που έφεραν στο ελεύθερο τους χέρι.

Δεδομένου ότι η διάρκεια της δοκιμασίας για κάθε κατηγορία ήταν η ίδια, η διανυόμενη απόσταση ήταν αντιπροσωπευτική της ταχύτητας βαδίσματος των φοιτητών. Από τις μετρήσεις προέκυψε ότι οι φοιτητές που ανήκαν στην κατηγορία του control group περπάτησαν περίπου 3,97 γύρους σε ένα λεπτό ενώ όσοι έστειλαν μηνύματα περπάτησαν στον ίδιο χρόνο περίπου 3,38 γύρους. Εξήχθη, λοιπόν, το **συμπέρασμα** ότι η χρήση του κινητού για την αποστολή μηνυμάτων μείωσε την ταχύτητα των φοιτητών, καθώς στον ίδιο χρόνο ολοκλήρωσαν μικρότερο αριθμό γύρων σε σχέση με όσους δεν πραγματοποίησαν χρήση.

2.2.3 Pedestrians' Crossing Behavior at Marked Crosswalks on Channelized Right-Turn Lanes at Intersections (Muley, et al., 2017)

Η παρούσα έρευνα αφορά πείραμα μέσω **βιντεοσκόπησης** σε **μη σηματοδοτούμενη** διάβαση πεζών στη Ντόχα του Κατάρ. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε διάβαση η οποία βρίσκεται έξω από το κύριο εμπορικό κέντρο της πόλης στο σημείο όπου πραγματοποιείται έξοδος των οχημάτων από τη μία οδό της διασταύρωσης προς την άλλη, με δεξιά στροφή. **Σκοπός** του πειράματος ήταν η μελέτη της συμπεριφοράς των πεζών όσο αναμένουν στο πεζοδρόμιο, της ταχύτητας διέλευσής τους από τη διάβαση, της συμπεριφοράς των οδηγών αλλά και του διαστήματος που επιλέγουν οι πεζοί να διασχίσουν την οδό ανάμεσα στη διέλευση οχημάτων. Τα χαρακτηριστικά τόσο των πεζών αλλά και των δεξιά στρεφόντων οχημάτων καταγράφηκαν στο βίντεο για δώδεκα ώρες, από τις 9:00 έως τις 21:00 και παρατηρήθηκε ότι εμφανίζονταν δύο περίοδοι αιχμής της κίνησης των πεζών, μία το μεσημέρι (12:00-13:00) και μία το απόγευμα (16:30-17:30). Ως εκ τούτου, τόσο τα δημογραφικά όσο και τα χαρακτηριστικά διέλευσης των πεζών από τη διάβαση μετρήθηκαν για τις ώρες αιχμής ενώ συνολικά μετρήθηκαν 235 πεζοί.

Ειδικότερα, καταγράφηκαν χαρακτηριστικά όπως το φύλο, η ηλικία, η χρήση κινητού κατά την αναμονή ή τη διέλευση από τη διάβαση, η συνοδεία από άλλο άτομο, η μεταφορά αποσκευών, η κατεύθυνση, ο χρόνος αναμονής και διέλευσης από τη διάβαση, η σύγκρουση με κάποιο όχημα καθώς και η απόσπαση προσοχής. Πιο συγκεκριμένα, η τελευταία μεταβλητή χωρίστηκε σε τέσσερις κατηγορίες: ομιλία με άλλα άτομα, αποστολή μηνυμάτων ή ομιλία στο κινητό, καλλωπισμός και άλλα. Προέκυψε, λοιπόν, πως το ποσοστό των πεζών που παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής εξαιτίας της χρήσης του κινητού ανερχόταν στο 23,25%.

Την εξαγωγή των δεδομένων από τη βιντεοσκόπηση ακολούθησε η επεξεργασία τους μέσω του προγράμματος IBM SPSS Statistics 23.0. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως η μέση ταχύτητα διέλευσης των πεζών που δεν παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής ήταν κατά 9,63% μεγαλύτερη σε σχέση με όσους παρουσίαζαν κάποιου είδους απόσπασης. Έτσι, εξήχθη το **συμπέρασμα** ότι η μικρότερη ταχύτητα διέλευσης οδηγεί σε μεγαλύτερη έκθεση των πεζών στον κίνδυνο σύγκρουσης με κάποιο όχημα και άρα αποτελεί απειλή για την ασφάλειά τους.

2.2.4 Effects of mobile phone distraction on pedestrians' crossing behavior and visual attention allocation at a signalized intersection: An outdoor experimental study (Jiang, et al., 2018)

Η συγκεκριμένη εργασία έγκειται στην έρευνα της επιρροής της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στη συμπεριφορά των πεζών που διασχίζουν την οδό. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε **πείραμα σε εξωτερικό χώρο**, ώστε να προσδιοριστεί η επιρροή του εκάστοτε τύπου απόσπασης προσοχής (απόσπαση λόγω ακρόασης μουσικής με ακουστικά, λόγω ομιλίας και λόγω αποστολής μηνυμάτων). Το πείραμα έλαβε χώρα στην περιοχή Χεφεί της Κίνας και με πρωτοβουλία του Πανεπιστημίου του Χεφεί επιλέχθηκαν 28 φοιτητές για να συμμετάσχουν στην έρευνα, καθώς είναι γνωστό πως η συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα διασχίζει συχνότερα την οδό και χρησιμοποιεί περισσότερο το κινητό τηλέφωνο. Ειδικότερα, το πείραμα πραγματοποιήθηκε υπό καλές καιρικές συνθήκες και εκτός των ωρών αιχμής της κυκλοφορίας, ενώ επιλέχθηκε διασταύρωση εντός κατοικημένης περιοχής με χαμηλό όριο ταχύτητας (40 km/h), ώστε να μην παρεμποδίζεται η ομαλή διεξαγωγή του από τη διέλευση των οχημάτων. Η διάρκειά του ορίστηκε στα τριάντα λεπτά και ο κάθε φοιτητής που ολοκλήρωσε τη διαδικασία έλαβε οκτώ δολάρια ως αμοιβή για τη συμμετοχή του.

Αρχικά, πριν την έναρξη του πειράματος, οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με το κινητό τηλέφωνο και συμπλήρωσαν ένα σύντομο ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια, ξεκίνησαν να περπατούν δεξιόστροφα διασχίζοντας τις τέσσερις **σηματοδοτούμενες** διαβάσεις της διασταύρωσης, υπακούοντας πάντα στους φωτεινούς σηματοδότες. Τελικώς, κάθε φοιτητής πραγματοποίησε οκτώ κύκλους, με τον κάθε κύκλο να τελειώνει όταν η ένδειξη του σηματοδότη ήταν κόκκινη. Οι πέντε κύκλοι αφορούσαν διέλευση χωρίς απόσπαση προσοχής, από τους οποίους αναλύθηκε μόνο ο ένας, και οι υπόλοιποι τρεις αντιστοιχούσαν στους τρεις τύπους απόσπασης προσοχής (ομιλία, αποστολή μηνυμάτων, χρήση ακουστικών). Για τη δοκιμασία της αποστολής μηνυμάτων, τα μηνύματα αποστέλλονταν στους φοιτητές 20 sec πριν την έναρξη του πράσινου και αφορούσαν αριθμητικές πράξεις στις οποίες έπρεπε να ανταπεξέλθουν. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε μέσω δύο καμερών βιντεοσκόπησης τοποθετημένων πάνω σε τρίποδα, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και ειδικά γυαλιά για την καταγραφή της κίνησης του οφθαλμού του κάθε φοιτητή.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν επεξεργάστηκαν στο πρόγραμμα SPSS 19.0 και προέκυψαν **αποτελέσματα** σχετικά με την ταχύτητα των φοιτητών και την οπτική τους αντίληψη. Συγκεκριμένα, στο σενάριο όπου περπατούσαν χωρίς απόσπαση προσοχής βρέθηκε ότι η μέση ταχύτητά τους ανερχόταν στα 1,46 m/sec ενώ η αντίστοιχη ταχύτητα για το σενάριο της αποστολής μηνυμάτων ήταν 1,36 m/sec. Συνεπώς, η χρήση του κινητού οδηγούσε σε ελάττωση της ταχύτητας διέλευσης των πεζών από τη σηματοδοτούμενη διάβαση, θέτοντάς τους σε αυξημένο κίνδυνο εξαιτίας της γνωστικής αλλά και οπτικής απόσπασης προσοχής που τους προκαλούσε.

2.2.5 Pedestrian behavior at signalized intersection crosswalks: observational study of factors associated with distracted walking, pedestrian violations, and walking speed (Russo, et al., 2018)

Σκοπός της παρούσας έρευνας, ήταν η διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών κατά τη διέλευσή τους από **σηματοδοτούμενες** διασταυρώσεις με ταυτόχρονη χρήση κινητού. Πραγματοποιήθηκε, λοιπόν, πείραμα μέσω **βιντεοσκοπήσης** σε μία σηματοδοτούμενη διασταύρωση στη Νέα Υόρκη και σε τρεις ακόμα στην Αριζόνα. Οι διασταυρώσεις επιλέχθηκαν εξαιτίας των υψηλών τους φόρτων σε πεζούς, ενώ για τη διασταύρωση στη Νέα Υόρκη υπήρχαν δεδομένα και από προηγούμενη βιντεοσκοπήση. Η εκάστοτε καταγραφή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, υπό καλές καιρικές συνθήκες, ενώ η συνολική διάρκεια των βίντεο ήταν δώδεκα ώρες, με αποτέλεσμα να μετρηθούν 3.038 πεζοί στο σύνολο των διαβάσεων.

Ειδικότερα, καταγράφηκαν μεγέθη όπως η απόσπαση προσοχής (καμία απόσπαση, ομιλία στο κινητό, αποστολή μηνυμάτων, χρήση ακουστικών, άλλο), η ηλικία και το φύλο των πεζών, ο φόρτος των πεζών που διέσχιζαν τη διάβαση καθώς και ο αριθμός των αντίθετα ερχόμενων πεζών, ο χρόνος έναρξης και λήξης της κίνησής τους και ο χρόνος που διέσχιζαν τη διάβαση. Για τον προσδιορισμό του μοντέλου της ταχύτητας των πεζών (*Pedestrian Walking Speed Model*), χρησιμοποιήθηκε **γραμμική παλινδρόμηση** με εξαρτημένη μεταβλητή την ταχύτητα σε ft/sec. Αναπτύχθηκε, λοιπόν, μοντέλο με είκοσι μεταβλητές στο οποίο η μεταβλητή που εξέφραζε την απόσπαση προσοχής λόγω αποστολής μηνυμάτων είχε τιμή p-value 0,802 και άρα δεν αξιολογήθηκε.

Συνεπώς, εξήχθη το **συμπέρασμα** ότι η χρήση του κινητού για αποστολή μηνυμάτων κατά τη διάρκεια της διέλευσης των πεζών από τις σηματοδοτούμενες διαβάσεις, δεν ήταν στατιστικά σημαντική και άρα δεν επηρέαζε την ταχύτητα των πεζών. Το γεγονός αυτό, ίσως φανερώνει πως οι πεζοί είναι πλέον συνηθισμένοι στην ταυτόχρονη χρήση κινητού ενώ περπατούν, χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η ταχύτητά τους.

2.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΕΖΩΝ

2.3.1 Distraction and pedestrian safety: how talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street (Schwebel, et al., 2012)

Η παρούσα έρευνα συγκροτήθηκε με σκοπό να μελετηθεί πως η ομιλία στο κινητό, η αποστολή μηνυμάτων και η ακρόαση μουσικής επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε πείραμα **εικονικής πραγματικότητας**, στο οποίο συμμετείχαν 138 φοιτητές του Πανεπιστημίου της Αλαμπάμα. Σε πρώτο στάδιο, οι σπουδαστές συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο για τα δημογραφικά τους στοιχεία ενώ σε δεύτερο στάδιο κατέγραψαν για δύο ημέρες της εβδομάδας την τυπική διαδρομή βαδίσματός τους, από το πρωί έως το βράδυ. Στο τρίτο στάδιο, συμπλήρωσαν ένα ακόμα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις σχετικές με το βαθμό χρήσης του κινητού τους τηλεφώνου.

Για τις ανάγκες του πειράματος, δημιουργήθηκε ένα εικονικό περιβάλλον με τη βοήθεια τριών οθονών διατεταγμένων σε ημικύκλιο μπροστά από τους σπουδαστές. Αρχικά, οι

υπεύθυνοι πραγματοποίησαν δύο διελεύσεις από τη **μη σηματοδοτούμενη** διάβαση, μία επιτυχή και μία ανεπιτυχή και στη συνέχεια ο κάθε φοιτητής πραγματοποίησε δέκα δοκιμαστικές διελεύσεις με σκοπό να εξοικειωθεί με το εικονικό περιβάλλον. Έπειτα, ανατέθηκε στον κάθε φοιτητή ένα σενάριο (μη απόσπαση προσοχής, ομιλία, αποστολή μηνυμάτων, μουσική) με αποτέλεσμα έκαστος να πραγματοποιήσει δώδεκα διελεύσεις, με τις δύο πρώτες να αφορούν σε μη χρήση κινητού και τις δέκα επόμενες σε ένα εκ των τριών σεναρίων απόσπασης προσοχής με στόχο την καλύτερη προσομοίωση της πραγματικότητας. Αναφορικά με το σενάριο της αποστολής μηνυμάτων, ένας υπεύθυνος που βρισκόταν εκτός του δωματίου ξεκινούσε την αποστολή μηνυμάτων κατά την είσοδο των φοιτητών στην τρίτη διάβαση, με τη συζήτηση να διαρκεί όσο και οι δέκα διελεύσεις που αφορούσαν το σενάριο της απόσπασης προσοχής.

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε **λογιστική παλινδρόμηση** ώστε να προσδιοριστεί η πιθανότητα ατυχημάτων μεταξύ των πεζών και των οχημάτων. Προέκυψε, λοιπόν, ότι η ομάδα των φοιτητών που εκτελούσε το σενάριο της αποστολής μηνυμάτων παρουσίαζε μεγαλύτερη πιθανότητα για ατύχημα στο εικονικό περιβάλλον ($OR=5,27$, $p\text{-value}<0,05$) σε σχέση με όσους δεν έκαναν χρήση κινητού (επίπεδο αναφοράς). Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη χρήση του κινητού τηλεφώνου θέτει σε κίνδυνο τους πεζούς καθώς αυξάνει την πιθανότητα εμπλοκής τους σε ατυχήματα.

2.3.2 Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk (Byington, et al., 2013)

Η παρούσα έρευνα συγκροτήθηκε με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής της χρήσης του έξυπνου κινητού τηλεφώνου από τους νέους στα χαρακτηριστικά ασφάλειάς τους όταν διασχίζουν την οδό. Πραγματοποιήθηκε, λοιπόν, πείραμα **εικονικής πραγματικότητας** στο οποίο συμμετείχαν 92 φοιτητές από το Πανεπιστήμιο της Αλαμπάμα, με μοναδικό κριτήριο την κατοχή κινητού τηλεφώνου με γρήγορη σύνδεση δικτύου καθώς και τη χρήση του κινητού για πλοήγηση στο διαδίκτυο τουλάχιστον πέντε φορές την εβδομάδα. Αρχικά, οι φοιτητές συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια ενώ τα κινητά τους απομακρύνθηκαν εκτός του δωματίου ώστε να μην έρθουν σε επαφή με τα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που θα τους αποστέλλονταν. Στη συνέχεια, διέσχισαν μία απόσταση 25 ft, τέσσερις φορές, με την ταχύτητα που χρησιμοποιούν συνήθως όταν περπατούν, με σκοπό τον καθορισμό της ταχύτητας που θα χρησιμοποιούσαν στο πείραμα. Τέλος, εξοικειώθηκαν με το περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας το οποίο αποτελούνταν από τρεις μεγάλες οθόνες διατεταγμένες σε μορφή ημικυκλίου μπροστά από τους φοιτητές.

Αρχικά, οι υπεύθυνοι πραγματοποίησαν δύο διελεύσεις από τη **μη σηματοδοτούμενη** διάβαση, μία επιτυχή και μία ανεπιτυχή και στη συνέχεια ακολούθησαν ορισμένες δοκιμαστικές διελεύσεις από τους φοιτητές, οι οποίες δεν αξιολογήθηκαν. Έπειτα, ξεκίνησε το πείραμα κατά τη διάρκεια του οποίου, οι σπουδαστές πραγματοποίησαν είκοσι διελεύσεις χωρισμένες σε δύο ομάδες των δέκα, με ένα δεκάλεπτο διάλειμμα ανάμεσά τους. Στην πρώτη ομάδα, χρησιμοποιούσαν το κινητό τους για πλοήγηση στο διαδίκτυο ενώ στην επόμενη ομάδα δεν πραγματοποιούσαν χρήση του κινητού. Το σενάριο της **πλοήγησης στο διαδίκτυο**, αφορούσε την απάντηση στα μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που τους είχαν αποσταλεί προηγουμένως από τους υπεύθυνους του

πειράματος. Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν και τα παρ'ολίγον ατυχήματα, τα οποία ορίστηκαν όταν η απόσταση μεταξύ του οχήματος και του πεζού ήταν μικρότερη από 1 sec.

Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι οι φοιτητές που παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής λόγω πλοήγησης στο διαδίκτυο, εμφάνιζαν μεγαλύτερη πιθανότητα για παρ'ολίγον ατύχημα ($F=29,54$, $p\text{-value}<0,01$) σε σχέση με όσους δεν χρησιμοποιούσαν το κινητό τους. Εξήχθη, λοιπόν, το **συμπέρασμα** πως η συμπεριφορά των πεζών επηρεάζεται εξαιτίας της χρήσης του κινητού, όντας πιο ριψοκίνδυνη καθώς οι πεζοί παρουσιάζουν τόσο γνωστική όσο και οπτική απόσπαση προσοχής.

2.3.3 The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at unsignalized intersections–Models for predicting unsafe pedestrians behaviour (Pešić, et al., 2016)

Στην συγκεκριμένη εργασία, επιχειρήθηκε η μελέτη των επιπτώσεων των διαφόρων τύπων της χρήσης του κινητού στη συμπεριφορά των πεζών που διασχίζουν την οδό. Η μελέτη βασίστηκε σε **επιστημονική παρατήρηση**, στην οποία συμμετείχαν έξι παρατηρητές από τους οποίους οι τέσσερις κατέγραφαν τη συμπεριφορά των πεζών στις δύο κατευθύνσεις και οι υπόλοιποι δύο μετρούσαν το φόρτο των πεζών που διέρχονταν από τη διάβαση σε κάθε κατεύθυνση. Το πείραμα αφορούσε καταγραφή της συμπεριφοράς των πεζών σε δύο τυπικές **μη σηματοδοτούμενες διαβάσεις** στο Βελιγράδι της Σερβίας, ενώ καταγράφηκαν 1.194 πεζοί από τους οποίους οι 398 πραγματοποιούσαν χρήση κινητού. Η παρατήρηση πραγματοποιήθηκε υπό καλές καιρικές συνθήκες, σε δύο φάσεις, μία σε εργάσιμη ημέρα και μία το Σαββατοκύριακο από τις 12:00 έως τις 14:00. Ειδικότερα, καταγράφηκαν μεγέθη όπως το φύλο και η ηλικία, ο αριθμός των συνοδευόμενων πεζών, η χρήση ή μη κινητού τηλεφώνου και ο τύπος αυτής, η τροχιά των πεζών.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως περίπου το 2% των πεζών σε κάθε διάβαση, χρησιμοποιούσε το κινητό του για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο. Επιπλέον, αναπτύχθηκε μοντέλο **λογιστικής παλινδρόμησης** για την πρόβλεψη παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση της ευθείας τροχιάς των πεζών κατά τη διέλευσή τους από τις διαβάσεις (*Not finishing crossing at the marked pedestrian crossing Model*). Προέκυψε, λοιπόν, ότι όσοι χρησιμοποιούσαν το κινητό για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση εμφάνιζαν 2,1 φορές ($p=0,003$) μεγαλύτερη πιθανότητα για απόκλιση από την τροχιά τους σε σχέση με όσους δεν το χρησιμοποιούσαν.

2.3.4 Pedestrian behavior at signalized intersection crosswalks: observational study of factors associated with distracted walking, pedestrian violations, and walking speed (Russo, et al., 2018)

Η συγκεκριμένη έρευνα παρατέθηκε και στο προηγούμενο υποκεφάλαιο (2.2.5) καθώς διέθετε αποτελέσματα που αφορούσαν τη συσχέτιση της χρήσης κινητού τηλεφώνου με την ταχύτητα των πεζών. Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος μέσω **βιντεοσκόπησης** που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά ασφάλειας

των διερχόμενων από τις **σηματοδοτούμενες** διαβάσεις πεζών. Για το σκοπό αυτό, με τη χρήση της **λογιστικής παλινδρόμησης** δημιουργήθηκε μοντέλο με εξαρτημένη μεταβλητή την απόκλιση της τροχιάς από τη διάβαση (*Crosswalk Violation Model*).

