



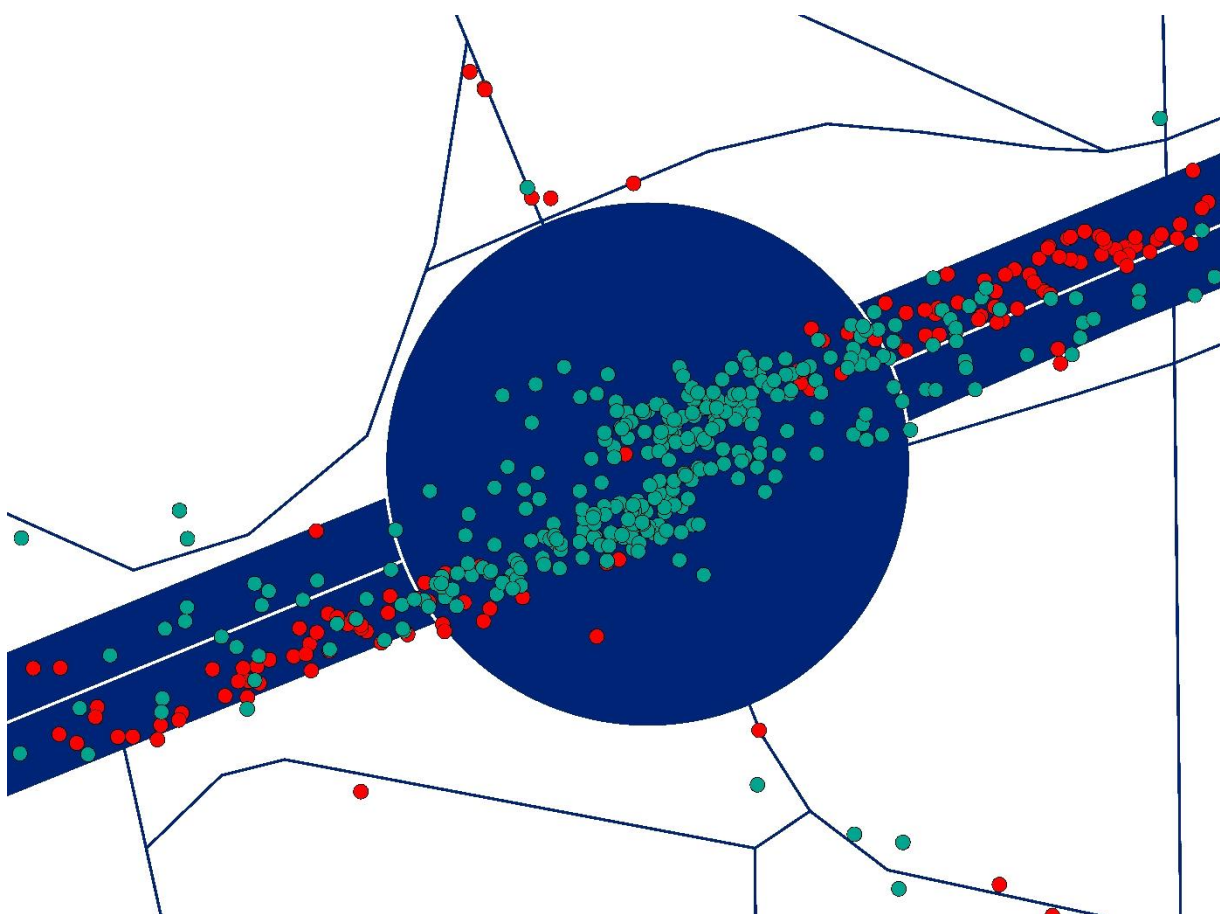
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Συνδυαστική Επιρροή των Χαρακτηριστικών της Οδού και της Κυκλοφορίας στη Συμπεριφορά του Οδηγού με Δεδομένα από Έξυπνα Κινητά Τηλέφωνα

Διπλωματική Εργασία



Βιργινία Ν. Πετράκη

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

Αθήνα, Μάρτιος 2019

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την ανάθεση του θέματος, για την πολύτιμη καθοδήγησή του και για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτριο Κεφαλληνό, προϊστάμενο του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας Περιφέρειας Αττικής, που κατέστησε ικανή τη συνεργασία με το Κ.Δ.Κ. όπως και την κα. Κωνσταντίνα Λυμπεράκη και τον κ. Αντώνη Χαζίρη, συγκοινωνιολόγους μηχανικούς, για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά το στάδιο συλλογής κυκλοφοριακών δεδομένων.

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν και στην εταιρεία τηλεματικής OSeven, η οποία παραχώρησε τα στοιχεία μέτρησης της συμπεριφοράς οδηγού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Απόστολο Ζιακόπουλο, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθειά του, για τις παρατηρήσεις και τις συμβουλές του, την επιμονή και υπομονή του δίνοντας απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αδελφό μου Αριστοτέλη για τη συμβολή του στην τελική διόρθωση του τόμου και να εκφράσω την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, η οποία καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου με έχει στηρίξει τόσο ηθικά όσο και οικονομικά και με έχει βοηθήσει να επιτύχω τους στόχους μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2019

Βιργινία Ν. Πετράκη

Συνδυαστική Επιρροή των Χαρακτηριστικών της Οδού και της Κυκλοφορίας στη Συμπεριφορά του Οδηγού με Δεδομένα από Έξυπνα Κινητά Τηλέφωνα

Βιργινία Ν. Πετράκη

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

Σύνοψη

Στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της συμπεριφοράς του οδηγού σε επίπεδο οδικών τμημάτων και διασταυρώσεων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα οδηγικής συμπεριφοράς υψηλής ανάλυσης, που συλλέχθηκαν από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, τα οποία συνδυάστηκαν με κυκλοφοριακά μεγέθη και χαρακτηριστικά της οδού. Εν συνεχεία, τα δεδομένα αποτυπώθηκαν χωρικά μέσω συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών και αφού οριοθετήθηκαν οι περιοχές προς ανάλυση στις δύο λεωφόρους υπό μελέτη, στην Αθήνα, αντιστοιχήθηκαν σε αυτές συμβάντα απότομης συμπεριφοράς οδηγών. Για την ανάλυση αναπτύχθηκαν δύο πολλαπλά πρότυπα γραμμικής και δύο λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Από την εφαρμογή των προτύπων προκύπτει ότι στα οδικά τμήματα εάν αυξηθεί ο κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα κυκλοφορίας σημειώνεται αύξηση των απότομων συμβάντων στις αντίστοιχες περιοχές. Επιπλέον, στις διασταυρώσεις όσο αυξάνεται η μέση κατάληψη παρατηρείται αύξηση των απότομων επιταχύνσεων, ενώ καθώς αυξάνεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας πραγματοποιούνται περισσότερες απότομες επιβραδύνσεις. Συμπερασματικά, προέκυψε ότι τα κυκλοφοριακά μεγέθη (φόρτοι, ταχύτητες κυκλοφορίας) αποτελούν πιο καθοριστικούς παράγοντες στη συχνότητα εμφάνισης απότομων συμβάντων σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού και τον τρόπο οδήγησης.

Λέξεις κλειδιά: οδικό τμήμα, διασταύρωση, οδηγική συμπεριφορά, απότομα συμβάντα, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, γραμμική παλινδρόμηση, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

Combined Impact of Road and Traffic Characteristics on Driver Behavior using Data from Smartphones

Virginia N. Petraki

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract

The objective of this Diploma Thesis is to examine driver behavior at road segment and junction level. For that purpose, driving behavior high resolution data were collected using sensors of smartphones which were combined with traffic and road geometry characteristics. Subsequently, selected data were depicted spatially using Geographical Information System. Events of harsh driver behavior were mapped to delimited segments and junctions of two urban expressways in Athens, Greece. For the analysis, two multiple linear regression models and two log-linear regression models were developed. From the application of these models it is observed that in road segments there is an increase in the number of harsh events if average traffic volume per lane increases in the respective areas. Furthermore, in junctions as the average occupancy increases, there is an increase in harsh accelerations, and as the average speed increases, more harsh decelerations occur. It appears that traffic characteristics (traffic volume & speed) have the most statistically significant impact on the frequency of harsh events compared to road geometry characteristics and driver behavior data.

Keywords: road segment, junction, driver behavior, harsh events, geometric characteristics, traffic characteristics, linear regression, log-linear regression

Περίληψη

Η προτυποποίηση της συμπεριφοράς του οδηγού αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που απασχολεί επί δεκαετίες την επιστημονική κοινότητα. Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **διερεύνηση της συνδυαστικής επιρροής των χαρακτηριστικών της οδού και της κυκλοφορίας στη συμπεριφορά του οδηγού** με τη χρήση δεδομένων από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Η προτυποποίηση της συμπεριφοράς του οδηγού που επιδιώχθηκε στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο **οριοθετημένης περιοχής**. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκε ο τρόπος που το οδικό περιβάλλον και η κυκλοφορία επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά καθώς το όχημα κινείται σε διασταύρωση ή σε οδικό τμήμα, βάσει της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων.

Αποφασίστηκε η έρευνα να πραγματοποιηθεί σε **μακροσκοπικό επίπεδο**. Με σκοπό τη δημιουργία μιας ικανής περιοχής μελέτης ορίστηκαν δύο αστικές λεωφόροι, η Λ. Μεσογείων και η Λ. Βουλιαγμένης στην Αθήνα, κυρίως λόγω του συγκρίσιμου αριθμού κυκλοφοριακών λωρίδων που προσέφεραν και του διαχωρισμού των δύο κατευθύνσεων.

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν, αντλήθηκαν από τρεις πηγές. Η πρώτη ομάδα δεδομένων αφορούσε στον τρόπο οδήγησης περίπου τριακοσίων (300) οδηγών στην Αθήνα που είχαν καταγραφεί από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) μέσω εφαρμογής της OSeven. Η δεύτερη διαμορφώθηκε από τα κυκλοφοριακά μεγέθη που συλλέχθηκαν μέσω είκοσι έξι (26) βρόγχων, εγκατεστημένων από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Περιφέρειας Αττικής, σε συγκεκριμένες θέσεις μέτρησης στις δύο αστικές λεωφόρους υπό μελέτη. Τέλος, η τρίτη αποτελούνταν από τα χαρακτηριστικά των δύο οδικών αξόνων που αντλήθηκαν με τη βοήθεια της διαδικτυακής υπηρεσίας χαρτογράφησης Google Maps.

Έπειτα από τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η **χωρική ανάλυση** εκείνων που αφορούσαν στον τρόπο οδήγησης των οδηγών αποτυπώνοντας τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που καταγράφηκαν στους οδικούς άξονες των δύο λεωφόρων και αντιστοιχίζοντας τις σε διασταυρώσεις και οδικά τμήματα μέσω Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.). Μετά από την χωρική αποτύπωση των θέσεων μέτρησης κυκλοφοριακών μεγεθών, ώστε να διαπιστωθεί σε ποιο οδικό τμήμα ή διασταύρωση αναφέρονται, δημιουργήθηκαν οι τέσσερις τελικές βάσεις δεδομένων που αποτελούνταν από έναν συνδυασμό των τριών αρχικών ομάδων δεδομένων.

Τη χωρική ανάλυση ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων. Αφού πραγματοποιήθηκε μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν **τέσσερα μαθηματικά στατιστικά πρότυπα** σε επίπεδο οριοθετημένης περιοχής που αποτύπωσαν πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις

Περίληψη

επηρεάζουν, με την μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Πρόβλεψη της συχνότητας εμφάνισης:															
	Απότομων επιταχύνσεων						Απότομων επιβραδύνσεων									
	Οδικό τμήμα				Διασταύρωση		Οδικό τμήμα				Διασταύρωση					
	β _i *	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i *	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *
Μήκος οδικού τμήματος	0,001	4,224	0,007	1,138					0,001	2,470	0,005	1,672				
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα κυκλοφορίας	0,002	5,974	0,03	4,858					0,002	4,355	0,024	8,692				
Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας	-0,011	-2,470	-0,014	-2,217					-0,010	-1,909	-0,013	-4,551				
Εύρος μέγιστης διαφοράς ταχύτητας συμβάντος	0,039	3,477	0,006	1					0,076	4,650	0,013	4,593				
Διακύμανση απόστασης πραγματοποίησης συμβάντος									0,058	1,756	0,003	1				
Αριθμός κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου από διασταύρωση					15,520	2,526	0,104	-								
Μέση κατάληψη					27,857	4,615	0,014	3,243								
Λογάριθμος δεύτερης δύναμης μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας					-77,010	-3,891	-0,004	-1								
Τυπική απόκλιση μέγιστης διαφοράς ταχύτητας κατά τη διάρκεια του απότομου συμβάντος					74,238	3,860	0,012	2,821								
Αριθμός δεξιών εξόδων από διασταύρωση													11,436	1,785	0,338	-
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος													-0,020	-2,135	0,006	1
Δεύτερη δύναμη μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας													0,017	3,339	0,035	5,511
Μέγιστη ταχύτητα πραγματοποίησης απότομου συμβάντος													0,491	2,194	0,011	1,746
Ελάχιστη απόσταση πραγματοποίησης απότομου συμβάντος													-16,160	-2,895	-0,009	-1,349
R ²	0,966				0,916				0,959				0,765			

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών προτύπων

* Ο συντελεστής αναφέρεται στο λογάριθμο των απότομων συμβάντων

Επισημαίνεται ότι η **σχετική επιρροή** των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε προτύπου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου προτύπου.

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία σειρά συμπερασμάτων που συνδέεται άμεσα με τους αρχικούς στόχους και τα ερωτήματά της. Τα **γενικά συμπεράσματα** συνοψίζονται ως εξής:

1. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιθετική συμπεριφορά του οδηγού είναι αρκετοί, αλλά από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι τα κυκλοφοριακά μεγέθη (φόρτοι, ταχύτητες κυκλοφορίας) αποτελούν πιο **καθοριστικούς παράγοντες** σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού και τον τρόπο οδήγησης. Επομένως, προκύπτει ότι η λοιπή κυκλοφορία επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό τον οδηγό συγκριτικά με τον εαυτό του και τη γεωμετρία της οδού.
2. **Στα οδικά τμήματα** εμφανίζεται ως πιο κρίσιμη μεταβλητή **ο κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα κυκλοφορίας**. Συγκεκριμένα, εάν αυξηθεί παρατηρείται αύξηση των απότομων συμβάντων στα αντίστοιχα οδικά τμήματα. Ενδεχομένως κάτι τέτοιο να εξηγείται από το γεγονός ότι λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης δημιουργούνται εμπόδια με αποτέλεσμα να μην επιτρέπεται στον χρήστη να προσαρμόσει την ταχύτητά του κατά βούληση.
3. Στις **διασταυρώσεις** ως πιο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει τη συχνότητα πραγματοποίησης απότομων επιταχύνσεων εμφανίζεται να είναι **η μέση κατάληψη**, καθώς στις διασταυρώσεις λόγω αυξομείωσης της ταχύτητας η κυκλοφοριακή συμφόρηση επηρεάζει τη συμπεριφορά του οδηγού. Πιο συγκεκριμένα, καθώς αυξάνεται η μέση κατάληψη σε μία διασταύρωση οι απότομες επιταχύνσεις αυξάνονται διότι πιθανώς οι πιο επιθετικοί οδηγοί αντιλαμβάνονται την αύξηση του κορεσμού της ροής και προσπαθούν να αξιοποιήσουν οποιοδήποτε ικανό χωρικό διαχωρισμό.
4. Επίσης, προκύπτει ότι πιο καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά στη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων **σε διασταύρωση**, αποτελεί **η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας**. Καθώς αυξάνεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας πραγματοποιούνται περισσότερες απότομες επιβραδύνσεις λόγω πιθανόν της δημιουργίας κυμάτων διαταραχής κυκλοφορίας (shockwaves) ή στιγμιαίων ουρών από την εναλλαγή του φωτεινού σηματοδότη σε κόκκινο είτε από κάποιο άλλο απροσδόκητο εμπόδιο.
5. Από την στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι η **συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων** είναι κατά πολύ μεγαλύτερη στις διασταυρώσεις συγκριτικά με τα οδικά τμήματα ενώ η **συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων**

εμφανίζεται να είναι λίγο μεγαλύτερη στις διασταυρώσεις από ότι στα οδικά τμήματα. Κάτι τέτοιο σε επίπεδο δείγματος, πιθανώς να αποτελεί ένδειξη ότι συχνά παραβιάζεται ο χρόνος σηματοδότησης και πολλοί οδηγοί επιταχύνουν απότομα προκειμένου να εκκενώσουν τον κόμβο άμεσα.

6. Στην **ιεράρχηση μεγεθών που επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα** ακολουθούν η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, το μήκος οδικού τμήματος και τέλος, η μέγιστη διαφορά της ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε μορφή εύρους. Όσον αφορά στη **συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα** δεύτερο πιο καθοριστικό παράγοντα αποτελεί το εύρος των μέγιστων διαφορών της ταχύτητας των απότομων επιβραδύνσεων που πραγματοποιούνται στο οδικό τμήμα και ακολουθούν στην ιεράρχηση η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, το μήκος του οδικού τμήματος και το μέγεθος με τη λιγότερο καθοριστική επιρροή, η διακύμανση της απόστασης πραγματοποίησης του απότομου συμβάντος.
7. Στην **ιεράρχηση μεγεθών που επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση** ακολουθούν η μέγιστη διαφορά της ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε μορφή τυπικής απόκλισης και η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας. Δεύτερος πιο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει **τον αριθμό των απότομων επιβραδύνσεων που πραγματοποιούνται σε διασταύρωση**, σύμφωνα με την ελαστικότητα, αποτελεί η μέγιστη ταχύτητα πραγματοποίησης του απότομου συμβάντος που καταγράφεται στη διασταύρωση. Ακολουθούν η ελάχιστη απόσταση πραγματοποίησης της απότομης επιβράδυνσης και τέλος ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος.
8. Παρατηρήθηκε ότι καθώς αυξάνεται το **μήκος του οδικού τμήματος**, αυξάνεται η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων. Ενδεχομένως, η συγκεκριμένη παρατήρηση να οφείλεται στον μεγαλύτερο αριθμό εξόδων/εισόδων της λεωφόρου και στις περισσότερες αλλαγές λωρίδων κυκλοφορίας. Ακόμα πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός ότι οι οδικοί σηματοδότες παρότι αποτελούν μέρος των διασταυρώσεων υπάρχει περίπτωση να έχουν μία ακτίνα επιρροής που να εκτείνεται έως και τα κατάντη και ανάντη υποτμήματα των οδικών τμημάτων της κυκλικής περιοχής που έχει οριστεί για κάθε διασταύρωση. Με αυτόν τον τρόπο στα προαναφερόμενα υποτμήματα υπάρχει πιθανότητα εξέλιξης απότομου συμβάντος λόγω εναλλαγής της φωτεινής ένδειξης.
9. Με την **αύξηση των λωρίδων κυκλοφορίας που εξέρχονται από τη διασταύρωση** σημειώνεται αύξηση των απότομων επιταχύνσεων στη συγκεκριμένη οριοθετημένη περιοχή. Ενδεχομένως να εξηγείται από την

επιθυμία των πιο επιθετικών οδηγών να επιταχύνουν εφόσον με την αύξηση των κυκλοφοριακών λωρίδων, βρίσκουν περισσότερο χώρο.

10. Προέκυψε ότι η **αύξηση του αριθμού των δεξιών εξόδων από τη διασταύρωση** προκαλεί αύξηση της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων και κάτι τέτοιο πιθανώς να δικαιολογείται από τη προσπάθεια του οδηγού που εξέρχεται από τη διασταύρωση να προσαρμόσει τη ταχύτητα κίνησης του οχήματός του σε μία χαμηλότερη που απαιτείται στο οδικό δίκτυο εκτός της λεωφόρου. Ακόμα ενδεχομένως να εξηγείται από την απότομη επιβράδυνση που υπάρχει περίπτωση να πραγματοποιεί το όπισθεν όχημα από εκείνο που εξέρχεται, λόγω της απρόβλεπτης και πιο έντονης επιβράδυνσης του εξερχόμενου, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κυμάτων διαταραχής κυκλοφορίας (shockwaves).
11. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, που αποδείχθηκαν κατάλληλες για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τις προαναφερόμενες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών προτύπων διερεύνησης της επιθετικής συμπεριφοράς του οδηγού σε επίπεδο οριοθετημένης περιοχής. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγινε καθώς οι ανεξάρτητες μεταβλητές προς εξέταση θεωρήθηκαν συνεχείς.
12. **Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι δυνατό να γενικευτούν** ώστε να ισχύουν σε άλλες περιοχές εκτός από την περιοχή έρευνας. Πριν από οποιαδήποτε γενίκευση όμως, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση	1
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας	8
1.3 Μεθοδολογία	8
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	11
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	13
2.1 Εισαγωγή	13
2.2 Συλλογή δεδομένων	13
2.2.1 In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior (2008)	14
2.2.2 Driving Behavior Analysis with Smartphones: Insights from a Controlled Field Study (2012)	15
2.2.3 Driving Behavior and Traffic Safety: An Acceleration-Based Safety Evaluation Procedure for Smartphones (2013)	16
2.2.4 A Smartphone-based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors (2014)	16
2.2.5 Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection (2016)	17
2.2.6 Σύνοψη	18
2.3 Χωρική Ανάλυση	19
2.3.1 Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania (2005)	20
2.3.2 Comparison of spatial methods for measuring road accident 'hotspots': a case study of London (2006)	20
2.3.3 Influence of Land Use, Population, Employment, and Economic Activity on Accidents (2006)	21
2.3.4 Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots (2009)	22
2.3.5 Geographical unit based analysis in the context of transportation safety planning (2013)	22
2.3.6 Σύνοψη	23
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο	25
3.1 Εισαγωγή	25
3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής	25
3.3 Συσχέτιση μεταβλητών – Συντελεστής συσχέτισης	27
3.4 Βασικές Κατανομές	27

3.4.1 Κανονική Κατανομή	27
3.4.2 Κατανομή Poisson	27
3.4.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή	28
3.5 Μαθηματικά Πρότυπα	28
3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	28
3.5.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση	31
3.6 Στατιστική αξιολόγηση και Κριτήρια αποδοχής προτύπου	31
3.7 Λειτουργία του ειδικού στατιστικού λογισμικού	34
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων	36
4.1 Εισαγωγή	36
4.2 Συλλογή Δεδομένων	36
4.2.1 OSeven	37
4.2.2 Βάση δεδομένων Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.)	43
4.2.3 Επεξεργασία δεδομένων με το λογισμικό GIS	48
4.3 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία	66
4.4 Επεξεργασία Στοιχείων με το λογισμικό IBM SPSS 23.0	78
5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων	82
5.1 Εισαγωγή	82
5.2 Ανάπτυξη προτύπων πρόβλεψης συμπεριφοράς του οδηγού	82
5.2.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών	83
5.2.2 Συσχέτιση των μεταβλητών	83
5.2.3 Πρότυπα Γραμμικής Παλινδρόμησης	86
5.3 Εφαρμογή στατιστικών προτύπων πρόβλεψης συμπεριφοράς του οδηγού	87
5.3.1 Πρότυπο 1– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα	88
5.3.2 Πρότυπο 2– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα	97
5.3.3 Πρότυπο 3- Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση.	105
5.3.4 Πρότυπο 4- Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση.	112
5.4. Συνολική ανάλυση αποτελεσμάτων	119
6. Συμπεράσματα	121
6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων	121
6.2 Συνολικά συμπεράσματα	123
6.3 Προτάσεις για την αποφυγή της απότομης συμπεριφοράς του	125

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	126
7. Βιβλιογραφία	128

Πίνακες

Πίνακας 3. 1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t _____	33
Πίνακας 4. 1: Περιοχή της αρχικής βάσης δεδομένων του Κ.Δ.Κ. _____	46
Πίνακας 4. 2: Πληροφορίες για την κάθε θέση μέτρησης _____	47
Πίνακας 4. 3: Συγκεντρωτικός πίνακας των μέσων κυκλοφοριακών μεγεθών _____	48
Πίνακας 4. 4: Κωδικές ονομασίες των διασταυρώσεων _____	55
Πίνακας 4. 5: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση _____	62
Πίνακας 4. 6: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση _____	63
Πίνακας 4. 7: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα _____	64
Πίνακας 4. 8: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα _____	65
Πίνακας 5. 1: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιταχύνσεις σε οδικό τμήμα _____	84
Πίνακας 5. 2: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιβραδύνσεις σε οδικό τμήμα _____	85
Πίνακας 5. 3: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιταχύνσεις σε διασταύρωση _____	85
Πίνακας 5. 4: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιβραδύνσεις σε διασταύρωση _____	86
Πίνακας 5. 5: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 1 _____	89
Πίνακας 5. 6: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 1 _____	89
Πίνακας 5. 7: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 1 _____	90
Πίνακας 5. 8: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 1 _____	90
Πίνακας 5. 9: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 1 _____	93
Πίνακας 5. 10.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 2 _____	98
Πίνακας 5. 11: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 2 _____	98
Πίνακας 5. 12: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 2 _____	98
Πίνακας 5. 13: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 2 _____	99
Πίνακας 5. 14: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 2 _____	101
Πίνακας 5. 15: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 3 _____	106
Πίνακας 5. 16: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 3 _____	106
Πίνακας 5. 17: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 3 _____	106
Πίνακας 5. 18: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 3 _____	107
Πίνακας 5. 19: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 3 _____	109
Πίνακας 5. 20: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 4 _____	112

Πίνακας 5. 21: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 4	112
Πίνακας 5. 22: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 4	113
Πίνακας 5. 23: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 4	113
Πίνακας 5. 24: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 4	115
Πίνακας 6. 1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών προτύπων	122

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1. 1: Αριθμός και ποσοστό θανάτων λόγω οδικού ατυχήματος ανά 100.000 πληθυσμού: 2000-2016 (WHO, 2018)	2
Διάγραμμα 1. 2: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις 28 χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018)	3
Διάγραμμα 1. 3: Αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα από τον Ιανουάριο 2011 έως τον Ιανουάριο 2018, (ΕΛΣΤΑΤ, 2018)	4
Διάγραμμα 1. 4: Αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα από το 1991 έως το 2017, (ΕΛΣΤΑΤ, 2018)	4
Διάγραμμα 1. 5: Κατάταξη των υφιστάμενων μεθόδων αξιολόγησης	7
Διάγραμμα 1. 6: Διάγραμμα ροής των διαδοχικών σταδίων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας	11
Διάγραμμα 3. 1: Ευθεία Ελαχίστων Τετραγώνων	30
Διάγραμμα 3. 2: Παραδείγμα υψηλού συντελεστή R^2	34
Διάγραμμα 3. 3: Παραδείγμα χαμηλού συντελεστή R^2	34
Διάγραμμα 4. 1: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά λωρίδα (Q/I) ανόδου και καθόδου στα οδικά τμήματα της Λ. Μεσογείων	66
Διάγραμμα 4. 2: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά λωρίδα (Q/I) ανόδου και καθόδου στα οδικά τμήματα της Λ. Βουλιαγμένης	66
Διάγραμμα 4. 3: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης	67
Διάγραμμα 4. 4: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων	67
Διάγραμμα 4. 5: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στα οδικά τμήματα της Λ. Μεσογείων	67
Διάγραμμα 4. 6: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων	68
Διάγραμμα 4. 7: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στα οδικά τμήματα της Λ. Βουλιαγμένης	68
Διάγραμμα 4. 8: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης	68
Διάγραμμα 4. 9: Μέσος ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος	69
Διάγραμμα 4. 10: Μέση ωριαία ταχύτητα κυκλοφορίας	69

Διάγραμμα 4. 11: Μέση ωριαία κατάληψη_____	69
Διάγραμμα 4. 12: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Μεσογείων_____	71
Διάγραμμα 4. 13: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Βουλιαγμένης_____	71
Διάγραμμα 4. 14: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Μεσογείων_____	71
Διάγραμμα 4. 15: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Βουλιαγμένης_____	72
Διάγραμμα 4. 16: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης _____	72
Διάγραμμα 4. 17: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων _____	72
Διάγραμμα 4. 18: Συσχέτιση της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων και επιταχύνσεων στα οδικά τμήματα και στις διασταυρώσεις των δύο λεωφόρων _____	73
Διάγραμμα 4. 19: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στα οδικά τμήματα της Λ. Μεσογείων_____	73
Διάγραμμα 4. 20: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στα οδικά τμήματα της Λ. Βουλιαγμένης _____	74
Διάγραμμα 4. 21: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων _____	74
Διάγραμμα 4. 22: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης_____	75
Διάγραμμα 4. 23: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ανάλογα με τον αριθμό κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου από τις διασταυρώσεις _____	76
Διάγραμμα 4. 24: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ανάλογα με τον αριθμό κυκλοφοριακών λωρίδων εισόδου στις διασταυρώσεις. _____	76
Διάγραμμα 4. 25: Ο μέσος όρος του μήκους του οδικού τμήματος συγκριτικά με τον αριθμό εισόδων και εξόδων του οδικού τμήματος _____	77
Διάγραμμα 4. 26: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ανάλογα με τον συνολικό αριθμό εισόδων και εξόδων των οδικών τμημάτων _____	77
Διάγραμμα 5. 1: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 1 _____	90
Διάγραμμα 5. 2.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 1_____	90

Διάγραμμα 5. 3: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέση ταχύτητα κυκλοφορίας _____	94
Διάγραμμα 5. 4: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέσο κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα _____	95
Διάγραμμα 5. 5: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς μήκος οδικού τμήματος _____	95
Διάγραμμα 5. 6: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς εύρος μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος _____	96
Διάγραμμα 5. 7: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 2 _____	99
Διάγραμμα 5. 8: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέση ταχύτητα κυκλοφορίας _____	102
Διάγραμμα 5. 9: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέσο κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα _____	103
Διάγραμμα 5. 10: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς μήκος οδικού τμήματος _____	103
Διάγραμμα 5. 11: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας του οχήματος σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος _____	104
Διάγραμμα 5. 12: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς τυπική απόκλιση της απόστασης πραγματοποίησης του συμβάντος _____	104
Διάγραμμα 5. 13: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 3 _____	107
Διάγραμμα 5. 14: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση προς μέση κατάληψη _____	110
Διάγραμμα 5. 15: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση προς λογάριθμο δεύτερης δύναμης μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας _____	110
Διάγραμμα 5. 16: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση προς τυπική απόκλιση της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια απότομης επιτάχυνσης _____	111
Διάγραμμα 5. 17: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 4 _____	113
Διάγραμμα 5. 18: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς μέσο κυκλοφοριακό φόρτο _____	116
Διάγραμμα 5. 19: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς δεύτερη δύναμη μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας _____	117
Διάγραμμα 5. 20: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς τη μέγιστη τιμή των μέγιστων διαφορών ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια των απότομων επιβραδύνσεων _____	117

Διάγραμμα 5. 21: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς την ελάχιστη τιμή των αποστάσεων πραγματοποίησης των συμβάντων ____ 118

Εικόνες

Εικόνα 4. 1: Διάγραμμα διαχείρισης δεδομένων, (OSeven) _____	37
Εικόνα 4. 2: Σύστημα ροής δεδομένων OSeven, (OSeven) _____	39
Εικόνα 4. 3: Yaw, Pitch, Roll, (OSeven) _____	40
Εικόνα 4. 4: Εφαρμογή στο κινητό και διαδικτυακή πύλη, (OSeven) _____	42
Εικόνα 4. 5: Απλός επαγωγικός βρόχος μετά την εγκατάσταση _____	45
Εικόνα 4. 6: Απλός επαγωγικός βρόχος σε σχεδιαστική απεικόνιση _____	45
Εικόνα 4. 7: Πορεία εισαγωγής δεδομένων στο ArcMap _____	49
Εικόνα 4. 8: Αποτύπωση οδικών αξόνων της Αθήνας (roads_egsa87) _____	49
Εικόνα 4. 9: Αποτύπωση απότομων επιβραδύνσεων (brakes_egsa87) _____	50
Εικόνα 4. 10: Αποτύπωση απότομων επιταχύνσεων (acc_egsa87) _____	50
Εικόνα 4. 11: Χάρτης (Basemap) _____	51
Εικόνα 4. 12: Έναρξη διαδικασίας σχεδίασης και επεξεργασίας των «Segments» και «Junctions» _____	52
Εικόνα 4. 13: Σχεδίαση και επεξεργασία των «Segments» και «Junctions» _____	53
Εικόνα 4. 14: Σχεδίαση και επεξεργασία των «Segments» και «Junctions» _____	53
Εικόνα 4. 15: Λήξη διαδικασίας σχεδίασης και επεξεργασίας των «Segments» και «Junctions» _____	54
Εικόνα 4. 16: Χωρική περιγραφή των διασταυρώσεων «Junctions» και των οδικών τμημάτων «Segments» _____	54
Εικόνα 4. 17 : Πρώτο μοντέλο γεωεπεξεργασίας _____	57
Εικόνα 4. 18: Δεύτερο μοντέλο γεωεπεξεργασίας _____	57
Εικόνα 4. 19: Πεδίο Δεδομένων SPSS (Data View) _____	79
Εικόνα 4. 20: Πεδίο Μεταβλητών SPSS (Variable View) _____	79
Εικόνα 4. 21: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών _____	80
Εικόνα 4. 22: Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης _____	80
Εικόνα 4. 23: Επιλογή γραμμικής παλινδρόμησης _____	81
Εικόνα 4. 24: Επιλογή μεταβλητών και μεθόδου εισαγωγής τους _____	81

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Οι συμπεριφοριστικές και οι ψυχαναλυτικές θεωρίες ορίζουν την **ανθρώπινη συμπεριφορά** ως προκαθορισμένη, για διαφορετικούς λόγους όμως η κάθε μια. Κατά το Συμπεριφορισμό, το εξωτερικό περιβάλλον και συγκεκριμένα η αλληλεπίδραση του ατόμου με τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος διαμορφώνουν τη συμπεριφορά του, ενώ οι ψυχαναλυτικές θεωρίες υποστηρίζουν ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά καθορίζεται από υπόγειες ασυνείδητες ενορμήσεις.

Οι **προσεγγίσεις της ανθρώπινης συμπεριφοράς** ποικίλουν. Για παράδειγμα, ο Watson υποστήριξε ότι ο άνθρωπος γεννιέται με μερικές έμφυτες συμπεριφορές οι οποίες ενεργοποιούνται και παρουσιάζονται αυτόματα όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένα ερεθίσματα. Σύμφωνα με τη θεωρία της ομοιοστατικής (Stagner, 1988) ο άνθρωπος αποβλέπει στην επίτευξη και διατήρηση μιας σταθερότητας στην εικόνα που έχει για τον εαυτό του, στις εσωτερικές και βιολογικές του ανάγκες, στο φυσικό και στο κοινωνικό του περιβάλλον. Οι Combs και Snygg με τη θεωρία των επιτυχιών–αποτυχιών ισχυρίστηκαν ότι οι προηγούμενες εμπειρίες επιτυχίας και αποτυχίας επηρεάζουν την αντίληψη των ατόμων, η οποία με τη σειρά της καθορίζει τον τρόπο συμπεριφοράς τους.

Συγκεκριμένα, η ανάλυση και επεξήγηση της **οδηγικής συμπεριφοράς**, δηλαδή η ανθρώπινη συμπεριφορά όταν η οδός αποτελεί το εξωτερικό περιβάλλον του ανθρώπου, έχει έρθει στο προσκήνιο στο πέρασμα των χρόνων. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές προσπάθειες προτυποποίησης της με **πρώτη απόπειρα** το 1938 από τους Gibson και Crooks με τη θεωρητική ανάλυση περιβάλλοντος της οδήγησης με αυτοκίνητο (theoretical field - analysis of automobile driving).

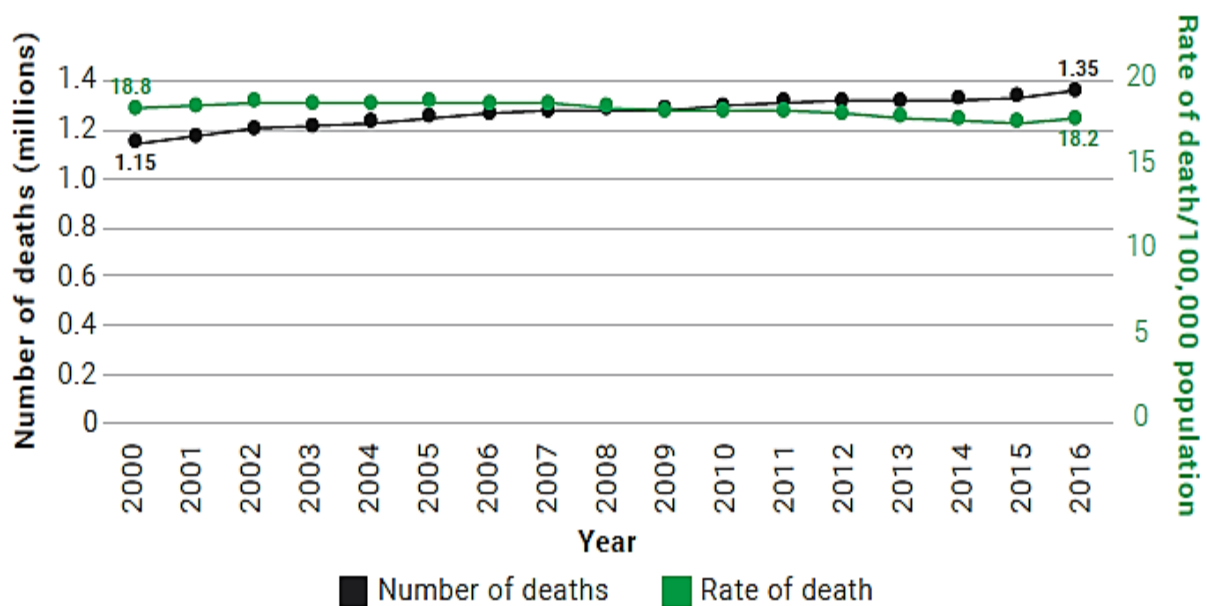
Γιατί η ανάλυση της συμπεριφοράς του οδηγού είναι σημαντική; Η απάντηση στο προηγούμενο ερώτημα απαρτίζεται από διάφορα σκέλη. Το πρώτο και κυριότερο σκέλος αφορά στην **οδική ασφάλεια**. Οι τρεις βασικοί παράγοντες ενός οδικού ατυχήματος είναι ο χρήστης της οδού, το οδικό περιβάλλον και το όχημα, με τη συμπεριφορά του οδηγού να αποτελεί την κύρια αιτία για ποσοστό 95% των οδικών ατυχημάτων (Salmon et al., 2011). Η συμπεριφορά του οδηγού περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που μπορούν να αποτελούν αιτίες οδικών ατυχημάτων όπως:

- Επικίνδυνες ενέργειες (υψηλή ταχύτητα, παραβάσεις κώδικα οδικής κυκλοφορίας κ.α.)
- Οδηγικό λάθος ή αντίδραση (απώλεια ελέγχου οχήματος, αδυναμία τήρησης αποστάσεων ασφαλείας, απότομο φρενάρισμα κ.α.)
- Συμπεριφορά ή απειρία (επιθετική οδήγηση, νευρικότητα, αβειαιότητα κ.α.)

1. Εισαγωγή

- Απόσπαση της προσοχής του οδηγού
- Κούραση/υπνηλία
- Κατανάλωση αλκοόλ και ουσιών

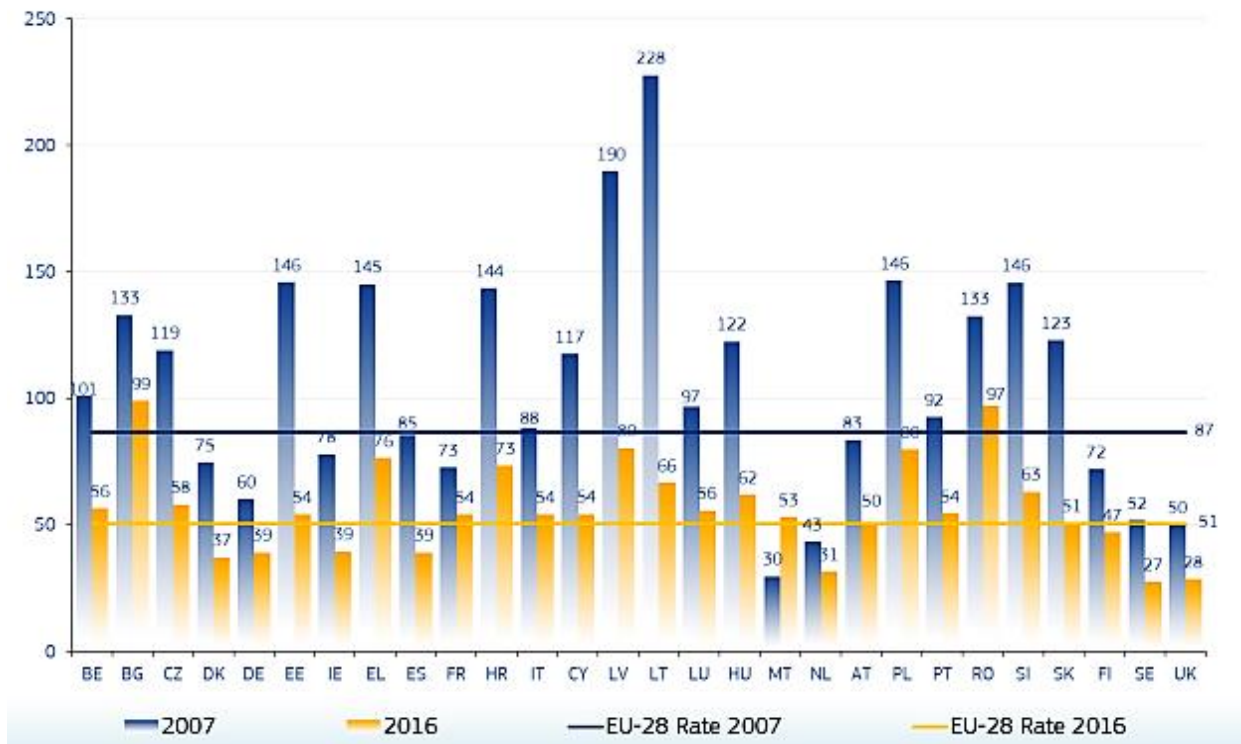
Αν και έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων εκτιμάται ότι το **πρόβλημα γίνεται δυσμενέστερο**, με τον παγκόσμιο αριθμό των θανάτων να αυξάνεται στα 1,35 εκατομμύρια ετησίως (WHO, 2018). Περίπου 3.700 άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους ημερησίως στους δρόμους του κόσμου, ενώ ο αριθμός των τραυματιών είναι μεταξύ των είκοσι (20) με πενήντα (50) εκατομμυρίων. Δυστυχώς, τα οδικά ατυχήματα έχουν καταστεί η κύρια αιτία θανάτου στα παιδιά από πέντε (5) έως δεκατεσσάρων (14) ετών και στα νεαρά άτομα από δεκαπέντε (15) έως είκοσι εννέα (29) ετών αλλά έχει καταστεί και η όγδοη αιτία θανάτου σε όλες τις ηλικιακές ομάδες (WHO, 2018).



Διάγραμμα 1. 1: Αριθμός και ποσοστό θανάτων λόγω οδικού ατυχήματος ανά 100.000 πληθυσμού: 2000-2016 (WHO, 2018)

Αν και έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2016) επιβεβαιώνει ότι οι δρόμοι της Ευρώπης **παραμένουν οι ασφαλέστεροι στον κόσμο**, παρά την πρόσφατη επιβράδυνση της μείωσης των θανάτων από οδικά ατυχήματα, το πρόβλημα δεν έχει εξαλειφθεί. Σύμφωνα με στατιστικές, το 2016 σημειώθηκαν 25.600 θανατηφόρα ατυχήματα (70 θάνατοι την ημέρα) στους δρόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τραυματίστηκαν περισσότεροι από 1,4 εκατομμύρια άνθρωποι (3.600 τραυματίες την ημέρα) (European Commission, 2018).

1. Εισαγωγή

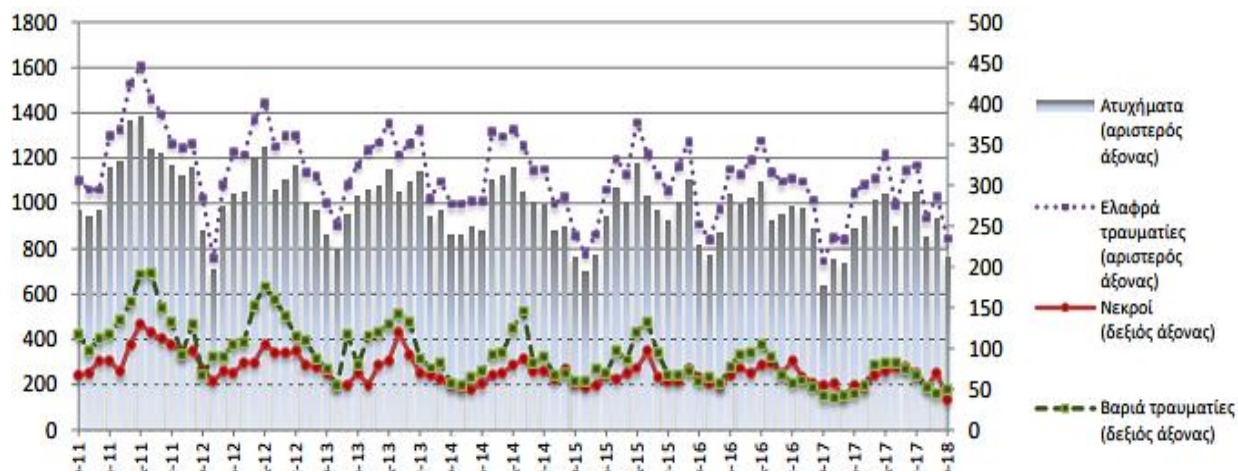


Διάγραμμα 1. 2: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις 28 χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018)

Ειδικότερα για την Ελλάδα, **οι νεκροί εμφάνισαν σημαντική μείωση** της τάξεως του 10% που οφείλεται όχι μόνο στις συνεχιζόμενες συνέπειες της οικονομικής κρίσης αλλά και στα πεντακόσια (500) νέα χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομων, που δόθηκαν στην κυκλοφορία στις αρχές του 2017 και αντικατέστησαν ιδιαίτερα επικίνδυνα οδικά τμήματα του οδικού δικτύου.

Η Ελλάδα την τελευταία δεκαετία εμφανίζει την υψηλότερη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη (54%) παρόλα αυτά με 69 νεκρούς ανά εκ. πληθυσμού βρίσκεται στην 23^η θέση ανάμεσα στα 28 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και απέχει από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο των 50 νεκρών ανά εκ. πληθυσμού, και ακόμα περισσότερο από τα κράτη με τις καλύτερες επιδόσεις (25 νεκροί ανά εκ. πληθυσμού) (Γιαννής, 2018).

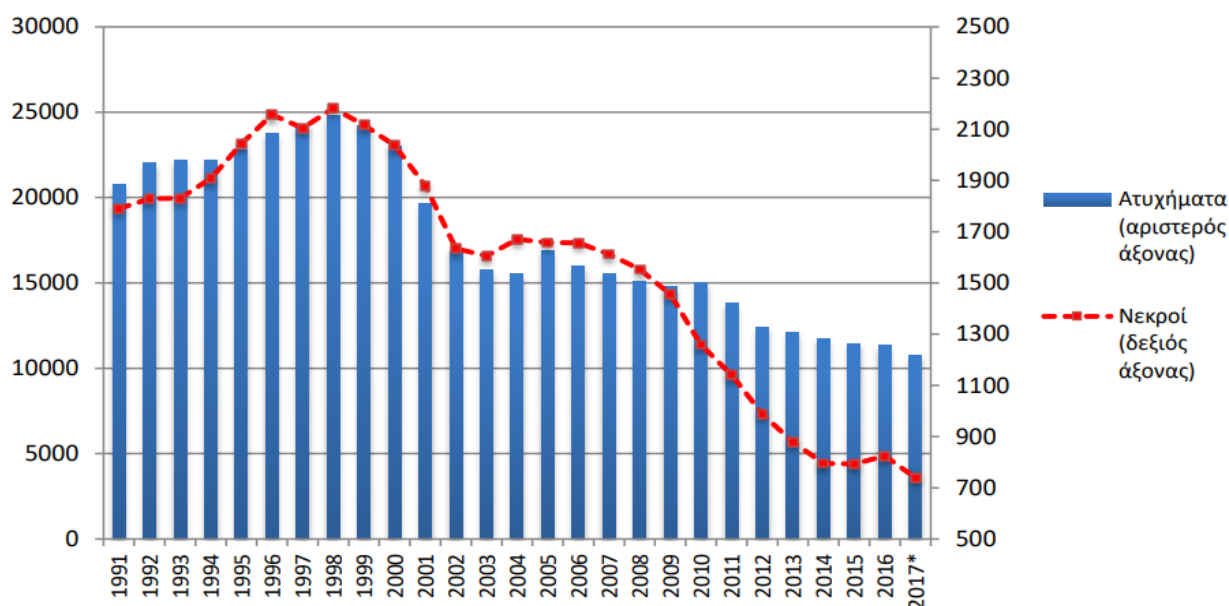
1. Εισαγωγή



Διάγραμμα 1. 3: Αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα από τον Ιανουάριο 2011 έως τον Ιανουάριο 2018, (ΕΛΣΤΑΤ, 2018)

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) τον Ιανουάριο του 2018 τα οδικά ατυχήματα που συνέβησαν σε ολόκληρη τη χώρα και προκάλεσαν το θάνατο ή τον τραυματισμό ανθρώπων, **αυξήθηκαν κατά 18,8%** σε σύγκριση με τον αντίστοιχο του 2017 (757 τον Ιανουάριο του 2018, έναντι 637 τον Ιανουάριο του 2017). Στο διάγραμμα απεικονίζεται ο αριθμός των ατυχημάτων (νεκροί και τραυματίες) όπως εξελίχθηκε από τον Ιανουάριο του 2011 έως τον Ιανουάριο του 2018, στο οποίο διαπιστώνεται μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων με το πέρασμα του χρόνου.

Ακόμα πιο μακροσκοπικά, η χώρα μας συνολικά παρουσιάζει σημαντική πτωτική τάση στα ατυχήματα από το 1991 έως το 2017, όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα, οδεύοντας προς τον στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ουσιαστική μείωση των οδικών ατυχημάτων έως το 2020.



Διάγραμμα 1. 4: Αριθμός ατυχημάτων στην Ελλάδα από το 1991 έως το 2017, (ΕΛΣΤΑΤ, 2018)

Οι τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα **επιβαρύνουν σοβαρά τις εθνικές οικονομίες** καθώς και τα νοικοκυριά. Στις χώρες με χαμηλό και μεσαίο εισόδημα επηρεάζουν ιδιαίτερα την οικονομικά ενεργή ηλικιακή ομάδα ή εκείνες που συμβάλλουν στην οικογένεια, την κοινωνία και το εργατικό δυναμικό εν γένει. Πολλές οικογένειες οδηγούνται βαθύτερα στη φτώχεια από την απώλεια ενός οικογενειάρχη ή από τα έξοδα παρατεταμένης ιατρικής περίθαλψης ή από το πρόσθετο βάρος της φροντίδας ενός μέλους οικογένειας που έχει αναπηρία από τραυματισμό από οδικό ατύχημα. Το οικονομικό κόστος αυξάνεται επίσης σε εθνικό επίπεδο, επιβάλλοντας σημαντική επιβάρυνση για την υγεία, την ασφάλιση και τα νομικά συστήματα. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στις χώρες που αντιμετωπίζουν άλλες αναπτυξιακές ανάγκες, που οι επενδύσεις στην οδική ασφάλεια δεν είναι ανάλογες με την έκταση του προβλήματος. Τα στοιχεία δείχνουν ότι οι θάνατοι και οι τραυματισμοί από τις οδικές μεταφορές στις χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος εκτιμάται ότι θα προκαλέσουν οικονομικές απώλειες έως και 5% του ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν). Συγκεκριμένα, σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμάται ότι το 3% του ΑΕΠ χάνεται από τους θανάτους και τους τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα (WHO, 2015).

Η ανάλυση την οδικής συμπεριφοράς φαίνεται να είναι **χρήσιμη στην αγορά της ασφάλειας αυτοκινήτου**. Η ασφάλιση αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό του κόστους ιδιοκτησίας ενός αυτοκινήτου. Με στόχο τη μείωση των κοστών για τον ιδιοκτήτη αλλά και για τους ασφαλιστές, οι ασφαλιστικές εταιρείες έχουν αναπτύξει διάφορες πολιτικές όπως το Πλήρωσε-Όπως-Οδηγείς (Pay-As-You-Drive (PAYD)). Για παράδειγμα, οι πελάτες-οδηγοί που χρησιμοποιούν το πρόγραμμα PAYD χρεώνονται αναλόγως την τοποθεσία και τη χρονική στιγμή που οδηγούν έναντι ενός καθορισμένου χρηματικού ποσού που θα πλήρωναν κάθε χρόνο με μια άλλη πολιτική (pay-by-the-year). Με άλλα λόγια τα αποτελέσματα μιας τέτοιας ανάλυσης θα βοηθήσουν στη δημιουργία νέων προγραμμάτων οδικής ασφάλειας είτε στην ενίσχυση των ήδη υπάρχοντων. Τα ασφαλιστικά προγράμματα, με τη σειρά τους, θα ενθαρρύνουν την υπεύθυνη οδήγηση, θα μειώσουν τον κίνδυνο των οδικών ατυχημάτων και οι πελάτες όπως και οι ασφαλιστικές εταιρείες θα εξοικονομήσουν χρήματα, εκτός της πιο σημαντικής συνέπειας, ότι θα σωθούν ζωές (Troncoso et al., 2011).