Τα **αποτελέσματα** του μοντέλου έδειξαν ότι όσοι χρησιμοποιούσαν το κινητό τους για αποστολή μηνυμάτων καθώς διέρχονταν από τη διάβαση είχαν μεγαλύτερη πιθανότητα να μην ακολουθούν την προβλεπόμενη τροχιά, βαδίζοντας εκτός διαβάσης ($\beta = -0,101$, $p\text{-value} = 0,705$). Το γεγονός αυτό εξηγήθηκε από την απόσπαση προσοχής που παρουσιάζουν εξαιτίας της προσήλωσής τους στην οθόνη του κινητού, με αποτέλεσμα να μην προσέχουν τα όρια της διαβάσης. Βέβαια, η μεταβλητή αυτή παρουσιάζει υψηλή τιμή $p\text{-value}$, οπότε δεν θα έπρεπε να αξιολογηθεί.

2.4 ΣΥΝΟΨΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι σημαντικότερες διεθνείς έρευνες με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Ειδικότερα, παρατέθηκαν έρευνες που **συσχέτιζαν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο με τα κυκλοφοριακά αλλά και τα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών**. Ο στόχος όλων των ερευνών ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του κινητού τηλεφώνου στη συμπεριφορά των πεζών που διασχίζουν σηματοδοτούμενες ή μη διαβάσεις. Από τη σύνθεση των κύριων σημείων των ερευνών που μελετήθηκαν, προέκυψαν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

- ❖ Οι **πειραματικές μέθοδοι** που αξιοποιούνται συνήθως από τις έρευνες είναι οι εξής:
 - Πείραμα βασισμένο σε επιστημονική παρατήρηση
 - Πείραμα στο εργαστήριο
 - Πείραμα σε εξωτερικό χώρο
 - Πείραμα μέσω βιντεοσκόπησης
 - Πείραμα με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας
- ❖ Η χρήση του κινητού κατά τη διέλευση των πεζών από τη διάβαση, οδηγεί σε **μείωση της ταχύτητας** βαδίσματος τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη έκθεσή τους σε κίνδυνο καθώς παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής σε δύο επίπεδα, τόσο γνωστικό όσο και οπτικό.
- ❖ Η χρήση του κινητού κατά τη διέλευση των πεζών από τη διάβαση, οδηγεί σε **αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής** τους σε παρ'ολίγον ατύχημα με διερχόμενο όχημα.
- ❖ Η χρήση του κινητού κατά τη διέλευση των πεζών από τη διάβαση, τους οδηγεί σε **μεγαλύτερη απόκλιση από την προβλεπόμενη τροχιά**, οδηγώντας τους πολλές φορές σε διέλευση εκτός των ορίων της διαβάσης με κίνδυνο την εμπλοκή τους σε σύγκρουση με τα οχήματα.
- ❖ Συνοψίζοντας, η απόσπαση προσοχής λόγω της αποστολής μηνυμάτων ή πλοήγησης στο διαδίκτυο έχει **αρνητική επίδραση** τόσο στα κυκλοφοριακά όσο και στα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών συγκριτικά με όσους δεν πραγματοποιούν χρήση του κινητού τους τηλεφώνου κατά τη διέλευσή τους από τη διάβαση.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** στο οποίο στηρίχθηκε η παρούσα Διπλωματική Εργασία. Ειδικότερα, γίνεται αναφορά στις δύο μεθόδους ανάλυσης που αναπτύχθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων, δηλαδή στη **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) και στη **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression). Η εκάστοτε μέθοδος επιλέχθηκε βάσει του είδους της εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή αν ήταν συνεχής ή διακριτή. Για την ταχύτητα των πεζών (συνεχής μεταβλητή) επιλέχθηκε η γραμμική παλινδρόμηση ενώ για τα παρ'ολίγον ατυχήματα, τη σύγκρουση και την τροχιά των πεζών (διακριτές μεταβλητές), επιλέχθηκε η λογιστική παλινδρόμηση. Στη συνέχεια, αναλύονται τα θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στις δύο μεθόδους καθώς και οι **στατιστικοί έλεγχοι** και τα **κριτήρια αποδοχής** ή απόρριψης ενός μοντέλου. Τέλος, παρατίθενται οι κύριες λειτουργίες του ειδικού λογισμικού επεξεργασίας το οποίο χρησιμοποιήθηκε.

3.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

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

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μία στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Σημειώνεται πως η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή. Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **συνεχές μέγεθος** και ακολουθεί κανονική κατανομή, τότε χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η απλούστερη περίπτωση γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression). Η απλή γραμμική παλινδρόμηση ορίζεται από μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , προσδιορίζεται ως εξής:

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

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης έγκειται στην εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της Y από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (α , β) καθορίζει μία διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από μία ευθεία γραμμή, ενώ οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- ❖ Ο σταθερός όρος α είναι η τιμή του y για $x = 0$.
- ❖ Ο συντελεστής β είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή διαφορετικά ο συντελεστής παλινδρόμησης (regression coefficient). Εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X αλλάξει 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 πρόβλημα που μελετάται, δηλαδή οι τιμές της είναι γνωστές.
- ❖ Η εξάρτηση της Y από τη X είναι γραμμική.
- ❖ Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή της X και η διασπορά του είναι σταθερή και δεν εξαρτάται από τη X , δηλαδή $E(\varepsilon_i) = 0$ και $Var(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2$.

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

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

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρουν από αυτές της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Το καινούργιο στοιχείο που εισάγεται είναι η ανάγκη για μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$), η οποία πρέπει να ελεγχθεί πριν γίνει η εκτίμηση των παραμέτρων των μεταβλητών.

3.2.2 Λογιστική Παλινδρόμηση

Σε αντίθεση με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης στο οποίο η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής, τα μοντέλα **λογιστικής παλινδρόμησης** χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **διακριτή** (όπως για παράδειγμα η εμπλοκή σε παρ'ολίγον ατύχημα). Η λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης, ενώ καθίσταται δυνατή η έκβαση μιας κατηγορικής μεταβλητής με δύο ή περισσότερες κατηγορίες με τη χρήση ενός συνόλου συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Επιπλέον, σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση, η εξαρτημένη μεταβλητή εκφράζει την πιθανότητα η έκβαση του αποτελέσματος να ισούται με 1. Χρησιμοποιείται, λοιπόν, ο νεπέριος λογάριθμος για την πιθανότητα ή το λόγο πιθανοφάνειας (likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να ισούται με 1, σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$Y = \text{Logit}(P) = \ln \left[\frac{P_i}{(1 - P_i)} \right] = B_0 + B_i X_i$$

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 , παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές X_i ($i = 1, 2, \dots, n$, όπου n το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών)

Η **πιθανότητα** κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\ln[P_i/(1-P_i)]$ κυμαίνεται από μείον άπειρο έως 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. Με απλό μετασχηματισμό της παραπάνω σχέσης προκύπτει η εξής νέα σχέση:

$$\frac{P_i}{(1 - P_i)} = e^{(B_0 + B_i X_i)} = e^{B_0} e^{B_i X_i}$$

Η θεμελιώδης εξίσωση για τη λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν η τιμή μίας ανεξάρτητης μεταβλητής αυξάνεται κατά μία μονάδα και οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές, τότε ο νέος λόγος πιθανοφάνειας $[P_i/(1-P_i)]$ δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\left[\frac{P_i}{(1 - P_i)} \right]' = e^{B_0} e^{B_i (X_i + 1)} = e^{B_0} e^{B_i X_i} e^{B_i}$$

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μία μονάδα και οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές, τότε η πιθανότητα $[P_i/(1-P_i)]$ αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{B_i} . Όταν οι πιθανές κατηγορίες της εξαρτημένης μεταβλητής είναι δύο (όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση), η ανάλυση ονομάζεται **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (binary logistic regression) ενώ σε περίπτωση πλήθους κατηγοριών περισσότερων των δύο, χρησιμοποιείται η **πολυωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** (multinomial logistic regression).

3.3 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα **κριτήρια** βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση ενός μαθηματικού προτύπου μετά τη διαμόρφωσή του είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών β_i της εκάστοτε εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου καθώς και το σφάλμα της εξίσωσης.

❖ Λογική ερμηνεία των προσήμων των συντελεστών

Θετικό πρόσημο του συντελεστή β_i συνεπάγεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντιθέτως, **αρνητικό πρόσημο** υποδηλώνει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Επιπλέον, θα πρέπει να

ερμηνεύεται λογικά και η τιμή του συντελεστή, καθώς αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής κατά β_i μονάδες.

❖ Ελαστικότητα

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

Για γραμμικά μοντέλα και **συνεχείς μεταβλητές** η ελαστικότητα εκφράζεται ως εξής:

$$\left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i}\right) * \left(\frac{X_i}{Y_i}\right) = \beta_i * \left(\frac{X_i}{Y_i}\right)$$

Για **διακριτές 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:

$$E_{x_{ivk}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^l e^{\beta_{ixn}}}{\sum_{i=1}^l e^{\Delta(\beta_{ixn})}} - 1$$

Όπου:

- l , το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_{ivk} , η τιμή της μεταβλητής k , για την εναλλακτική i , του ατόμου v
- $\Delta(\beta_{ixn})$, η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{vkn} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- β_{ixn} , η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{ivk} έχει τιμή 0
- β_{ik} , η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{vkn}

❖ Στατιστική σημαντικότητα

Σημαντικός έλεγχος για την αξιολόγηση του προτύπου είναι ο **έλεγχος t-test** (κριτήριο t της κατανομής Student). Μέσω του δείκτη t προσδιορίζεται η **στατιστική σημαντικότητα** των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή η επιλογή των μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο τελικό πρότυπο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

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

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

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι μείωση του τυπικού σφάλματος επιφέρει αύξηση του συντελεστή t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t κατά απόλυτη τιμή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που παρατίθεται στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t για το εκάστοτε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Βαθμοί Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
80	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t της Κατανομής Student

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή $t^* = 1,7$, επομένως προκύπτει ότι για να είναι συμπεριληφθεί κάποια μεταβλητή στο μοντέλο θα πρέπει να έχει συντελεστή t μεγαλύτερο του 1,7 κατά απόλυτη τιμή, έτσι ώστε να κρίνεται στατιστικά σημαντική. Στα μοντέλα **λογιστικής παλινδρόμησης** ισχύει ό,τι και σε αυτά της γραμμικής παλινδρόμησης, με διαφορά ότι αντί για το t -test χρησιμοποιείται το **Wald test**. Το συγκεκριμένο test ορίζεται και λειτουργεί ακριβώς όπως και το t -test, οπότε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή του Wald θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 για τις μεταβλητές του μοντέλου.

❖ Συντελεστής προσαρμογής R^2 και Hosmer-Lemeshow test

Ο **συντελεστής R^2** χρησιμοποιείται ως **δείκτης αξιολόγησης της ποιότητας** του προτύπου καθώς αποτελεί κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

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

Όπου:

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

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

Ο συντελεστής R^2 εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X , ενώ λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X . Δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του συντελεστή που είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τον υψηλότερο συντελεστή. Για την αξιολόγηση των μοντέλων **λογιστικής παλινδρόμησης** εφαρμόζεται και ο **στατιστικός έλεγχος Hosmer-Lemeshow test** (Hosmer & Lemeshow, 2000) ο οποίος θεωρείται πιο αξιόπιστος από το συντελεστή R^2 λόγω της πιθανής μη γραμμικότητας των αναλύσεων. Πολλές φορές εισάγεται ως σημαντικότητα του ελέγχου μία συγκεκριμένη τιμή την οποία ο έλεγχος πρέπει να υπερβεί, και για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή ορίζεται στο 0,05.

❖ Σφάλμα εξίσωσης προτύπου

Αναφορικά με το **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό οφείλει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις για τη γραμμική παλινδρόμηση:

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

Σημειώνεται πως η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος και άρα τόσο καλύτερη η πρόβλεψη.

3.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα θεωρητικά στοιχεία που συνδέονται με τη λειτουργία του λογισμικού στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε (IBM SPSS Statistics 21). Έπειτα από την εισαγωγή και τον καθορισμό των μεταβλητών σε συνεχεία, διατεταγμένες και διακριτές, εκτελέσθηκε η εντολή *Analyze* η οποία περιλαμβάνει τις ακόλουθες επιλογές:

- ❖ **Descriptive Statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Πρόκειται για χρήσιμα στατιστικά περιγραφικά μεγέθη (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστο και ελάχιστο).
- ❖ **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη **συσχέτιση** ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Επιλέγεται η εντολή *Bivariate correlation*, ενώ οι μεταβλητές εισάγονται στο πλαίσιο *Variables* και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης Pearson αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και αντίστοιχα ο συντελεστής συσχέτισης Spearman αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.
- ❖ **Regression:** Η διαδικασία που εκτελεί διάφορα είδη **παλινδρόμησης**, όπως η γραμμική και η διωνυμική λογιστική που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των μοντέλων. Σε κάθε περίπτωση, η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πλαίσιο *Dependent*, ενώ για τη **γραμμική παλινδρόμηση** οι ανεξάρτητες μεταβλητές εισάγονται στο πλαίσιο *Independent(s)* και για τη **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** στο πλαίσιο *Covariate(s)*. Αυτή συνήθως αφήνεται *Enter* που σημαίνει ότι στο πρότυπο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται 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.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου θα πρέπει να πληρούν τα εξής κριτήρια:

- ❖ Οι **τιμές** και τα **πρόσημα** των συντελεστών β_i να εξηγούνται **λογικά** για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή.
- ❖ Η τιμή του **στατιστικού ελέγχου t ή Wald** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και το **επίπεδο σημαντικότητας** να είναι μικρότερο από 5%. Κατ' εξαίρεση ίσως γίνονται δεκτές μεταβλητές με επίπεδο σημαντικότητας λίγο μεγαλύτερο.
- ❖ Ο έλεγχος **Hosmer-Lemeshow test** να εμφανίζει τιμή πάνω από 0,05 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της συμπεριφοράς κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών που πραγματοποιούν χρήση κινητού τηλεφώνου για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο 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 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 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.2.1 Το πείραμα

Όπως προαναφέρθηκε, η επιλεγθείσα μέθοδος για τη συλλογή των στοιχείων ήταν αυτή της **βιντεοσκόπησης μέσω κινητού τηλεφώνου** με σκοπό την καταγραφή της συμπεριφοράς των πεζών σε σηματοδοτούμενες διαβάσεις. Η επιλογή των υπό μελέτη οδικών τμημάτων και κατά συνέπεια διαβάσεων, πραγματοποιήθηκε βάσει των παρακάτω κριτηρίων: αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας, ικανοποιητικός φόρτος πεζών ώστε να εξασφαλιστεί επαρκής αριθμός δείγματος καθώς και ύπαρξη φωτεινού σηματοδότη στην εκάστοτε διάβαση. Επιπλέον, αποφασίστηκε να μελετηθούν τρεις τύποι οδών (μίας, δύο και τριών λωρίδων κυκλοφορίας) ώστε να προκύψει όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένο αποτέλεσμα. Συνυπολογίζοντας 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 κρίθηκαν κατάλληλα καθώς ύστερα από δοκιμαστική βιντεοσκόπηση παρατηρήθηκε ότι το δείγμα ήταν αντιπροσωπευτικό καθώς υπήρχε εύρος στις ηλικίες αλλά και ικανοποιητικός αριθμός πεζών, δεδομένου ότι οι διαβάσεις βρίσκονται κοντά σε πολυσύχναστες οδούς όπου εντοπίζεται 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 της εβδομάδας (15:30-16:00) και μία το Σάββατο (13:00-13:30) καθώς θεωρήθηκε ότι τα συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα 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 βιντεοσκόπηση πραγματοποιούνταν από τέτοιο σημείο ώστε να διακρίνονται ευκρινώς οι πεζοί που έκαναν χρήση κινητού τηλεφώνου αλλά και όσοι δεν είχαν κάποια απόσπαση προσοχής καθώς διέσχιζαν την εκάστοτε διάβαση. Επίσης, σημαντικό ήταν να διακρίνεται και ο φωτεινός σηματοδότης για την καταγραφή της χρονικής στιγμής έναρξης και λήξης της πράσινης ένδειξης. Σκοπός ήταν η καταγραφή των πεζών που παρουσίαζαν ή όχι απόσπαση προσοχής λόγω της πλοήγησης στο διαδίκτυο ή της αποστολής μηνυμάτων και διέσχιζαν τόσο νόμιμα όσο και παράνομα τη διάβαση, η εμπλοκή τους με οχήματα σε παρ'ολίγον ατυχήματα καθώς και χαρακτηριστικά όπως η τροχιά τους, οι συγκρούσεις μεταξύ τους και η **ταχύτητά** τους.

4.2.2 Παρατηρηθέντα χαρακτηριστικά

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 **VLC media player** ενώ προστέθηκε και η επέκταση *Time v3.2* ώστε να διατίθεται ακρίβεια δεκάτων του δευτερολέπτου στο χρόνο. Αρχικά, 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, ενώ αναφορικά με την ηλικία, εφόσον δεν ήταν εφικτός ο ακριβής προσδιορισμός αυτής, αποφασίστηκε να δημιουργηθούν τέσσερις ηλικιακές ομάδες. Συγκεκριμένα, αυτές διαμορφώθηκαν ως εξής: κάτω των 18 ετών, 18-35 ετών, 35-65 ετών και άνω των 65 ετών.

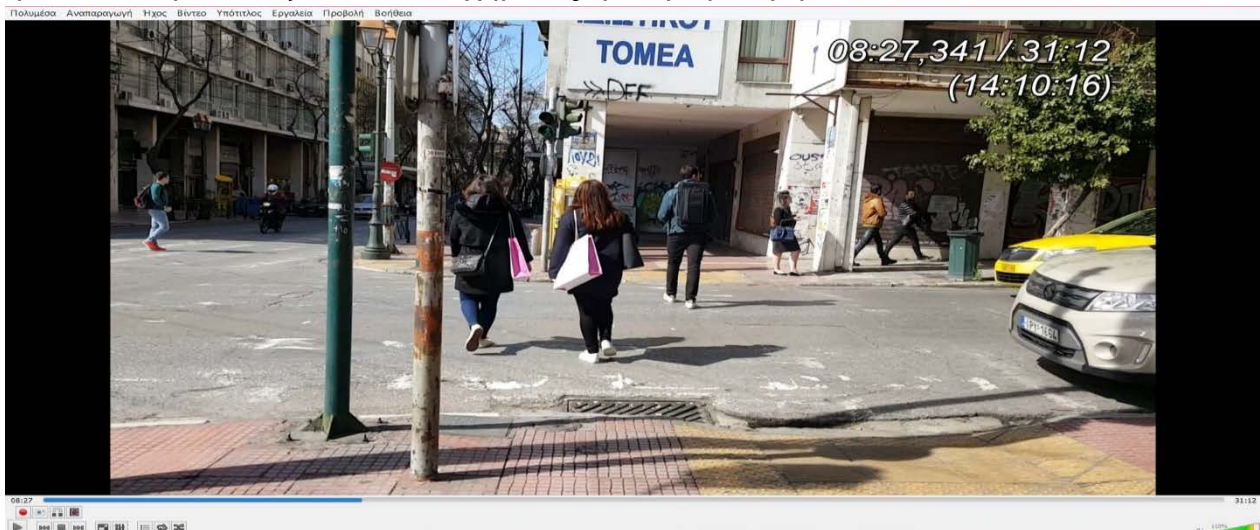
Εν συνεχεία, παρατηρήθηκε **σειρά άλλων χαρακτηριστικών**, όπως η συνοδεία, η φωτεινή ένδειξη του σηματοδότη, η τροχιά και οι συγκρούσεις των πεζών, παράνομα διερχόμενα οχήματα και οχήματα πάνω στη διάβαση όπως επίσης και παρ'ολίγον ατυχήματα. Ταυτόχρονα, σημειώθηκε εάν η μέτρηση πραγματοποιήθηκε καθημερινή ή μέσα στο Σαββατοκύριακο. Αναφορικά με το χρονικό διάστημα αναμονής, αυτό αφορούσε τη διαφορά ανάμεσα στη χρονική στιγμή που ο εκάστοτε πεζός στη χρονική στιγμή που ξεκινούσε να αναμένει στο πεζοδρόμιο και σε αυτή που εγκατέλειπε το πεζοδρόμιο και εισερχόταν στη διάβαση. 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 ενώ μετρήθηκε και η χρονική διάρκεια που ο πεζός διέσχιζε τη διάβαση ως η διαφορά μεταξύ του χρόνου λήξης της

κίνησής του και της χρονικής στιγμής που εγκατέλειπε το πεζοδρόμιο και εισερχόταν στη διάβαση. Τέλος, σημειώθηκε ο αριθμός των λωρίδων ενώ ο υπολογισμός του μήκους και του πλάτους της εκάστοτε διάβασης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της εφαρμογής **Google Earth**, όπου μετρήθηκε 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:

- ❖ Απόσπαση προσοχής (*Distraction*)
- ❖ Μήκος και πλάτος διάβασης (*Crossing length, Crossing width*)
- ❖ Αριθμός λωρίδων (*Number of lanes*)
- ❖ Φύλο (*Gender*)
- ❖ Ηλικία (*Age*)
- ❖ Φόρτος πεζών (*Pedestrian volume*)
- ❖ Συνοδεία πεζών (*Accompanied*)
- ❖ Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη (*Greenlight*)
- ❖ Τροχιά (*Trajectory*)
- ❖ Σύγκρουση μεταξύ πεζών (*Conflict*)
- ❖ Παράνομο διερχόμενο όχημα (*Illegal vehicle passing*)
- ❖ Οχημα πάνω στη διάβαση (*Vehicle on crossing*)
- ❖ Παρ'ολίγον ατύχημα (*Near misses*)
- ❖ Ημέρα της εβδομάδας (*Weekday*)
- ❖ Χρόνος αναμονής (*Wait time*)
- ❖ Χρόνος αντίληψης της πράσινης ένδειξης (T_a)
- ❖ Χρόνος διέλευσης ($T_1 - T_0$)
- ❖ Ταχύτητα πεζών (*Pedestrian Speed*)

Σημειώνεται πως τα παρ'ολίγον ατυχήματα καταγράφηκαν με τη βοήθεια του video, όταν η απόσταση του πεζού και του οχήματος ήταν μικρότερη από 2sec.