Η επιθετική οδηγική συμπεριφορά, όπως οι απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, έχει σημαντική επίδραση στην ενεργειακή αποδοτικότητα. Η διαφορά, υπό όρους κατανάλωσης καύσιμου και συμπερασματικά **εκπομπής αερίων**, μεταξύ ενός ασφαλούς (ή ήρεμου) οδηγού και ενός επιθετικού εκτιμάται πως είναι **μεγαλύτερη του 40%** (Alessandrini et al., 2012). Για αυτόν τον λόγο, με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος λόγω του συστήματος οδικών μεταφορών, τα τελευταία χρόνια έχει προωθηθεί η ιδέα της εκπαίδευσης των οδηγών να υιοθετούν έναν φιλικότερο προς το περιβάλλον τρόπο οδήγησης. Μια τέτοια συμπεριφορά θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη μείωση είτε την αποφυγή των απότομων επιταχύνσεων, των γρήγορων επιβραδύνσεων και των απότομων

ελιγμών (Yamakado et al., 2009). Η επιθυμητή μείωση της εκπομπής αερίων θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με την εύρεση των παραγόντων που επηρεάζουν την επιθετική οδική συμπεριφορά μέσω της ανάλυσής της.

Ενώ παρουσιάστηκαν μερικοί από τους πιο καθοριστικούς λόγους για τους οποίους η ανάλυση της συμπεριφοράς του οδηγού αποτελεί έρευνα μεγάλης σημασίας, η έλλειψη των απαιτούμενων **διαθέσιμων δεδομένων** περιορίζει την πρόοδο σε αυτό το πεδίο. Η τεχνητή νοημοσύνη θα μπορούσε να προωθήσει την έρευνα και μελέτη της οδικής συμπεριφοράς, αλλά βασίζεται σε μεγάλο πλήθος δεδομένων. Τα απαιτούμενα δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν με διαφορετικούς τρόπους (Gonzalez et al., 2014):

1. **Ερωτηματολόγια:** κάθε οδηγός αξιολογεί τη δική του συμπεριφορά σε κλίμακες που έχουν αναφερθεί. Αποτελούν εύκολο και οικονομικό τρόπο συλλογής δεδομένων ωστόσο, τα ερωτηματολόγια δεν είναι ιδανικά για τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου και αντικειμενικού συστήματος αξιολόγησης. Η ίδια η φύση της συλλογής δεδομένων αποκλείει την αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο δεδομένου ότι δε θα ήταν ασφαλές να ζητηθεί από τους οδηγούς να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Συνεπώς, οι οδηγοί θα πρέπει να στηρίζονται στη μνήμη τους, που μπορεί να είναι λανθασμένη λόγω της διαχείρισης των εντυπώσεων και της αυταπάτης. Επομένως, οι αυτοαναφορές πιθανόν να είναι προκατειλημμένες και να μην αποδώσουν επαρκείς πληροφορίες για την ερμηνεία της οδήγησης, παράγοντας υποκειμενικές μετρήσεις (Jin-Hyuk Hong et al., 2014).
2. **Προσομοιωτής οδήγησης:** ένας οδηγός ελέγχει το όχημα σε εικονικό περιβάλλον οδήγησης. Αποτελεί έναν τρόπο συλλογής δεδομένων που παρέχει ασφάλεια και μία προσέγγιση πραγματικών συνθηκών για τη μελέτη της συμπεριφοράς του οδηγού. Ένα βασικό πλεονέκτημα των προσομοιωτών είναι ότι μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να θέσουν τους οδηγούς σε καταστάσεις που θα μπορούσαν να μην είναι ασφαλείς σε ένα πραγματικό περιβάλλον οδήγησης παραδείγματος χάριν, για την προσομοίωση ενός ατυχήματος ή παραλίγο ατυχήματος. Αυτή η στρατηγική επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο των συνθηκών του πειράματος, διευκολύνοντας έτσι την εργασία του εντοπισμού των σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος μέσω πολλών δεδομένων. Εκτός από την επιστημονική έρευνα και εκτός από εκπαιδευτικούς σκοπούς, τα προσομοιωμένα περιβάλλοντα οδήγησης δε χρησιμοποιούνται συχνά για την παροχή πληροφορίας σχετικά με τον τρόπο οδήγησης σε πραγματικό χρόνο ανατροφοδότηση, καθώς μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρός και λόγω της τεχνητής φύσης του περιβάλλοντος να οδηγήσει σε συμπεράσματα που δεν μεταφράζονται εύκολα στον πραγματικό κόσμο (Jin-Hyuk Hong et al., 2014).
3. **Οδήγηση κανονικών συνθηκών:** τα δεδομένα που συλλέγονται από ένα πραγματικό όχημα κατά τη διάρκεια της τυπικής καθημερινής οδήγησης

1. Εισαγωγή

παρέχουν το υψηλότερο επίπεδο ακρίβειας και είναι τα πιο αντικειμενικά συγκριτικά με τις άλλες δύο μεθόδους. Αυτή η προσέγγιση είναι γνωστή ως Naturalistic Driving Study (NDS) στην πρόσφατη βιβλιογραφία. Δυστυχώς, τα NDSs είναι πολύ δαπανηρά, διότι για την πραγματοποίηση μίας τέτοιας έρευνας απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων συσκευών (On Board Diagnostics (OBD)) στα οχήματα κατά τη διάρκεια μακροχρόνιων δοκιμών που χρησιμοποιούν πολλαπλά οι χρήστες. (Romera et al., 2016)

Ο πολλαπλασιασμός των **smartphones** και των διαφόρων τύπων ενσωματωμένων αισθητήρων (GPS, επιταχυνσιόμετρα τριών αξόνων) έδωσε μία φθηνή και εύκολη στην εγκατάσταση, πλατφόρμα για την ανίχνευση της συμπεριφοράς του οδηγού σε πραγματικές συνθήκες, προσφέροντας μια εναλλακτική λύση χαμηλού κόστους για την συλλογή δεδομένων, όπου αποζημιώνονται οι απώλειες ακριβείας με την ευελιξία εφαρμογής.

Η διάδοση των σύγχρονων τεχνολογιών για κινητές συσκευές, καθώς και η ανάπτυξη αρκετών εφαρμογών για την αξιοποίηση των εσωτερικών τους αισθητήρων, επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με πληροφορίες και σχόλια σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη συμπεριφορά τους, κάτι που μπορεί να φανεί χρήσιμο στην ευαισθητοποίηση των οδηγών και προώθηση της ασφάλειας. Παρέχοντας αυτού του είδους τις παρεμβάσεις κατά τη διάρκεια της οδήγησης, υπολογίζεται μείωση κατά περίπου 20% στο μέσο εκτιμώμενο αριθμό οδικού ατυχήματος (Paefgen et al., 2012).



Διάγραμμα 1. 5: Κατάταξη των υφιστάμενων μεθόδων αξιολόγησης

1. Εισαγωγή

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της συνδυαστικής επιρροής των χαρακτηριστικών της οδού και της κυκλοφορίας στη συμπεριφορά του οδηγού** με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Συγκεκριμένα, επιδιώκεται να εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο τα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού και καταγράφηκαν από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, τα κυκλοφοριακά μεγέθη των οδικών αξόνων (ταχύτητα, κυκλοφοριακός φόρτος, κατάληψη) και τα οδικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά **αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την κυκλοφοριακή συμπεριφορά του εκάστοτε οδηγού** ανάλογα τη θέση του στον οδικό άξονα και πιο συγκεκριμένα ανάλογα με το αν κινείται σε διασταύρωση ή σε οδικό τμήμα.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, απαιτείται η ανάπτυξη και η εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης δεδομένων. Σε πρώτο στάδιο, για να είναι δυνατός ο προσδιορισμός της οδηγικής συμπεριφοράς συγκριτικά με το αν ο οδηγός βρίσκεται σε διασταύρωση ή όχι είναι απαραίτητη η **χωρική ανάλυση** των δεδομένων που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά οδήγησης και τα κυκλοφοριακά μεγέθη. Σε δεύτερο στάδιο κρίνεται αναγκαία η επιλογή των κατάλληλων μαθηματικών **προτύπων** που θα περιγράφουν και θα ποσοτικοποιούν επαρκώς την επιρροή των παραμέτρων που επηρεάζουν την συμπεριφορά του οδηγού. Απώτερο σκοπό αποτελεί η ανάπτυξη τεσσάρων μαθηματικών προτύπων, εκ των οποίων τα δύο αφορούν στην οδηγική συμπεριφορά στις διασταυρώσεις και τα άλλα δύο στην οδηγική συμπεριφορά στα οδικά τμήματα.

Τα πρότυπα που θα αναπτυχθούν καθώς και τα συμπεράσματα τα οποία θα απορρέουν από αυτά αναμένεται να **βοηθήσουν στην κατανόηση** της οδικής συμπεριφοράς που αποτελεί την κύρια αιτία οδικών ατυχημάτων με θανάτους και σοβαρές απώλειες ή τραυματισμούς.

1.3 Μεθοδολογία

Για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και για την επίτευξη του τελικού της στόχου ακολουθήθηκε συγκεκριμένη **μεθοδολογία** τα στάδια της οποίας παρουσιάζονται στην συνέχεια.

Το αρχικό στάδιο υλοποιήθηκε με τον **καθορισμό του αντικειμένου** προς εξέταση καθώς και του επιδιωκόμενου στόχου. Για την επίτευξη του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν δηλαδή έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας τόσο σε ελληνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Μέσω των ερευνών αυτών ανακτήθηκε σχετική

1. Εισαγωγή

εμπειρία η οποία συνέβαλε στην επιλογή μεθόδου συλλογής των στοιχείων, όσο και στην επιλογή μεθόδων ανάλυσης αυτών.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η **συλλογή των στοιχείων** που απαιτούνταν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Αυτό το στάδιο χωρίστηκε σε τρεις επιμέρους δραστηριότητες:

Αρχικά, για την εύρεση των στοιχείων που χαρακτηρίζουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων, μέσα από την εξατομικευμένη **καταγραφή της συμπεριφοράς του οδηγού** σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Τριακόσιοι τρεις οδηγοί (303) συμμετείχαν στο πείραμα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες (smartphone naturalistic driving experiment) στην Αθήνα και σε διάστημα 25 Αυγούστου του 2016 έως 26 Νοεμβρίου του 2017. Με τα παραπάνω δεδομένα δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων με χιλιάδες απότομα συμβάντα. Αξιοποιήθηκε η ειδική πλατφόρμα της εταιρείας της συγκεκριμένης εφαρμογής σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα (OSeven) για την αποτελεσματική μετάβαση από τη συλλογή στοιχείων στη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων.

Έπειτα πραγματοποιήθηκε η **χωρική ανάλυση των συγκεντρωμένων δεδομένων**, μέσω ενός εφαρμογής Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (ArcMap 10.3) με αποτέλεσμα την προβολή τους στο οδικό δίκτυο. Σε αυτό το σημείο αποφασίστηκε η τελική επιλογή των οδικών αξόνων προς διερεύνηση που ήταν, η Λ. **Μεσογείων**, από το ύψος της συμβολής της με τη Λεωφόρο Κατεχάκη και μέχρι το ύψος του Σταυρού, και η Λ. **Βουλιαγμένης**, από την οδό Αγ. Κωνσταντίνου στην Ηλιούπολη και μέχρι την Λ. Ποσειδώνος στη Βούλα. Προκειμένου να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα σε διασταυρώσεις και οδικά τμήματα σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχες περιοχές, αναπαριστώντας τις διασταυρώσεις με κύκλους σταθερής ακτίνας και τα οδικά τμήματα με πολύγωνα, αναλόγως τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας και συνυπολογίζοντας το μισό πλάτος της νησίδας μεταξύ των δύο αντίθετων κατευθύνσεων (άνοδος, κάθοδος). Η συγκεκριμένη διαδικασία είχε ως απώτερο στόχο τη διερεύνηση της οδηγικής συμπεριφοράς με κύριο γνώμονα τη θέση του οδηγού στην οδό.

Το δεύτερο σκέλος της φάσης συλλογής δεδομένων υλοποιήθηκε στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.). Μέσω των βάσεων δεδομένων του Κ.Δ.Κ. **αντλήθηκαν τα κυκλοφοριακά στοιχεία** για τις δύο λεωφόρους, που είχαν μετρηθεί με τον μηχανικό εξοπλισμό του, και αντιστοιχήθηκαν στα οδικά τμήματα που είχαν οριστεί από την προηγούμενη ανάλυση.

Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν τα **χαρακτηριστικά των δύο οδικών αξόνων** προς διερεύνηση (αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας, ύπαρξη ή απουσία λεωφορειολωρίδας, παράδρομου, αριθμός εισερχόμενων ή εξερχόμενων λωρίδων στις διασταυρώσεις κ.τ.λ.). Η συγκέντρωση των προαναφερόμενων στοιχείων πραγματοποιήθηκε με τη

1. Εισαγωγή

βοήθεια της διαδικτυακής υπηρεσίας χαρτογράφησης (Google Maps) και του προγράμματος γραφικής απεικόνισης της Γης (Google Earth) που παρέχονται από την Google.

Τελικώς, τα συλλεχθέντα στοιχεία από τις προηγούμενες διαδικασίες **επεξεργάστηκαν** κατάλληλα και έπειτα **ταξινομήθηκαν** σε μία ενιαία ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Excel 2016) προκειμένου να είναι έτοιμα για το στάδιο της **στατιστικής ανάλυσης** με τη χρήση ειδικού στατιστικού λογισμικού (IBM SPSS Statistics 23). Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου στατιστικής ανάλυσης (πολλαπλή **γραμμική παλινδρόμηση** και **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση**) με αποτέλεσμα, ύστερα από διορθωτική επεξεργασία στα δεδομένα, την ανάπτυξη των τελικών μαθηματικών προτύπων προς επίτευξη των οριζόμενων στόχων της Διπλωματικής Εργασίας.

Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν **τέσσερα πρότυπα σε επίπεδο οριοθετημένης περιοχής**, με εξαρτημένες μεταβλητές τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων που συγκεντρώθηκαν από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Με αυτόν τον τρόπο έγινε προσπάθεια εξέτασης του βαθμού συσχέτισης των συλλεχθέντων χαρακτηριστικών της οδού, της κυκλοφορίας και του τρόπου οδήγησης:

- με τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων εντός διασταύρωσης
- με τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων εντός του οδικού τμήματος
- με τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων εντός διασταύρωσης
- με τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων εντός του οδικού τμήματος

Έπειτα **έγινε αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων** και με βάση τα αποτελέσματα των προτύπων εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για την επιρροή των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητή στην εξαρτημένη. Με τον τρόπο αυτό, προέκυψαν πληροφορίες για το υπό εξέταση ζήτημα και διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1. Εισαγωγή

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



Διάγραμμα 1. 6: Διάγραμμα ροής των διαδοχικών σταδίων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται συνοπτικά η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω περιλήψεων των κεφαλαίων της, για διευκόλυνση και καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη.

Το **πρώτο κεφάλαιο** αποτελεί την εισαγωγή και περιλαμβάνει μερικούς από τους λόγους για τους οποίους είναι σημαντική η ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς όπως και τους τρόπους συλλογής δεδομένων για την επίτευξη της συγκεκριμένης ανάλυσης. Στη συνέχεια περιγράφεται το αντικείμενο και οι στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας, θέτοντας τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Κατόπιν παρουσιάζεται η μεθοδολογία η οποία θα ακολουθηθεί για την επίτευξη των στόχων, με τη μορφή κειμένου αλλά και διαγράμματος ροής για μεγαλύτερη σαφήνεια. Το κεφάλαιο κλείνει με την παρούσα σύνοψη της δομής του συνόλου της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όπως αυτά προέκυψαν από την αναζήτηση ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο, τη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων με στόχο την ανάλυση της συμπεριφοράς του οδηγού και τη χωρική ανάλυση δεδομένων σχετικά με την οδική ασφάλεια. Παρατίθενται εργασίες από την Ελλάδα αλλά και το εξωτερικό, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε συνέδρια, επιστημονικά

περιοδικά, άρθρα ή συγγράμματα. Έπειτα πραγματοποιείται σύνοψη των αποτελεσμάτων των ερευνών και κριτική αξιολόγησή τους, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσον κάποιες από αυτές είναι ικανές να συμβάλλουν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Το **τρίτο κεφάλαιο** αποτελεί το θεωρητικό υπόβαθρο της Διπλωματικής Εργασίας και παρουσιάζεται η ευρύτερη κατηγορία στην οποία ανήκει η επιλεγείσα μεθοδολογία, δηλαδή η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση και η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, οι οποίες αναλύονται ιδιαίτερα. Αναφέρονται βασικές στατιστικές έννοιες και καταγράφονται όλα τα επιμέρους στοιχεία που αφορούν στην εφαρμογή των δύο μεθόδων. Ύστερα παρατίθεται η διαδικασία παραγωγής μαθηματικού προτύπου και οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους αυτό υποβάλλεται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται πριν την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS Statistics 23.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** αφορά στην ενότητα συλλογής και επεξεργασίας στοιχείων, και πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στη διαδικασία άντλησης και προεργασίας των στοιχείων από την OSeven και στη συμπλήρωσή τους με αυτά του Κ.Δ.Κ. αλλά και με τα χαρακτηριστικά των οδών, με σκοπό τη διαμόρφωση των τεσσάρων τελικών βάσεων δεδομένων για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η επεξεργασία συγκεκριμένων δεδομένων για την ανάπτυξη των μοντέλων και η κωδικοποίησή τους προκειμένου να εισαχθούν στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Παρατίθενται επίσης οι τέσσερις κεντρικοί πίνακες δεδομένων και διάφορα περιγραφικά στοιχεία. Στο τέλος του κεφαλαίου αναλύεται η πορεία υπολογισμών μέσω της χρήσης του λογισμικού SPSS με αντίστοιχες αποτυπώσεις των κρίσιμων βημάτων από τις οθόνες εργασίας του.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται ολόκληρη η διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμογής της μεθοδολογίας για την παραγωγή των τελικών μαθηματικών προτύπων. Αναλύονται οι συσχετίσεις των μεταβλητών μεταξύ τους και οι επιλεγόμενες προς τελική χρήση. Κλείνοντας, παρουσιάζονται τα τελικά πρότυπα.

Στο **έκτο κεφάλαιο** περιλαμβάνονται τα συνολικά συμπεράσματα, όπως αυτά προέκυψαν από την ερμηνεία των παραχθέντων μαθηματικών προτύπων. Καταγράφεται οργανωμένα η γνώση που απορρέει από το υπολογιστικό τμήμα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Το **έβδομο κεφάλαιο** αποτελεί τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζεται, με μορφή καταλόγου, το σύνολο των ερευνών που έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, που έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα είτε διεθνώς, με το αντικείμενο ή/και τη μεθοδολογία τους να παρουσιάζουν συνάφεια με τα υπό μελέτη ζητήματα, όπως αυτά τέθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Καταρχήν παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην κατανόηση της συμπεριφοράς των οδηγών **μέσω της συλλογής δεδομένων από τεχνολογικές συσκευές**, προσαρμοσμένες στον εγκέφαλο του οχήματος είτε μέσω των αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων, καθώς στην παρούσα Διπλωματική Εργασία θα εξεταστεί η συμπεριφορά του οδηγού σχετικά με τη θέση του στην οδό, με δεδομένα φυσικής οδήγησης που έχουν συλλεχθεί από το smartphone. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται έρευνες που πραγματοποιούν **χωρική ανάλυση** κυρίως οδικών ατυχημάτων και άλλων δεδομένων που αφορούν χαρακτηριστικά της οδού και μεταβλητές απογραφής μέσω του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών, καθώς και στην παρούσα Διπλωματική Εργασία γίνεται χωρική ανάλυση δεδομένων σχετικών με την οδική ασφάλεια.

Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη, με έμφαση στη μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε και στα αποτελέσματα που προέκυψαν. Μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μιας κατάλληλης μεθόδου και κατάλληλων παραμέτρων για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 Συλλογή δεδομένων

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά σημεία ερευνών που σχετίζονται με τη μελέτη της συμπεριφοράς οδηγών, στα οχήματα των οποίων έχουν εγκατασταθεί **ειδικά διαγνωστικά συστήματα** ή έχουν εγκαταστήσει στο κινητό τηλέφωνό τους συγκεκριμένη εφαρμογή για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τον τρόπο οδήγησης τους. Οι έρευνες είναι δημοσιευμένες σε επιστημονικά περιοδικά και αποτελούν μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας γύρω από το συγκεκριμένο αντικείμενο της οδικής ασφάλειας. Σκοπός είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με άλλες εργασίες με παρεμφερές περιεχόμενο.

Οι έρευνες που παρατίθενται είναι οι εξής (με χρονολογική σειρά):

2.2.1 In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior (2008)

Η εργασία **πραγματοεύεται** τη δυνατότητα χρήσης των IVDR (of in-vehicle data recorder) συστημάτων σε εμπορικές και ερευνητικές εφαρμογές ως εργαλεία, με σκοπό τον έλεγχο της συμπεριφοράς του οδηγού όπως και την παροχή σχολίων-πληροφοριών επι αυτής. Η IVDR είναι μια συσκευή (μονάδα σένσορα, επιταχυνσιόμετρο, μονάδα καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων) που τοποθετείται κάτω από το πλαστικό πάνελ στο χειρόφρενο με στόχο την συλλογή και καταγραφή πληροφοριών της κίνησης, του ελέγχου και της επίδοσης (συμπεριφοράς) του οχήματος.

Η **διαδικασία λειτουργίας** του συστήματος αρχίζει με τις μετρήσεις και συνεχίζει με τον εντοπισμό των ελιγμών, την ανάλυση των δεδομένων και μια αναφορά. Συλλέγει πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητα του οχήματος και του οδηγού χρησιμοποιώντας μαγνητικά κλειδιά, την ώρα έναρξης και πέρατος του ταξιδιού, την επιτάχυνση, την ταχύτητα που προέρχεται από το GPS είτε από το σένσορα ταχύτητας του οχήματος (VSS), την τοποθεσία του οχήματος μέσω GPS όπως και επιπρόσθετες μηχανικές παραμέτρους. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται αλγόριθμοι στις παραπάνω πληροφορίες με σκοπό τον εντοπισμό των ελιγμών του οχήματος, με δυνατότητα αναγνώρισης είκοσι (20) διαφορετικών ελιγμών. Αυτό το βήμα είναι απαραίτητο διότι περιορίζει το μεγάλο πλήθος πληροφοριών στις απαραίτητες παρατηρήσεις.

Οι ελιγμοί που διακρίθηκαν χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό δεικτών και στατιστικών σχετικά με τον οδηγό και το όχημα π.χ. δείκτης επικινδυνότητας, αξιολόγηση επικινδυνότητας (πράσινο→ καλή συμπεριφορά, κίτρινο→ μέτρια συμπεριφορά, κόκκινο→ κακή συμπεριφορά), δείκτης ταχύτητας κ.τ.λ. Τέλος, το αποτέλεσμα μπορεί να γνωστοποιηθεί με δύο τρόπους:

- ο αφού έχουν συλλεχθεί και συσχετισθεί οι πληροφορίες σε επίπεδο οδηγού, ενός οχήματος ή ενός συνόλου οχημάτων
- ο σε πραγματικό χρόνο, με προειδοποιήσεις μέσω μηνύματος στο κινητό, όταν παρατηρείται επιθετική συμπεριφορά είτε σημαντικές παρεκκλίσεις από το φυσιολογικό οδηγικό μοτίβο του συγκεκριμένου οδηγού

Μετά από πείραμα κατά το οποίο εφαρμόσθηκε συσκευή IVDR σε ένα στόλο εκατόν ενενήντα ένα (191) οχημάτων μιας εταιρείας, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι δείκτες επικινδυνότητας σχετίζονται με το ιστορικό ατυχημάτων των οδηγών. Ακόμα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των ατυχημάτων μετά την γνωστοποίηση στον οδηγό, των αποτελεσμάτων σχετικά με την οδηγική του συμπεριφορά. Ωστόσο, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα δεδομένου του μικρού χρονικού διαστήματος εφαρμογής του IVDR. Εν κατακλείδι, είναι ένα εργαλείο που μπορεί να μετρήσει και να αξιολογήσει τη συμπεριφορά του οδηγού, όπως και να την επηρεάσει μέσω της παρακολούθησης και της ενημέρωσης του οδηγού σχετικά με αυτήν.

2.2.2 Driving Behavior Analysis with Smartphones: Insights from a Controlled Field Study (2012)

Η συγκεκριμένη εργασία **εκτιμά μια εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα** (smartphones) που αξιολογεί τη συμπεριφορά του οδηγού βασιζόμενη σε μετρήσεις επιταχύνσεως του οχήματος και παρέχει τη δυνατότητα στους οδηγούς να πληροφορηθούν για τη συμπεριφορά τους. Πραγματοποιήθηκε πείραμα κατά το οποίο οδήγησαν εβδομήντα οκτώ (78) συμμετέχοντες, για σαράντα πέντε (45) λεπτά σε ελεγχόμενο μέρος, με σκοπό την σύλληψη της διαφορετικότητας στην οδήγηση **υπό πραγματικές συνθήκες** ελαχιστοποιώντας την επιρροή από εξωτερικούς παράγοντες.

Λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας μιας μονάδας- συστήματος στο όχημα για τη συλλογή δεδομένων όπως και λόγω του επιπρόσθετου κόστους στις ασφαλιστικές εταιρείες και στους ασφαλιζόμενους μελετάται μια εναλλακτική προσέγγιση, η δημιουργία της προαναφερθείσας εφαρμογής για smartphones. Η ακρίβεια και αξιοπιστία των δεδομένων που μπορεί να συλλέξουν οι αιτητήρες του smartphone αμφισβητείται, οπότε για τη σύγκριση των δύο μεθόδων συλλογής δεδομένων **εγκαταστάθηκε μονάδα η οποία λειτουργούσε ταυτόχρονα με την εφαρμογή κινητού τηλεφώνου**.

Το κινητό τηλέφωνο **συλλέγει δεδομένα** από το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο και το GPS και ο αισθητήρας δεδομένων μετασχηματίζει την εισακτέα πληροφορία σε δύο λειτουργικά μέρη, την προσαρμογή και την καταγραφή του ταξιδιού. Η διαδικασία προσαρμογής είναι σχεδιασμένη ώστε να καθορίζει τις τρεις διαστάσεις της μηχανής στο όχημα και συνεισφέρει στην ακρίβεια των μετρήσεων. Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία, οι προσαρμοσμένες παράμετροι αποθηκεύονται στην εφαρμογή με στόχο την έναρξη της επόμενης διαδικασίας. Κατά τη διάρκεια της καταγραφής, ο αισθητήρας δεδομένων με γρήγορη επαναλαμβανόμενη δειγματοληψία. επεξεργάζεται **διαφορετικούς τύπους δεδομένων που μπορεί να** είναι η ώρα έναρξης και λήξης του ταξιδιού, η διάρκεια ταξιδιού, το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος από τα οποία προκύπτουν η ταχύτητα του οχήματος και η απόσταση που έχει διανυθεί κ.α. Ακόμα, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα τους και να λαμβάνουν αξιολογούνται όσον αφορά στην οδήγησή τους. Τέλος, οι χρήστες- οδηγοί με την εγγραφή τους στην εφαρμογή, θα έχουν την δυνατότητα να μοιράζονται διαδικτυακά τις επιδόσεις τους και με άλλους χρήστες.

Η έρευνα καταλήγει στο **συμπέρασμα** ότι οι μετρήσεις από την εφαρμογή smartphone τείνουν να υπερεκτιμούν τα κρίσιμα συμβάντα, πιθανόν λόγω της απόκλισης από τη βαθμονομημένη αρχική συσκευή. Ακόμα, ενώ ο καιρός και η ημέρα φαίνεται να μην επηρεάζουν τα συμβάντα, ο τύπος της οδού αποτελεί σημαντικό παράγοντα που δε λαμβάνεται υπόψη στις πιο σύγχρονες εφαρμογές. Συνεπώς, βρέθηκε πως υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των δύο τρόπων συλλογής

δεδομένων αν και επηρεάζονται από τον τύπο του συμβάντος, τη θέση του smartphone στο αυτοκίνητο και από εξωτερικούς παράγοντες.

2.2.3 Driving Behavior and Traffic Safety: An Acceleration-Based Safety Evaluation Procedure for Smartphones (2013)

Η εργασία **επικεντρώνεται** στην ανάπτυξη μιας πρωτότυπης εφαρμογής μέσω της οποίας τα δεδομένα οχήματος (θέση, ταχύτητα, διαμήκεις και πλευρικές επιταχύνσεις) παρακολουθούνται και καταγράφονται σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον επιτρέπει την αποστολή προειδοποίησης στους χρήστες ώστε να διορθωθεί ο τρόπος οδήγησης τους δηλαδή, να είναι πιο ασφαλής και λιγότερο επιθετικός.

Η επιθετικότητα αξιολογείται μέσω της γραφικής παράστασης της επιτάχυνσης του οχήματος σε ένα g-g διάγραμμα που μελετήθηκε και σχεδιάστηκε ειδικά, στο οποίο η οριζόντια και η πλευρική επιτάχυνση εμφανίζονται σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως "Καλό τρόπο οδήγησης". Πραγματοποιήθηκαν αρκετές πειραματικές δοκιμές με διαφορετικούς οδηγούς και οχήματα προκειμένου να εκτιμηθεί η ακρίβεια του συστήματος και η χρηστικότητα της εφαρμογής. **Για να αναγνωρισθεί η επιθετική συμπεριφορά** λήφθηκαν υπόψη συμβάντα όπως υπερβολικές ταχύτητες, απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, επιθετικές δεξιές και αριστερές στροφές, επιθετικές αλλαγές κυκλοφοριακών λωρίδων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως το πείραμα απαρτιζόταν από δύο διαδρομές σε δύο διαφορετικές περιοχές.

Ο κύριος σκοπός της έρευνας είναι η παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ποιότητα του δρόμου στους χρήστες της οδού μέσω αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων προκειμένου να μειωθεί η επικινδυνότητα και να βελτιωθεί το σύστημα μετακίνησης σε επίπεδο ασφάλειας και άνεσης. Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν μικρές διαφορές μεταξύ των δύο εξεταζόμενων περιοχών. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάστηκαν περισσότερες επιθετικές συμπεριφορές στην περιοχή που χαρακτηρίζεται από υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους και βρίσκεται στο κέντρο της πόλης ενώ λιγότερες παρατηρήθηκαν σε αυτή την περιοχή που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως προάστιο.

2.2.4 A Smartphone-based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors (2014)

Με **στόχο** την κατανόηση και την μοντελοποίηση του επιθετικού τρόπου οδήγησης, σχεδιάστηκε μία πλατφόρμα ανίχνευσης η οποία χρησιμοποιεί ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone) αντί ενός βαρέος, ακριβού συστήματος. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα εκμεταλλευόμενη και άλλους φθηνούς αισθητήρες μπορεί να συλλέξει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την κίνηση του οχήματος, τους ελιγμούς του και την κίνηση του τιμονιού. Χρησιμοποιώντας τα προηγούμενα δεδομένα και

εφαρμόζοντας τεχνικές νοημοσύνης των μηχανών (machine learning) δημιουργήθηκε μαθηματικό πρότυπο οδήγησης που αξιολογεί τον τρόπο οδήγησης των οδηγών βασιζόμενο σε διάφορα σχετικά χαρακτηριστικά.

Από την οδήγηση είκοσι δύο (22) οδηγών κατά τη διάρκεια τριών (3) εβδομάδων υπό πραγματικές συνθήκες, συλλέχθηκαν τα δεδομένα και αναλύθηκαν τα χαρακτηριστικά των επιθετικών οδηγών.

Συγκεκριμένα, **τα βήματα που εκτελέστηκαν για τη δημιουργία του προτύπου** οδήγησης ήταν η προεπεξεργασία των δεδομένων ανίχνευσης και η εξαγωγή χαρακτηριστικών. Με άλλα λόγια, για την εύρεση ενός γενικού προτύπου οδήγησης σε έναν πληθυσμό, τα αισθητήρια σήματα μετατράπηκαν κατάλληλα ώστε να έχουν συγκεκριμένο προσανατολισμό σε όλα τα οχήματα. Ακόμα, ορίστηκαν έξι συγκεκριμένες καταστάσεις οδήγησης (START, STOP, H-SANOPEED, TURN, B-TURN, A-TURN) με σκοπό την ανεξαρτησία του προτύπου από το οδικό περιβάλλον (π.χ. σε αυτοκινητόδρομο ή σε αστικό δρόμο). Επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια (questionnaire) για τον τρόπο οδήγησης όπως και αυτοαναφορές των ατυχημάτων και των προστίμων (violation).

Τα πρότυπα που δημιουργήθηκαν από τα δεδομένα των ερωτηματολογίων των αυτοαναφορών και των αισθητήρων ταξινόμησαν τους επιθετικούς οδηγούς με ακρίβεια της τάξεως του 90,5% (violator-class) και 81% (questionnaire-class) αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση των χαρακτηριστικών, **δημιουργήθηκαν δύο πρότυπα οδήγησης** που προέβλεπαν εάν ο οδηγός παρουσιάζει επιθετική συμπεριφορά ή όχι, το πρώτο καθοριζόταν από το ιστορικό των ατυχημάτων και τα πρόστιμα υπερβολικής ταχύτητας (violator-class), και το δεύτερο καθοριζόταν από τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο (questionnaire-class). Τέλος, περιγράφεται πως στο μέλλον τα πρότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη χρήση δεδομένων μόνο από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων.

2.2.5 Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection (2016)

Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί η ανάδειξη της δυνατότητας παρακολούθησης και αξιολόγησης της συμπεριφοράς του οδηγού και της οδικής ασφάλειας, μέσω της χρήσης της συνεχούς συλλογής δεδομένων από το όχημα (On Board Diagnostic (OBD)) και το έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone). Επιπλέον, εξετάζονται οι επιπτώσεις των κρίσιμων δεικτών συμπεριφοράς και έκθεσης στον κυκλοφοριακό κίνδυνο, καθώς και η συμπεριφορά οδήγησης και τα πρότυπα που χρησιμοποιούν τους παραπάνω δείκτες για τον υπολογισμό του οδικής επικινδυνότητας.

Μέχρι πρόσφατα, το υψηλό κόστος για τα συστήματα καταγραφής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο οδήγησης, οι υπηρεσίες cloud computing, η αδυναμία να

συσσωρεύονται και να εκμεταλλεύονται μεγάλες βάσεις δεδομένων (Big Data) για τις μεταφορές και τη διαχείριση της κυκλοφορίας, καθώς και το χαμηλό ποσοστό διείσδυσης των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και των κοινωνικών δικτύων, **κατέστησε εξαιρετικά δύσκολη τη συλλογή και διαχείριση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο** και, ως εκ τούτου, τη μελέτη της σχέσης μεταξύ της οδηγικής συμπεριφοράς και της πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα.

Μέσω του συστήματος OBD παρέχεται ένα σύνολο δεδομένων που αφορούν το όχημα όπως διάρκεια οδήγησης, είδος οδικού δικτύου (μέσω GPS), απότομες επιβραδύνσεις/επιταχύνσεις, ταχύτητα οχήματος, κατανάλωση καυσίμου τα οποία μεταφέρονται αυτόματα σε μία κεντρική βάση με τη βοήθεια του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Μέθοδοι επεξεργασίας όπως η ανάλυση Fourier χρησιμοποιούνται ώστε να ξεκαθαρίσουν τη μεγάλη βάση δεδομένων που παρέχεται και έπειτα να υπολογιστούν δείκτες σχετικά με τη συμπεριφορά του οδηγού και την έκθεση του σε κίνδυνο. Υπάρχει δυνατότητα να προκύψουν πρόσθετοι δείκτες μέσω του χάρτη και των καιρικών συνθηκών που μπορούν να εκμεταλλευτούν είτε σε ξεχωριστά πρότυπα έκθεσης σε κίνδυνο και συμπεριφοράς, είτε σε συνδυασμό. **Αφού αναλυθεί η βάση δεδομένων ακολουθεί η αξιολόγηση του οδηγού** σχετικά με τη συμπεριφορά του και η γνωστοποίηση αυτής μέσω του διαδικτύου ή εφαρμογής στο κινητό, με απώτερο σκοπό την αυτοβελτίωση του. Το αποτέλεσμα από τον τρόπο οδήγησης του χρήστη μπορεί να είναι ο δείκτης κινδύνου σε μία κλίμακα από το μηδέν έως το δέκα.

Το **συμπέρασμα** αυτής της έρευνας είναι ότι η αξιολόγηση του οδηγού σύμφωνα με τη συμπεριφορά του αποτελεί σημαντικό κίνητρο για να οδηγεί πιο προσεκτικά και με πιο ασφαλή τρόπο. Η τεχνολογική εξέλιξη παγκοσμίως καθιστά τη βελτίωση της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς και ασφάλειας έναν πραγματοποιησιμο στόχο. Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση και να δεσμεύσει την ασφαλή και φιλική προς το περιβάλλον οδήγηση, αλλά και να παρέχει ανατροφοδότηση για τις οδηγικές επιδόσεις και τους κινδύνους. Τέλος, μία καινοτόμα πολιτική ασφάλισης θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση στην οδική ασφάλεια.

2.2.6 Σύνοψη

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάστηκαν ορισμένες από τις σημαντικότερες έρευνες που σχετίζονται με την εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδηγού μέσω συστημάτων καταγραφής δεδομένων που βρίσκονται εντός του οχήματος, την ανάπτυξη εφαρμογών για έξυπνα κινητά τηλέφωνα για την καταγραφή της συμπεριφοράς του οδηγού. Σκοπός όλων των παραπάνω εργασιών είναι η βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Από τη σύνθεση των βασικών σημείων των ερευνών που εξετάστηκαν, προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

- Για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων καταγραφής δεδομένων, απαιτείται **σύνδεση με πληροφοριακά συστήματα** ώστε να αποθηκεύονται και να επεξεργάζονται άμεσα τα δεδομένα.
- Τα προαναφερόμενα δεδομένα σχετίζονται με τον **τρόπο οδήγησης** του οδηγού (ταχύτητα οχήματος, απότομες επιταχύνσεις, απότομες επιβραδύνσεις, χωρικός διαχωρισμός κτλ.), με τα **μηχανικά χαρακτηριστικά του οχήματος** (κατανάλωση καυσίμων, πίεση ελαστικών κτλ.) καθώς και με τις καιρικές συνθήκες.
- Τα περισσότερα συστήματα καταγραφής συνδέονται με τον **“εγκέφαλο”** του οχήματος (π.χ. IVDR, OBD).
- Λόγω του υψηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας μιας μονάδας-συστήματος στο όχημα για τη συλλογή δεδομένων μελετώνται εναλλακτικές προσεγγίσεις όπως η δημιουργία **εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα** και η εκμετάλλευση των αισθητήρων του.
- Η **αξιολόγηση του οδηγού** βάσει της συμπεριφοράς του στην οδό μέσω της εφαρμογής, αποτελεί σημαντικό κίνητρο για να οδηγεί πιο προσεκτικά και με πιο ασφαλή τρόπο.
- Βρέθηκε πως υπάρχουν **σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των δύο τρόπων συλλογής δεδομένων** δηλαδή, μεταξύ των συστημάτων καταγραφής που συνδέονται με το όχημα και με τους αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων, αν και επηρεάζονται από τον τύπο του συμβάντος, τη θέση του smartphone στο αυτοκίνητο και από εξωτερικούς παράγοντες.
- Παρουσιάστηκαν **περισσότερες επιθετικές συμπεριφορές** στην περιοχή που χαρακτηρίζεται από υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους και βρίσκεται στο κέντρο της πόλης ενώ λιγότερες παρατηρήθηκαν στην περιοχή που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως προάστιο.

2.3 Χωρική Ανάλυση

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά σημεία εργασιών που σχετίζονται με τη χωρική ανάλυση δεδομένων με σκοπό την ενίσχυση της οδικής ασφάλειας. Οι έρευνες υπό μελέτη είναι δημοσιευμένες σε επιστημονικά περιοδικά και αποτελούν μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας γύρω από τη διερεύνηση και τη προσπάθεια προσδιορισμού χωρικών μονάδων στις οποίες παρατηρούνται πιο συχνά οδικά ατυχήματα.

Οι έρευνες που παρατίθενται είναι οι εξής (με χρονολογική σειρά):

2.3.1 Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania (2005)

Χρησιμοποιώντας τους τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα και τα θανατηφόρα οδικά ατυχήματα που καταγράφηκαν στη Πενσυλβάνια την περίοδο 1996-2000, **συγκρίνονται** τα πλήρη ιεραρχικά πρότυπα Bayes (FB) (με χωρο-χρονικές επιπτώσεις και χωρο-χρονικές αλληλεπιδράσεις), με τις αρνητικές διωνυμικές (NB) εκτιμήσεις της ετήσιας συχνότητας εμφάνισης οδικών ατυχημάτων σε επίπεδο κομητείας. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορίζονται τα κοινωνικο-δημογραφικά στοιχεία, οι καιρικές συνθήκες, οι υποδομές των μεταφορών και οι οδικές διαδρομές.

Συμπέρασμα της συγκεκριμένης εργασίας είναι πως τα ιεραρχικά πρότυπα (FB) συμφωνούν με τις εκτιμήσεις της αρνητική διωνυμική κατανομής (NB). Επίσης, στις κομητείες με το υψηλότερο ποσοστό πληθυσμού υπό το επίπεδο φτώχειας, με το υψηλότερο ποσοστό του πληθυσμού τους να ανήκουν στις ηλικιακές κατηγορίες 0-14, 15-24 και άνω των 64 ετών και εκείνες με αυξημένες οδικές διαδρομές και οδική πυκνότητα δηλαδή, με αυξημένη αναλογία του συνολικού μήκους των οδικών αξόνων με την συνολική έκταση της κομητείας, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της πιθανότητας για πρόκληση οδικού ατυχήματος. Επιπρόσθετο συμπέρασμα αποτελεί η διαπίστωση πως η συνολική βροχόπτωση είναι στατιστικά σημαντική και θετικά συσχετισμένη στα πρότυπα NB, ενώ παρουσιάζεται στατιστικά μη σημαντική στα πρότυπα FB.

Τα πρότυπα FB σε επίπεδο κομητείας προδίδουν την ύπαρξη της **χωρικής συσχέτισης** των δεδομένων που αφορούν τα οδικά ατυχήματα και παρέχουν ένα μηχανισμό για τον ποσοτικό προσδιορισμό και τη μείωση της επιρροής της συσχέτισης αυτής. Τέλος, η χωρική συσχέτιση είναι πιθανό να φανεί ακόμα πιο σημαντική σε πρότυπα οδικών ατυχημάτων σε επίπεδο οδικών τμημάτων και διασταυρώσεων.

2.3.2 Comparison of spatial methods for measuring road accident 'hotspots': a case study of London (2006)

Η συγκεκριμένη έρευνα έχει συνδυάσει τη χρήση του Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος (G.I.S.) και τη χωρική ανάλυση **με απώτερο σκοπό** τον οπτικό και παράλληλα στατιστικό καθορισμό των περιοχών που μπορούν να θεωρηθούν εστίες (hotspots) τροχαίων ατυχημάτων. Η αύξηση της χρήσης του G.I.S. έχει οδηγήσει τους ακαδημαϊκούς σε εξελιγμένες μεθόδους για την ποσοτικοποίηση των περιοχών εστίασης οδικών ατυχημάτων ωστόσο, δεν υπάρχει καθολικός ορισμός ενός hotspot ατυχημάτων.

Το παρόν έγγραφο **επιχειρεί να διερευνήσει** τα πλεονεκτήματα τριών διαφορετικών χωρικών τεχνικών για την ποσοτικοποίηση των περιοχών εστίασης οδικών ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, οι τρεις μέθοδοι είναι η εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνες

(kernel density estimation), η ανάλυση οδικού δικτύου (Network analysis) και η εκτίμηση των περιοχών από απογραφή (Census Output Area estimation).

Η εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνες είναι μία τεχνική παρεμβολής, μία μέθοδος για τη γενίκευση των τοποθεσιών που πραγματοποιήθηκαν περιστατικά σε μία ολόκληρη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τεχνικές παρεμβολής που γενικεύουν τις συγκρούσεις στη περιοχή υπό μελέτη. Η εκτίμηση της πυκνότητας του πυρήνα προσφέρεται για την ενσωμάτωση συμπληρωματικών συνόλων δεδομένων σχετικά με το οδικό περιβάλλον και τους ανθρώπους που εμπλέκονται στο οδικό ατύχημα.

2.3.3 Influence of Land Use, Population, Employment, and Economic Activity on Accidents (2006)

Σε αυτή τη μελέτη **διερευνήθηκαν** οι σχέσεις μεταξύ των χρήσεων γης, του πληθυσμού, της απασχόλησης ανά τομέα, την οικονομική παραγωγή και τα οδικά ατυχήματα. Πιο συγκεκριμένα δείχνει σε ποιο βαθμό ο πληθυσμός, η απασχόληση, και η φύση της αστικής ανάπτυξης μπορεί να σχετίζεται με τη συχνότητα των οδικών ατυχημάτων.

Μέσω της χρήσης δεδομένων από τη μεγαλύτερη κομητεία της Χαβάη, οι προαναφερόμενες σχέσεις προτυποποιήθηκαν σε μία ομοιόμορφη δομή δικτύου 0,259 τετραγωνικών χιλιομέτρων και με διάφορα μαθηματικά πρότυπα γραμμικής παλινδρόμησης. Η συγκεκριμένη μέθοδος εμφανίζει πλεονεκτήματα έναντι άλλων προσεγγίσεων κατά τις οποίες συνήθως χρησιμοποιούνται άνισες από άποψη μεγέθους και μορφής ζώνες ανάλυσης κυκλοφορίας, περιοχές απογραφής (census tracts) ή ομάδες block (block groups).

Από την ανάλυση παρατηρήθηκαν θετικές στατιστικές σημαντικές σχέσεις μεταξύ του πληθυσμού, της εργασίας, της παραγωγής και των οδικών ατυχημάτων. Έπειτα εφαρμόσθηκε η αρνητική διωνυμική (NB) κατανομή προκειμένου να εξεταστούν οι απόλυτες και σχετικές επιπτώσεις των προηγούμενων παραγόντων στον αριθμό των πεζών, των ποδηλάτων, των οχημάτων προς όχημα και των συνολικών οδικών ατυχημάτων. Το συγκεκριμένο μαθηματικό στατιστικό πρότυπο έδειξε την αναγκαιότητα για επικέντρωση στην ασφάλεια των πεζών σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα εμπορικών δραστηριοτήτων. Επίσης, παρουσιάστηκε μεγάλη συχνότητα οδικών ατυχημάτων κοντά σε σχολεία.

Με ένα πολυπαραγοντικό πρότυπο **συγκρίθηκαν οι διαφορετικές επιπτώσεις** και εξακριβώθηκε η ιδιαιτερότητα των σχέσεων μεταξύ των ζωνικών χαρακτηριστικών και οδικών ατυχημάτων. Ενώ υπάρχει γενικώς μία σημαντική σχέση μεταξύ όλων των μεταβλητών, τα αποτελέσματα εμφανίζονται να είναι πιο έντονα σε συγκρούσεις μεταξύ οχημάτων σε σχέση με τις συγκρούσεις που εμπλέκουν πεζούς και ποδηλάτες. Εκτός από τις γενικές επιδράσεις, εξετάστηκε η επιρροή της απασχόλησης, της

οικονομικής ανάπτυξης και διαφόρων δραστηριοτήτων σε επίπεδο και τύπο οδικών ατυχημάτων.

2.3.4 Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots (2009)

Η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζει μία μεθοδολογία χρησιμοποιώντας το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.) και την εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνες (kernel density estimation) με **σκοπό** τη διερεύνηση των χωρικών προτύπων που σχετίζονται με τους τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα που λαμβάνουν χώρα στο Λονδίνο, στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ακόμα, παρουσιάζει μία μεθοδολογία ομαδοποίησης χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικά δεδομένα και αποτελέσματα από τη προηγούμενη διαδικασία με **στόχο** τη δημιουργία μίας ταξινόμησης των εστιών οδικών ατυχημάτων επίσης στην πόλη του Λονδίνου.

Συγκεκριμένα, **συλλέχθηκαν δεδομένα** σχετικά με τα οδικά ατυχήματα που καταγράφηκαν από το 1999 έως και το 2003 από τη βάση της Μητροπολιτικής Αστυνομίας. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε ένας χάρτης που απεικόνιζε την εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνες και αναλύθηκε σε έναν προκαθορισμένο αριθμό κελιών για να δημιουργηθεί μία βασική χωρική μονάδα μίας εστίας οδικών ατυχημάτων. Έπειτα τα προσαρτημένα περιβαλλοντικά δεδομένα προστέθηκαν στα κελιά των εστιών και χρησιμοποιώντας την ομαδοποίηση K-μέσων (K-means clustering) προέκυψαν παρόμοιες εστίες οδικών ατυχημάτων με τις αρχικές. Δημιουργήθηκαν πέντε ομάδες και δεκαπέντε υποομάδες συνολικά βάσει δεδομένων συγκρούσεων και περιγραφικών δεδομένων. Τα συμπλέγματα που σχηματίστηκαν συζητήθηκαν και αξιολογήθηκαν σύμφωνα με την αξιοπιστία τους και τις πιθανές χρήσεις τους στην εκστρατεία της οδικής ασφάλειας.

2.3.5 Geographical unit based analysis in the context of transportation safety planning (2013)

Με την πρόοδο του Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος (G.I.S.) παρέχεται η δυνατότητα να αναλυθούν τα οδικά ατυχήματα σε διάφορες γεωγραφικές μονάδες. Ωστόσο, δεν υπάρχει μια σαφής κατευθυντήρια γραμμή σχετικά με το ποια γεωγραφική μονάδα πρέπει να επιλεγεί. Η ανάλυση της οδικής ασφάλειας σε μακροσκοπικό επίπεδο αποτελεί τον πυρήνα της ασφάλειας των μεταφορών (TSP), που με τη σειρά του αποτελεί βασικό στοιχείο σε πολλές πτυχές της πολιτικής και της λήψης αποφάσεων για την οδική ασφάλεια. Η προτίμηση της χωρικής μονάδας μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου ή για μια συγκεκριμένη εξαρτημένη μεταβλητή, τα μοντέλα υπάρχει περίπτωση να είναι αμετάβλητα σε διάφορες χωρικές μονάδες παρουσιάζοντας παρόμοια εξομάλυνση.

Σε αυτή την εργασία εξετάστηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα οδικών ατυχημάτων για ζώνες ανάλυσης κυκλοφορίας (TAZ), για ομάδες τετραγώνων (BG) και για

απογραφή οδών (CT) δύο περιοχών στη Φλόριντα. Τα μοντέλα αναπτύχθηκαν για τα συνολικά οδικά ατυχήματα, σοβαρά οδικά ατυχήματα και οδικά ατυχήματα με εμπλεκόμενους πεζούς. Ακόμα, αναπτύχθηκαν με βάση διάφορα χαρακτηριστικά της οδού και μεταβλητές απογραφής (π.χ. χρήση γης, κοινωνικο-οικονομικές κ.λπ.). Ο **πρωταρχικός στόχος της εργασίας** ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της ζωνικής διακύμανσης (κλίμακα και ζώνη) στους προαναφερόμενους τύπους μοντέλων ατυχημάτων.

Διαπιστώθηκε ότι η σημασία των επεξηγηματικών μεταβλητών δεν είναι σταθερή μεταξύ των μοντέλων με βάση τα διαφορετικά συστήματα ζωνών. Τα αποτελέσματα δείχνουν επίσης πως οι συντελεστές των μεταβλητών μπορούν να εξηγηθούν λογικά σε όλα τα μοντέλα. Επιπρόσθετα, βασικά ευρήματα αυτής της μελέτης είναι, πρώτον, πως τα πρόσημα των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι σταθερά αν αυτές είναι στατιστικά σημαντικές στο μοντέλο με την ίδια εξαρτημένη μεταβλητή (response variable), ανεξάρτητα από τη χωρική μονάδα στην οποία αναφέρεται. Δεύτερον, ο αριθμός των στατιστικά σημαντικών μεταβλητών επηρεάζεται από τις εξαρτημένες μεταβλητές και από τις χωρικές μονάδες. Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η απόσταση που έχει διανύσει το όχημα σε χιλιόμετρα (VMT) και ο αριθμός των διασταυρώσεων αποτελούν στατιστικά **σημαντικές μεταβλητές και για τα εννέα μοντέλα** που προτείνονται στην παρούσα εργασία.

Τα TAZs αποτελούν το μοναδικό ζωνικό σύστημα που σχετίζεται με την κυκλοφορία και χρησιμοποιείται ευρέως από τους σχεδιαστές μεταφορών και στην έρευνα που σχετίζεται με τη μακροσκοπική ανάλυση των τροχαίων ατυχημάτων.