Εικόνα 4.1: Ανάλυση ταινιών μέσω του προγράμματος VLC

Από την ανάλυση των ταινιών προέκυψε πως 142 πεζοί παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής λόγω αποστολής μηνυμάτων ή πλοήγησης στο διαδίκτυο, 113 μιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο, 124 χρησιμοποιούσαν ακουστικά για ακρόαση μουσικής και 1901 δεν παρουσίαζαν καμία απόσπαση προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.3.1 Εισαγωγή των στοιχείων στη βάση δεδομένων

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο επεξεργάστηκαν και καταχωρήθηκαν σε μία βάση δεδομένων. Κατά την ανάλυση των ταινιών, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για το πείραμα καταγράφηκαν και μεταφέρθηκαν κωδικοποιημένα σε ηλεκτρονική μορφή στη βάση δεδομένων του προγράμματος **Microsoft Excel**.

Αναφορικά με το δείγμα των πεζών, καταχωρήθηκαν όλοι οι πεζοί οι οποίοι χρησιμοποιούσαν το κινητό τους για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο. Από αυτούς που δεν παρουσίαζαν 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 με σκοπό να βρεθεί η διακύμανση της ταχύτητας. **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. 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.

Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά, ο πρώτος διαχωρισμός που πραγματοποιήθηκε αφορούσε το φύλο των πεζών σε άντρες και γυναίκες και η κωδικοποίηση καθορίστηκε με 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 αντιστοιχίζεται 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 παράνομου οχήματος πάνω στη διάβαση αλλά και διερχόμενου οχήματος, τα παρ'ολίγον ατυχήματα αλλά και η περίπτωση που παρατηρούνταν 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. 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:

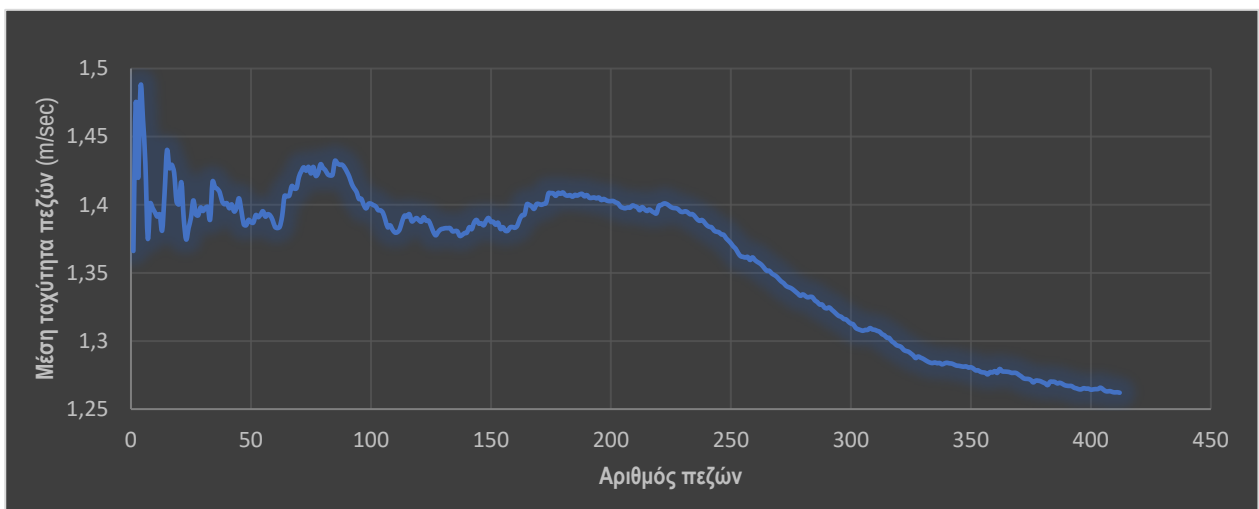
X: Μήκος Διάβασης (m)

t: Χρόνος διέλευσης διάβασης

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The spreadsheet has a green header bar with the menu bar (File, Home, Insert, Power View, Page Layout, Formulas, Data, Review, View, Help, Power Pivot) and a search bar. The main area contains a large table with many columns and rows of data. The columns are labeled with various parameters, and the rows contain numerical data. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and '45%' zoom.

Εικόνα 4.2: Απόσπασμα από τη βάση δεδομένων στο πρόγραμμα Microsoft Excel

Σημειώνεται ότι ο συνολικός πίνακας που παράχθηκε αποτελούταν από 40 στήλες και 555 γραμμές.



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

4.3.2 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Από τον τελικό πίνακα 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, την τροχιά και τις συγκρούσεις των πεζών μεταξύ τους καθώς και την ταχύτητα διέλευσής τους από τη διάβαση.

Οι πίνακες παρατίθενται παρακάτω:

Distraction	Count	Percentage
<i>Distracted Texting</i>	142	6,23%
<i>Distracted Music</i>	124	5,44%
<i>Distracted Talking</i>	113	4,96%
<i>Control Group</i>	1901	83,38%
<i>Sum</i>	2280	100,00%

Πίνακας 4.1: Ποσοστό πεζών ανάλογα με το είδος απόσπασης προσοχής

Distraction	Near Misses					
	Count			Percentage		
	Yes	No	Sum	Yes	No	Sum
<i>Distracted Texting</i>	8	134	142	5.63%	94.37%	100.00%
<i>Control Group</i>	11	401	412	2.67%	97.33%	100.00%

Πίνακας 4.2: Κατανομή πεζών και παρ'ολίγον ατυχήματα

Distraction	Conflict					
	Count			Percentage		
	Yes	No	Sum	Yes	No	Sum
<i>Distracted Texting</i>	21	121	142	14.79%	85.21%	100.00%
<i>Control Group</i>	87	325	412	21.12%	78.88%	100.00%

Πίνακας 4.3: Κατανομή πεζών και μεταξύ τους σύγκρουση

Distraction	Trajectory					
	Count			Percentage		
	Direct	Not Direct	Sum	Direct	Not Direct	Sum
<i>Distracted Texting</i>	100	42	142	70.42%	29.58%	100.00%
<i>Control Group</i>	297	115	412	72.09%	27.91%	100.00%

Πίνακας 4.4: Κατανομή πεζών και τροχιά

Distraction	Pedestrian Speed									
	Count					Percentage				
	0-1m/s	1-1,5 m/s	1,5-2m/s	>2m/s	Sum	0-1m/s	1-1,5 m/s	1,5-2m/s	>2m/s	Sum
<i>Distracted Texting</i>	23	89	25	5	142	16.20%	62.68%	17.61%	3.52%	100.00%
<i>Control Group</i>	91	235	75	11	412	22.09%	57.04%	18.20%	2.67%	100.00%

Πίνακας 4.5: Κατανομή πεζών και ταχύτητα

Γενικά σχόλια - Παρατηρήσεις:

- ❖ Το ποσοστό των πεζών με απόσπαση προσοχής λόγω **αποστολής μηνυμάτων ή πλοήγησης στο διαδίκτυο** ανέρχεται στο 6,23% και είναι το **μεγαλύτερο** συγκριτικά με τα ποσοστά των πεζών που παρουσιάζουν άλλου είδους απόσπασης προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου.
- ❖ Οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμπλέκονται σε περισσότερα **παρ'ολίγον ατυχήματα** (ποσοστό 5,63% έναντι 2,67%).
- ❖ Περισσότερες **συγκρούσεις με άλλους πεζούς** εμφανίζουν όσοι δεν πραγματοποιούν χρήση κινητού κατά τη διέλευσή τους από τη διάβαση (ποσοστό 21,12% έναντι 14,79%).
- ❖ Οι πεζοί με απόσπαση προσοχής παρεκκλίνουν από την **ευθεία τροχιά** τους σε λίγο μεγαλύτερο ποσοστό από ότι οι μη έχοντες κινητό (ποσοστό 29,58% έναντι 27,91%).
- ❖ Αναφορικά με την **ταχύτητα**, η σύγκριση πραγματοποιήθηκε με το διαχωρισμό αυτής σε τέσσερις ομάδες, με το μεγαλύτερο ποσοστό και των δύο τύπων πεζών να κινείται με 1-1,5 m/sec.

4.3.3 Επεξεργασία στοιχείων με το ειδικό λογισμικό

Αφού δημιουργήθηκε ο τελικός πίνακας στο λογισμικό **Microsoft Excel**, ακολούθησε η διάσπασή του σε δύο επιμέρους πίνακες, με τον έναν να αφορά αποκλειστικά στις μετρήσεις για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής και τον άλλο στις μετρήσεις για τους πεζούς του control group. Για την παραγωγή των επιμέρους πινάκων χρησιμοποιήθηκε στη στήλη *Distraction*, η εντολή *Filter* ώστε να απομονωθούν από το υπόλοιπο δείγμα αυτοί που παρουσίαζαν για παράδειγμα απόσπαση προσοχής. 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 για τους δύο τύπους πεζών.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a large data table. The table has columns for various pedestrian attributes, including Pedestrian code, Distraction, Gender, Age, t₁, t₂, Wait time (t₂-t₁), T₂, T₁, T₂-T₁, Pedestrian speed, Logspeed, Exp(speed), speed², speed³, Accompanied, Conflict, Greenlight, Trajectory, and Pedestrian. A filter dialog box is open on the left side of the screen, showing the 'Filter by Color' option selected. The dialog box also includes a 'Sort by Color' option and a 'Search' field. The data table contains multiple rows of numerical and categorical data.

Εικόνα 4.3: Δημιουργία των δύο υποπινάκων με τη χρήση της εντολής *Filter* του προγράμματος *Microsoft Excel*

Τα στοιχεία των πινάκων εισήχθησαν αρχικά στο πεδίο δεδομένων (*Data View*), το οποίο δέχεται αποκλειστικά στοιχεία αριθμητικής μορφής. Έπειτα, καθορίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν οι μεταβλητές μέσα από το πεδίο μεταβλητών (*Variable View*), όπου επιλέχθηκε το είδος της εκάστοτε μεταβλητής (αριθμητική, ημερομηνία, κλπ), ο αριθμός δεκαδικών ψηφίων καθώς και ο τύπος της. 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 (*volume/m*) καθώς και στην ύψωση του μήκους διάβασης στη δεύτερη δύναμη (*c.length²*).

Παρακάτω, παρατίθενται ενδεικτικά εικόνες που σχετίζονται με την εισαγωγή των στοιχείων στο λογισμικό και τον χαρακτηρισμό των μεταβλητών.

	T	Pedestriancode	Distraction	Gender	Age	ta	tb	Waittime/tb	T0	T1	T1T0
1	12	1	1	1	2	58.952	65.904	6.952	65.904	71.194	5.290
2	12	2	1	1	2	56.402	58.080	1.678	58.080	64.607	6.527
3	13	3	1	1	2	86.555	105.759	19.204	105.759	113.063	7.304
4	14	4	1	1	3	127.012	147.175	20.163	147.175	152.842	5.667
5	14	5	1	1	3	143.503	148.412	4.909	148.412	156.274	7.862
6	16	6	1	0	2	233.115	237.926	4.811	237.926	244.588	6.662
7	17	7	1	1	2	.	.	.000	286.875	291.674	4.799
8	17	8	1	1	3	.	.	.000	289.467	295.183	5.716
9	18	9	1	0	2	323.590	328.682	5.092	328.682	333.248	4.566
10	19	10	1	1	3	366.166	377.018	10.852	377.018	385.490	8.472
11	111	11	1	0	2	.	.	.000	473.847	478.797	4.950
12	114	12	1	0	2	590.692	601.584	10.892	601.584	608.472	6.888
13	118	13	1	1	3	.	.	.000	783.376	789.989	6.613
14	119	14	1	0	2	.	.	.000	824.829	831.248	6.419
15	120	15	1	1	2	.	.	.000	867.341	876.731	9.390
16	121	16	1	0	3	905.346	912.453	7.107	912.453	918.884	6.431
17	124	17	1	0	2	1046.115	1049.850	3.735	1049.850	1056.814	6.964
18	124	18	1	1	2	.	.	.000	1051.914	1057.067	5.153
19	126	19	1	1	3	1135.583	1137.181	1.598	1137.181	1146.207	9.026
20	129	20	1	0	2	.	.	.000	1279.000	1285.145	6.145
21	132	21	1	1	2	.	.	.000	1408.573	1414.947	6.374
22	133	22	1	1	2	.	.	.000	1453.755	1460.721	6.966
23	133	23	1	0	2	.	.	.000	1455.747	1463.661	7.914
24	133	24	1	1	4	.	.	.000	1457.546	1465.786	8.240
25	134	25	1	0	2	1492.751	1499.204	6.453	1499.204	1509.325	10.121
26	135	26	1	1	2	1532.451	1544.158	11.707	1544.158	1551.097	6.939
27	135	27	1	1	2	1538.435	1542.689	4.254	1542.689	1548.623	5.934
28	137	28	1	1	3	1616.138	1633.479	18.341	1633.479	1640.636	7.647

Εικόνα 4.4: 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	Center	Nominal	Input
2	Pedestrian...	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
3	Distraction	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
4	Gender	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
5	Age	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Ordinal	Input
6	ta	Numeric	15	3		None	None	15	Center	Scale	Input
7	tb	Numeric	18	3		None	None	18	Center	Scale	Input
8	Waittime	Numeric	17	3		None	None	17	Center	Scale	Input
9	T0	Numeric	15	3		None	None	15	Center	Scale	Input
10	T1	Numeric	15	3		None	None	15	Center	Scale	Input
11	T1T0	Numeric	17	3		None	None	17	Center	Scale	Input
12	Pedestrians...	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
13	Logspeed	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
14	Expspeed	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
15	speed2	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
16	speed3	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
17	Accompanied	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
18	Conflict	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
19	Greenlight	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
20	Trajectory	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
21	Pedestrian...	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
22	Expvolume	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
23	volume2	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
24	volume3	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
25	volumem	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
26	Numberof...	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Ordinal	Input
27	Crossinglen...	Numeric	12	1		None	None	12	Center	Scale	Input
28	Expclength	Numeric	14	2		None	None	14	Center	Scale	Input
29	clength2	Numeric	12	2		None	None	12	Center	Scale	Input

Εικόνα 4.5: Παράδειγμα καθορισμού μεταβλητών στο λογισμικό IBM SPSS Statistics 21.0

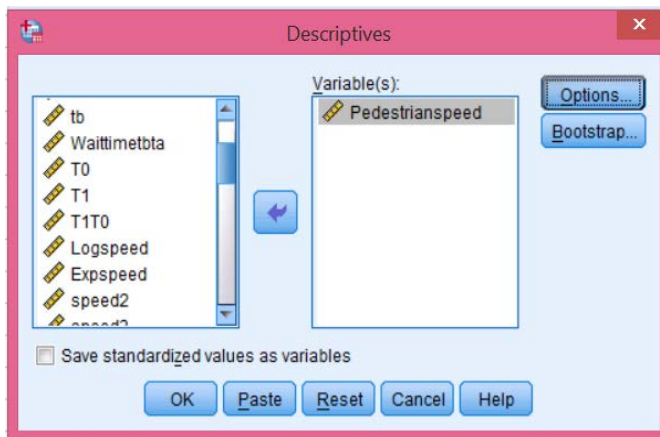
Το επόμενο βήμα, αφορούσε στην εφαρμογή ορισμένων λειτουργιών για την εξαγωγή **βασικών περιγραφικών στατιστικών** από το λογισμικό πριν ακολουθήσει η κύρια στατιστική ανάλυση. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής: Analyze → Descriptive Statistics → Descriptives (για συνεχείς)/Frequencies (για διακριτές)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

Στη συνέχεια, ακολούθησε **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).

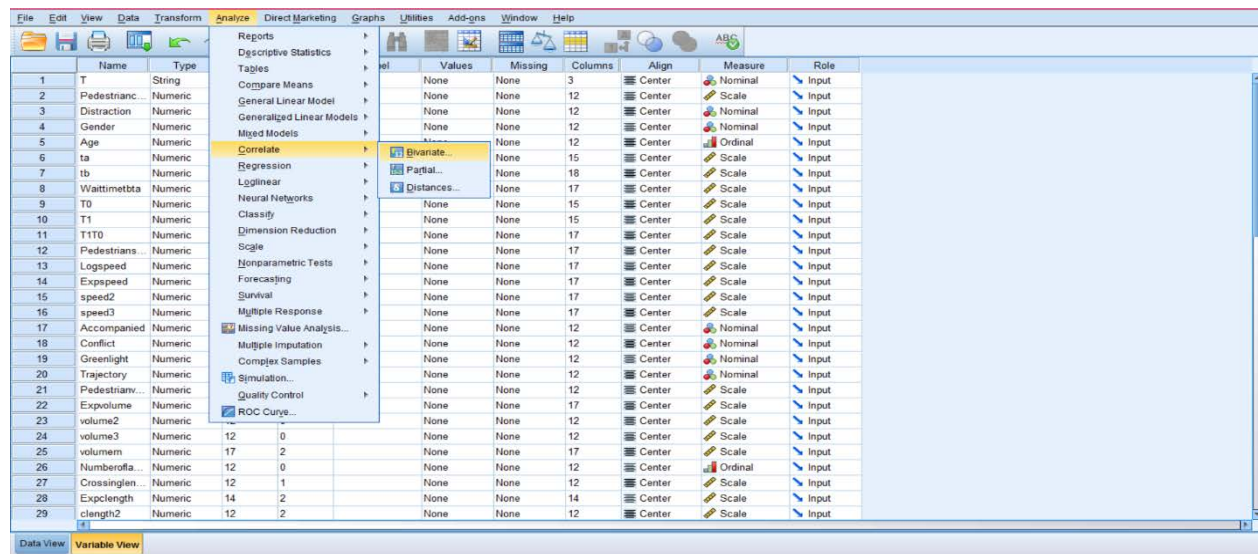
Παρακάτω, παρατίθενται ενδεικτικά εικόνες που παρουσιάζουν τα προαναφερθέντα βήματα.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	T	String	3	0		None	None	3	Center	Nominal	Input
2	Pedestrian...	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
3	Distraction	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
4	Gender	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
5	Age	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Ordinal	Input
6	ta	Numeric	15	3		None	None	15	Center	Scale	Input
7	tb	Numeric	18	3		None	None	18	Center	Scale	Input
8	Waittime	Numeric	17	3		None	None	17	Center	Scale	Input
9	T0	Numeric	15	3		None	None	15	Center	Scale	Input
10	T1	Numeric	15	3		None	None	15	Center	Scale	Input
11	T1T0	Numeric	17	3		None	None	17	Center	Scale	Input
12	Pedestrians...	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
13	Logspeed	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
14	Expspeed	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
15	speed2	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
16	speed3	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
17	Accompanied	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
18	Conflict	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
19	Greenlight	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
20	Trajectory	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Nominal	Input
21	Pedestrian...	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
22	Expvolume	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
23	volume2	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
24	volume3	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Scale	Input
25	volumem	Numeric	17	2		None	None	17	Center	Scale	Input
26	Numberof...	Numeric	12	0		None	None	12	Center	Ordinal	Input
27	Crossinglen...	Numeric	12	1		None	None	12	Center	Scale	Input
28	Expclength	Numeric	14	2		None	None	14	Center	Scale	Input
29	clength2	Numeric	12	2		None	None	12	Center	Scale	Input

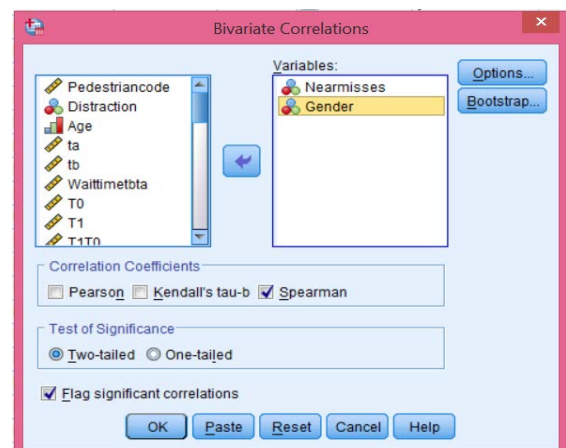
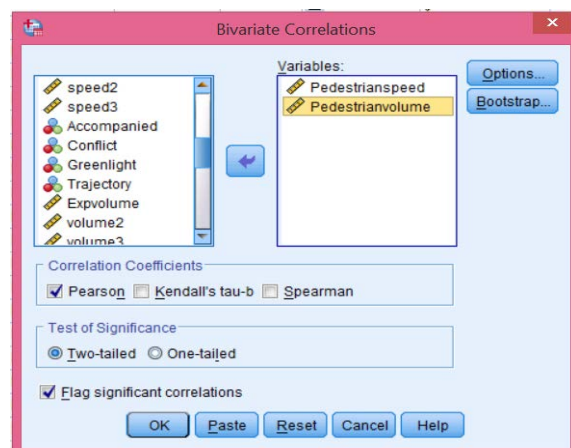
Εικόνα 4.6: Εξαγωγή περιγραφικών στατιστικών



Εικόνες 4.7 & 4.8: Επιλογή επιθυμητών μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών



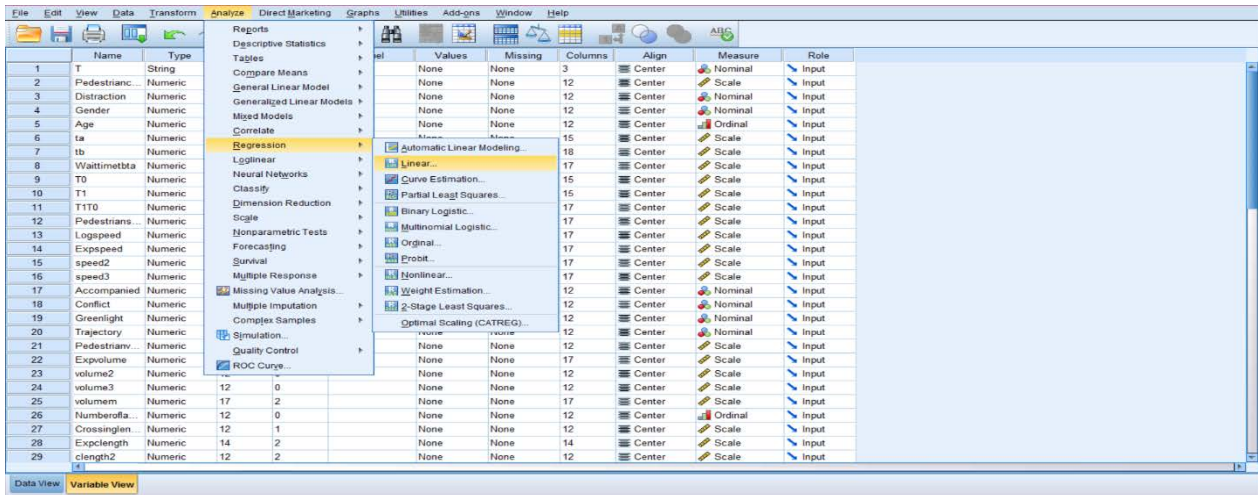
Εικόνα 4.9: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών



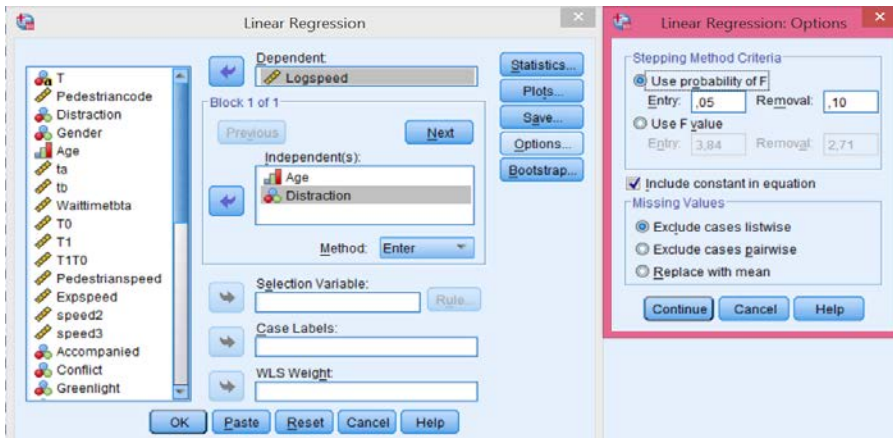
Εικόνες 4.10 & 4.11: Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης

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 (λογιστική παλινδρόμηση με δύο κατηγορίες).

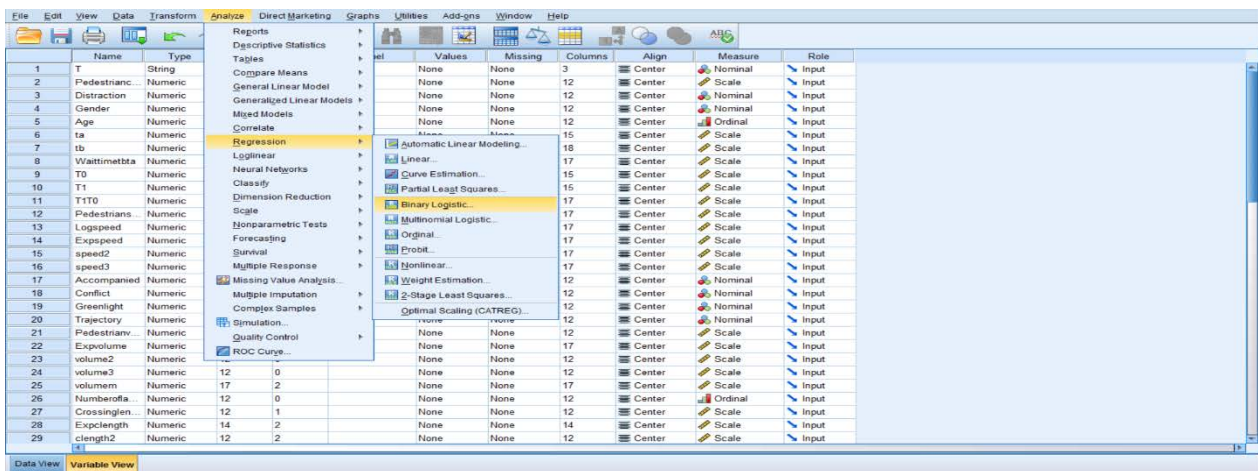
Παρακάτω, παρατίθενται ενδεικτικά εικόνες που παρουσιάζουν τα προαναφερθέντα βήματα.



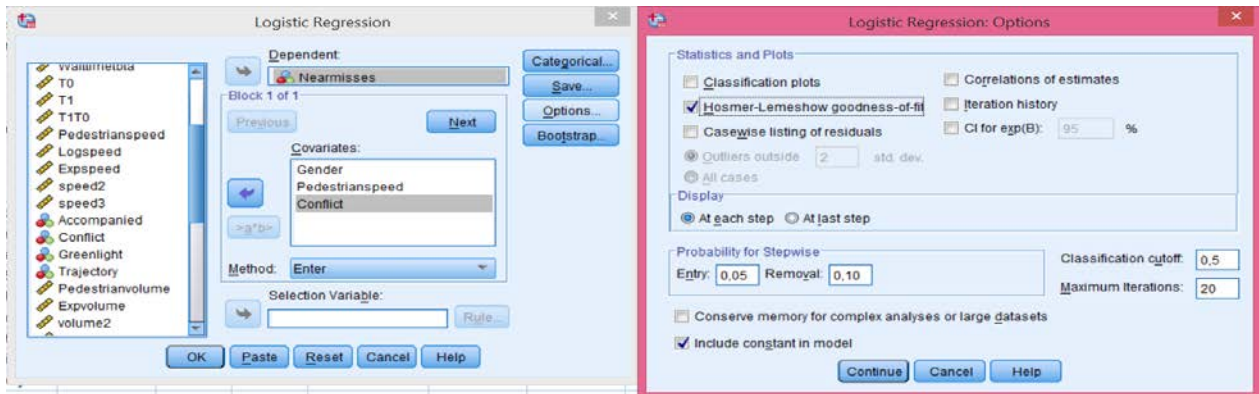
Εικόνα 4.12: Επιλογή γραμμικής παλινδρόμησης



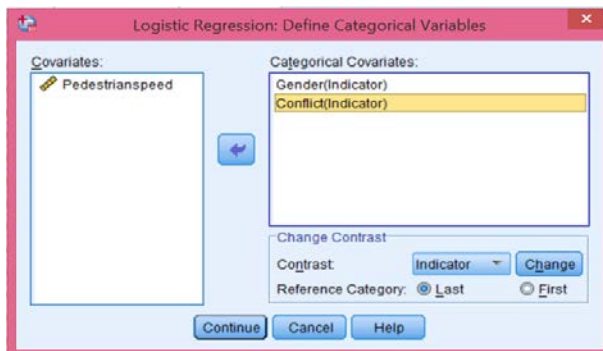
Εικόνα 4.13: Επιλογή μεταβλητών και μεθόδου εισαγωγής τους, Επιπρόσθετες επιλογές



Εικόνα 4.14: Επιλογή διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης



Εικόνα 4.15: Επιλογή μεταβλητών και τρόπου εισαγωγής τους, Επιπρόσθετες επιλογές



Εικόνα 4.16: Επιλογή κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών

Σημειώνεται ότι στη **γραμμική παλινδρόμηση** οι ανεξάρτητες μεταβλητές εισέρχονται στο πλαίσιο *Independent(s)* (Εικόνα 4.13) ενώ στη **διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση** στο πλαίσιο *Covariates* (Εικόνα 4.15). Σε κάθε περίπτωση η εξαρτημένη μεταβλητή εισέρχεται στο πλαίσιο *Dependent* (Εικόνες 4.13 & 4.15). Στο πλαίσιο *Method* μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών (Εικόνες 4.13 & 4.15). Αυτή συνήθως αφήνεται *Enter*, που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο *Independent(s)* ή *Covariates* με τη σειρά που γράφονται εκεί. Από την επιλογή *Options* (Εικόνες 4.13 & 4.15) 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 4.16).

5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας καθώς και η παρουσίαση των **αποτελεσμάτων** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3 και ήταν η **γραμμική** και η **διωνυμική λογιστική 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 παρόντος κεφαλαίου αποτελεί το υποκεφάλαιο που αφορά στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων και διακρίνεται στις ακόλουθες τρεις φάσεις:

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

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη **μαθηματική σχέση** κάθε μοντέλου όσο και σχετικούς πίνακες για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων όπου αυτό είναι εφικτό. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε **ανάλυση ελαστικότητας** και **ανάλυση ευαισθησίας** όπου αυτές κρίθηκαν απαραίτητες.

5.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΠΟΣΠΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΖΩΝ

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των τριών διαφορετικών προτύπων για τη συσχέτιση της ταχύτητας των πεζών με την απόσπαση προσοχής από το κινητό τηλέφωνο (αποστολή μηνυμάτων και πλοήγηση στο διαδίκτυο). Το πρώτο πρότυπο αφορά στην **πρόβλεψη της ταχύτητας** εξετάζοντας το συνολικό δείγμα των στοιχείων που συλλέχθηκαν ενώ τα υπόλοιπα δύο αφορούν ξεχωριστά πρότυπα, με το ένα να αφορά τους πεζούς που παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής και το δεύτερο όσους ανήκουν στην ομάδα ελέγχου (control group). Η ανάπτυξη όλων των μοντέλων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.

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 περιελάμβανε τα δεδομένα για το σύνολο των πεζών (142 πεζοί με απόσπαση και 412 πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής) όσο και οι δύο ξεχωριστές βάσεις που αφορούσαν στις δύο κατηγορίες πεζών, ενώ ακολούθησε ο **έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών καθώς και οι έλεγχοι σημαντικότητάς τους**.

Σημειώνεται ότι τα τελικά μοντέλα προέκυψαν ύστερα από **πληθώρα δοκιμών**, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών προτύπων που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν. Στις δοκιμές αυτές, απορρίφθηκαν όσες μεταβλητές δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική επιρροή στο μοντέλο ενώ ως εξαρτημένη μεταβλητή επιλέχθηκε τελικά ο λογάριθμος της ταχύτητας *Logspeed* καθώς παρουσίαζε καλύτερα αποτελέσματα.

5.2.2 Περιγραφική στατιστική

Αρχικά, κρίθηκε σκόπιμη η διαμόρφωση μίας πληρέστερης εικόνας σχετικά με την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, μέσω της **περιγραφικής στατιστικής**. Για το σκοπό αυτό ακολουθήθηκαν τα βήματα Analyze → Descriptive Statistics → Descriptives (για συνεχείς)/Frequencies (για διακριτές) → Options έτσι ώστε να προκύψουν χρήσιμα στατιστικά στοιχεία.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών που αναφέρονται στο σύνολο πεζών και παρουσίαζαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον:

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pedestrianvolume	554	1	42	14,91	9,642
Crossinglength	554	6,5	9,9	8,068	1,4747
Waittime	554	,000	604,247	8,75138	27,260867
Pedestrianspeed	554	,54	2,64	1,2750	,33596
Crossingwidth	554	5,5	6,3	5,972	,3938
Ta	554	,000	38,462	1,27225	2,347657
Valid N (listwise)	554				

Πίνακας 5.1: Περιγραφική στατιστική συνεχών μεταβλητών

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	286	51,6	51,6	51,6
1	268	48,4	48,4	100,0
Total	554	100,0	100,0	

Πίνακας 5.2: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Gender)

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	404	72,9	72,9	72,9
1	150	27,1	27,1	100,0
Total	554	100,0	100,0	

Πίνακας 5.3: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Accompanied)

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	32	5,8	5,8	5,8
2	242	43,7	43,7	49,5
3	187	33,8	33,8	83,2
4	93	16,8	16,8	100,0
Total	554	100,0	100,0	

Πίνακας 5.4: Περιγραφική στατιστική διατεταγμένης μεταβλητής (Age)

5.2.3 Συσχέτιση των μεταβλητών

Ακολούθησε η **διερεύνηση της συσχέτισης** των επιμέρους μεταβλητών έτσι ώστε να επιλεγούν αυτές που θα οδηγούσαν στο καλύτερο συνολικό μοντέλο. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές όφειλαν να παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή συσχέτισης με την εξαρτημένη μεταβλητή αλλά χαμηλό συντελεστή μεταξύ τους. 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 (π.χ. Pedestrianspeed, Logspeed) καθώς θα ήταν απόλυτα συσχετισμένα μεταξύ τους. Οι εντολές που εκτελέστηκαν όπως έχει προαναφερθεί είναι οι εξής: Analyze → Correlate → Bivariate και έπειτα η επιλογή των μεταβλητών και του συντελεστή (Pearson/Spearman).

Σημειώνεται πως η μεταβλητή της **απόσπασης προσοχής (Distraction)** θα χρησιμοποιούταν οπωσδήποτε στο συνολικό μοντέλο οπότε οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές δεν έπρεπε να παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση μαζί της ενώ ως εξαρτημένη μεταβλητή εισήχθη ο λογάριθμος της ταχύτητας (Logspeed). 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.

		Waittime	Logspeed	Pedestrianvolume	Crossinglength	Crossingwidth	Ta
Waittime	Pearson Correlation	1	,007	,014	,077	,039	,162**
	Sig. (2-tailed)		,863	,750	,071	,357	,000
	N	554	554	554	554	554	554
Logspeed	Pearson Correlation	,007	1	-,396**	,452**	,478**	-,021
	Sig. (2-tailed)	,863		,000	,000	,000	,621
	N	554	554	554	554	554	554
Pedestrianvolume	Pearson Correlation	,014	-,396**	1	-,582**	-,727**	-,072
	Sig. (2-tailed)	,750	,000		,000	,000	,090
	N	554	554	554	554	554	554
Crossinglength	Pearson Correlation	,077	,452**	-,582**	1	,887**	,157**
	Sig. (2-tailed)	,071	,000	,000		,000	,000
	N	554	554	554	554	554	554
Crossingwidth	Pearson Correlation	,039	,478**	-,727**	,887**	1	,127**
	Sig. (2-tailed)	,357	,000	,000	,000		,003
	N	554	554	554	554	554	554
Ta	Pearson Correlation	,162**	-,021	-,072	,157**	,127**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,621	,090	,000	,003	
	N	554	554	554	554	554	554

Πίνακας 5.5: Συντελεστής συσχέτισης συνεχών μεταβλητών

			Distraction	Gender	Age	Greenlight	Trajectory	Weekday
Spearman's rho	Distraction	Correlation Coefficient	1,000	-,031	-,194**	,164**	-,016	,013
		Sig. (2-tailed)	.	,473	,000	,000	,705	,756
		N	554	554	554	554	554	554
	Gender	Correlation Coefficient	-,031	1,000	,162**	-,098*	-,040	,028
		Sig. (2-tailed)	,473	.	,000	,021	,342	,506
		N	554	554	554	554	554	554
	Age	Correlation Coefficient	-,194**	,162**	1,000	-,103*	,013	,018
		Sig. (2-tailed)	,000	,000	.	,015	,763	,669
		N	554	554	554	554	554	554
	Greenlight	Correlation Coefficient	,164**	-,098*	-,103*	1,000	,187**	,140**
		Sig. (2-tailed)	,000	,021	,015	.	,000	,001
		N	554	554	554	554	554	554
	Trajectory	Correlation Coefficient	-,016	-,040	,013	,187**	1,000	,053
		Sig. (2-tailed)	,705	,342	,763	,000	.	,213
		N	554	554	554	554	554	554
	Weekday	Correlation Coefficient	,013	,028	,018	,140**	,053	1,000
		Sig. (2-tailed)	,756	,506	,669	,001	,213	.
		N	554	554	554	554	554	554

Πίνακας 5.6: Συντελεστής συσχέτισης διακριτών/διατεταγμένων μεταβλητών

5.2.4 Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα **αποτελέσματα** που προέκυψαν τόσο για το συνολικό μοντέλο όσο και για τα δύο επιμέρους μοντέλα που δημιουργήθηκαν ξεχωριστά για τους πεζούς με και χωρίς απόσπαση προσοχής. Σημειώνεται πως και τα τρία μοντέλα αναπτύχθηκαν σύμφωνα με την **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν συνεχής, ενώ χρησιμοποιήθηκαν περισσότερες από δύο ανεξάρτητες μεταβλητές.

5.2.4.1 Συνολικό μοντέλο για την ταχύτητα πεζών

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

$$\text{Logspeed} = -0,114 + 0,017 \times \text{Distraction} + 0,024 \times \text{Trajectory} - 0,050 \times \text{Greenlight} + 0,021 \times \text{Gender} - 0,030 \times \text{Age} + 0,024 \times \text{Weekday} + 0,034 \times \text{Crossinglength}$$

Όπου:

- ❖ Logspeed (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της ταχύτητας των πεζών (m/sec)
- ❖ Distraction (Διακριτή μεταβλητή): Απόσπαση προσοχής λόγω αποστολής μηνυμάτων/πλοήγησης στο διαδίκτυο (1: απόσπαση προσοχής, 0: μη απόσπαση προσοχής)
- ❖ Trajectory (Διακριτή μεταβλητή): Τροχιά πεζών (1: ευθεία τροχιά, 0: υπόλοιπες περιπτώσεις)
- ❖ Greenlight (Διακριτή μεταβλητή): Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη (1: πράσινη ένδειξη, 0: κόκκινη ένδειξη)
- ❖ Gender (Διακριτή μεταβλητή): Φύλο πεζών (1: άνδρες, 0: γυναίκες)

- ❖ Age (Διατεταγμένη μεταβλητή): Ηλικία πεζών (1: <18 ετών, 2: 18-35 ετών, 35-65 ετών, >65 ετών)
- ❖ Weekday (Διακριτή μεταβλητή): Ημέρα της εβδομάδας (1: Καθημερινή, 0 Σαββατοκύριακο)
- ❖ Crossinglength (Συνεχής μεταβλητή): Μήκος διάβασης (m)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,546 ^a	,298	,289	,0954090355

Πίνακας 5.7: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,114	,028		-4,032	,000
	Distraction	,016	,010	,063	1,714	,087
	Trajectory	,024	,009	,096	2,619	,009
	Greenlight	-,050	,010	-,189	-5,012	,000
	Gender	,021	,008	,094	2,576	,010
	Age	-,030	,005	-,221	-5,956	,000
	Weekday	,024	,008	,105	2,884	,004
	Crossinglength	,034	,003	,446	12,340	,000

Πίνακας 5.8: Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients)

5.2.4.1.1 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 0,298 και ήταν ο μεγαλύτερος από όσα μοντέλα δοκιμάστηκαν. Δεδομένου ότι η στατιστική ανάλυση βασίστηκε σε πείραμα μέσω βιντεοσκοπήσης, 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 εκτός του *Distraction*. Παρόλα αυτά, το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 10% και δεδομένου ότι ο συντελεστής t της μεταβλητής είναι μεγαλύτερος του 1,7, κρίνεται αποδεκτή η μεταβλητή.
- ❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.2.4.1.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό πως η **απόσπαση προσοχής (Distraction) επιδρά θετικά στην ταχύτητα** των πεζών καθώς ο συντελεστής β για τη συγκεκριμένη μεταβλητή έχει θετικό πρόσημο και τιμή ίση με 0,016. Αυτό σημαίνει πως χρήση του κινητού για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο κατά τη διέλευση από τη διάβαση, οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας των πεζών. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι οι πεζοί είναι πλέον εξοικειωμένοι με την τεχνολογία και επομένως η χρήση του κινητού δεν αποτελεί εμπόδιο κατά τη συμμετοχή τους σε άλλες δραστηριότητες, αντιθέτως όντας απορροφημένοι στην οθόνη του κινητού τους περπατούν γρηγορότερα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιρροή της απόσπασης προσοχής στην ταχύτητα των πεζών είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την επιρροή των άλλων μεταβλητών.