2.3.6 Σύνοψη

Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάστηκαν ορισμένες από τις πιο σημαντικές έρευνες που σχετίζονται με τη χωρική ανάλυση δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία μαθηματικών πρότυπων οδικών ατυχημάτων και τον εντοπισμό των εστιών οδικών ατυχημάτων, μέσω διαφόρων μεθοδολογιών. Κύριο στόχο αποτελεί η βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Από τη σύνθεση των βασικών σημείων των ερευνών που εξετάστηκαν, προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Η ανάλυση της οδικής ασφάλειας σε μακροσκοπικό επίπεδο αποτελεί τον **πυρήνα της ασφάλειας των μεταφορών** (TSP).
- Δε βρέθηκε έρευνα που να μελετά τη **χωρική ανάλυση** των δεδομένων από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, σχετικά με τον τρόπο οδήγησης.
- Όλες οι εργασίες σχετικά με τη χωρική ανάλυση που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, έχουν ως **κύριο στόχο** τη χωρική ανάλυση οδικών ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί και άλλων δεδομένων που αφορούν χαρακτηριστικά της οδού και μεταβλητές απογραφής, και τελικώς την εξαγωγή μοντέλων τροχαίων ατυχημάτων.

- Με την πρόοδο του **Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος (G.I.S.)** παρέχεται η δυνατότητα να αναλυθούν τα οδικά ατυχήματα σε διάφορες γεωγραφικές μονάδες.
- Δεν υπάρχει μια σαφής κατευθυντήρια γραμμή σχετικά με το ποια γεωγραφική μονάδα πρέπει να επιλεγεί.
- Η προτίμηση της χωρικής μονάδας μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την **εξαρτημένη μεταβλητή** του μαθηματικού προτύπου.
- Τα **πρόσημα των ανεξάρτητων μεταβλητών** είναι σταθερά αν αυτές είναι στατιστικά σημαντικές στο μαθηματικό πρότυπο οδικών ατυχημάτων, με την ίδια εξαρτημένη μεταβλητή, ανεξάρτητα από τη χωρική μονάδα στην οποία αναφέρεται.
- Η **απόσταση που έχει διανύσει το όχημα** σε χιλιόμετρα και ο **αριθμός των διασταυρώσεων** αποτελούν στατιστικά σημαντικές μεταβλητές για τα πρότυπα που μελετήθηκαν σε μία από τις εργασίες, ανεξάρτητα από τη χωρική μονάδα στην οποία αναφέρονται.
- Τα **TAZs** αποτελούν το μοναδικό **ζωνικό σύστημα** που αφορά στην κυκλοφορία και χρησιμοποιείται ευρέως στην έρευνα που σχετίζεται με τη μακροσκοπική ανάλυση των τροχαίων ατυχημάτων.
- Η αύξηση της χρήσης του G.I.S. έχει οδηγήσει τους επιστήμονες σε εξελιγμένες μεθόδους για την ποσοτικοποίηση των **περιοχών εστίασης (hotspots) οδικών ατυχημάτων** ωστόσο, δεν υπάρχει καθολικός ορισμός των επικίνδυνων θέσεων ατυχημάτων.
- Η εκτίμηση πυκνότητας με πυρήνες (kernel density estimation) χρησιμοποιείται, ως χωρική τεχνική, σε αρκετές έρευνες που έχουν ως στόχο την ποσοτικοποίηση των περιοχών εστίασης οδικών ατυχημάτων.
- Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της πιθανότητας για πρόκληση οδικού ατυχήματος σε περιοχές που:
 - ο το υψηλότερο ποσοστό πληθυσμού βρίσκεται υπό το επίπεδο φτώχειας.
 - ο το υψηλότερο ποσοστό του πληθυσμού ανήκει στις ηλικιακές κατηγορίες 0-14, 15-24 και άνω των 64 ετών.
 - ο παρατηρούνται αυξημένες οδικές διαδρομές και πυκνότητα κυκλοφορίας.

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο επιδιώκεται η **περιγραφή του θεωρητικού υποβάθρου** που αξιοποιήθηκε για την ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, γίνεται μια σύντομη περιγραφή βασικών εννοιών της στατιστικής και εν συνεχεία παρατίθενται οι βασικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην οδική ασφάλεια, στην ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς αλλά και σε πλήθος άλλων εφαρμογών. Έπειτα πραγματοποιείται μια λεπτομερής ανάλυση των προτύπων που χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν τη συνδυαστική επιρροή των χαρακτηριστικών της οδού και της κυκλοφορίας στη συμπεριφορά του οδηγού. Τέλος, παρουσιάζονται οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής των προτύπων.

3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

Ο όρος **πληθυσμός** (population) αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει τη στατιστική έρευνα. Πρόκειται για ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα. Ένας πληθυσμός μπορεί να είναι πραγματικός ή θεωρητικός.

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

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

- **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables). Εάν οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μιας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης.
- **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις διακριτές και τις

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

συνεχείς. Σε μία διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές είναι σταθερή ποσότητα. Αντίθετα σε μία συνεχή μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

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

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

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

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

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

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

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

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανομημένου δείγματος. Σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα προκύπτει ότι το διάστημα:

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

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

$$Cov(X, Y) = \left[\frac{1}{n-1} \right] \sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας:

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

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.3 Συσχέτιση μεταβλητών – Συντελεστής συσχέτισης

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

$$\rho = \left(\frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X} \right) \left(\frac{1}{\sigma_Y} \right)$$

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

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

$$r(X, Y) = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{[(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2)^{1/2} (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)^{1/2}]}$$

3.4 Βασικές Κατανομές

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής για να μελετηθούν τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να είναι γνωστή η **μορφή της κατανομής** που ακολουθούν. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση οδικών ατυχημάτων.

3.4.1 Κανονική Κατανομή

Από τις σημαντικές κατανομές πιθανότητας η οποία αφορά σε **συνεχείς μεταβλητές** είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Μια συνεχής τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την κανονική κατανομή με παραμέτρους μ , σ ($-\infty < \mu < +\infty$, $\sigma > 0$), και γράφεται $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, όταν έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας την:

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

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

3.4.2 Κατανομή Poisson

Αντίστοιχα, η κατανομή που εφαρμόζεται συνήθως σε **διακριτές μεταβλητές**, είναι η κατανομή Poisson. Μια τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), και γράφεται $X \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πυκνότητας πιθανότητας την:

$$F(x) = \frac{\mu^x * e^{-\mu}}{x!}$$

όπου $x=0, 1, 2, 3, \dots$ και $x! = x \cdot (x-1) \cdot \dots \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι $E\{x\} = \mu$ και $\sigma^2\{x\} = \mu$ και είναι ίσες μεταξύ τους.

Η κατανομή Poisson αφορά στον αριθμό των “συμβάντων” σε ορισμένο χρονικό ή χωρικό διάστημα. Γενικά, ο αριθμός X των συμβάντων σε χρονικό (ή χωρικό) διάστημα t ακολουθεί την κατανομή Poisson αν (α) ο ρυθμός λ , έστω των συμβάντων είναι χρονικά σταθερός και (β) οι αριθμοί των συμβάντων σε ξένα διαστήματα αποτελούν ανεξάρτητα ενδεχόμενα (Κοκολάκης και Σπηλιώτης, 1999).

3.4.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

Μία άλλη πολύ σημαντική κατανομή που χρησιμοποιείται στην οδική ασφάλεια είναι η αρνητική διωνυμική κατανομή. Η χρήση της κατανομής αυτής ενδείκνυται για περιπτώσεις όπου η διακύμανση των στοιχείων του δείγματος είναι μεγαλύτερη από τον μέσο όρο. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε φαινόμενα που παρουσιάζουν περιοδικές μεταβολές (όπως για παράδειγμα αριθμός αφίξεων οχημάτων που αφορούν σε μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. 10 sec) σε κάποιο σημείο μετά από φωτεινό σηματοδότη).

Μια τυχαία μεταβλητή X θεωρείται ότι ακολουθεί την αρνητική διωνυμική κατανομή με παραμέτρους k, p (k : θετικός ακέραιος, $0 < p < 1$), και γράφεται $X \sim NB(k, p)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας:

$$P(x) = \binom{x+k-1}{x} p^k (1-p)^x$$

όπου $x = 0, 1, 2, 3, \dots$

3.5 Μαθηματικά Πρότυπα

3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές ενώ η εξαρτημένη

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

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 προτύπων.

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές ή διακριτό μέγεθος.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί την κανονική κατανομή, μία από τις πλέον διαδεδομένες στατιστικές τεχνικές είναι η γραμμική παλινδρόμηση. Η απλούστερη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

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

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

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

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

Ο όρος ε_i ονομάζεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error). Στην πράξη ο γραμμικός προσδιορισμός που επιτυγχάνεται μέσω της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης μπορεί μόνο να προσεγγίσει την πραγματική μαθηματική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών X και Y . Έτσι, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί στο πρότυπο ο όρος του σφάλματος ε_i . Αυτό γίνεται τόσο για να αντιπροσωπευθούν στο πρότυπο τυχόν παραληφθείσες μεταβλητές, όσο και για να ληφθεί υπόψη κάθε σφάλμα προσέγγισης που σχετίζεται με τη γραμμική συναρτησιακή μορφή (Σταθόπουλος και Καρλαύτης, 2008).

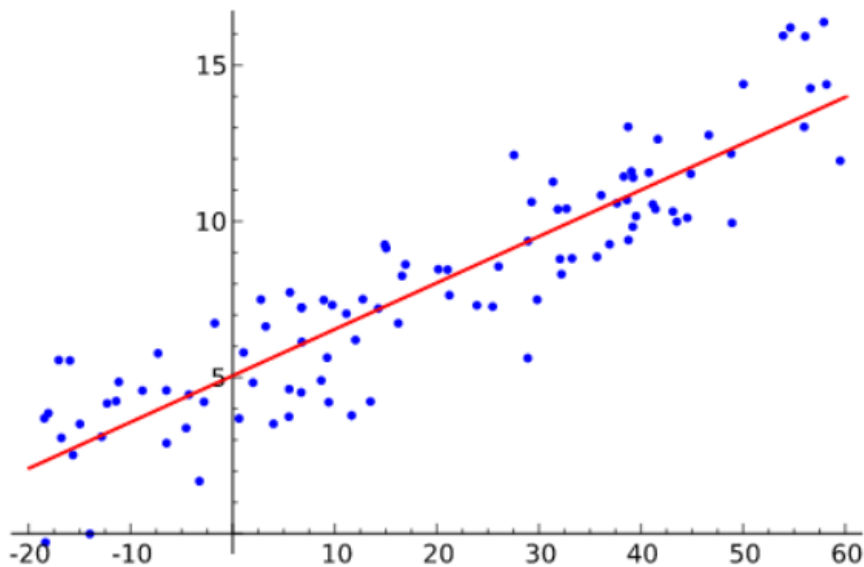
Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X , $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k)$, γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξαρτήτων μεταβλητών είναι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

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

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

Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει εάν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο πρότυπο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η **μηδενική συσχέτιση** των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \rightarrow 0$, για κάθε $i \neq j$).

Η εκτίμηση των παραμέτρων του προτύπου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων** (method of least squares). Ο προσδιορισμός των β_i δίνει μια προσεγγιστική ευθεία, που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής Y δοθέντων των τιμών της X . Η ευθεία που προκύπτει λέγεται ευθεία παλινδρόμησης της Y πάνω στην X . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X, Y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Ακολουθεί ένα ενδεικτικό διάγραμμα μιας ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Διάγραμμα 3. 1: Ευθεία Ελαχίστων Τετραγώνων

Προκειμένου το πρότυπο να μπορεί να προσεγγίσει την επιρροή των ανεξαρτητών μεταβλητών στην εξαρτημένη με όσο το δυνατόν πιο ορθό και αξιόπιστο τρόπο, θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω τέσσερις προϋποθέσεις:

- I. Η υπόθεση της **γραμμικότητας**, που δηλώνει ότι η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών X και Y είναι κατά προσέγγιση γραμμική.
- II. Η υπόθεση της **ανεξαρτησίας**, που δηλώνει ότι τα υπόλοιπα (σφάλματα, αποκλίσεις) για διαφορετικές παρατηρήσεις πρέπει να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.
- III. Η υπόθεση της **κανονικότητας**, που δηλώνει ότι η απόκλιση πρέπει να είναι (προσεγγιστικά) κανονικά κατανοημένη.

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

- IV. Η υπόθεση της **ίσης διακύμανσης**, που δηλώνει ότι η διακύμανση των σφαλμάτων πρέπει να παραμένει στο ίδιο εύρος για όλες τις παρατηρήσεις.

3.5.2 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Μέσω της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (log-normal regression) δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός προτύπου που συσχετίζει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση οι συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης και υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση **την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων**.

Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση βασίζεται στην υπόθεση ότι τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι **μη αρνητικά**, ο φυσικός λογάριθμος της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την **κανονική κατανομή** και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος (Bauer, Harwood, 1998). Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

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

όπου y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης, $x_{1i}, \dots, x_{ki}$ οι εξαρτημένες μεταβλητές και ε_i το σφάλμα παλινδρόμησης.

3.6 Στατιστική αξιολόγηση και Κριτήρια αποδοχής προτύπου

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

- Λογική ερμηνεία των προσήμων

Όσον αφορά στους **συντελεστές** της εξίσωσης, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα **λογικής ερμηνείας των προσήμων τους**. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, η αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

- Ελαστικότητα

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y** στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα για γραμμικά μοντέλα δίνεται από την παρακάτω σχέση:

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

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω σχέση εφαρμόζεται αποκλειστικά σε συνεχείς μεταβλητές. 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 μαθηματική σχέση για τον υπολογισμό της ψευδοελαστικότητας δίνεται ακολούθως:

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

Όπου:

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

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

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

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

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η **επάρκεια** (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , (κατά απόλυτη τιμή), τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα 3.2. που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t (t^*) για κάθε 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

Ως βαθμοί ελευθερίας (degrees of freedom) τίθενται το πλήθος δείγματος μείον ένα. Έτσι για μέγεθος δείγματος 81 (άρα βαθμοί ελευθερίας 80) και για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,7$ ενώ για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Αν λοιπόν $t = -3,2$ για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή X_i τότε παρατηρείται ότι η **απόλυτη τιμή** του t είναι μεγαλύτερη από την τιμή του $t^*(1,7)$ και επομένως είναι αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

- Συντελεστής προσαρμογής R^2

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

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

Όπου:

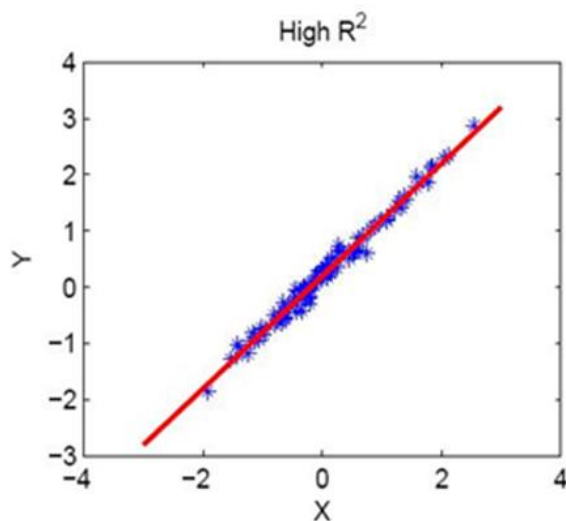
$$SSR = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

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

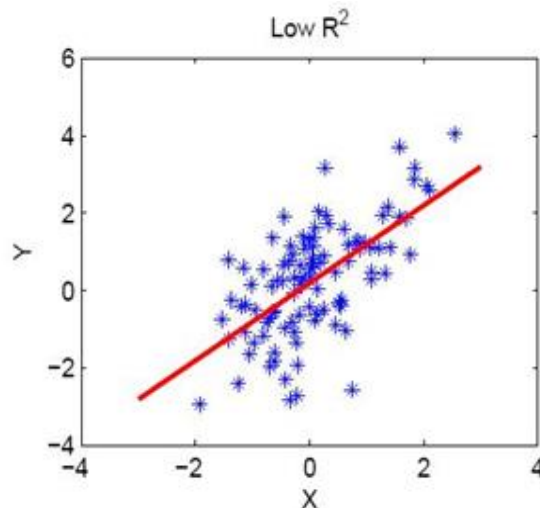
Τα αρχικά SSR και SST έχουν προέλθει από τις φράσεις υπόλοιπο άθροισμα τετραγώνων (Residual Sum of Squares) και συνολικό άθροισμα τετραγώνων (Total Sum of Squares), αντίστοιχα. Με $\hat{y}$ συμβολίζεται η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής από τις ανεξάρτητες.

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

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο



Διάγραμμα 3. 2: Παραδείγμα υψηλού συντελεστή R^2



Διάγραμμα 3. 3: Παραδείγμα χαμηλού συντελεστή R^2

- Σφάλμα εξίσωσης προτύπου

Όσον αφορά στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τις τρεις ακόλουθες προϋποθέσεις για τη γραμμική παλινδρόμηση:

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

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

3.7 Λειτουργία του ειδικού στατιστικού λογισμικού

Στο παρόν υποκεφάλαιο αναφέρονται ενδεικτικά τα θεωρητικά στοιχεία που συνδέονται με τη λειτουργία του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε κατά την ανάπτυξη των προτύπων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού λογισμικού IBM SPSS Statistics (έκδοση αρ. 23). Αφού καταχωρήθηκαν τα στοιχεία σε βάσεις δεδομένων, μεταφέρθηκαν στο στατιστικό λογισμικό στο πεδίο δεδομένων και ακολουθήθηκαν οι ενέργειες που συνοπτικά παρουσιάζονται στη συνέχεια.

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

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η εντολή Analyze για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Η εντολή αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- ❖ **Descriptive Statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Πρόκειται για χρήσιμα στατιστικά περιγραφικά μεγέθη (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).
- ❖ **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή Bivariate correlations. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης **Pearson** αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής συσχέτισης **Spearman** αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.
- ❖ **Regression:** Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης, μία εκ των οποίων είναι η γραμμική που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των προτύπων. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο πρότυπο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί. Στην επιλογή Options επιλέγεται η εισαγωγή σταθεράς ή όχι στο πρότυπο.

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

Επιδιώκεται:

- ✓ Οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης **β_i** να μπορούν να εξηγηθούν λογικά για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή.
- ✓ Η τιμή του στατιστικού ελέγχου **t** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,671 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- ✓ Το επίπεδο σημαντικότητας κάθε μεταβλητής να είναι μικρότερο από 5%. Κατ' εξαίρεση ίσως γίνονται δεκτές μεταβλητές με επίπεδο σημαντικότητας λίγο μεγαλύτερο του 5%, αλλά σε καμία περίπτωση μεγαλύτερο του 10%.
- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης **R^2** να είναι κατά το δυνατό μεγαλύτερος

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Μετά την αναγνώριση της αναγκαιότητας για έρευνα της οδηγικής συμπεριφοράς, αποφασίστηκε η διερεύνηση της συνδυαστικής επιρροής των χαρακτηριστικών της οδού και της κυκλοφορίας στη **συμπεριφορά του οδηγού** αξιοποιώντας δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα, ως το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση και θεμελιώθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίζεται η ανάλυση των δεδομένων. Επιπροσθέτως, αποφασίστηκε η έρευνα να έχει ως περιοχή μελέτης **δύο αστικές λεωφόρους**. Για αυτόν τον σκοπό επιλέχθηκαν η Λ. Μεσογείων και η Λ. Βουλιαγμένης, στην Αθήνα, λόγω των συνθηκών αστικής λεωφόρου με συγκρίσιμο αριθμό κυκλοφοριακών λωρίδων και διαχωρισμό των δύο κατευθύνσεων προκειμένου να δημιουργηθεί μία ικανή περιοχή έρευνας.

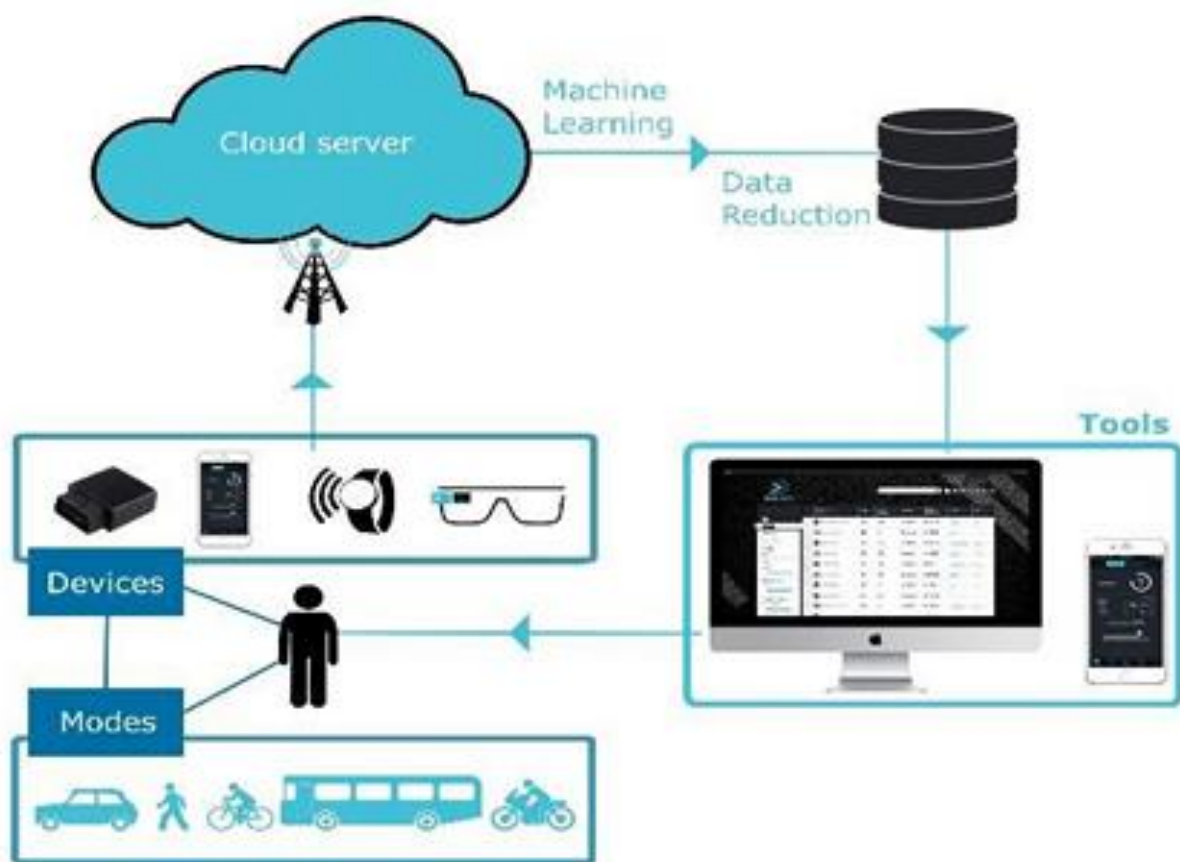
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των συλλεχθέντων στοιχείων, έτσι ώστε να δοθεί μία πλήρη εικόνα για την ποιότητα και αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται ο τρόπος διαμόρφωσής τους ώστε να είναι συμβατά με το περιβάλλον του λογισμικού στο οποίο έγινε η χωρική (ArcMap 10.3) και η στατιστική ανάλυση τους (IBM SPSS Statistics 23). Η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν έγινε με τη βοήθεια του Microsoft Excel. Ακόμα, περιγράφονται οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν με στόχο τον συνδυασμό των δεδομένων από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (OSeven) και από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.). Τέλος, περιγράφονται προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής όπως και η αντιμετώπισή τους.

4.2 Συλλογή Δεδομένων

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, **δε βρέθηκε έρευνα** που να συσχετίζει την συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων με άλλα χαρακτηριστικά του τρόπου οδήγησης, καταγεγραμμένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα, και με γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού αναλόγως την θέση του οχήματος σε αυτή. Πρόκειται για έναν **συνδυασμό χωρικής και στατιστικής ανάλυσης** για την επίτευξη του στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς προέρχονται από τη χρήση λεπτομερών δεδομένων φυσικής οδήγησης που έχουν συλλεχθεί από το κινητό τηλέφωνο του οδηγού και από το Κ.Δ.Κ. μέσω ανιχνευτών που έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένες θέσεις των οδών.

4.2.1 OSeven

Η OSeven έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα για την εξατομικευμένη καταγραφή, την συλλογή, την αποθήκευση, την αξιολόγηση και την παρουσίαση των δεδομένων της οδηγικής συμπεριφοράς χρησιμοποιώντας αισθητήρες **έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones)** και προηγμένους αλγορίθμους **Machine Learning**. Αυτή η καινοτομία που εφαρμόζεται στον τρόπο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σε μεγάλη κλίμακα, παρουσιάζει νέες προκλήσεις συγκεντρώνοντας μεγάλο όγκο δεδομένων για ανάλυση κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα τριακόσιοι τρεις (303) οδηγοί συμμετείχαν στο πείραμα (smartphone naturalistic driving experiment) στην Αθήνα και σε χρονικό διάστημα από 25 Αυγούστου του 2016 έως 26 Νοεμβρίου του 2017, με αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο μεγάλων βάσεων δεδομένων, που αφορούσαν στις απότομες επιταχύνσεις και απότομες επιβραδύνσεις, με χιλιάδες (219.756) συμβάντα η κάθε μία. Στη συνέχεια, μια ειδική πλατφόρμα που σχεδιάστηκε από την εταιρεία, στην οποία ανήκει η εφαρμογή smartphone (OSeven), εξασφάλισε την ομαλή μετάβαση από τη συλλογή στοιχείων στη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Τα βήματα που ακολουθούνται κάθε φορά που καταγράφεται μια διαδρομή- ταξίδι απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα και περιγράφονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.



Εικόνα 4. 1: Διάγραμμα διαχείρισης δεδομένων, (OSeven)

4.2.1.1 Σύστημα καταγραφής δεδομένων

Η καταγραφή των δεδομένων ξεκινάει αυτόματα στις εφαρμογές του κινητού τηλεφώνου όταν αναγνωρίζεται μια κατάσταση οδήγησης και **σταματάει αυτόματα** όταν αναγνωρίζεται κατάσταση μη οδήγησης. Η εγγραφή κατά τη διάρκεια της οδήγησης μένει σε αναμονή για πέντε λεπτά μετά τη διακοπή της κατάστασης της οδήγησης, για να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ο οδηγός συνεχίζει το ταξίδι του με στάση λίγων λεπτών. Όλες οι επιπλέον πληροφορίες που συλλέγονται μετά το πέρας της διαδρομής απορρίπτονται χρησιμοποιώντας τις τεχνικές μηχανικής μάθησης που περιγράφονται παρακάτω.