Αναφορικά με τις υπόλοιπες μεταβλητές, **η ταχύτητα των πεζών μειώνεται με την ηλικία** όπως είναι λογικό, ενώ αυξάνεται με την αύξηση του μήκους διάβασης καθώς οι πεζοί πρέπει να διασχίσουν περισσότερη απόσταση με αποτέλεσμα να επιταχύνουν. Επιπλέον, μεγαλύτερη 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. Αναφορικά με την ημέρα της εβδομάδας, το Σαββατοκύριακο οι πεζοί εμφανίζουν μικρότερη ταχύτητα καθώς η διαδρομή που ακολουθούν συνήθως είναι αναψυχής και όχι εργασίας. Τέλος, οι πεζοί που διασχίζουν παράνομα τη διάβαση κατά την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη εμφανίζουν υψηλότερη ταχύτητα καθώς ελλοχεύει ο κίνδυνος εμπλοκής τους σε ατύχημα με όχημα. Η ύπαρξη σταθεράς με αρνητικό συντελεστή υποδηλώνει την ύπαρξη επιπρόσθετων άγνωστων παραγόντων που προκαλούν μείωση της ταχύτητας.

5.2.4.2 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. Ύστερα από πληθώρα δοκιμών ώστε να βρεθούν οι κατάλληλες ανεξάρτητες μεταβλητές, προέκυψε το 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:

$$\text{Logspeed (Distraction)} = -0,018 \times \text{Age} - 0,052 \times \text{Accompanied} + 0,021 \times \text{Crossinglength} - (6,056 \times 10^{-5}) \times \text{Volume2}$$

Όπου:

- ❖ Logspeed (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της ταχύτητας των πεζών με απόσπαση προσοχής (m/sec)
- ❖ Age (Διατεταγμένη μεταβλητή): Ηλικία πεζών (1: <18 ετών, 2: 18-35 ετών, 3: 35-65 ετών, >65 ετών)

- ❖ Accompanied (Διακριτή μεταβλητή): Συνοδεία πεζών (1: συνοδεία, 0: όχι συνοδεία)
- ❖ Crossinglength (Συνεχής μεταβλητή): Μήκος διάβασης (m)
- ❖ Volume2 (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών στη διάβαση υψωμένος στη δεύτερη δύναμη (πεζοί)

Σημειώνεται ότι δεν συμπεριλήφθηκε σταθερά στο μοντέλο καθώς η ύπαρξή της δεν οδηγούσε σε επιθυμητά αποτελέσματα.

Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,805 ^a	,648	,638	,0893753004

Πίνακας 5.9: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	Age	-,018	,010	-,291	-1,781	,077
	Accompanied	-,052	,025	-,118	-2,093	,038
	Crossinglength	,021	,003	1,165	7,676	,000
	Volume2	-6,056E-005	,000	-,180	-2,662	,009

Πίνακας 5.10: Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients)

5.2.4.2.1 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 0,648 και είναι αρκετά υψηλός δεδομένου πειράματος.
- ❖ 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 Age. Παρόλα αυτά, το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 10% και δεδομένου ότι ο συντελεστής t της μεταβλητής είναι μεγαλύτερος του 1,7 (σε απόλυτη τιμή), κρίνεται αποδεκτή η μεταβλητή.
- ❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.2.4.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό ότι η ηλικία και το μήκος διάβασης επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο την ταχύτητα των πεζών όπως και στο συνολικό μοντέλο. Επιπλέον, η ταχύτητα μειώνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των πεζών που καταλαμβάνουν τη διάβαση ενώ τέλος όσοι συνοδεύονται τείνουν να παρουσιάζουν μειωμένη ταχύτητα καθώς η προσοχή τους αποσπάται από τη συνομιλία με τους υπόλοιπους πεζούς.

5.2.4.3 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 έτσι ώστε να συγκριθεί η συμπεριφορά που εμφανίζουν.

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

$$\text{Logspeed (No Distraction)} = -0,033 \times \text{Age} - 0,063 \times \text{Accompanied} + 0,026 \times \text{Crossinglength} - (3,627 \times 10^{-5}) \times \text{Volume2}$$

Όπου:

- ❖ Logspeed (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της ταχύτητας των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής (m/sec)
- ❖ Age (Διατεταγμένη μεταβλητή): Ηλικία πεζών (1: <18 ετών, 2: 18-35 ετών, 3: 35-65 ετών, 4: >65 ετών)
- ❖ Accompanied (Διακριτή μεταβλητή): Συνοδεία πεζών (1: συνοδεία, 0: όχι συνοδεία)
- ❖ Crossinglength (Συνεχής μεταβλητή): Μήκος διάβασης (m)
- ❖ Volume2 (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών στη διάβαση υψωμένος στη δεύτερη δύναμη (πεζοί)

Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,748 ^a	,560	,556	,0959470384

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

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	Age	-,033	,005	-,644	-6,562	,000
	Accompanied	-,063	,010	-,248	-6,194	,000
	Crossinglength	,026	,002	1,460	15,231	,000
	Volume2	-3,627E-005	,000	-,134	-3,200	,001

Πίνακας 5.12: Μεταβλητές στην εξίσωση (Coefficients)

5.2.4.3.1 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 0,560 και είναι αρκετά υψηλός δεδομένου πειράματος.
- ❖ 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**.

5.2.4.3.2 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 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.

5.2.5 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.

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

$$e_i = \beta_i * \left(\frac{X_i}{Y_i} \right), \text{ για συνεχείς μεταβλητές}$$

$$e_i = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^l e^{\beta_{ik} x_n}}{\sum_{i=1}^l e^{\beta_{ik} x_n}} - 1, \text{ για διατεταγμένες και διακριτές μεταβλητές}$$

Ο προσδιορισμός της **σχετικής επιρροής** κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής αποδείχθηκε η καταλληλότερη τεχνική για την εύρεση και σύγκριση των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών. Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση $e_i = \beta_i * (X_i / Y_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών. 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.

<i>LogPedestrianSpeed</i>						
	Distracted			Non Distracted		
Variables	β	ei(yes)	ei*(yes)	β	ei(no)	ei*(no)
Age	-0,018	-0,38	13,54	-0,033	3,45	-123,39
Accompanied	-0,052	-0,07	2,37	-0,063	1,09	-38,88
Crossing Length	0,021	1,47	-52,69	0,026	-4,41	157,63
(Pedestrian Volume) ²	-0,00006056	-0,03	1,00	-0,00003627	0,87	-31,13

Πίνακας 5.13: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων ταχύτητας

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.

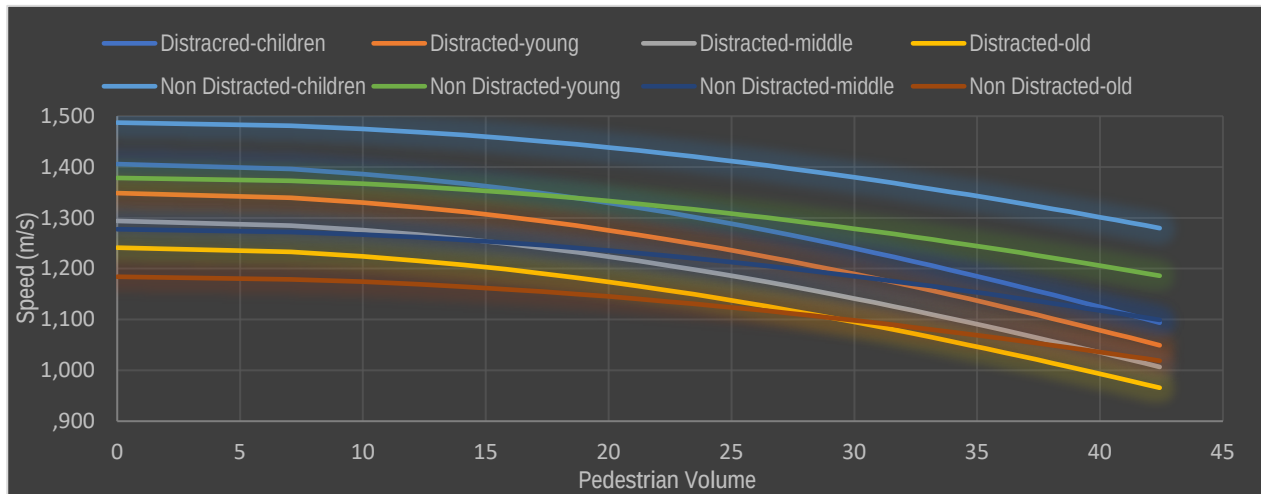
Η σύγκριση των επιρροών πραγματοποιήθηκε τόσο για το κάθε μοντέλο ξεχωριστά όσο και για τα δύο μοντέλα μαζί και προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Και στα **δύο μοντέλα**, τη **μεγαλύτερη επιρροή** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών εμφανίζει το **μήκος της διάβασης** και την **μικρότερη** το **τετράγωνο του φόρτου πεζών** που καταλαμβάνουν τη διάβαση. Συγκεκριμένα, το μήκος της διάβασης επηρεάζει τους πεζούς με απόσπαση 52.69 φορές περισσότερο και τους πεζούς χωρίς απόσπαση 157.63 φορές περισσότερο σε σχέση με τη μεταβλητή με την μικρότερη επιρροή.
- ❖ Και στα **δύο μοντέλα**, οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ταχύτητα ταξινομούνται ως: Μήκος διάβασης, Ηλικία, Συνοδεία και Φόρτος πεζών υψωμένος στο τετράγωνο (ξεκινώντας από τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή).
- ❖ Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα μεταξύ τους, προκύπτει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν σε **πολύ μεγαλύτερο βαθμό** την ταχύτητα των πεζών που **δεν παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής** (control group) σε σχέση με όσους διασχίζουν τη διάβαση χρησιμοποιώντας το κινητό τους, ενδεχομένως λόγω του γεγονότος ότι οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής έχουν σημαντικά περισσότερες επιλογές και διακύμανση στη συμπεριφορά τους.

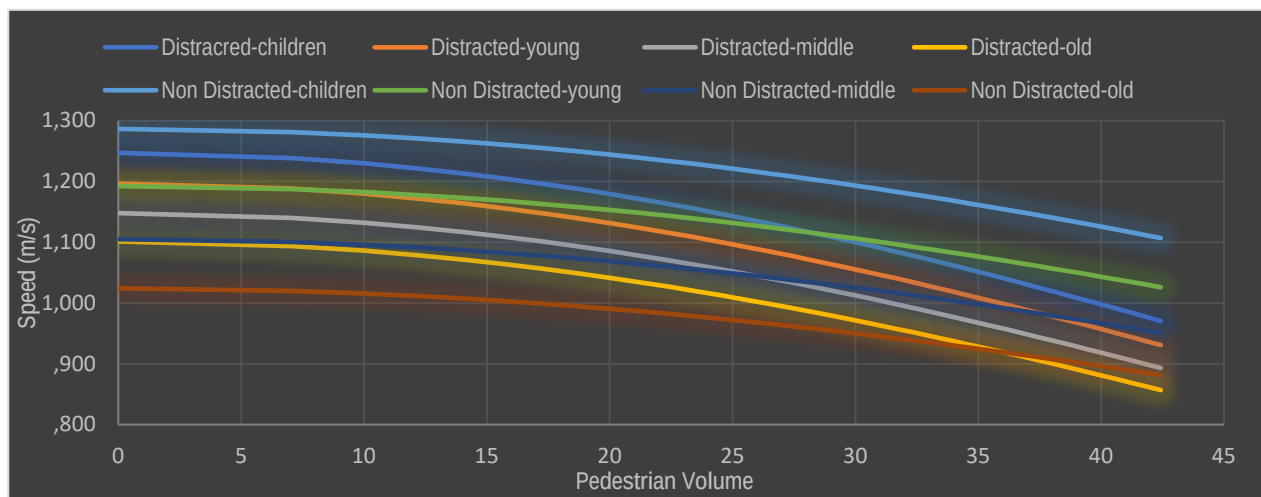
5.2.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην 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** την **ταχύτητα** των πεζών και όχι τον λογάριθμό της, καθώς και ως ανεξάρτητη τον κυκλοφοριακό φόρτο των πεζών και όχι το τετράγωνό του.

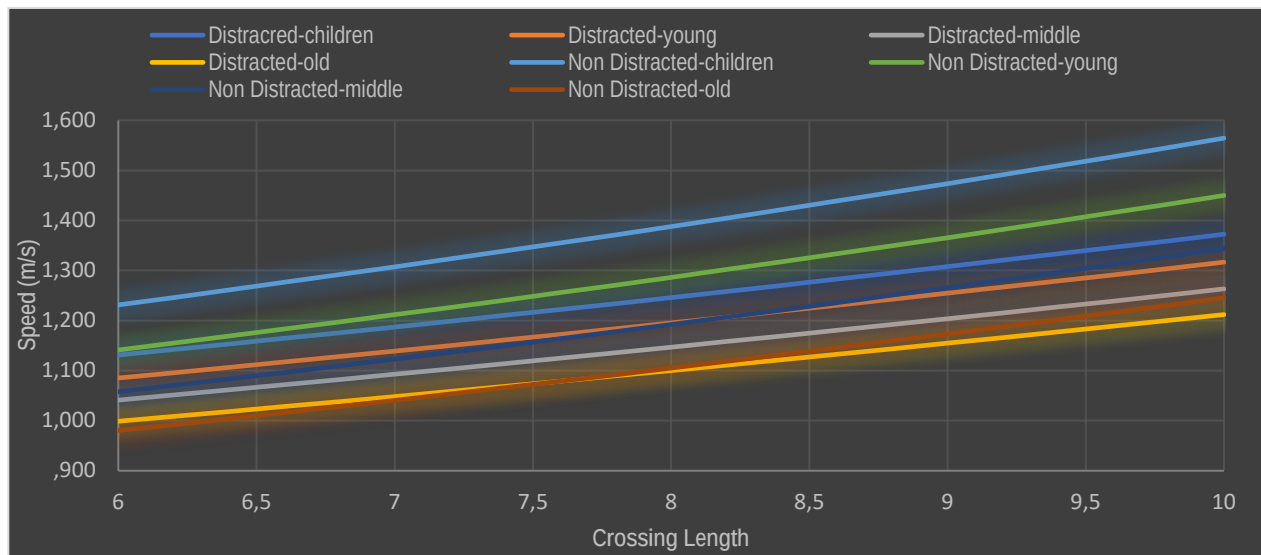
Από τους συνδυασμούς που πραγματοποιήθηκαν, παρουσιάζονται εκείνοι με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον:



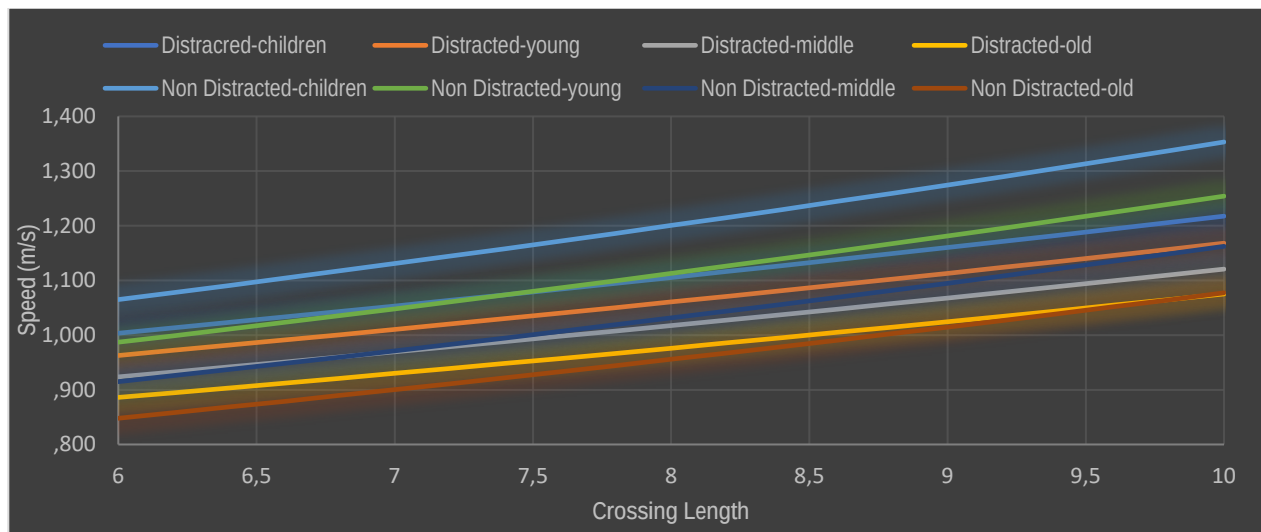
Διάγραμμα 5.1: Ταχύτητα πεζών προς κυκλοφοριακό φόρτο πεζών (Μήκος διάβασης=7.9 m, Όχι Συνοδεία)



Διάγραμμα 5.2: Ταχύτητα πεζών προς κυκλοφοριακό φόρτο πεζών (Μήκος διάβασης=7.9 m, Συνοδεία)



Διάγραμμα 5.3: Ταχύτητα πεζών προς μήκος διάβασης
(Κυκλοφοριακός φόρτος πεζών=30 πεζοί, Όχι Συνοδεία)



Διάγραμμα 5.4: Ταχύτητα πεζών προς μήκος διάβασης
(Κυκλοφοριακός φόρτος πεζών=30 πεζοί, Συνοδεία)

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 μεταβάλλεται με τον κυκλοφοριακό φόρτο πεζών** και αυξητική τάση όταν μεταβάλλεται με το μήκος διάβασης, όπως ακριβώς αναφέρθηκε και προηγουμένως. Αναφορικά με την ηλικία, παρατηρείται ότι τη χαμηλότερη ταχύτητα την εμφανίζουν οι ηλικιωμένοι που δεν πραγματοποιούν χρήση κινητού ενώ μόνο σε υψηλούς φόρτους πεζών εμφανίζουν μεγαλύτερη ταχύτητα συγκριτικά με τους ηλικιωμένους που έχουν απόσπαση προσοχής (Διαγράμματα 5.1 & 5.2). Το συγκεκριμένο γεγονός μπορεί να οφείλεται στο ότι οι ηλικιωμένοι χρήστες κινητού τηλεφώνου είναι μικρότεροι ηλικιακά συγκριτικά με όσους ηλικιωμένους δεν χρησιμοποιούν κινητό και άρα πιο εύκολο να κινηθούν γρηγορότερα στη διάβαση παρά την απόσπαση προσοχής.

Επιπλέον, σε **χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών** τα παιδιά με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη ταχύτητα συγκριτικά με τους νέους χωρίς απόσπαση προσοχής, καθώς είναι πολύ εξοικειωμένα με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και δεν επηρεάζεται η ταχύτητά τους σε μεγάλο βαθμό (Διαγράμματα 5.1 & 5.2). Στα Διαγράμματα 5.3 & 5.4 όμως παρουσιάζεται το αντίθετο καθώς έχει γίνει η υπόθεση φόρτου πεζών ίσο με 30 άτομα, που κρίνεται υψηλός με βάση τα δεδομένα του πειράματος. Τέλος, όταν ο φόρτος των πεζών είναι υψηλός οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με όσους δεν χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο, ανεξάρτητα από την ηλικία.

5.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΠΟΣΠΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΕΖΩΝ

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης έξι προτύπων για τη συσχέτιση των χαρακτηριστικών των πεζών με την απόσπαση προσοχής από το κινητό τηλέφωνο (αποστολή μηνυμάτων και πλοήγηση στο διαδίκτυο). Εξετάστηκαν τρεις μεταβλητές (**παρ'ολίγον ατύχημα, τροχιά, σύγκρουση με πεζούς**) για τις οποίες αναπτύχθηκαν από δύο επιμέρους μοντέλα, ένα για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής και ένα για όσους δεν παρουσίαζαν απόσπαση προσοχής.

Η ανάπτυξη όλων των μοντέλων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** καθώς η εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή διέθετε δύο τιμές.

5.3.1 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 περιελάμβανε τα δεδομένα για το σύνολο των πεζών όσο και οι δύο ξεχωριστές βάσεις που αφορούσαν τις δύο κατηγορίες πεζών, ενώ ακολούθησε ο έλεγχος συσχέτισης των μεταβλητών καθώς και οι έλεγχοι σημαντικότητάς τους. Σημειώνεται ότι τα τελικά μοντέλα προέκυψαν ύστερα από πληθώρα δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών προτύπων που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν. Στις δοκιμές αυτές, απορρίφθηκαν όσες μεταβλητές δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική επιρροή στο μοντέλο ενώ σημειώνεται ότι τα μοντέλα που τελικώς επιλέχθηκαν εμφάνιζαν τα μεγαλύτερα ποσοστά πρόβλεψης για τις επιμέρους κατηγορίες.

5.3.2 Περιγραφική στατιστική

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	18	12,7	12,7	12,7
1	124	87,3	87,3	100,0
Total	142	100,0	100,0	

Πίνακας 5.14: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Greenlight) στους πεζούς με απόσπαση προσοχής

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	119	28,9	28,9	28,9
1	293	71,1	71,1	100,0
Total	412	100,0	100,0	

Πίνακας 5.15: Περιγραφική στατιστική διακριτής μεταβλητής (Greenlight) στους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής

5.3.3 Συσχέτιση των μεταβλητών

			Distraction	Nearmisses	Conflict	Trajectory
Spearman's rho	Distraction	Correlation Coefficient	1,000	,071	-,070	-,016
		Sig. (2-tailed)	.	,095	,101	,705
		N	554	554	554	554
	Nearmisses	Correlation Coefficient	,071	1,000	-,043	-,080
		Sig. (2-tailed)	,095	.	,316	,061
		N	554	554	554	554
	Conflict	Correlation Coefficient	-,070	-,043	1,000	-,044
		Sig. (2-tailed)	,101	,316	.	,297
		N	554	554	554	554
	Trajectory	Correlation Coefficient	-,016	-,080	-,044	1,000
		Sig. (2-tailed)	,705	,061	,297	.
		N	554	554	554	554

Πίνακας 5.16: Συντελεστής συσχέτισης διακριτών μεταβλητών

5.3.4 Παρουσίαση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα επιμέρους μοντέλα κάθε κατηγορίας που δημιουργήθηκαν ξεχωριστά για τους πεζούς με και χωρίς απόσπαση προσοχής. Σημειώνεται πως όλα τα μοντέλα αναπτύχθηκαν σύμφωνα με την διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν διακριτή με δύο τιμές.