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα προέρχονται από τους διάφορους **αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων** (smartphone) και **αλγόριθμους συγχώνευσης** (fusion algorithms) **δεδομένων** που παρέχονται από το Android (Google) και το iOS (Apple). Η εφαρμογή κινητού τηλεφώνου (mobileApp) που έχει αναπτυχθεί καταγράφει τη συμπεριφορά του χρήστη χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες της συσκευής. Επίσης, χρησιμοποιείται μια ποικιλία APIs (Application Programming Interface) για να διαβαστούν τα δεδομένα των αισθητήρων που έχουν καταγραφεί και να αποθηκευτούν προσωρινά στη βάση δεδομένων του έξυπνου κινητού τηλεφώνου (smartphone) πριν μεταφερθούν στην κεντρική βάση δεδομένων. Μετά τη μετάδοση των δεδομένων στην κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος, όλες οι πληροφορίες διαγράφονται από το κινητό τηλέφωνο.

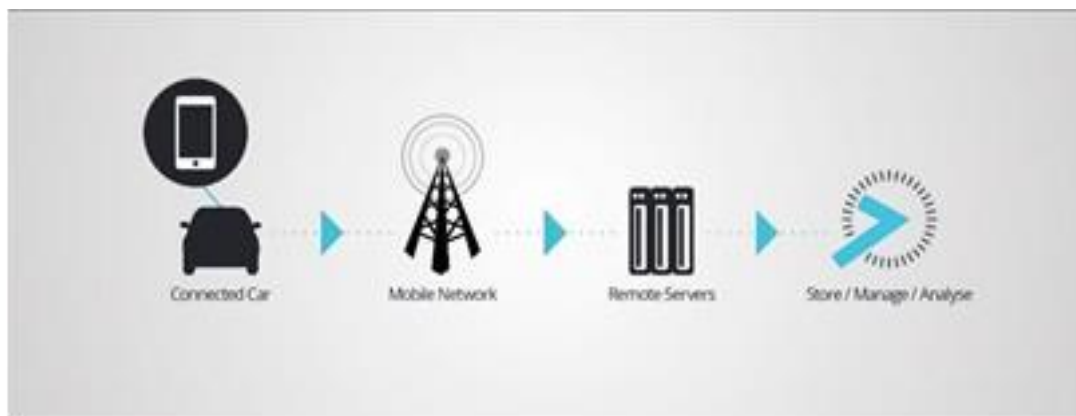
Ενδεικτικά, το κινητό τηλέφωνο ενσωματώνει αισθητήρες τεχνολογίας:

- Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer)
- Γυροσκόπιου (Gyroscope)
- Μαγνητόμετρο (Magnetometer)
- GPS (ταχύτητα, πορεία, γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος)

Τα δεδομένα που παρέχονται από iOS και Android:

- Yaw, Pitch, Roll
- Γραμμική επιτάχυνση
- Βαρύτητα

Η συχνότητα της καταγραφής των δεδομένων ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του αισθητήρα, με μέγιστη τιμή 1 Hz. Είναι αξιοσημείωτο να τονιστεί ότι με αυτόν τον τρόπο συλλέγεται ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων των χαρακτηριστικών οδήγησης και αυτό πραγματοποιείται μόνο με την χρήση των εφαρμογών του κινητού τηλεφώνου. Το βασικό πλαίσιο λειτουργίας της ροής δεδομένων φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 4. 2: Σύστημα ροής δεδομένων OSeven, (OSeven)

4.2.1.2 Μετάδοση δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδρομής, η εφαρμογή μεταδίδει όλα τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, στην **κεντρική βάση δεδομένων του OSeven backend office** μέσω ενός κατάλληλου δίαυλου επικοινωνίας, όπως είναι ένα δίκτυο Wi-Fi ή ένα κυψελοειδές δίκτυο όπως είναι το δίκτυο 3G / 4G με βάση τις ρυθμίσεις του χρήστη.

Για να επιτευχθεί η διάδραση μεταξύ αυτών των πλευρών, δημιουργήθηκε API το οποίο χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των δεδομένων από μια ηλεκτρονική υπηρεσία σε μια εφαρμογή πελάτη. Το API χρησιμοποιείται για τη μεταφορά και τη λήψη δεδομένων μεταξύ συστημάτων, υποστηρίζοντας τη μεταξύ τους διαλειτουργικότητα. Κάνοντας τα δεδομένα προσβάσιμα μέσω του Παγκόσμιου Ιστού με τη χρήση API καθίσταται δυνατή η υποβολή δεδομένων στη βάση δεδομένων από συσκευές τρίτων καθώς επίσης και την πληροφορία άμεσα διαθέσιμη. Ο συνολικός όγκος δεδομένων για έναν μέσο οδηγό υπολογίζεται σε 50 Mb/ μήνα.

4.2.1.3 Αποθήκευση δεδομένων, θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας

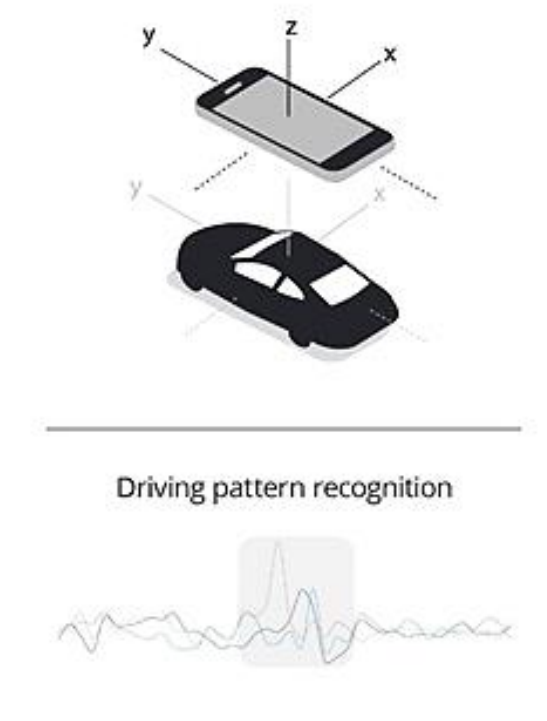
Τα δεδομένα αποθηκεύονται στο σύστημα OSeven backend χρησιμοποιώντας προηγμένες **τεχνικές κρυπτογράφησης και ασφάλειας** δεδομένων, σύμφωνα με τους εθνικούς νόμους και τις οδηγίες της ΕΕ για την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται υποστηρίζουν τον έλεγχο ταυτότητας του χρήστη και την κρυπτογράφηση για να αποτρέπεται η πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένα δεδομένα από τρίτους.

4.2.1.4 Επεξεργασία δεδομένων

Αφού τα δεδομένα αποθηκευτούν στον εξυπηρετητή, για να πραγματοποιηθεί η κεντρική επεξεργασία και η μείωση της διάστασης των δεδομένων, μετατρέπονται τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σε σημαντικές συμπεριφορές και σε συναφείς με την οδική ασφάλεια παραμέτρους (δηλαδή χειρισμό και επεξεργασία μαζικών δεδομένων). Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τις δύο μεγάλες μεθόδους

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

επεξεργασίας δεδομένων που περιλαμβάνουν δύο οικογένειες τεχνικών, **τεχνικές εξόρυξης μεγάλων δεδομένων** και **αλγόριθμους Machine Learning (ML)**.



Εικόνα 4. 3: Yaw, Pitch, Roll, (OSeven)

Οι **μέθοδοι εκμάθησης μηχανών** (μέθοδοι φιλτραρίσματος, ομαδοποίησης και ταξινόμησης) χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των δεδομένων από το θόρυβο, τα σφάλματα και την αναγνώριση επαναλαμβανόμενων μοτίβων μέσα στα δεδομένα. Στη συνέχεια, αυτά τα δεδομένα θα υποβληθούν σε επεξεργασία κατάλληλη για μεγάλο όγκο δεδομένων, προκειμένου να υπολογιστούν οι απαραίτητες παράμετροι και να ληφθούν δείκτες συμπεριφοράς που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση. Με άλλα λόγια, τα δεδομένα χωρικά και χρονικά διαχωρισμένα από το κινητό τηλέφωνο (Smartphone), **επεξεργάζονται προκειμένου να προκύψουν χρήσιμοι δείκτες οδικής ασφάλειας**. Οι μέθοδοι τεχνικής νοημοσύνης επιτρέπουν την **ανίχνευση της επιθετικής συμπεριφοράς** του οδηγού υπό τη μορφή απότομων συμβάντων, την απόσπαση προσοχής του οδηγού από τη χρήση του κινητού του τηλεφώνου, την αναγνώριση των τρόπων οδήγησης, την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, καθώς και ο προσδιορισμός των χρονικών και χωρικών χαρακτηριστικών όλων των παραπάνω.

Η διαδικασία των αλγορίθμων **Machine Learning** και η τεχνική εξόρυξης των **Big Data** δίνεται παρακάτω σε απλά βήματα:

1. Φιλτράρισμα δεδομένων και ανίχνευση τιμών που αποκλίνουν
2. Εξομάλυνση δεδομένων (όπου χρειάζεται)

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

3. Περιοχές υπερβολικής ταχύτητας
4. Συμβάντα απότομων επιταχύνσεων
5. Συμβάντα απότομων φρεναρισμάτων
6. Συμβάντα απότομων στροφών
7. Χρήση κινητού τηλεφώνου (ομιλία, σύνταξη μηνυμάτων, πλοήγηση στο διαδίκτυο)
8. Οδήγηση εντός επικίνδυνων ωρών (απόσταση σε επικίνδυνες ώρες)
9. Τρόπος μετακίνησης (αυτοκίνητο Ι.Χ., μέσα μαζικής μεταφοράς, ποδήλατο, μοτοποδήλατο)
10. Καθορισμός οδηγού ή επιβάτη

Υπολογίζεται μια ποικιλία διαφορετικών μετά-δεδομένων έπειτα από τη διαδικασία Machine Learning (ML) τα οποία είναι χρήσιμα στον χρήστη ή στην αξιολόγηση της οδηγικής συμπεριφοράς, όπως για παράδειγμα:

I. Δείκτες έκθεσης κινδύνου

- Συνολική απόσταση (απόσταση σε μίλια)
- Διάρκεια οδήγησης
- Τύπος (τύποι) οδικού δικτύου που χρησιμοποιείται (η θέση δίνεται στο Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού θέσης (GPS) και ενσωματώνεται σε χορηγούς χαρτών, π.χ. Google, OSM)
- Περίοδος της ημέρας που πραγματοποιήθηκε η οδήγηση (ώρες αιχμής, επικίνδυνες ώρες)
- Καιρικές Συνθήκες
- Σκοπός του ταξιδιού

συνδυασμένα με άλλες πηγές δεδομένων (όρια ταχυτήτων και λεπτομερείς χάρτες ατυχημάτων).

II. Δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς

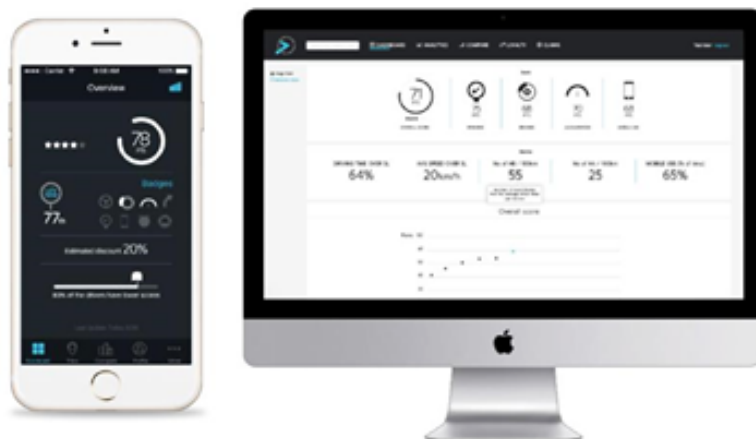
- Υπέρβαση του ορίου ταχύτητας (διάρκεια υπέρβασης του ορίου, υπέρβαση του ορίου ταχύτητας κλπ.)
- Αριθμός και σοβαρότητα απότομων συμβάντων
- Απότομο φρενάρισμα (επιτάχυνση κατά μήκος)
- Απότομη επιτάχυνση (επιτάχυνση κατά μήκος)
- Απότομες στροφές (γωνιακή ταχύτητα, πλευρική επιτάχυνση, πορεία)
- Οδηγική επιθετικότητα (π.χ. φρενάρισμα, επιτάχυνση)
- Απόσπαση λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου

Αυτοί οι δείκτες μαζί με άλλα δεδομένα (π.χ. δεδομένα από χάρτες) αξιοποιούνται διαδοχικά για να εφαρμοστεί η στατιστική ανάλυση ατομικά σε κάθε οδηγό, σε όλους τους τύπους οδών (αστική οδός, αυτοκινητόδρομος κλπ.) και κάτω από διάφορες συνθήκες οδήγησης, επιτρέποντας τη δημιουργία μιας μεγάλης βάσης δεδομένων με οδηγικά χαρακτηριστικά.

Το τελικό βήμα της διαδικασίας επεξεργασίας των δεδομένων είναι η ανάπτυξη του μοντέλου οδηγικής συμπεριφοράς. Συγκεντρωτικά δεδομένα αναλύονται και το σύστημα αξιολόγησης **βαθμονομείται** με βάση το συνολικό δείγμα. Το μοντέλο οδηγικής συμπεριφοράς αναπτύσσει διάφορους δείκτες για την αξιολόγηση της οδήγησης και τελικώς συγκεντρώνει την όλη διαδικασία σε μια **βάση ανά ταξίδι-διαδρομή για κάθε οδηγό** στο δείγμα με σκοπό να παραχθεί το τελικό σύστημα βαθμολόγησης του κάθε οδηγού. Κάθε διαδρομή και επομένως κάθε οδηγός αξιολογείται με βάση τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η τελική αξιολόγηση που παράγεται περιλαμβάνει τόσο συνολική αξιολόγηση όσο και αξιολόγηση ανά χαρακτηριστικό. **Τα επεξεργασμένα δεδομένα μεταφέρονται σε φιλικές προς το χρήστη εφαρμογές έξυπνων κινητών τηλεφώνων ή σε πλατφόρμες στο διαδίκτυο** που προσφέρουν φιλικά προς το χρήστη περιβάλλοντα για να λάβουν τις αναλυτικές αναφορές των διαδρομών τους. Η παρουσίαση της διαδικασίας των δεδομένων περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο. Είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι όλα τα επεξεργασμένα δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων της OSeven ακολουθώντας διαδικασίες ανωνυμίας ώστε τα δεδομένα να μη μπορούν να συνδεθούν με συγκεκριμένο χρήστη.

4.2.1.5 Παρουσίαση δεδομένων

Τα αποτελέσματα όλης της προαναφερθείσας διαδικασίας είναι προσβάσιμα στην εφαρμογή έξυπνων κινητών τηλεφώνων (Smartphone) και στη Διαδικτυακή Πύλη, που είναι διαθέσιμα για τον χρήστη να δει όλα τα συμβάντα που ανιχνεύθηκαν και τη θέση τους στο χάρτη όπως επίσης και όλα τα αποτελέσματα (συνολικά και ανά κατηγορία). Έτσι, προσφέρεται στον οδηγό ένας τρόπος φιλικός στον χρήστη να αντιλαμβάνεται τα τμήματα ταξιδιού με επικίνδυνη συμπεριφορά οδήγησης και να αποφύγει παρόμοιες συμπεριφορές στο μέλλον. Ταυτόχρονα, οι ασφαλιστικές εταιρείες έχουν πρόσβαση σε δεδομένα των πελατών τους χρησιμοποιώντας τη διαδικτυακή πύλη της OSeven. Τα αποτελέσματα οδήγησης χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των ασφάλιστρων ή/και προγραμμάτων αξιοπιστίας.



Εικόνα 4. 4: Εφαρμογή στο κινητό και διαδικτυακή πύλη, (OSeven)

4.2.1.6 Τα δεδομένα

Η βάση δεδομένων (dataset) που προέκυψε δόθηκε σε δύο αρχεία Microsoft Excel. Το πρώτο αναφερόταν στις απότομες επιταχύνσεις και το δεύτερο στις απότομες επιβραδύνσεις με την κάθε γραμμή να αντιστοιχεί σε ένα συμβάν. Πιο συγκεκριμένα περιλάμβανε τα εξής μεγέθη/στοιχεία:

- No: αύξων αριθμός
- userid: κωδική ονομασία οδηγού
- tripid: κωδική ονομασία διαδρομής
- loggingtime: η ώρα που πραγματοποιήθηκε το συμβάν
- loggingdate: η ημερομηνία που πραγματοποιήθηκε το συμβάν
- locationTimestamp_since1970: η χρονική στιγμή εμφάνισης ενός συμβάντος
- SmoothenedLongitude: το γεωγραφικό μήκος μετά την απομάκρυνση των εξωστρεφών και των αλγορίθμων εξομάλυνσης
- SmoothenedLatitude: το γεωγραφικό πλάτος μετά την αφαίρεση των εξωστρεφών και των αλγορίθμων εξομάλυνσης
- accelerometerAccelerationX: η επιτάχυνση στον άξονα X του smartphone
- accelerometerAccelerationY: η επιτάχυνση στον άξονα Y του smartphone
- accelerometerAccelerationZ: η επιτάχυνση στον άξονα Z του smartphone
- smoothenedSpeed: η ταχύτητα του οχήματος εξομαλυσμένη με ένα μέσο φίλτρο 5 δευτερολέπτων κινούμενο
- Type_of_Road: ο τύπος της οδού τη συγκεκριμένη στιγμή
- NewAccelX: αναπροσανατολισμένες τιμές επιταχυνσιόμετρου (Άξονας X)
- NewAccelY: αναπροσανατολισμένες τιμές επιταχυνσιόμετρου (Άξονας Y)
- NewAccelZ: αναπροσανατολισμένες τιμές επιταχυνσιόμετρου (Άξονας Z)
- Distance: απόσταση πραγματοποίησης του συμβάντος
- Speed Diff: η μέγιστη διαφορά ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος
- Event Speed: η ταχύτητα που έγινε το συμβάν

4.2.2 Βάση δεδομένων Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.)

Με στόχο τη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών και την άμεση απόκριση σε συμβάντα στο κύριο οδικό δίκτυο του Νομού Αττικής, εγκαταστάθηκε και λειτουργεί αυτοματοποιημένο Σύστημα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα της Περιφέρειας Αττικής, το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Κ.Δ.Κ.) ξεκίνησε τη λειτουργία του τον Ιούλιο του 2004. Μέσω αυτού, επιβλέπονται συνεχώς (24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες το χρόνο) οι κυκλοφοριακές συνθήκες στους κεντρικούς δρόμους της Αττικής, λαμβάνονται μέτρα για την αντιμετώπιση έκτακτων συμβάντων (ατυχήματα, ακινητοποίηση οχημάτων, έργα στο δρόμο, εκδηλώσεις, κ.λ.π.) που δημιουργούν προβλήματα στην κυκλοφορία, ενώ παράλληλα

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

ενημερώνονται οι οδηγοί σχετικά με τις τρέχουσες κυκλοφοριακές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα οι **κύριοι στόχοι της λειτουργίας του Κ.Δ.Κ.** είναι:

- Η **βελτιστοποίηση των κυκλοφοριακών συνθηκών και της ασφάλειας** του βασικού οδικού δικτύου μέσω της γρήγορης απόκρισης στα συμβάντα, της ενημέρωσης των οδηγών για τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες και των παρεμβάσεων στη φωτεινή σηματοδότηση.
- Η **λήψη- επεξεργασία- μελέτη και αξιοποίηση των κυκλοφοριακών στοιχείων** που λαμβάνονται κατά μήκος του βασικού οδικού δικτύου, καθώς και η συνεργασία με πανεπιστημιακούς φορείς (Α.Ε.Ι., Τ.Ε.Ι. κλπ.) για την πραγματοποίηση συναφών ερευνών.
- Η **παροχή των κυκλοφοριακών στοιχείων σε «πραγματικό χρόνο» προς τρίτους** για στήριξη εφαρμογών τηλεματικής.
- Η **συνεργασία με άλλα κέντρα ελέγχου κυκλοφορίας** (Τροχαία, Κέντρο Ελέγχου Κυκλοφορίας Αττικής Οδού, Πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, ΤΡΑΜ, κλπ.).

Ο **βασικός εξοπλισμός** του Κ.Δ.Κ. αποτελείται από περίπου 550 θέσεις μέτρησης των κυκλοφοριακών δεδομένων (απλοί επαγωγικοί βρόχοι και βρόχοι «μηχανικής όρασης»), 217 κάμερες εποπτείας της κυκλοφορίας, 24 Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων, το σύστημα Εποπτείας της Κυκλοφορίας SITRAFFIC CONCERT, καθώς και ρυθμιστές κυκλοφορίας στους σηματοδοτούμενους κόμβους (περίπου 850).

Στο πλαίσιο της λειτουργίας του συστήματος, ακολουθούνται αυστηρά οι όροι και προϋποθέσεις που θέτει η Αρχή Προστασίας Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα και για το λόγο αυτό δεν τηρείται κανένα αρχείο εικόνων, δεν διαπιστώνονται από το Κ.Δ.Κ. παραβάσεις, ούτε εξατομικεύεται κάποιο κυκλοφοριακό στοιχείο. Για τον ίδιο λόγο δεν είναι δυνατή η δημοσίευση του συνόλου των στοιχείων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, παρά μόνο ένα δείγμα τους.

Τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται από το Κ.Δ.Κ. πρωτογενώς είναι εκείνα της **κατάληψης** της οδού (Occurancy ή O [%]) μέσω μέτρησης του ποσοστού χρόνου στον οποίο υπάρχει όχημα πάνω στον μετρητή και ο **κυκλοφοριακός φόρτος** της οδού (Counting ή Q [Veh/h-οχήματα/ώρα]) με απλό μέτρημα οχημάτων. Επίσης, εμφανίζεται η ποιότητα μέτρησης (Quality), η οποία διακρίνεται σε υψηλή και χαμηλή (high and low) όπως και η **θέση των βρόχων** μέσω των καρτεσιανών συντεταγμένων τους (ΕΓΣΑ 1987) παράλληλα με μία περιγραφή σχετικά με τον αριθμό λωρίδων (**αριθμός ανιχνευτών**) και την κατεύθυνση στην οποία αναφέρονται.

Κατόπιν, μέσω των μετρήσεων της κατάληψης και του μήκους βρόχου προκύπτει δευτερογενώς η **ταχύτητα** κίνησης οχημάτων (Velocity ή V [km/h-χιλιόμετρα/ώρα]). Η μαθηματική σχέση που χρησιμοποιείται είναι ο ορισμός της ταχύτητας, δηλαδή η απόσταση η οποία διανύεται στη μονάδα του χρόνου. Για τον υπολογισμό θεωρείται ένα μέσο μήκος οχήματος l_v (συνήθως περί τα 5 μέτρα). Έτσι, εάν σε χρόνο t_1 το πλέον

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

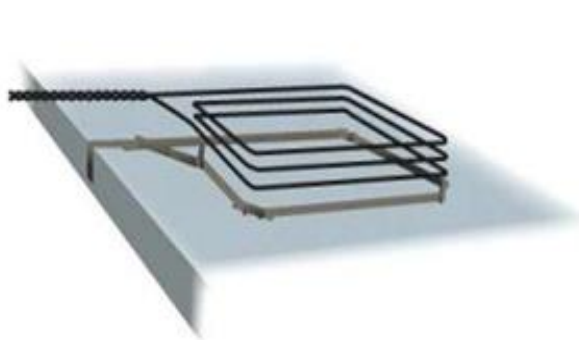
πρόσθιο μέρος ενός οχήματος βρίσκεται στην αρχή του βρόχου (έναρξη μέτρησης κατάληψης), και σε χρόνο t_2 το πλέον οπίσθιο μέρος ενός οχήματος βρίσκεται στο τέλος του βρόχου (λήξη μέτρησης κατάληψης), η ταχύτητα του οχήματος υπολογίζεται ως $V = \frac{l_v + l_l}{t_2 - t_1}$ (όπου l_l το μήκος βρόχου).

Τα κυκλοφοριακά δεδομένα αναφέρονται σε ομάδα οχημάτων (**μέσα μεγέθη**) και συλλέγονται σε **δύο χρονικές βάσεις**. Η πρώτη αποτελείται από μετρήσεις ανά διαστήματα 90 δευτερολέπτων και με τη σύνθεσή τους προκύπτει η δεύτερη, η οποία αποτελείται από μετρήσεις ανά διαστήματα μίας ώρας. Καθώς στην παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιείται μακροσκοπική ανάλυση επιλέχθηκε η **ωριαία βάση δεδομένων**.

Επισημαίνεται ότι αυτά τα στοιχεία **αφορούν στο σύνολο του ρεύματος κυκλοφορίας** της κύριας οδού και όχι στη λωρίδα κυκλοφορίας. Εξαίρεση αποτελούν τοπικές βοηθητικές λωρίδες, όπως λωρίδες επιτάχυνσης/επιβράδυνσης, ράμπες εισόδου/εξόδου κ.λπ.. Στα σημεία όπου βρίσκονται τέτοιες τοπικές βοηθητικές λωρίδες, όπως και στις λεωφορειολωρίδες, το Κ.Δ.Κ. έχει εγκαταστήσει ξεχωριστούς μετρητές αποκλειστικά για τα δεδομένα εισροών/εκροών στην κύρια λεωφόρο. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται ένας απλός επαγωγικός βρόχος σε απεικονίσεις σχεδιαστικά και σε οδό μετά την εγκατάστασή του.



Εικόνα 4. 5: Απλός επαγωγικός βρόχος μετά την εγκατάσταση



Εικόνα 4. 6: Απλός επαγωγικός βρόχος σε σχεδιαστική απεικόνιση

Μετά από συνεργασία με το Κ.Δ.Κ., εντοπίστηκαν οι διαθέσιμες θέσεις μέτρησης στη Λ. Βουλιαγμένης και στη Λ. Μεσογείων, οι οποίες αποτελούνται από μετρητές απλών επαγωγικών βρόχων αλλά και βρόχων μηχανικής όρασης. Ωστόσο, όσον αφορά στη Λ. Βουλιαγμένης, λήφθηκαν υπόψη μόνο οι θέσεις μέτρησης μεταξύ της οδού Αγ. Κωνσταντίνου και της Λ. Αλίμου, λόγω της χαμηλής ποιότητας των μετρήσεων μετά το ύψος της Λ. Αλίμου.