5.3.4.1 Πρότυπο για παρ'ολίγον ατυχήματα πεζών με απόσπαση προσοχής

Σκοπός της δημιουργίας των δύο επιμέρους προτύπων ήταν η σύγκριση των χαρακτηριστικών ασφαλείας των πεζών με ή χωρίς απόσπαση προσοχής. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν μοντέλα με ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές ώστε να πραγματοποιηθεί σύγκρισή τους. Ύστερα από πληθώρα δοκιμών ώστε να βρεθούν οι κατάλληλες ανεξάρτητες μεταβλητές, προέκυψε το μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής το οποίο συσχέτιζε την πιθανότητα για εμπλοκή σε παρ'ολίγον ατύχημα με όχημα, με **τρεις** ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

U (Distraction): $3,287 \times \text{Red Light} + 0,083 \times \text{Pedestrian volume} + 6,158 \times \text{Logspeed} - 0,820 \times \text{Crossinglength}$

Όπου:

- ❖ Red Light: Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη
- ❖ Pedestrian volume (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών στη διάβαση (πεζοί)
- ❖ Logspeed (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της ταχύτητας των πεζών με απόσπαση προσοχής (m/sec)
- ❖ Crossinglength (Συνεχής μεταβλητή): Μήκος διάβασης (m)
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Η πιθανότητα ένας πεζός που παρουσιάζει απόσπαση προσοχής να εμπλακεί σε παρ'ολίγον ατύχημα με κάποιο όχημα εξαρτάται άμεσα από το U και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

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

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	33,580 ^a	,683	,911

Πίνακας 5.17: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Step	Chi-square	df	Sig.
1	2,667	8	,954

Πίνακας 5.18: Hosmer & Lemeshow Test

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Greenlight(1)	3,287	,973	11,399	1	,001	26,756
Pedestrianvolume	,083	,043	3,711	1	,054	1,086
Logspeed	6,158	4,013	2,354	1	,125	472,401
Crossinglength	-,820	,184	19,907	1	,000	,441

Πίνακας 5.19: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

5.3.4.1.1 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:

- ❖ Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,865 και μεγαλύτερο του 5%.
- ❖ Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,692 και 0,923 αντίστοιχα (αρκετά υψηλοί) αν και δεν 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**.

5.3.4.1.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι **πεζοί με απόσπαση προσοχής έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα κατά 26,8 φορές** να εμπλακούν σε ατύχημα όταν η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη είναι κόκκινη καθώς διασχίζουν παράνομα την οδό και μπορεί να

μην προσέξουν κάποιο διερχόμενο όχημα. Επιπλέον, η πιθανότητα για παρ'ολίγον ατύχημα αυξάνεται με την αύξηση του φόρτου πεζών και με την αύξηση του λογαρίθμου και άρα της ταχύτητάς τους. Όμοια με προηγουμένως, όσο περισσότεροι είναι οι πεζοί που καταλαμβάνουν τη διάβαση τόσο δυσκολότερο είναι να προσέξουν τη λοιπή κυκλοφορία καθώς κοιτάζουν την οθόνη του κινητού τους, ενώ όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητά τους τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος που διαθέτουν για να αντιδράσουν σε περίπτωση εμπλοκής. 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 (No Distraction): $2,269 \times \text{Red Light} - 0,074 \times \text{Pedestrian volume} + 3,866 \times \text{Logspeed} - 0,543 \times \text{Crossing length}$

Όπου:

- ❖ Red Light: Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη
- ❖ Pedestrian volume (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών στη διάβαση (πεζοί)
- ❖ Logspeed (Συνεχής μεταβλητή): Λογάριθμος της ταχύτητας των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής (m/sec)
- ❖ Crossing length (Συνεχής μεταβλητή): Μήκος διαβάσης (m)
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	81,922 ^a	,695	,927

Πίνακας 5.20: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Step	Chi-square	df	Sig.
1	6,624	8	,578

Πίνακας 5.21: Hosmer & Lemeshow Test

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Greenlight(1)	2,269	,798	8,095	1	,004	9,671
Pedestrianvolume	-,074	,036	4,328	1	,037	,928
Logspeed	3,866	2,834	1,860	1	,173	47,742
Crossinglength	-,543	,107	25,724	1	,000	,581

Πίνακας 5.22: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

5.3.4.2.1 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:

- ❖ Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,578 και μεγαλύτερο του 5%.
- ❖ Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,695 και 0,927 αντίστοιχα (αρκετά υψηλοί) αν και δεν 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 εκτός από το *Logspeed*. Όμως, καθώς ο συντελεστής t ισούται με 1,860 και άρα μεγαλύτερος του 1,7, θεωρείται αποδεκτή η μεταβλητή.
- ❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.3.4.2.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου καθίσταται φανερό πως η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, ο λογάριθμος της ταχύτητας και άρα η ταχύτητα καθώς και το μήκος διάβασης επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο το συγκεκριμένο μοντέλο όπως και το μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής. Η μοναδική διαφοροποίηση έγκειται στην επιρροή του φόρτου των πεζών, καθώς **αύξηση του φόρτου των πεζών οδηγεί σε μείωση της πιθανότητας εμπλοκής** σε ατύχημα καθώς οι πεζοί έχουν πλήρη επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας και 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.

5.3.4.3 Πρότυπο για τροχιά πεζών με απόσπαση προσοχής

Ακολουθώντας την προαναφερθείσα διαδικασία, προέκυψε το μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής το οποίο συσχέτιζε την πιθανότητα για διατήρηση ευθείας τροχιάς, με **τέσσερις** ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

U (Distraction): $-0,893 \times \text{Red Light} + 0,526 \times \text{Non_Vehicleoncrossing} + 1,095 \times \text{Numberoflanes}(1) + 0,695 \times \text{Numberoflanes}(2)$

Όπου:

- ❖ Red Light: Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη
- ❖ Non_Vehicleoncrossing: Όχι ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση
- ❖ Numberoflanes (Διακριτή μεταβλητή): Αριθμός λωρίδων (1:1 λωρίδα, 2: 2 λωρίδες, 3: 3 λωρίδες)
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	164,992 ^a	,201	,268

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

Step	Chi-square	df	Sig.
1	3,135	5	,679

Πίνακας 5.24: Hosmer & Lemeshow Test

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Greenlight(1)	-,893	,546	2,675	1	,102	,409
Vehicleoncrossing(1)	,526	,282	3,494	1	,062	1,693
Numberoflanes			7,480	2	,024	
Numberoflanes(1)	1,095	,426	6,601	1	,010	2,989
Numberoflanes(2)	,695	,401	2,995	1	,084	2,003

Πίνακας 5.25: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

5.3.4.3.1 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:

- ❖ Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,679 και μεγαλύτερο του 5%.
- ❖ Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,201 και 0,268 αντίστοιχα αν και δεν 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 δύο μεταβλητές και μικρότερο του 10% για τις υπόλοιπες. Η μεταβλητή *Greenlight* είναι αποδεκτή καθώς το επίπεδο σημαντικότητάς της είναι λίγο μεγαλύτερο από 10% (0,102).

❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.3.4.3.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα του μοντέλου προκύπτει πως οι πεζοί που διασχίζουν παράνομα τη διάβαση, όταν δηλαδή η **ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη είναι κόκκινη, έχουν μικρότερη πιθανότητα να διατηρήσουν ευθεία τροχιά** καθώς πιθανόν χρειάζεται να αποφύγουν κάποιο διερχόμενο όχημα. Επίσης, όταν δεν υπάρχει όχημα πάνω στη διάβαση η πιθανότητα για ευθεία τροχιά είναι μεγαλύτερη κατά 1,7 σε σχέση με την αντίθετη περίπτωση ενώ τέλος όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας τόσο μεγαλύτερη είναι και η πιθανότητα των πεζών να ακολουθήσουν ευθεία τροχιά καθώς η διανυόμενη απόσταση είναι μικρότερη και απαιτείται μικρότερος αριθμός κινήσεων ώστε να αποφύγουν τυχόν εμπόδια.

5.3.4.4 Πρότυπο για τροχιά πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής

U (No Distraction): $-0,687 \times \text{Red Light} + 1,196 \times \text{Non_Vehicleoncrossing} + 0,315 \times \text{Numberoflanes}(1) + 0,525 \times \text{Numberoflanes}(2)$

Όπου:

- ❖ Red Light: Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη
- ❖ Non_Vehicleoncrossing: Όχι ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση
- ❖ Numberoflanes (Διακριτή μεταβλητή): Αριθμός λωρίδων (1:1 λωρίδα, 2: 2 λωρίδες, 3: 3 λωρίδες)
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	462,493 ^a	,232	,309

Πίνακας 5.26: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Step	Chi-square	df	Sig.
1	5,692	5	,337

Πίνακας 5.27: Hosmer & Lemeshow Test

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Greenlight(1)	-,687	,230	8,913	1	,003	,503
Vehicleoncrossing(1)	1,196	,168	50,833	1	,000	3,306
Numberoflanes			4,513	2	,105	
Numberoflanes(1)	,315	,209	2,275	1	,131	1,371
Numberoflanes(2)	,525	,287	3,356	1	,067	1,691

Πίνακας 5.28: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

5.3.4.4.1 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:

- ❖ Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,337 και μεγαλύτερο του 5%.
- ❖ Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,232 και 0,309 αντίστοιχα αν και δεν 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 εκτός από τη μεταβλητή για τη μία λωρίδα κυκλοφορίας *Numberoflanes(1)* η οποία θεωρείται αποδεκτή καθώς το επίπεδο είναι λίγο μεγαλύτερο από 10% (0,131).
- ❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.3.4.4.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα καθίσταται φανερό πως όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζουν με όμοιο τρόπο την πιθανότητα των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής να διατηρήσουν ευθεία τροχιά όπως επηρεάζουν και τους πεζούς που πραγματοποιούν χρήση κινητού. Γι' αυτό το λόγο, η σύγκριση των δύο κατηγοριών πεζών πραγματοποιήθηκε κυρίως μέσω της εύρεσης της σχετικής επιρροής των μεταβλητών και τη μεταξύ τους σύγκριση.

5.3.4.5 Πρότυπο για σύγκρουση πεζών με απόσπαση προσοχής

Ακολουθώντας την προαναφερθείσα διαδικασία, προέκυψε το μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής το οποίο συσχετίζει την πιθανότητα για σύγκρουση με άλλους πεζούς, με **τέσσερις** ανεξάρτητες μεταβλητές και μία **σταθερά**. Οι μεταβλητές αλλά και η μαθηματική έκφραση του μοντέλου παρουσιάζονται παρακάτω:

U (Distraction): $-7,877 + 0,122 \times \text{Pedestrianvolume} + 2,509 \times \text{Non_Accompanied} + 1,041 \times \text{Weekend} + 1,048 \times \text{Non_Vehicleoncrossing}$

Όπου:

- ❖ Pedestrianvolume (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών στη διάβαση (πεζοί)
- ❖ Non_Accompanied: Όχι Συνοδεία πεζών
- ❖ Weekend: Σαββατοκύριακο
- ❖ Non_Vehicleoncrossing (Διακριτή μεταβλητή): Όχι ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	95,258 ^a	,154	,271

Πίνακας 5.29: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Step	Chi-square	df	Sig.
1	4,015	8	,856

Πίνακας 5.30: Hosmer & Lemeshow Test

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Pedestrianvolume	,122	,034	13,149	1	,000	1,129
Accompanied(1)	2,509	1,266	3,927	1	,048	12,293
Weekday(1)	1,041	,581	3,203	1	,073	2,831
Vehicleoncrossing(1)	1,048	,759	1,907	1	,167	2,853
Exp_c.length	,000	,000	2,867	1	,090	1,000
Constant	-7,877	1,876	17,638	1	,000	,000

Πίνακας 5.31: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)

5.3.4.5.1 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:

- ❖ Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,856 και μεγαλύτερο του 5%.
- ❖ Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,154 και 0,271 αντίστοιχα αν και δεν 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 εκτός από τη μεταβλητή για το όχημα εντός διαβάσης *Non_Vehicleoncrossing* η οποία θεωρείται αποδεκτή καθώς το επίπεδο είναι μεγαλύτερο από 10% αλλά ο συντελεστής t είναι μεγαλύτερος από 1,7.
- ❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.3.4.5.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τα αποτελέσματα καθίσταται φανερό **πώς αυξανόμενου του φόρτου των πεζών αυξάνεται και η πιθανότητα για σύγκρουση** μεταξύ τους, το οποίο είναι προφανές. Όσοι πεζοί πραγματοποιούν χρήση κινητού Όχι ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση κατά 12,3 φορές να συγκρουστούν με τους υπόλοιπους πεζούς καθώς η προσοχή τους είναι στραμμένη στην οθόνη του κινητού και δεν υπάρχει κάποιο άτομο δίπλα τους να τους υποδείξει τη διαδρομή που οφείλουν να ακολουθήσουν ώστε να αποφύγουν τη σύγκρουση.

Επιπλέον, το Σαββατοκύριακο οι πεζοί με απόσπαση προσοχής είναι πιθανόν αφηρημένοι καθώς αποστέλλουν μηνύματα στους χρήστες που σκοπεύουν να συναντήσουν καθώς συνήθως η διαδρομή που πραγματοποιούν αφορά συχνά σκοπό αναψυχής. Έτσι, εμφανίζουν 2,8 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να συγκρουστούν με τους υπόλοιπους πεζούς σε σχέση με τις καθημερινές. Αναφορικά με την ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση, στην περίπτωση που συμβαίνει αυτό η πιθανότητα σύγκρουσης των πεζών με απόσπαση προσοχής μειώνεται κατά 2,9 φορές καθώς επιλέγουν να διασχίσουν τη διάβαση από διαφορετικά σημεία ώστε να αποφύγουν το όχημα. Τέλος, παρατηρείται ότι η εκθετική συνάρτηση του μήκους διάβασης (*Exp_c.length*) δεν παρουσιάζει καμία επιρροή στο μοντέλο ενώ η ύπαρξη σταθεράς με αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει την ύπαρξη άγνωστων παραγόντων που μειώνουν την πιθανότητα σύγκρουσης των πεζών μεταξύ τους.

5.3.4.6 Πρότυπο για σύγκρουση πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής

U (No Distraction): $-3,598 + 0,116 \times \text{Pedestrianvolume} - 0,900 \times \text{Non_Accompanied} - 0,409 \times \text{Weekend} + 0,646 \times \text{Non_Vehicleoncrossing}$

Όπου:

- ❖ Pedestrianvolume (Συνεχής μεταβλητή): Φόρτος πεζών στη διάβαση (πεζοί)
- ❖ Non_Accompanied: Όχι Συνοδεία πεζών
- ❖ Weekend: Σαββατοκύριακο
- ❖ Non_Vehicleoncrossing (Διακριτή μεταβλητή): Όχι ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας
- ❖ U: Συνάρτηση Χρησιμότητας

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	357,188 ^a	,151	,235

Πίνακας 5.32: Περίληψη προτύπου και Συντελεστής R^2 (Model Summary)

Step	Chi-square	df	Sig.
1	5,561	8	,696

Πίνακας 5.33: *Hosmer & Lemeshow Test*

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a Pedestrianvolume	,116	,019	39,185	1	,000	1,123
Accompanied(1)	-,900	,277	10,591	1	,001	,407
Weekday(1)	-,409	,318	1,656	1	,198	,664
Vehicleoncrossing(1)	,646	,343	3,555	1	,059	1,908
Exp_c.length	,000	,000	11,752	1	,001	1,000
Constant	-3,598	,553	42,292	1	,000	,027

Πίνακας 5.34: *Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)*

5.3.4.6.1 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:

- ❖ Ικανοποιείται ο έλεγχος **Hosmer & Lemeshow Test** καθώς το επίπεδο σημαντικότητας είναι ίσο με 0,696 και μεγαλύτερο του 5%.
- ❖ Οι **συντελεστές R^2** είναι ίσοι με 0,151 και 0,235 αντίστοιχα αν και δεν 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) εκτός από τη μεταβλητή *Weekend* που όμως θεωρείται αποδεκτή καθώς ο συντελεστής t είναι πολύ κοντά στο 1,7 με τιμή 1,656.
- ❖ Το **επίπεδο σημαντικότητας** είναι μικρότερο από 5% για όλες τις μεταβλητές εκτός από τη μεταβλητή *Weekend*, η οποία όμως θεωρείται αποδεκτή καθώς ο συντελεστής t είναι κοντά στο 1,7 ακόμα και αν το επίπεδο σημαντικότητας είναι μεγαλύτερο του 10%.
- ❖ Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά**.

5.3.4.6.2 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Παρατηρείται ότι ο φόρτος των πεζών, η ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση, η εκθετική συνάρτηση του μήκους διάβασης καθώς και η σταθερά επηρεάζουν με παρόμοιο τρόπο την πιθανότητα σύγκρουσης όπως και στο προηγούμενο μοντέλο. Αναφορικά με την ύπαρξη συνοδείας, **οι πεζοί που δεν παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου και συνοδεύονται εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να συγκρουστούν με άλλους πεζούς**. Μία πιθανή εξήγηση είναι πως η συνομιλία με άλλους πεζούς αποτελεί ένα διαφορετικό είδος απόσπασης προσοχής με αποτέλεσμα να

απορροφώνται και να είναι απρόσεκτοι. Τέλος, αναφορικά με την ημέρα της εβδομάδας, τις καθημερινές η πιθανότητα για σύγκρουση είναι μεγαλύτερη καθώς δεδομένου ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη μεσημεριναή αιχμή γίνεται η θεώρηση ότι η διαδρομή αφορά σκοπό εργασίας και άρα οι πεζοί όντας κουρασμένοι δεν προσέχουν.

5.3.5 Σχετική επιρροή των μεταβλητών των επιμέρους μοντέλων

5.3.5.1 Πρότυπα για παρ'ολίγον ατυχήματα

<i>Near Misses</i>						
	Distracted			Non Distracted		
Variables	β	ei(yes)	ei*(yes)	β	ei(no)	ei*(no)
Greenlight	3,287	59,87	174,31	2,269	9,68	28,18
Crossing Length	-0,820	-3,55	-10,33	-0,543	-3,86	-11,23
LogSpeed	6,158	0,34	1,00	3,866	0,36	1,06
Pedestrian Volume	0,083	0,82	2,39	-0,074	-0,84	-2,43

Πίνακας 5.35: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων ατυχημάτων

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

- ❖ Και στα δύο μοντέλα, τη **μεγαλύτερη επιρροή** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών εμφανίζει η **ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη** και την **μικρότερη ο λογάριθμος της ταχύτητας**. Συγκεκριμένα, η ένδειξη του σηματοδότη επηρεάζει τους πεζούς με απόσπαση 174,31 φορές περισσότερο και τους πεζούς χωρίς απόσπαση 28,18 φορές περισσότερο σε σχέση με τη μεταβλητή με την μικρότερη επιρροή.
- ❖ Και στα **δύο μοντέλα**, οι μεταβλητές που επηρεάζουν την πιθανότητα για ατύχημα ταξινομούνται ως: Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Μήκος διάβασης, Φόρτος πεζών και Λογάριθμος της ταχύτητας (ξεκινώντας από τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή).
- ❖ Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα μεταξύ τους, παρατηρείται πως **δεν υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση** στη σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς οι τιμές ei^* είναι παρόμοιες και για τα δύο μοντέλα. Εξάιρεση αποτελεί η επιρροή της ένδειξης του σηματοδότη η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη στο μοντέλο των πεζών με απόσπαση προσοχής.

5.3.5.2 Πρότυπα για τροχιά πεζών

<i>Trajectory</i>						
	Distracted			Non Distracted		
Variables	β	ei(yes)	ei*(yes)	β	ei(no)	ei*(no)
Vehicle On Crossing	0.526	91.12	617.03	1.196	5.75	38.91
1 Lane	1.095	0.62	4.23	0.315	0.15	1.00
2 Lanes	0.695	0.36	2.44	0.525	-0.40	-2.68
Greenlight	-0.893	-0.76	-5.14	-0.687	-0.65	-4.42

Πίνακας 5.36: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων τροχιάς

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

- ❖ Και στα **δύο μοντέλα**, τη **μεγαλύτερη επιρροή** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών εμφανίζει η **ύπαρξη οχήματος πάνω στη διάβαση** ενώ την **μικρότερη** η ύπαρξη μίας και δύο λωρίδων αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, η ύπαρξη οχήματος επηρεάζει τους πεζούς με απόσπαση 617,03 φορές περισσότερο και τους πεζούς χωρίς απόσπαση 38,91 φορές περισσότερο σε σχέση με τη μεταβλητή με την μικρότερη επιρροή.
- ❖ Αξιοσημείωτη είναι η πολύ μεγάλη διαφορά της σχετικής επιρροής της μεταβλητής *Vehicle on crossing* καθώς η τιμή 617,03 είναι πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με τις επιμέρους τιμές του μοντέλου αλλά και σε σχέση με τις τιμές του μοντέλου για τους πεζούς χωρίς απόσπαση προσοχής, καταδεικνύοντας ενδεχομένως ότι η ύπαρξη οχήματος επί της διάβασης αναταράσσει τη φυσιολογική κίνηση των πεζών με ιδιαίτερα σημαντική επιρροή στους πεζούς με απόσπαση προσοχής.

5.3.5.3 Πρότυπα για σύγκρουση πεζών

<i>Conflict</i>						
	Distracted			Non Distracted		
Variables	β	ei (yes)	ei* (yes)	β	ei (no)	ei* (no)
Pedestrian Volume	0,122	2,42	-7,47	0,116	-0,71	2,20
Accompanied	2,509	14,94	-46,11	-0,900	-0,42	1,31
Exp(Crossing Length)	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
Weekday	1,041	3,05	-9,43	-0,409	-0,43	1,32
Vehicle On Crossing	1,048	2,66	-8,22	0,646	-0,32	1,00

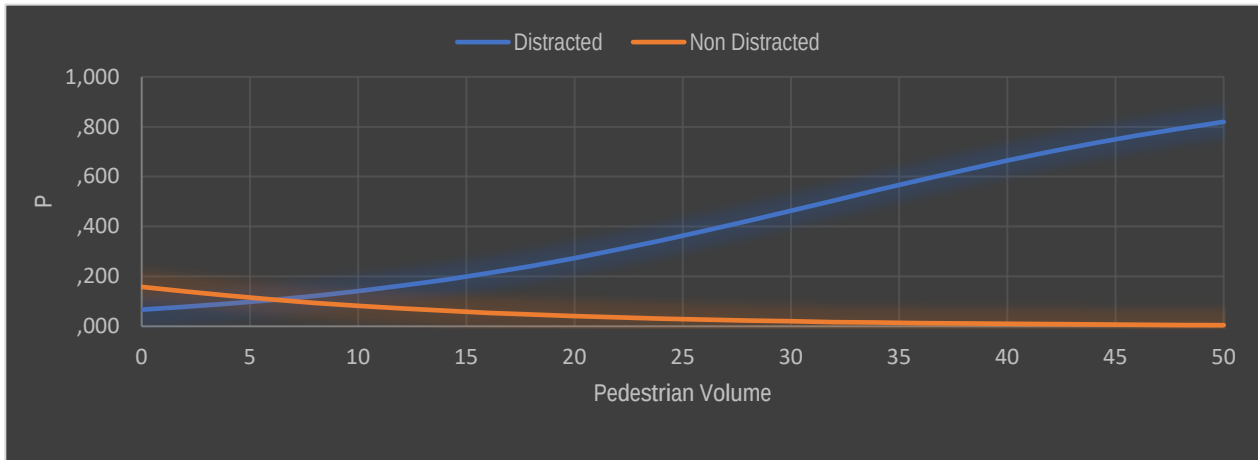
Πίνακας 5.37: Σχετική επιρροή μεταβλητών επιμέρους μοντέλων συγκρούσεων

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

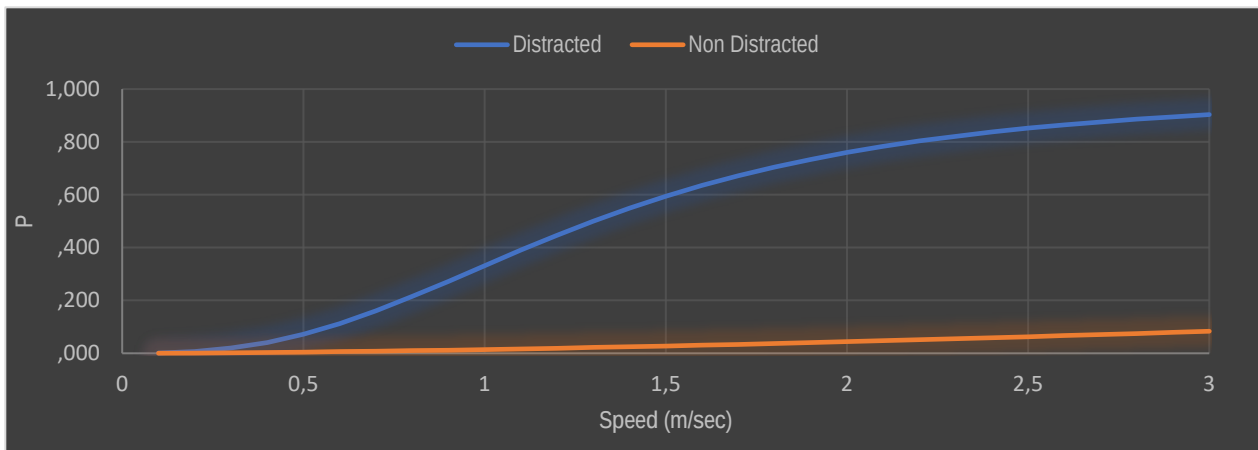
- ❖ Αναφορικά με το μοντέλο των πεζών **με απόσπαση προσοχής** τη **μεγαλύτερη** σχετική επιρροή εμφανίζει η μεταβλητή *Accompanied* η οποία επηρεάζει την πιθανότητα για σύγκρουση 46,11 φορές περισσότερο από ότι η μεταβλητή με την μικρότερη επιρροή. Για το μοντέλο με απόσπαση τη μικρότερη επιρροή έχει ο φόρτος των πεζών ενώ για το μοντέλο χωρίς απόσπαση, το όχημα πάνω στη διάβαση.
- ❖ Στο μοντέλο **χωρίς απόσπαση**, δεν παρατηρείται ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στη σχετική επιρροή των μεταβλητών. Όλες οι μεταβλητές που συμπεριλήφθηκαν εμφανίζουν παρόμοια σχετική επιρροή στην πιθανότητα σύγκρουσης.
- ❖ Στο μοντέλο **με απόσπαση**, οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ταχύτητα ταξινομούνται ως: Συνοδεία, Ημέρα της εβδομάδας, , Όχημα στη διάβαση και Φόρτος πεζών συνοδείας (ξεκινώντας από τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή). Αντίστοιχα για το μοντέλο **χωρίς απόσπαση** η σειρά είναι: Φόρτος πεζών, Ημέρα της εβδομάδας, Συνοδεία και Όχημα στη διάβαση.
- ❖ Η εκθετική συνάρτηση και άρα και το μήκος της διάβασης δεν επηρεάζουν καθόλου τα μοντέλα γι' αυτό και δεν συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση.

5.3.6 Ανάλυση ευαισθησίας

5.3.6.1 Πρότυπα για παρ'ολίγον ατυχήματα



Διάγραμμα 5.5: Πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος και φόρτος πεζών
(Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Μήκος διάβασης=7.9 m, Μέση ταχύτητα=1.23 m/sec)

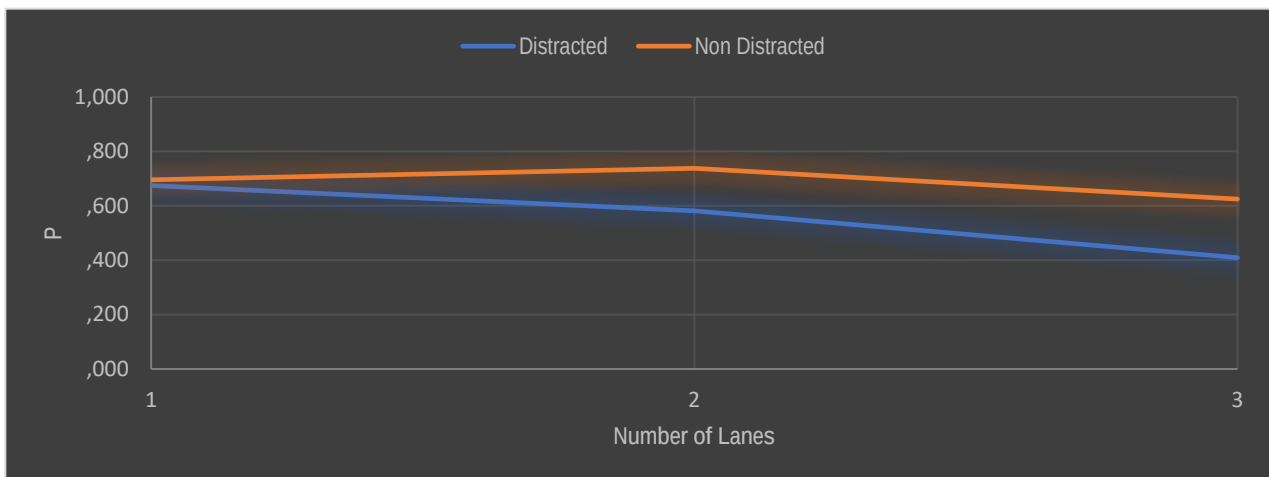


Διάγραμμα 5.6: Πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος και ταχύτητα
(Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Μήκος διάβασης=7.9 m, Κυκλοφοριακό φόρτος πεζών= 30 πεζοί)

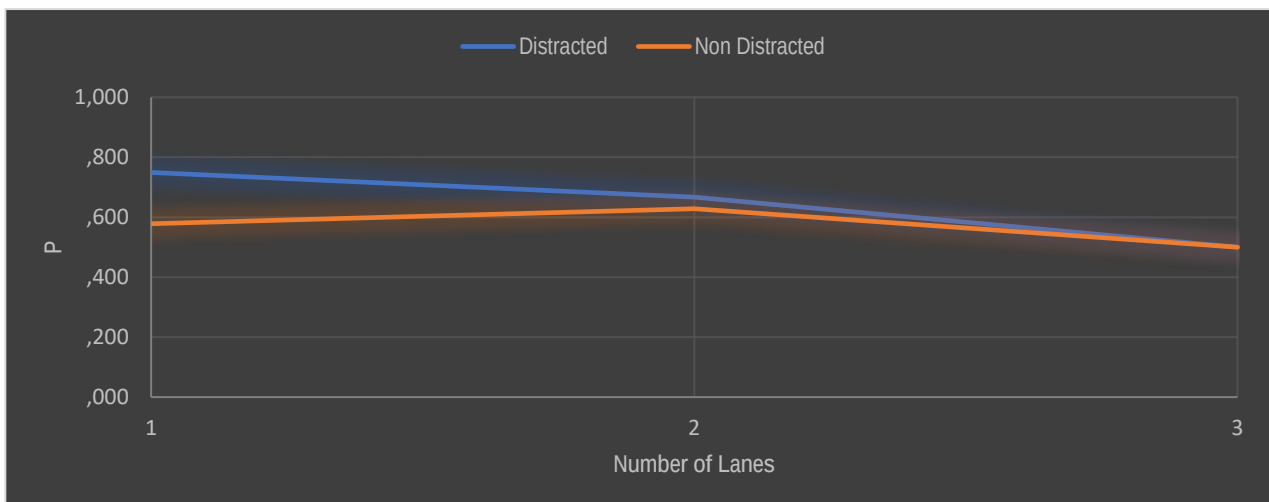
Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Από τα παραπάνω παρατηρείται πως η **πιθανότητα εμπλοκής των πεζών με απόσπαση προσοχής παρουσιάζει αυξητική τάση** και στα δύο διαγράμματα. Αντιθέτως, οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής φαίνεται να έχουν σχεδόν μηδενική πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Σε πολύ μικρούς φόρτους πεζών (Διάγραμμα 5.5), η πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος είναι μικρότερη για όσους πραγματοποιούν χρήση κινητού. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι παρότι είναι προσηλωμένοι στην οθόνη του κινητού τους η προσοχή τους δεν αποσπάται από άλλους παράγοντες, όπως η ύπαρξη πληθώρας ατόμων τριγύρω τους και επομένως έχουν επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας όντας ταυτόχρονα επιφυλακτικοί καθώς χρησιμοποιούν το κινητό τους κατά τη διέλευσή τους από τη διάβαση. Η επίδραση της ταχύτητας στην πιθανότητα ατυχημάτων αναλύθηκε παραπάνω.

5.3.6.2 Πρότυπα για τροχιά πεζών



Διάγραμμα 5.7: Πιθανότητα ευθείας τροχιάς και αριθμός λωρίδων
(Κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Απουσία οχήματος πάνω στη διάβαση)

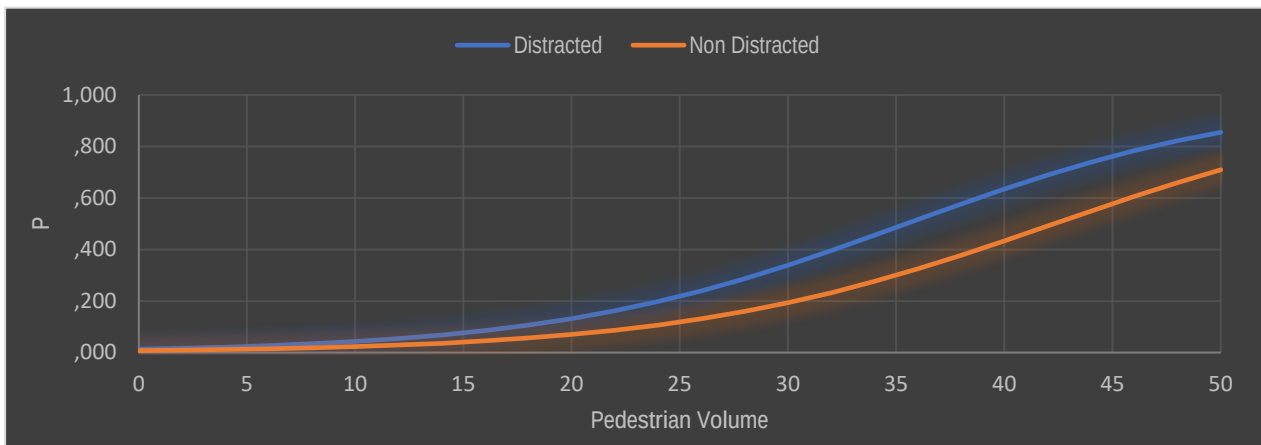


Διάγραμμα 5.8: Πιθανότητα ευθείας τροχιάς και αριθμός λωρίδων
(Πράσινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, Όχημα πάνω στη διάβαση)

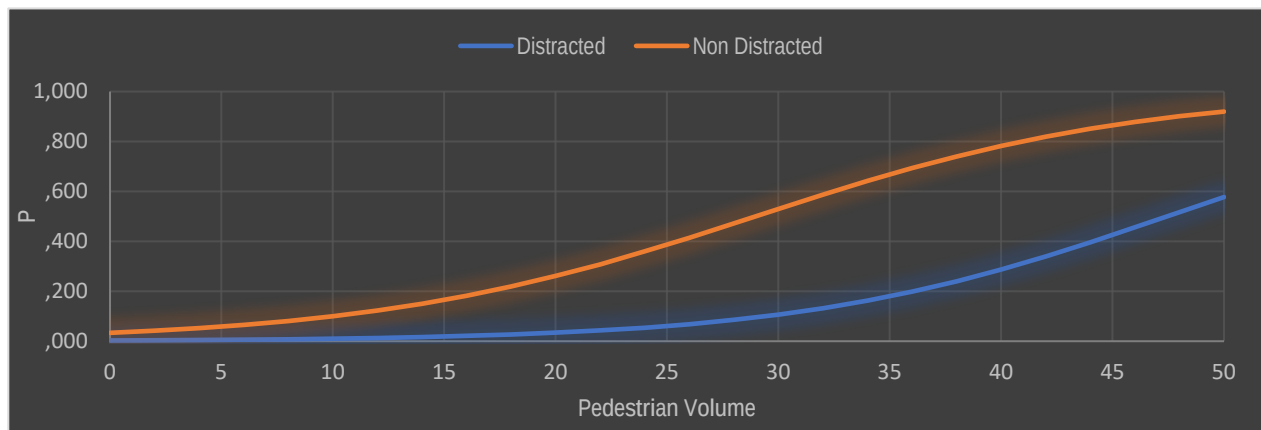
Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι στην περίπτωση ύπαρξης οχήματος πάνω στη διάβαση και πράσινης ένδειξης του σηματοδότη (Διάγραμμα 5.8) η πιθανότητα διατήρησης ευθείας τροχιάς είναι μεγαλύτερη για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής σε σχέση με τους πεζούς χωρίς απόσπαση. Η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη σε διαβάσεις επί οδών μίας λωρίδας κυκλοφορίας, γεγονός που μπορεί να συμβαίνει καθώς οι πεζοί γνωρίζουν πως δεν έχουν πλήρη επίγνωση της κυκλοφορίας εξαιτίας της χρήσης του κινητού και επομένως επιλέγουν να διασχίσουν την οδό από κάποιο σημείο που βρίσκεται πιο μακριά από το σημείο στο οποίο βρίσκεται το όχημα και άρα δεν πραγματοποιούν ελιγμούς. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν δεν υπάρχει όχημα στη διάβαση και η ένδειξη του σηματοδότη είναι κόκκινη η πιθανότητα διατήρησης ευθείας τροχιάς των πεζών που πραγματοποιούν χρήση κινητού είναι μικρότερη, καθώς η απόσπαση προσοχής τους οδηγεί σε μη έγκαιρη αντίληψη των πιθανών κινδύνων και άρα τους εξαναγκάζει σε απαραίτητους ελιγμούς (Διάγραμμα 5.7).

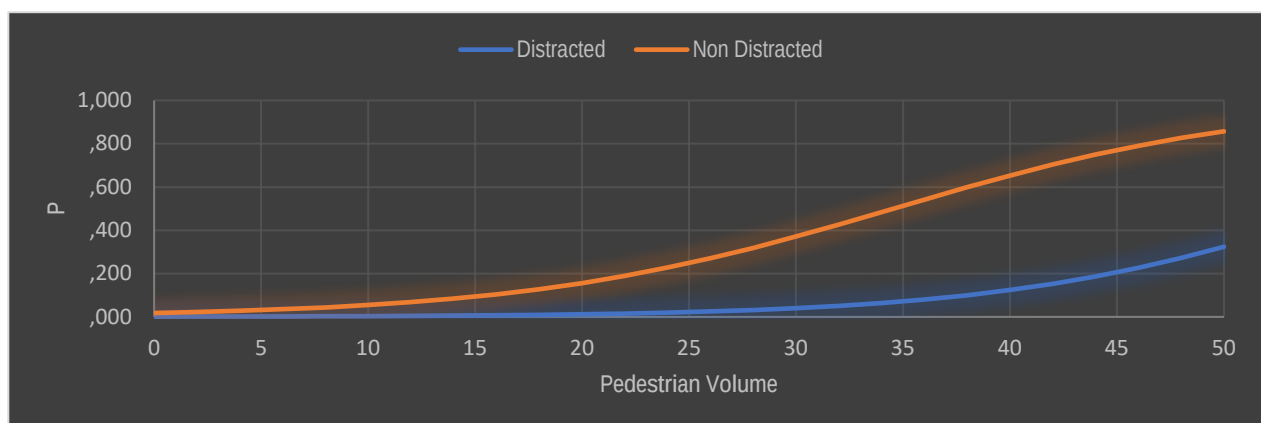
5.3.6.3 Πρότυπα για σύγκρουση πεζών



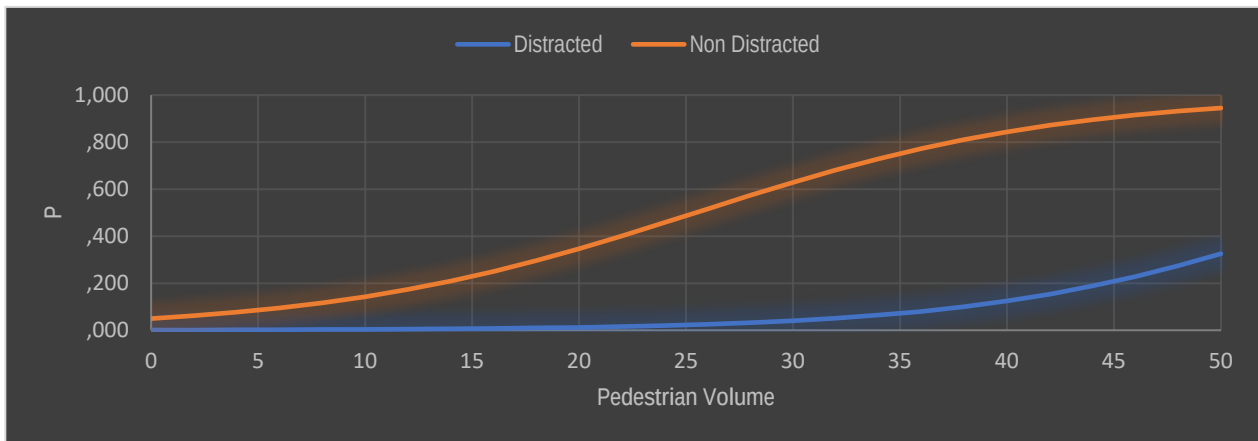
Διάγραμμα 5.9: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών
(Όχι Συνοδεία, Σαββατοκύριακο, Όχημα πάνω στη διάβαση)



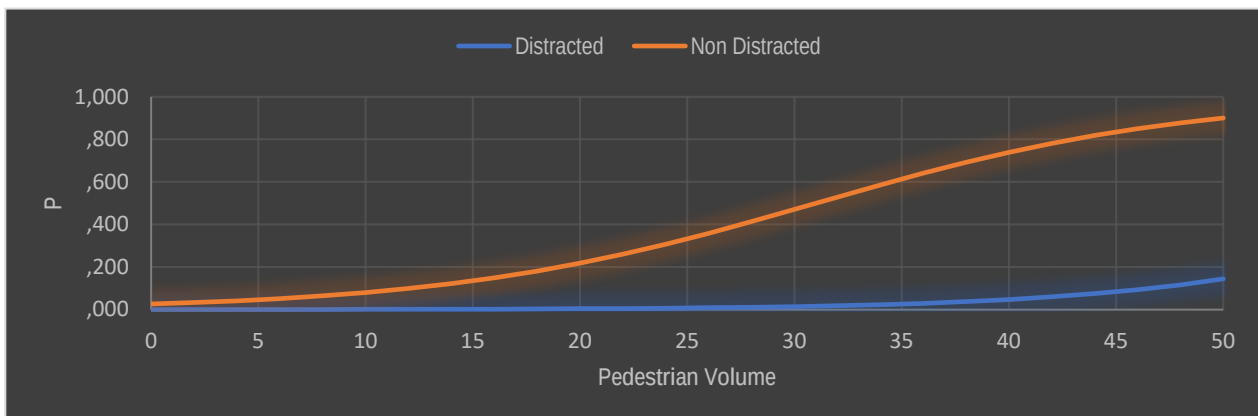
Διάγραμμα 5.10: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών
(Συνοδεία, Σαββατοκύριακο, Απουσία οχήματος πάνω στη διάβαση)



Διάγραμμα 5.11: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών
(Συνοδεία, Σαββατοκύριακο, Όχημα πάνω στη διάβαση)



Διάγραμμα 5.12: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Συνοδεία, Καθημερινή, Απουσία οχήματος πάνω στη διάβαση)



Διάγραμμα 5.13: Πιθανότητα σύγκρουσης πεζών και φόρτος πεζών (Συνοδεία, Καθημερινή, Όχημα πάνω στη διάβαση)

Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι **η πιθανότητα σύγκρουσης των πεζών μεταξύ τους παρουσιάζει αυξητική τάση σε σχέση με τον φόρτο πεζών** και για τις δύο κατηγορίες πεζών. Πιο συγκεκριμένα, οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα σύγκρουσης όταν δεν είναι συνοδευόμενοι και είναι Σαββατοκύριακο (Διάγραμμα 5.9). Το συγκεκριμένο γεγονός δικαιολογείται καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι δύο μεταβλητές αυξάνουν την πιθανότητα για σύγκρουση. Αντιθέτως, στις περιπτώσεις που οι πεζοί είναι συνοδευόμενοι, η πιθανότητα σύγκρουσης με άλλους πεζούς είναι μεγαλύτερη σε όσους δεν παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής (Διάγραμμα 5.10).