Οι μετρήσεις του κυκλοφοριακού φόρτου, της κατάληψης και της ταχύτητας από τους βρόχους που είχαν προσδιοριστεί στις δύο λεωφόρους υπό μελέτη δόθηκαν από το Κ.Δ.Κ. με μορφή πίνακα σε αρχείο Excel. Συγκεκριμένα, ο πίνακας παρουσίαζε τις

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

καθημερινές ωριαίες μετρήσεις του έτους 2017, για τις ημέρες που ήταν αποδεκτές και αξιόπιστες. Ο πίνακας 4.1 αποτελεί μια περιοχή της αρχικής βάσης δεδομένων και αναφέρεται στη θέση μέτρησης με αριθμό τετρακόσια σαράντα τρία (443) και στις ωριαίες μετρήσεις του κυκλοφοριακού φόρτου για το μήνα Ιανουάριο του έτους 2017.

Με απώτερο σκοπό τον **συνδυασμό όλων των δεδομένων** που συλλέχθηκαν δημιουργήθηκε ένας συγκεντρωτικός πίνακας (PivotTable) που συνόψισε τις ωριαίες μετρήσεις από τον προηγούμενο πίνακα με τρόπο αυτόματο και συστηματικό. Στο νέο πίνακα κάθε γραμμή αναφερόταν σε μία θέση μέτρησης και οι στήλες έδειχναν τους **ωριαίους μέσους όρους** του κυκλοφοριακού φόρτου, της κατάληψης και της ταχύτητας του έτους 2017. Στη συνέχεια, βάσει του πίνακα 4.3. δημιουργήθηκε ένας δεύτερος συγκεντρωτικός πίνακας που παρουσίαζε πλέον το μέσο κυκλοφοριακό φόρτο, τη μέση κατάληψη και τη μέση ταχύτητα του έτους 2017 για κάθε θέση μέτρησης των δύο λεωφόρων. Ο κυκλοφοριακός φόρτος μετατράπηκε σε κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα διαιρώντας με τον αριθμό ανιχνευτών σε κάθε θέση μέτρησης, που ήταν γνωστός από το Κ.Δ.Κ., και με αυτόν τον τρόπο έγινε πιο εύλογη η σύγκριση των κυκλοφοριακών φόρτων μεταξύ των διατομών της λεωφόρου.

ΘΜ	Ημ/ία	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4	Φ5	Φ6	Φ7	Φ8	Φ9	Φ10	Φ11	Φ12	Φ13	Φ14	Φ15	Φ16	Φ17	Φ18	Φ19	Φ20	Φ21	Φ22	Φ23	Φ24
443	01-Ιαν-17	524	1305	1408	1198	842	870	919	824	506	377	406	634	1140	1475	1426	964	916	1181	1350	1369	1237	1168	989	861
443	02-Ιαν-17	727	614	371	283	265	399	689	944	1015	879	924	941	1151	1278	1363	1439	1499	1527	1509	1376	1179	1062	888	766
443	03-Ιαν-17	722	571	300	212	154	265	618	1080	1489	1247	1085	1131	1219	1345	1486	1589	1617	1692	1807	1589	1375	1169	924	754
443	04-Ιαν-17	690	502	294	200	163	240	661	1156	1419	1342	1113	1244	1283	1400	1473	1587	1667	1877	1816	1629	1508	1237	1176	929
443	05-Ιαν-17	791	586	357	221	195	280	684	1111	1492	1426	1315	1200	1291	1438	1622	1774	1671	1744	1774	1570	1408	1314	1099	784
443	06-Ιαν-17	752	718	536	407	338	327	428	408	399	468	552	880	1007	1276	1139	1011	942	1002	1153	1105	1175	905	776	950
443	07-Ιαν-17	887	711	601	479	405	415	477	501	640	629	707	929	1014	1232	1277	1252	1136	1074	1123	1062	1081	1010	964	787
443	08-Ιαν-17	812	758	668	560	512	434	491	430	445	522	577	867	1059	1193	1310	1038	1042	1156	1259	1202	1120	976	943	763
443	09-Ιαν-17	616	395	249	169	141	341	847	1554	1755	1619	1280	1187	1369	1518	1705	1489	1834	1834	1857	1724	1693	1716	1078	597
443	10-Ιαν-17	351	220	130	89	95	209	578	1041	1273	1359	1242	1148	1140	1269	1440	1569	1587	1752	1782	1572	1478	1208	900	669
443	11-Ιαν-17	473	329	196	135	133	259	814	1385	1741	1707	1489	1299	1338	1521	1544	1318	1687	1743	1786	1851	1570	1467	1103	772
443	12-Ιαν-17	599	409	228	178	118	272	750	1337	1760	1718	1371	1293	1339	1502	1655	1468	1855	1913	1796	1886	1793	1693	1142	772
443	13-Ιαν-17	717	489	280	186	168	293	761	1400	1775	1651	1406	1274	1456	1469	1747	1599	1905	1843	1850	1683	1543	1476	1088	857
443	14-Ιαν-17	792	752	580	478	378	418	509	657	768	952	1119	1255	1314	1410	1471	1561	1400	1356	1321	1169	1149	1230	1065	888
443	15-Ιαν-17	884	972	815	633	577	512	488	503	517	735	952	1147	1235	1369	1489	1313	1173	1367	1391	1305	1312	1116	1089	932
443	16-Ιαν-17	617	383	232	152	146	311	854	1467	1706	1735	1447	1248	1407	1457	1657	1616	1857	1866	1926	1842	1659	1562	1126	763
443	17-Ιαν-17	443	309	197	118	116	280	740	1439	1771	1619	1403	1251	1185	1540	1699	1601	1888	1918	1859	1810	1692	1533	1096	760
443	18-Ιαν-17	561	367	222	162	119	267	713	1478	1712	1584	1222	1339	1377	1419	1481	1625	1721	1920	1916	1818	1693	1463	1148	869
443	19-Ιαν-17	639	491	268	154	161	281	762	1392	1797	1596	1375	1210	1358	1585	1681	1663	1750	1762	1865	1918	1739	1602	1145	807
443	20-Ιαν-17	674	484	271	179	172	268	812	1469	1717	1610	1382	1357	1395	1554	1714	1634	1915	1828	1765	1823	1569	1431	1115	1012
443	21-Ιαν-17	790	693	575	482	369	441	554	646	813	938	1090	1142	1260	1311	1368	1528	1295	1182	1098	1429	1203	1238	1095	947
443	22-Ιαν-17	969	958	772	697	502	525	531	470	514	661	823	1220	1260	1547	1509	1352	1130	1296	1452	1369	1313	1117	1053	811
443	23-Ιαν-17	654	394	199	139	139	317	786	1486	1815	1618	1335	1243	1267	1491	1657	1701	1719	1780	1875	1814	1570	1388	1033	730
443	24-Ιαν-17	467	294	159	121	103	254	757	1372	1711	1630	1418	1281	1327	1617	1707	1618	1913	1825	1734	1772	1856	1437	1002	834
443	25-Ιαν-17	532	348	230	129	140	274	778	1407	1745	1624	1355	1239	1368	1612	1612	1511	1911	1832	1857	1807	1623	1408	1134	799
443	26-Ιαν-17	652	418	233	159	121	245	747	1461	1786	1696	1382	1276	1380	1546	1701	1764	1872	1870	1895	1867	1696	1558	1125	896
443	27-Ιαν-17	698	475	293	175	148	308	789	1514	1759	1654	1344	1356	1455	1666	1578	1349	1916	1923	1873	1799	1560	1483	1158	1074
443	29-Ιαν-17	858	890	793	707	617	565	499	486	517	650	887	1055	1287	1418	1539	1280	1188	1326	1465	1265	1311	1152	1008	887
443	30-Ιαν-17	663	436	227	156	176	289	794	1435	1722	1633	1285	1208	1264	1374	1581	1801	1805	1829	1826	1761	1737	1505	1054	782
443	31-Ιαν-17	457	325	184	118	110	244	749	1485	1763	1670	1300	1280	1244	1579	1678	1737	1810	1801	1852	1727	1641	1570	1122	715

Πίνακας 4.1: Περιοχή της αρχικής βάσης δεδομένων του Κ.Δ.Κ.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

		measuring_position	x	y	info	Αριθμός Ανιχνευτών
ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ	up	443	480335	4204933	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς την Αγ.Παρασκευή πριν από την ράμπα εισόδου από την Κατεχάκη	2
		444	480354	4204933	ράμπα εισόδου από Κατεχάκη στον κλάδο της λεωφόρου Μεσογείων με κατεύθυνση προς την Αγ. Παρασκευή	2
		448	480373	4204969	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς την Αγ.Παρασκευή 120 μ. πριν από την Γ.Ξενόπουλου	3
		467	480745	4205264	Μεσογείων με κατεύθυνση προς την Αγ.Παρασκευή 20 μ. μετά την Χαριτωνίδου	2
		491	481069	4205546	λεωφορειολωρίδα με κατεύθυνση προς Αγ.Παρασκευή (β.α) 80 μ. πριν από την Αναστάσεως	1
		451	481057	4205563	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς την Αγ.Παρασκευή 60 μ. πριν από την Αναστάσεως	2
		454	481423	4205757	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς την Αγ.Παρασκευή 120 μ. πριν από την Ξανθού	2
		457	482649	4206457	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς την Αγ.Παρασκευή 250 μ. πριν από την Δ.Σολωμού	2
		459	483843	4206964	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς τον Σταυρό 130 μ. πριν από την Ηρώων Πολυτεχνείου	2
		462	485080	4207057	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς τον Σταυρό 120 μ. πριν από την Δήμητρας	2
	down	464	485978	4206717	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς τον Μαραθώνα μετά τη ράμπα εισόδου για Λ. Λαυρίου	2
		445	480304	4204942	ράμπα εισόδου προς την Κατεχάκη από τον κλάδο της Μεσογείων με κατεύθυνση προς το κέντρο	2
		449	480583	4205142	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 120 μ. πριν από την Γ.Ξενόπουλου	2
		452	481274	4205713	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 130 μ. πριν από την λεωφόρο Δημοκρατίας	2
		495	481580	4205884	λεωφορειολωρίδα με κατεύθυνση προς το κέντρο (ν.δ) 80 μ. πριν από την Ξανθού	1
		456	481596	4205877	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο αμέσως μετά την έξοδο προς ΕΡΤ (2 λωρίδες λυιτής κυκλοφορίας)	2
		458	483120	4206749	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 250 μ. πριν από την Δ.Σολωμού	2
		460	484176	4207059	κύριος δρομος με κατεύθυνση προς το κέντρο 80 μ. πριν από την Χαλανδρίου	3
ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	up	469	484422	4207074	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς κέντρο αμέσως μετά την έξοδο προς ΕΡΤ (2 λωρίδες λυιτής κυκλοφορίας)	2
		463	485351	4206987	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 140 μ. πριν από Δήμητρας	3
		847	477261	4198462	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς τη Βουλιαγμένη 180 μ. πριν από Αγ.Βασιλείου	3
	down	850	477379	4197417	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς τη Βουλιαγμένη 300 μ. πριν από την Εθν.Μακαρίου	3
		854	477451	4195912	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς τη Βουλιαγμένη 200 μ. πριν την Αλίμου	3
		848	477400	4198170	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 150 μ. πριν από Αγ.Βασιλείου	3
851	477392	4196822	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 300 μ. πριν από την Εθν.Μακαρίου	3		
853	477405	4195998	κύριος δρόμος με κατεύθυνση προς το κέντρο 200 μ. πριν από την Ανεξαρτησίας	3		

Πίνακας 4. 2: Πληροφορίες για την κάθε θέση μέτρησης

		measuring_position	Q [Veh/h]	Q/lane	V [km/h]	O [%]
Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ	up	443	1064,1	532,0	54,9	7,3
		444	722,6	361,3	46,8	5,2
		448	1520,0	506,7	47,0	8,6
		467	1235,7	617,9	54,2	8,5
		491	202,6	202,6	49,2	2,7
		451	1264,2	632,1	56,9	8,0
		454	1386,1	693,1	52,4	10,2
		457	1257,9	629,0	48,6	9,5
		459	1199,1	599,6	52,9	7,8
		462	1122,6	561,3	55,8	7,0
		464	749,9	374,9	87,8	2,6
	down	445	859,4	429,7	56,1	5,3
		449	1208,3	604,1	54,2	9,2
		452	1241,1	620,6	45,9	10,6
		495	302,1	302,1	39,1	5,7
		456	1237,6	618,8	49,5	9,2
		458	1126,6	563,3	55,0	7,2
		460	1586,8	528,9	39,1	10,7
		469	938,8	469,4	53,7	6,7
		463	1302,9	434,3	55,1	5,6
Λ. ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	up	847	1229,6	409,9	60,0	5,1
		850	1456,6	485,5	62,4	5,2
		854	1461,4	487,1	50,7	8,4
	down	848	1555,6	518,5	63,8	5,5
		851	1545,3	515,1	61,3	5,6
		853	1527,5	509,2	53,1	7,6

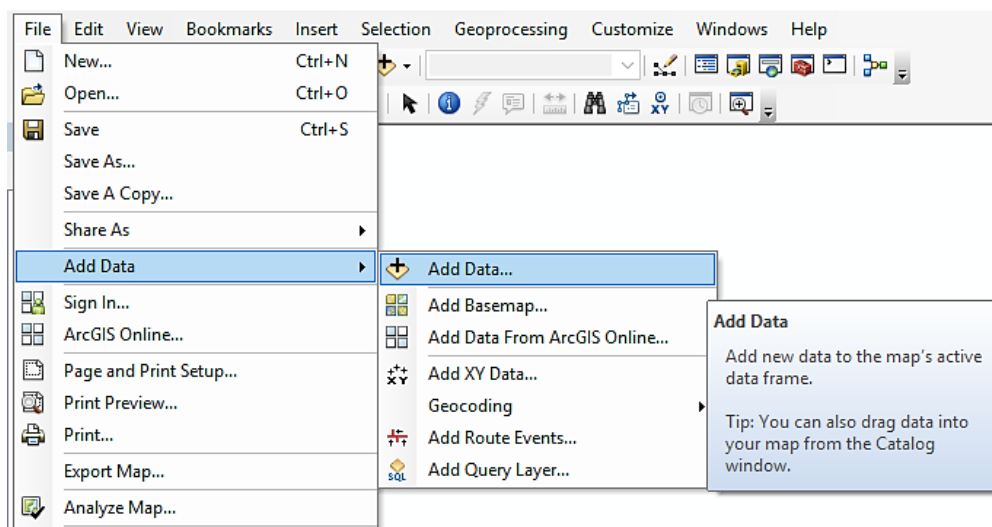
Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικός πίνακας των μέσων κυκλοφοριακών μεγεθών

4.2.3 Επεξεργασία δεδομένων με το λογισμικό GIS

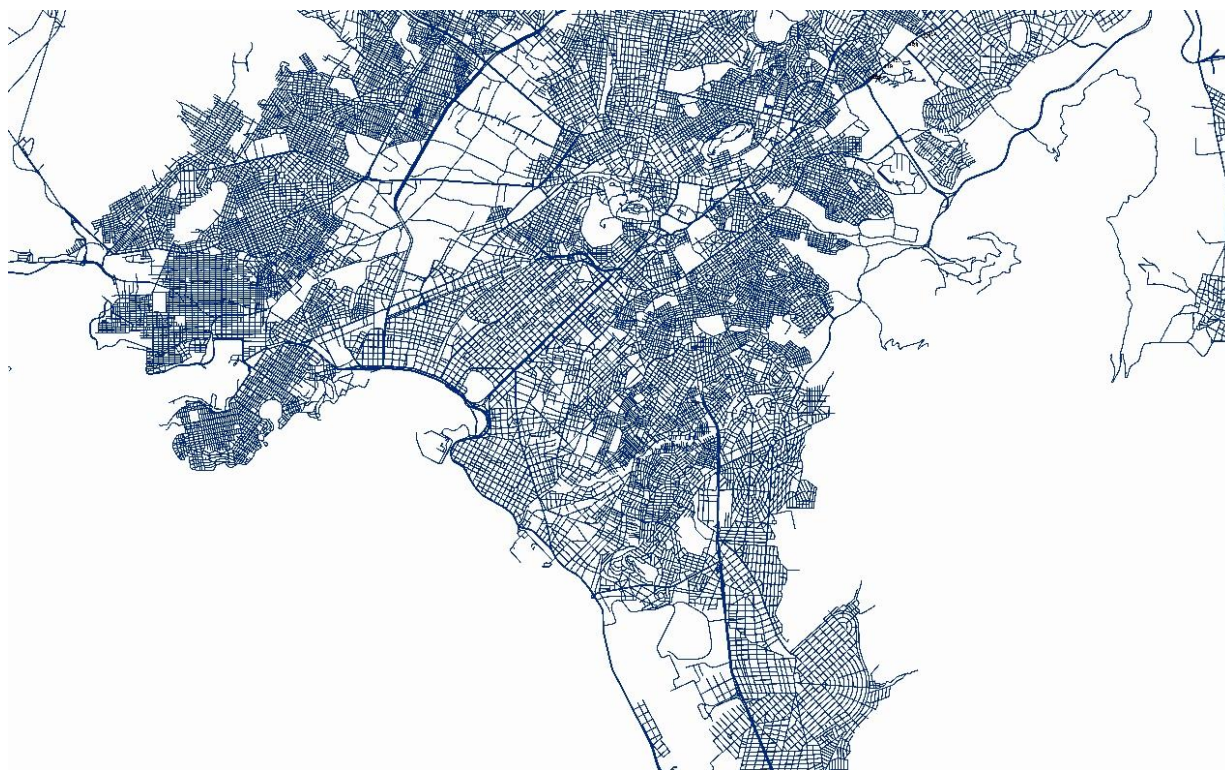
Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών, γνωστό ευρέως και ως G.I.S. (Geographic Information Systems), είναι **σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων** (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Τα συστήματα G.I.S. αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό, χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των G.I.S. είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα.

Με απώτερο σκοπό τη χωρική ανάλυση των δεδομένων που προήλθαν από την εφαρμογή για έξυπνα κινητά της OSeven, σχετικά με τον τρόπο οδήγησης του χρήστη, και από το Κ.Δ.Κ., έγινε χρήση του προαναφερόμενου λογισμικού και συγκεκριμένα της εφαρμογής ArcMap. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε **εισαγωγή των**

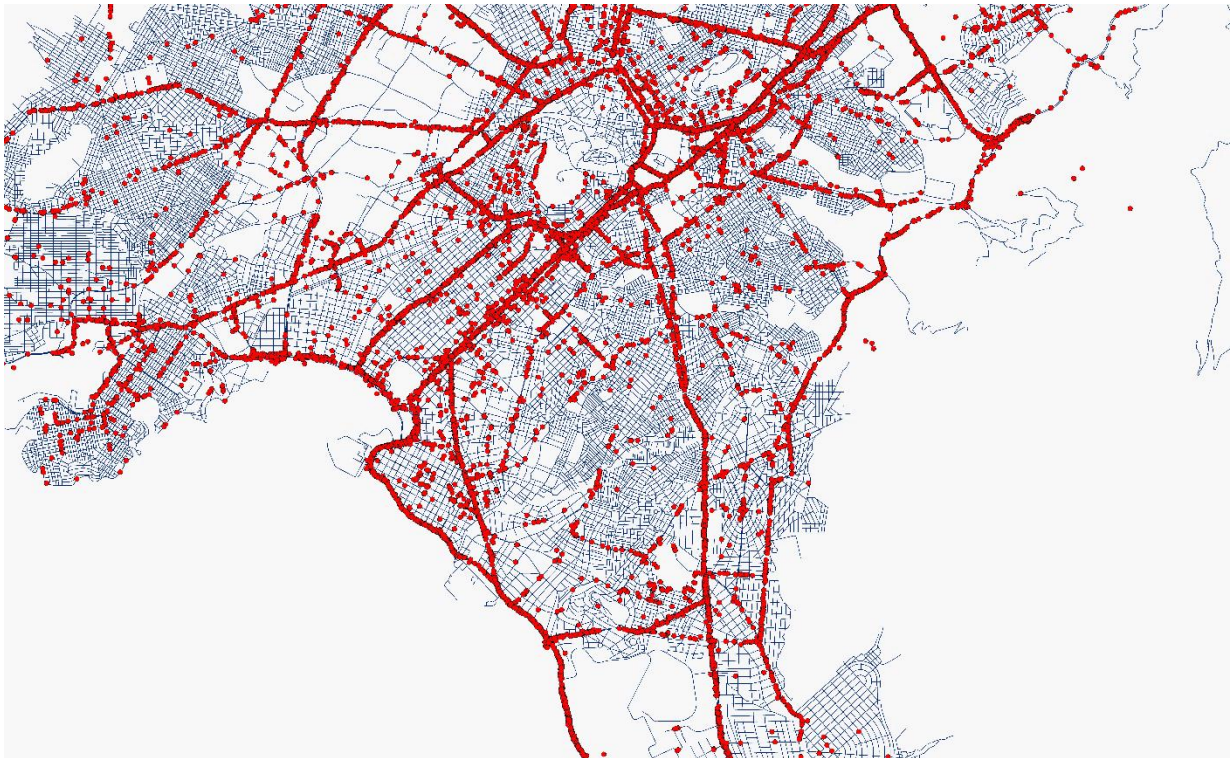
οδικών αξόνων της Αθήνας στην εφαρμογή ArcMap μέσω της εισαγωγής ενός layer με όνομα «road_egsa87» και με σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων EGSA_1987. Στην συνέχεια, **αποτυπώθηκαν οι απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις**, βάσει το συντεταγμένων τους, με την προσθήκη των δύο datasets της OSeven, σε μορφή shapefile (shp.), ως layers με ονόματα «acc_egsa87» και «brakes_egsa87». Το σύστημα συντεταγμένων των απότομων συμβάντων ήταν το WGS_1984 και για αυτόν τον λόγο ήταν απαραίτητη η προσαρμογή τους στο σωστό σύστημα αναφοράς δηλαδή, το EGSA_1987. Η εισαγωγή των προαναφερόμενων layers πραγματοποιήθηκε από τη διαμορφωμένη geodatabase (gdb) ακολουθώντας την πορεία: File→ Add Data→ Add Data (εικόνα 4.7).



Εικόνα 4. 7: Πορεία εισαγωγής δεδομένων στο ArcMap



Εικόνα 4. 8: Αποτύπωση οδικών αξόνων της Αθήνας (roads_egsa87)



Εικόνα 4. 9: Αποτύπωση απότομων επιβραδύνσεων (brakes_egsa87)

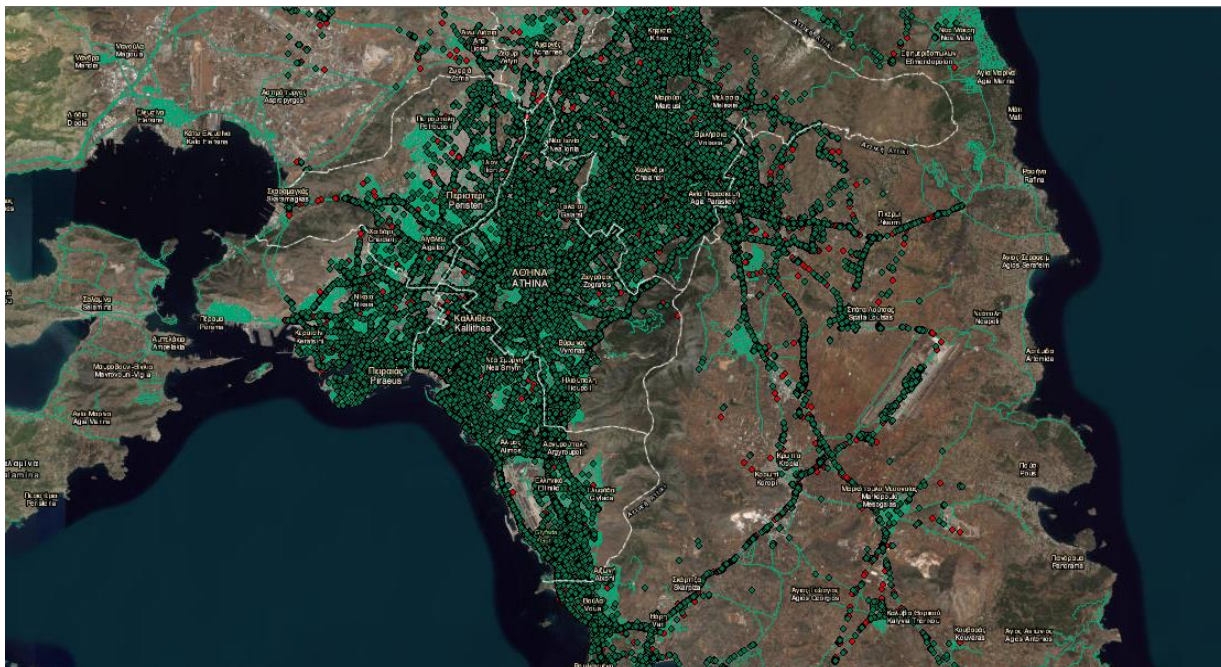


Εικόνα 4. 10: Αποτύπωση απότομων επιταχύνσεων (acc_egsa87)

Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε **εισαγωγή του χάρτη** με σκοπό την ευκολότερη και ταχύτερη αναγνώριση των δρόμων. Η εισαγωγή του χάρτη επιτεύχθηκε μέσω της πορείας: File→ Add Data→ Add Basemap→ Δορυφορικές εικόνες με ετικέτες. Με

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

σκοπό να συμπίπτουν οι οδικοί άξονες του shapefile «roads_egsa87» με αυτούς του χάρτη, μετατράπηκε το σύστημα συντεταγμένων του σε EGSA_1987 με τη χρήση του ArcToolbox→ Data Management Tools→ Projections and Transformations→ Feature→ Project έγινε εισαγωγή του χάρτη (Basemap) στο πεδίο "Input Dataset or Feature Class" και στο πεδίο "Output Coordinate System" ορίστηκε το επιθυμητό σύστημα συντεταγμένων EGSA_1987.



Εικόνα 4. 11: Χάρτης (Basemap)

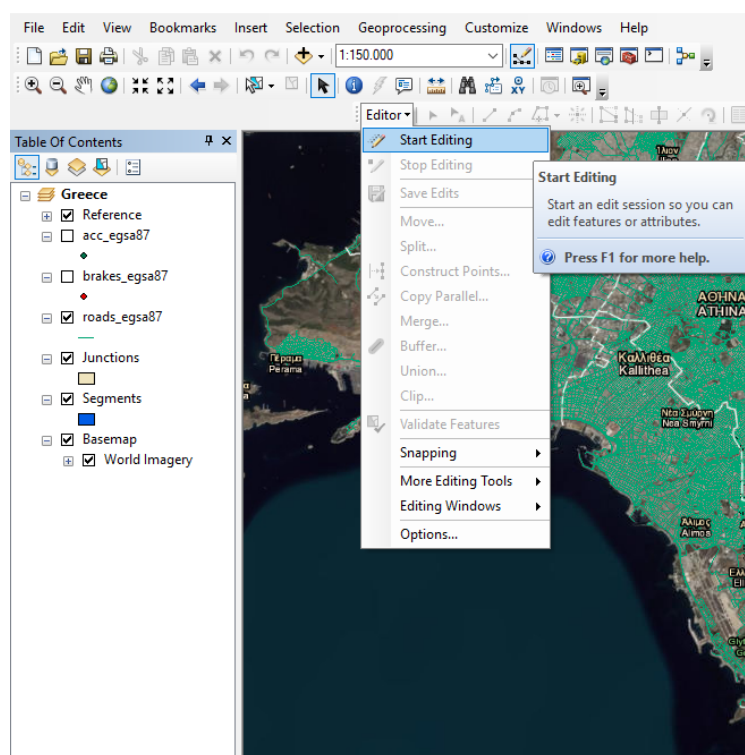
Απαραίτητος για την επίτευξη του στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ήταν ο **προσδιορισμός των διασταυρώσεων και οδικών τμημάτων** στις δύο λεωφόρους υπό μελέτη. Για αυτόν τον λόγο προστέθηκαν δύο layers που το ένα αναφερόταν στις διασταυρώσεις ενώ το άλλο στα οδικά τμήματα. Η εισαγωγή των layers πραγματοποιήθηκε μέσω της πορείας: Windows→ Catalog→δεξί κλικ στο geodatabase που επρόκειτο να γίνει η αποθήκευση τους→ New→ Feature Class. Στο πεδίο "Name" δόθηκαν τα ονόματα Junctions και Segments για τα αντίστοιχα layers, στο πεδίο "Type" επιλέχθηκε το "Polygon Features" και ορίστηκε ως σύστημα συντεταγμένων το EGSA_1987.

Με σκοπό την **κατηγοριοποίηση των συμβάντων** απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων σε διασταυρώσεις και σε οδικά τμήματα ανάλογα με τη χωρική μονάδα που πραγματοποιήθηκαν, επεξεργάστηκαν τα αντίστοιχα layers. Αφού εντοπίστηκαν στον χάρτη οι δύο λεωφόροι υπό μελέτη, ξεκίνησε η διαδικασία διαχωρισμού τους σε διασταυρώσεις και οδικά τμήματα μέσω της εμφάνισης της γραμμής εργαλείων ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία των χωρικών δεδομένων (Editor Toolbar→ Editor→ Start Editing). Έπειτα από το παράθυρο «Create Features» (Editor→ Editing Windows→ Create Features) επιλέχθηκε το layer «Junctions». Συγκεκριμένα το προηγούμενο layer επεξεργάστηκε ώστε να σχεδιαστούν κύκλοι ακτίνας πενήντα (50) μέτρων στις θέσεις των διασταυρώσεων με φανάρι και κύκλοι

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

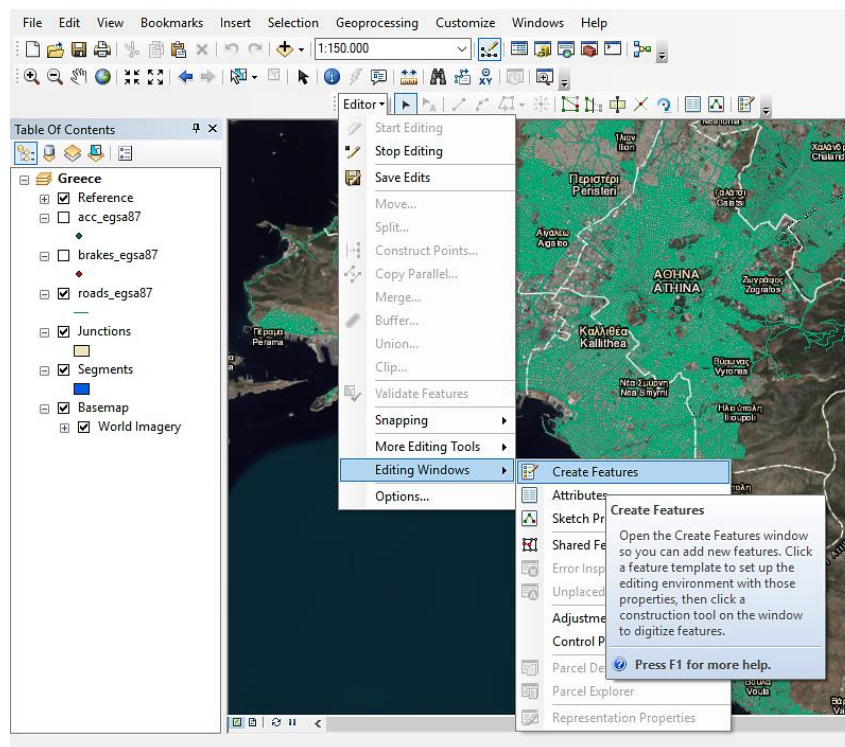
ακτίνας σαράντα (40) μέτρων στις θέσεις των διαβάσεων πεζών, με το κέντρο τους να συμπίπτει προσεγγιστικά με αυτό των διασταυρώσεων. Ως εργαλείο κατασκευής (Construction Tools) επιλέχθηκε από το παράθυρο «Create Features» ο κύκλος (Circle).

Για το **διαχωρισμό των δύο λεωφόρων σε οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου** άρχισε η επεξεργασία του layer Segments επιλέγοντάς το στο παράθυρο «Create Features». Όσον αφορά στο συγκεκριμένο layer, διαμορφώθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να σχεδιαστούν πολύγωνα που να συμπίπτουν με τα οδικά τμήματα ανόδου δηλαδή με πλάτος ίσο με το άθροισμα των πλατών των λωρίδων κυκλοφορίας συν το μισό πλάτος της νησίδας και με μήκος ίσο με αυτό του αντίστοιχου οδικού τμήματος. Όμοια, σχεδιάστηκαν τα πολύγωνα που συνέπιπταν με τα οδικά τμήματα καθόδου. Για να είναι δυνατή η σχεδίαση των περιοχών των οδικών τμημάτων, έγινε επιλογή του πολυγώνου (Polygon) από τη λίστα των διαθέσιμων εργαλείων κατασκευής (Construction Tools). Για τη λήξη της επεξεργασίας των layers επιλέχθηκε το “Stop Editing” από το μενού “Editor”, αφού είχαν αποθηκευτεί (Editor→Save Edits) οι γεωμετρικοί χώροι των διασταυρώσεων και οδικών τμημάτων που είχαν σχεδιαστεί.

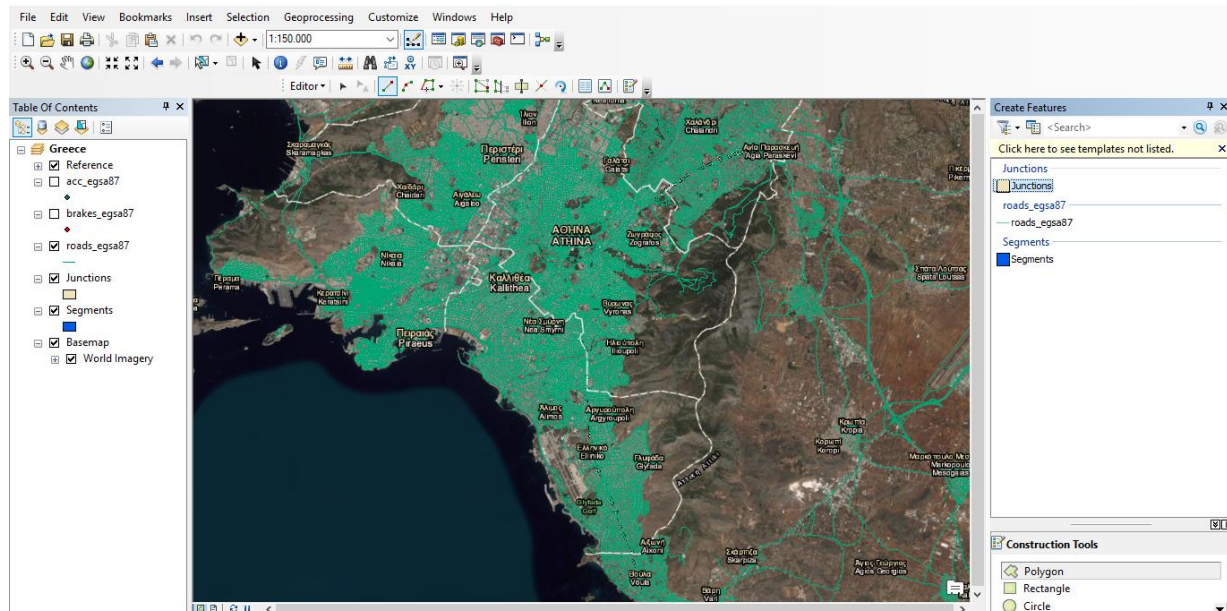


Εικόνα 4. 12: Έναρξη διαδικασίας σχεδίασης και επεξεργασίας των «Segments» και «Junctions»

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

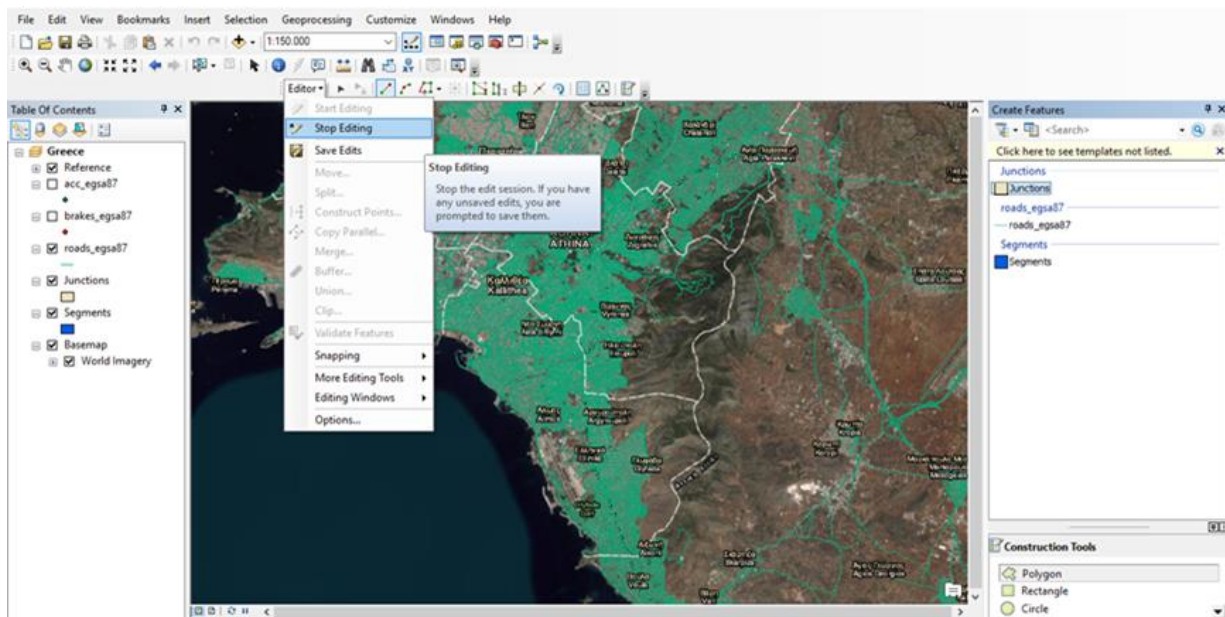


Εικόνα 4. 13: Σχεδίαση και επεξεργασία των «Segments» και «Junctions»

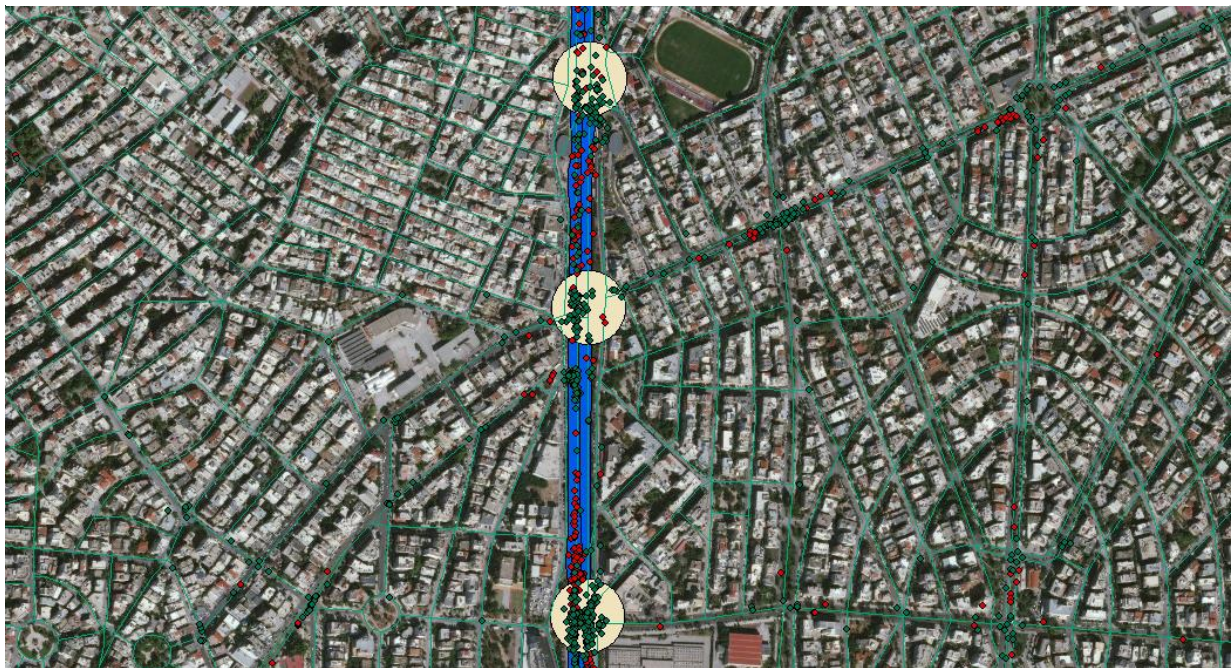


Εικόνα 4. 14: Σχεδίαση και επεξεργασία των «Segments» και «Junctions»

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Εικόνα 4. 15 Λήξη διαδικασίας σχεδίασης και επεξεργασίας των «Segments» και «Junctions»



Εικόνα 4. 16: Χωρική περιγραφή των διασταυρώσεων «Junctions» και των οδικών τμημάτων «Segments»»

Στη Λ. Μεσογείων σχεδιάστηκαν:

- ✓ Δεκαεφτά (17) οδικά τμήματα ανόδου (Segment_up)
- ✓ Δεκαεφτά (17) οδικά τμήματα καθόδου (Segment_down)
- ✓ Είκοσι τέσσερις (24) διασταυρώσεις (Junction)

Στη Λ. Βουλιαγμένης σχεδιάστηκαν:

- ✓ Είκοσι τέσσερα (24) οδικά τμήματα ανόδου (Segment_up)
- ✓ Είκοσι τέσσερα (24) οδικά τμήματα καθόδου (Segment_down)
- ✓ Είκοσι έξι (26) διασταυρώσεις (Junctions)

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Οι διασταυρώσεις και τα οδικά τμήματα αριθμήθηκαν, κατά τη διάρκεια της σχεδιάσής τους, ώστε στη μετέπειτα ανάλυση των δεδομένων να αποφευχθούν τυχόν σφάλματα σχετικά με τη θέση της διασταύρωσης ή του οδικού τμήματος στη λεωφόρο. Πιο συγκεκριμένα, στον πίνακα 4.4 παρατίθενται οι ακριβείς θέσεις των διασταυρώσεων, σύμφωνα με τις κάθετες οδούς, και οι κωδικές ονομασίες τους.

	Junctions	info
Leof. Mesogion	JM1	Grigoriou Xenopoulou
	JM2	Charitonidou
	JM3	Kiprou
	JM4	Anastaseos
	JM5	Leof. Dimokratias
	JM6	Paritsi/ Agiou Ioanni Theologou
	JM7	Xanthou/Imittou
	JM8	Tzavella/Aetideon
	JM9	Vironos/ Leof.Perikleous
	JM10	Faneromenis
	JM11	Zoodochou Pigi/ 17is Noemvriou
	JM12	Parnassidos
	JM13	Arkadiou
	JM14	St. Nomismatokopio
	JM15	Solomou
	JM16	Souliou/Ipeiroy
	JM17	Zaloggou/Irinis
	JM18	Ir. Politechniou
	JM19	Chalandriou
	JM20	Elpidos/Agiou Ioannou
	JM21	ERT
	JM22	Agias Triados/Taigetou
	JM23	Agiou Andreou/Dimitras
	JM24	Agelaou/Efkalipton
Leof. Vouliagmenis	JV1	Agiou Konstantinou
	JV2	Pantazi
	JV3	Agiou Vasiliou
	JV4	St. Ilioupolis
	JV5	Dodekanisou
	JV6	Ethnarchou Makariou
	JV7	Thessalias/Al. Papanastasiou
	JV8	Karaiskaki/Anexartias

Πίνακας 4. 4: Κωδικές ονομασίες των διασταυρώσεων

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Μέσω δύο μοντέλων γεωεπεξεργασίας (geoprocessing models) τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με τη διασταύρωση ή το οδικό τμήμα στο οποίο πραγματοποιήθηκαν. Η **πρώτη επαναληπτική διαδικασία** παρουσιάζεται στην εικόνα 4.17 και είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή:

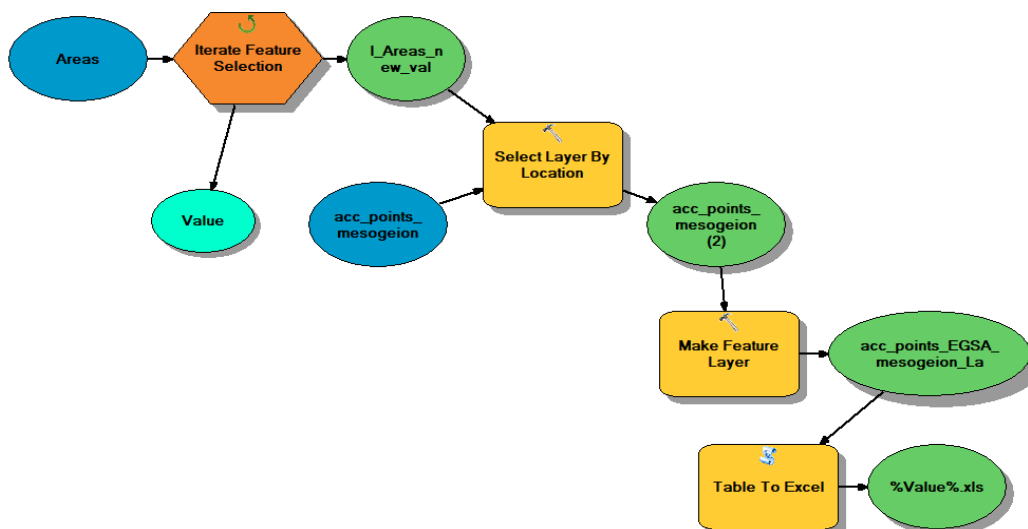
- Τριάντα τεσσάρων (17+17) βιβλίων εργασιών Excel για τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων+επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου της Λ. Μεσογείων
- Τριάντα τεσσάρων (17+17) βιβλίων εργασιών Excel για τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων+επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα καθόδου της Λ. Μεσογείων
- Σαράντα οκτώ (24+24) βιβλίων εργασιών Excel για τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων+επιβραδύνσεων στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων
- Σαράντα οκτώ (24+24) βιβλίων εργασιών Excel για τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων+επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου της Λ. Βουλιαγμένης
- Σαράντα οκτώ (24+24) βιβλίων εργασιών Excel για τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων+επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα καθόδου της Λ. Βουλιαγμένης
- Πενήντα δύο (26+26) βιβλίων εργασιών Excel για τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων+επιβραδύνσεων στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης

Κάθε ένα περιείχε έναν πίνακα με την κάθε γραμμή να αντιστοιχεί σε ένα συμβάν (απότομη επιτάχυνση ή επιβράδυνση). Οι στήλες των εξαγομένων πινάκων αντιστοιχούσαν στις μεταβλητές που παρουσιάστηκαν στο υποκεφάλαιο 4.2.1.6 (No, userid, tripid, loggingtime, loggingdate, Distance, Speed Diff, Event Speed κτλ.).

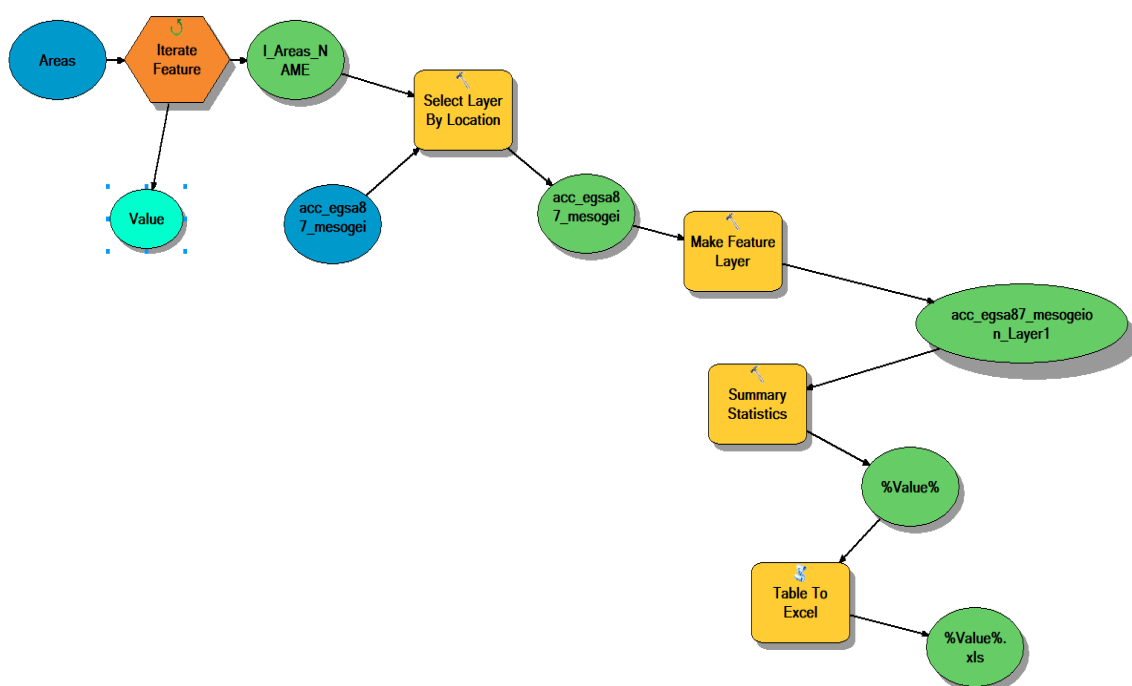
Το **δεύτερο μοντέλο γεωεπεξεργασίας** είχε ως αποτέλεσμα ίδια σε αριθμό, με τα προηγούμενα, αρχεία Excel όμως διαφορετικά σε περιεχόμενο. Το κάθε ένα αρχείο περιείχε έναν πίνακα με στήλες που παρουσίαζαν στατιστικά επεξεργασμένα τα δεδομένα του αντίστοιχου πίνακα από το πρώτο μοντέλο. Συγκεκριμένα, οι στήλες περιείχαν:

1. τη συχνότητα εμφάνισης συμβάντων (FREQUENCY), δηλαδή τον αριθμό των απότομων συμβάντων που πραγματοποιήθηκαν στην εν λόγω οριοθετημένη περιοχή
2. την ελάχιστη τιμή των μεταβλητών (MIN_Speed_Diff, MIN_Event_Speed, MIN_distance)
3. τη μέγιστη τιμή των μεταβλητών (MAX_Speed_Diff, MAX_Event_Speed, MAX_distance)
4. την τυπική απόκλιση των μεταβλητών (STD_Speed_Diff, STD_Event_Speed, STD_distance)
5. το εύρος ή κύμανση των μεταβλητών (RANGE_Speed_Diff, RANGE_Event_Speed, RANGE_distance)
6. τον αριθμητικό μέσο των μεταβλητών (MEAN_Speed_Diff, MEAN_Event_Speed, MEAN_distance)

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Εικόνα 4. 17: Πρώτο μοντέλο γεωεπεξεργασίας



Εικόνα 4. 18 : Δεύτερο μοντέλο γεωεπεξεργασίας

Ουσιαστικά, οι πίνακες που διαμορφώθηκαν από την επαναληπτική διαδικασία του πρώτου μοντέλου γεωεπεξεργασίας χρησίμευσαν για τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και της πιθανότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση και σε οδικό τμήμα. Η πιθανότητα εμφάνισης απότομου συμβάντος δόθηκε από τον τύπο $Prob = 100 * \frac{Days}{Range_Days}$ όπου, η μεταβλητή "Days" ισούται με το σύνολο των ημερών που παρατηρήθηκαν απότομα

συμβάντα σε κάθε διασταύρωση και οδικό τμήμα ενώ, η μεταβλητή "Range_Days" αντικατοπτρίζει το εύρος των ημερομηνιών που οι χρήστες πραγματοποίησαν απότομα συμβάντα σε κάθε διασταύρωση και οδικό τμήμα. Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογισμός των δύο παραπάνω μεταβλητών έγινε σε κάθε αρχείο Excel δηλαδή, για κάθε διασταύρωση και οδικό τμήμα μέσω των Functions:

- ❖ Days→ =SUMPRODUCT(1/COUNTIF(loggingdate;loggingdate))
- ❖ Range_Days→ =MAX(loggingdate)-MIN(loggingdate)

Τέλος, με σκοπό τον συνδυασμό των δεδομένων από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων και των κυκλοφοριακών μεγεθών που μετρήθηκαν από τους βρόχους που τοποθετήθηκαν από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας, **αποτυπώθηκαν οι θέσεις μέτρησης φόρτου και κατάληψης** βάσει των καρτεσιανών συντεταγμένων τους. Για την αποτύπωση των συγκεκριμένων σημείων, το αρχείο Excel με τον πίνακα 4.2 μετατράπηκε σε αρχείο csv (comma-separated values) και προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εισαγωγή των συντεταγμένων στο ίδιο αρχείο ArcMap που ήταν υπό επεξεργασία επιλέχθηκε από το μενού File→ Add Data→ Add XY Data. Στο πεδίο "Choose a table from the map or browse for another table" επιλέχθηκε το αρχείο csv ενώ στα πεδία "X Field" και "Y Field" επιλέχθηκαν οι στήλες x και y αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο προστέθηκε ένα νέο layer με όνομα «measuring_position». Για λόγους αναγνώρισης του κάθε σημείου πάνω στον χάρτη έγινε εισαγωγή κειμένου (Insert→ Text) με το πεδίο "Text" να συμπληρώνεται με το χαρακτηριστικό αριθμό της θέσης μέτρησης και στην καρτέλα "Size and Position" να δίνονται οι συντεταγμένες της.

Συνεπώς