Η ύπαρξη οχήματος στη διάβαση επηρεάζει σε πολύ μικρό βαθμό όσους δεν χρησιμοποιούν το κινητό τους καθώς η συγκεκριμένη μεταβλητή παρουσίαζε τη μικρότερη επιρροή (Διαγράμματα 5.10 - 5.13). Τέλος, σε υψηλό φόρτο πεζών η διαφορά ανάμεσα στις δύο κατηγορίες πεζών που συνοδεύονται είναι πολύ μεγάλη, το οποίο μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι όσοι παρακολουθούν την οθόνη του κινητού τους και συνοδεύονται από άλλους πεζούς τείνουν να απομακρύνονται από τους υπόλοιπους καθώς καθοδηγούνται από το/την συνοδό τους (Διαγράμματα 5.12 & 5.13). Εν αντιθέσει, οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής οι οποίοι συνομιλούν κατά τη διέλευσή τους είναι απορροφημένοι και έχουν αυξημένη πιθανότητα να συγκρουστούν με άλλους πεζούς.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η ασφάλεια των χρηστών της οδού και ειδικότερα των πεζών αποτελεί ένα αντικείμενο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Συγκεκριμένα, το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αφορούσε στην **εκτενή διερεύνηση της συμπεριφοράς των πεζών που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο 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 βιντεοσκόπησης μέσω κινητού τηλεφώνου σε τρεις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις** στο κέντρο της Αθήνας. Τα χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν εισήχθησαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου κωδικοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν. Στη συνέχεια, ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων ώστε να παραχθούν πρότυπα τα οποία να συγκρίνουν τη συμπεριφορά των πεζών που παρουσίαζαν ή όχι απόσπαση προσοχής.

Μετά από μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τρία **μαθηματικά πρότυπα** με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης για την ταχύτητα των πεζών, με το ένα να αφορά στο συνολικό μοντέλο καθώς και έξι πρότυπα που αφορούσαν στα χαρακτηριστικά ασφάλειας των πεζών. Τα πρότυπα των χαρακτηριστικών ασφάλειας αφορούσαν στην πιθανότητα εμπλοκής των πεζών σε ατύχημα, στην πιθανότητα διατήρησης ευθείας τροχιάς και στην πιθανότητα σύγκρουσης με άλλους πεζούς, ενώ αναπτύχθηκαν με τη μέθοδο της λογιστικής παλινδρόμησης. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προτύπων για τους πεζούς με και χωρίς απόσπαση προσοχής, ενώ δεν παρουσιάζεται το συνολικό πρότυπο για την ταχύτητα καθώς δεν αναλύθηκε περαιτέρω.

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 παρέχοντας τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των μεταβλητών τόσο του ίδιου προτύπου όσο και των δύο προτύπων μεταξύ τους.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πεζοί με απόσπαση προσοχής															
	Ταχύτητα				Παράλλογον ατύχημα				Τροχιά				Σύγκρουση			
	β_i	t	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*
Ηλικία	-0.018	-1.781	-0.38	13.54												
Συνοδεία πεζών	-0.052	-2.093	-0.07	2.37									2.509	3.927	14.94	-46.11
Μήκος διάβασης	0.021	7.676	1.47	-52.69	-0.820	19.907	-3.55	-10.33								
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	6E-05	-2.662	-0.03	1.00												
Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					3.287	11.399	59.87	174.31	-0.893	2.675	-0.76	-5.14				
Φόρτος πεζών					0.083	3.711	0.82	2.39					0.122	13.149	2.42	-7.47
Λογάριθμος της ταχύτητας					6.158	2.354	0.34	1.00								
Όχημα πάνω στη διάβαση									0.526	3.494	91.1	617.03	1.048	1.907	2.66	-8.22
1 Λωρίδα κυκλοφορίας									1.095	6.601	0.62	4.23				
2 Λωρίδες κυκλοφορίας									0.695	2.995	0.36	2.44				
Ημέρα της εβδομάδας													1.041	3.203	3.05	-9.43
R^2	0.648				0.911				0.268				0.271			

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών με απόσπαση προσοχής

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής															
	Ταχύτητα				Παρ'ολίγον ατύχημα				Τροχιά				Σύγκρουση			
	β_i	t	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*	B	Wald	e_i	e_i^*
Ηλικία	-0.033	-6.562	3.45	-123.4												
Συνοδεία πεζών	-0.063	-6.194	1.09	-38.88									-0.900	10.591	-0.42	1.21
Μήκος διάβασης	0.026	15.23	-4.41	157.63	-0.543	25.724	-3.86	-11.23								
Φόρτος πεζών στο τετράγωνο	-4E-05	-3.200	0.87	-31.13												
Ένδειξη φωτεινού σηματοδότη					2.269	8.095	9.68	28.18	-0.687	8.913	-0.65	-4.42				
Φόρτος πεζών					-0.074	4.328	-0.84	-2.43					0.116	39.185	-0.71	2.20
Λογάριθμος της ταχύτητας					3.866	1.860	0.36	1.06								
Όχημα πάνω στη διάβαση									1.196	50.833	5.75	38.91	0.646	3.555	-0.32	1.00
1 Λωρίδα κυκλοφορίας									0.315	2.275	0.15	1.00				
2 Λωρίδες κυκλοφορίας									0.525	3.356	-0.40	-2.68				
Ημέρα της εβδομάδας													-0.409	1.656	-0.43	1.32
R^2		0.560				0.927				0.309				0.235		

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων προτύπων πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής

6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία σειρά από συμπεράσματα που είναι άμεσα 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 εργασία αποτελεί την **πρώτη έρευνα** που πραγματοποιείται στην Ελλάδα με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης κινητού τηλεφώνου για αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειας των πεζών όταν διασχίζουν σηματοδοτούμενες διαβάσεις.
- ❖ Η εν κινήσει αποστολή μηνυμάτων ή η πλοήγηση στο διαδίκτυο του πεζού έχει σημαντική επιρροή στα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και ασφάλειάς του. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση κινητού από τον πεζό οδηγεί σε **μείωση της ταχύτητας** των πεζών, ανεξαρτήτως ηλικίας, καθώς και σε **αύξηση της πιθανότητας εμπλοκής** τους σε ατύχημα με διερχόμενο όχημα. Επιπλέον, οι πεζοί που συνοδεύονται και χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο εμφανίζουν μειωμένη πιθανότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους πεζούς να συγκρουστούν με κάποιο πεζό.

Ταχύτητα πεζών

- ❖ Σε **χαμηλό φόρτο πεζών** τα παιδιά με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη ταχύτητα συγκριτικά με τους νέους χωρίς απόσπαση προσοχής, καθώς είναι πολύ εξοικειωμένα με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και δεν επηρεάζεται η ταχύτητά σε μεγάλο βαθμό.
- ❖ Σε **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο πεζών**, όσοι αποστέλλουν μηνύματα εμφανίζουν μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με όσους δεν χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο, ανεξάρτητα από την ηλικία καθώς λόγω της απόσπασης προσοχής δεν έχουν επίγνωση της κυκλοφορίας και επομένως εμφανίζουν μεγαλύτερη καθυστέρηση στη διάσχιση της διάβασης.

Παρ'ολίγον ατυχήματα πεζών με διερχόμενο όχημα

- ❖ **Η πιθανότητα για παρ'ολίγον ατύχημα των πεζών με απόσπαση προσοχής αυξάνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου** των πεζών καθώς όσο περισσότεροι είναι οι πεζοί που καταλαμβάνουν τη διάβαση τόσο δυσκολότερο είναι να προσέξουν τη λοιπή κυκλοφορία αφού κοιτάζουν την οθόνη του κινητού τους.
- ❖ **Η πιθανότητα για παρ'ολίγον ατύχημα των πεζών χωρίς απόσπαση προσοχής μειώνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου** των πεζών καθώς οι πεζοί έχουν πλήρη επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας και μπορούν να αντιληφθούν έγκαιρα τον κίνδυνο παρατηρώντας την συμπεριφορά των υπολοίπων.
- ❖ Οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής φαίνεται να έχουν σχεδόν μηδενική πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα ενώ σε πολύ **χαμηλούς φόρτους πεζών**, η πιθανότητα παρ'ολίγον ατυχήματος είναι μικρότερη για όσους πραγματοποιούν χρήση κινητού. Πιθανή εξήγηση είναι το γεγονός ότι παρότι είναι προσηλωμένοι στην οθόνη του κινητού τους, η προσοχή τους δεν αποσπάται από άλλους παράγοντες, όπως η ύπαρξη πληθώρας ατόμων τριγύρω τους και επομένως έχουν επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας όντας ταυτόχρονα επιφυλακτικοί.

Τροχιά πεζών

- ❖ Στην περίπτωση ύπαρξης οχήματος πάνω στη διάβαση και πράσινης ένδειξης του σηματοδότη **η πιθανότητα διατήρησης ευθείας τροχιάς είναι μεγαλύτερη για τους πεζούς με απόσπαση προσοχής**. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβαίνει καθώς οι πεζοί γνωρίζουν πως δεν έχουν πλήρη επίγνωση της κυκλοφορίας εξαιτίας της χρήσης του κινητού και επομένως επιλέγουν να διασχίσουν την οδό από κάποιο σημείο που βρίσκεται πιο μακριά από το σημείο στο οποίο βρίσκεται το όχημα και άρα δεν πραγματοποιούν ελιγμούς.

Σύγκρουση μεταξύ πεζών

- ❖ **Οι μη συνοδευόμενοι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να συγκρουστούν** με τους υπόλοιπους πεζούς καθώς η προσοχή τους είναι στραμμένη στην οθόνη του κινητού και δεν υπάρχει κάποιο άτομο δίπλα τους να τους υποδείξει τη διαδρομή που οφείλουν να ακολουθήσουν ώστε να αποφύγουν τη σύγκρουση.
- ❖ Αντιθέτως, **οι συνοδευόμενοι πεζοί που δεν παρουσιάζουν απόσπαση προσοχής λόγω κινητού τηλεφώνου εμφανίζουν μικρότερη πιθανότητα να συγκρουστούν** με άλλους πεζούς. Μία πιθανή εξήγηση είναι πως η συνομιλία με άλλους πεζούς αποτελεί ένα διαφορετικό είδος απόσπασης προσοχής με αποτέλεσμα να απορροφώνται και να είναι απρόσεκτοι.

- ❖ Το **Σαββατοκύριακο** οι πεζοί με απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα για σύγκρουση καθώς είναι πιθανόν αφηρημένοι καθώς αποστέλλουν μηνύματα στους χρήστες που σκοπεύουν να συναντήσουν καθώς συνήθως η διαδρομή που πραγματοποιούν αφορά σκοπό αναψυχής. Αντιθέτως, οι πεζοί χωρίς απόσπαση προσοχής εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα για σύγκρουση τις **καθημερινές** καθώς διαδρομή αφορά σκοπό εργασίας και άρα οι πεζοί όντας βιαστικοί ή/και κουρασμένοι δεν προσέχουν.
- ❖ Στην περίπτωση **υψηλού φόρτου πεζών**, οι πεζοί που παρακολουθούν την οθόνη του κινητού τους και συνοδεύονται από άλλους πεζούς τείνουν να απομακρύνονται από τους υπόλοιπους καθώς καθοδηγούνται από τον συνοδό τους ενώ αντιθέτως όσοι συνομιλούν κατά τη διέλευσή τους χωρίς να χρησιμοποιούν κινητό είναι απορροφημένοι και έχουν αυξημένη πιθανότητα να συγκρουστούν με άλλους πεζούς.
- ❖ Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** και της **διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης** καθώς αποδείχθηκαν κατάλληλες για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τις προαναφερθείσες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών προτύπων διερεύνησης της επιρροής της χρήσης κινητού 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 απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά εξαγόμενα συμπεράσματα από την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μίας σειράς προτάσεων που ενδεχομένως θα συμβάλλουν στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των πεζών.

- ❖ Δεδομένου ότι οι πεζοί όντας προσηλωμένοι στην οθόνη τους δεν έχουν επίγνωση της λοιπής κυκλοφορίας αλλά και της διάρκειας της πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη, ορισμένοι σηματοδότες σε κύριες αρτηρίες θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με νέους, πιο εξελιγμένους που να διαθέτουν **σύστημα αντίστροφης μέτρησης**. Με τον τρόπο αυτό, ακόμα και οι πεζοί που παρουσιάζουν οπτική απόσπαση προσοχής λόγω χρήσης κινητού, θα ενημερώνονταν για τον υπολειπόμενο χρόνο πρασίνου.
- ❖ 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.
- ❖ Στην περίπτωση που δεν μπορεί να περιοριστεί η χρήση του κινητού με τα παραπάνω μέτρα, οφείλουν να δημιουργηθούν **εφαρμογές έξυπνων κινητών τηλεφώνων** με σκοπό να προειδοποιούν τους χρήστες όταν πλησιάζουν σε επικίνδυνες μη σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις λαμβάνοντας υπόψιν τις κυκλοφοριακές συνθήκες της εκάστοτε οδού.
- ❖ Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται ένα **ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης από την Πολιτεία αλλά και από τους εκπαιδευτικούς φορείς** έτσι ώστε να τονιστούν οι κίνδυνοι της χρήσης κινητού τηλεφώνου παράλληλα με τους άλλους κινδύνους της κυκλοφορίας. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως η συμπεριφορά των πεζών με απόσπαση προσοχής είναι πιο επικίνδυνη, γεγονός που συνεπάγεται πως η αποστολή μηνυμάτων ή πλοήγηση στο διαδίκτυο εκθέτει τους πεζούς σε μεγαλύτερο κίνδυνο όταν διασχίζουν τη διάβαση, ακόμα και αν αυτή είναι σηματοδοτούμενη. Για το λόγο αυτό, οφείλουν να δημιουργηθούν εκστρατείες ενημέρωσης μέσω διαφημίσεων αλλά και μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων ώστε να ευαισθητοποιούν οι άνθρωποι και κυρίως οι νέοι, οι οποίοι όντας εξοικειωμένοι με την τεχνολογία την χρησιμοποιούν σε κάθε έκφανση της ζωής τους.
- ❖ Δεδομένου ότι στα ατυχήματα των πεζών εμπλέκονται και οι οδηγοί των οχημάτων, απαραίτητα κρίνεται η **ευαισθητοποίηση των οδηγών** απέναντι σε πιθανή κυκλοφορία πεζών με χρήση κινητών τηλεφώνων, μέσω εκστρατειών ενημέρωσης σε όλα τα μέσα ενημέρωσης και στο διαδίκτυο.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΕΤΑΙΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για την επέκταση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και την **περεταίρω διερεύνηση** του αντικειμένου της, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ακόλουθες προτάσεις:

- ❖ Τα δεδομένα θα ήταν δυνατόν να συλλεχθούν για επιπλέον οδούς και τύπους οδού γενικότερα. Με την **αλλαγή της περιοχής έρευνας** θα ήταν δυνατόν να εξακριβωθεί κατά πόσο ισχύουν τα αποτελέσματα σε άλλες διαβάσεις ώστε να καταστεί δυνατή μία γενίκευση. Εναλλακτικά, **μελλοντική έρευνα στις ίδιες περιοχές** θα παρουσίαζε την εξέλιξη των φαινομένων σε βάθος χρόνου και τα αποτελέσματα θα ήταν απολύτως συγκρίσιμα. Μία έρευνα τέτοιου είδους θα ποσοτικοποιούσε και τα αποτελέσματα ενδεχόμενων παρεμβάσεων στην οδική ασφάλεια.
- ❖ Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η καταγραφή της κίνησης των πεζών **καθόλη τη διάρκεια της ημέρας**. Με αυτό τον τρόπο θα αυξανόταν η διάρκεια της βιντεοσκόπησης προς ανάλυση ενώ θα ήταν δυνατή και η σύγκριση της συμπεριφοράς των πεζών αναλόγως της χρονικής στιγμής της ημέρας, ώστε να επισημανθούν τυχόν διαφορές.
- ❖ Χρήσιμη επίσης θα ήταν μία ανάλυση που να στηρίζεται σε ακόμη **περισσότερα δεδομένα**, όπως 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.
- ❖ Θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν **περισσότεροι συνδυασμοί** εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς και να εξεταστούν και άλλες κατηγορίες στατιστικών μοντέλων (πχ. Ομαδοποίησης, παραγόντων, επιλογών κλπ.).

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Byington, K. W., & Schwebel, D. C. (2013). Effects of mobile Internet use on college student pedestrian injury risk. *Accident Analysis & Prevention*, 51, 78-83.
2. CARE database (2019)
3. DEKRA, (2016), Smartphone Usage: Smombies, beware!, <https://www.dekra-solutions.com/2016/06/smartphone-usage-amongst-pedestrians-smombies-beware/?lang=en>
4. European Road Safety Observatory, (2019), https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist_en
5. Haga, S., Sano, A., Sekine, Y., Sato, H., Yamaguchi, S., & Masuda, K. (2015). Effects of using a smart phone on pedestrians' attention and walking. *Procedia Manufacturing*, 3, 2574-2580.
6. 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.
7. Muley, D., Kharbeche, M., Alhajyaseen, W., & Al-Salem, M. (2017). Pedestrians' Crossing Behavior at Marked Crosswalks on Channelized Right-Turn Lanes at Intersections. *Procedia computer science*, 109, 233-240.
8. 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 pedestrians behaviour. *Safety science*, 82, 1-8.
9. Russo, B. J., James, E., Aguilar, C. Y., & Smaglik, E. J. (2018). Pedestrian behavior at signalized intersection crosswalks: observational study of factors associated with distracted walking, pedestrian violations, and walking speed. *Transportation research record*, 2672(35), 1-12.
10. Schwebel, D. C., Stavrinos, D., Byington, K. W., 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.
11. Thompson, L. L., Rivara, F. P., Ayyagari, R. C., & Ebel, B. E. (2013). Impact of social and technological distraction on pedestrian crossing behaviour: an observational study. *Injury prevention*, 19(4), 232-237.
12. WHO-World Health Organization, <https://www.who.int/en>

13. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, <http://www.statistics.gr/>
14. Κοκκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2008) "Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική με Εφαρμογές", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2010 Emerging Technologies 16.3: 320-331
15. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας & Μ. Χ. Πιτσιάβα–Λατινοπούλου (2009) "Κυκλοφοριακή Τεχνική." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
16. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας (1994) "Οδική Ασφάλεια." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
17. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Μ. Χ. Πιτσιάβα–Λατινοπούλου & Δ. Α. Τσαμπούλας (1997) "Διαχείριση Κυκλοφορίας." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα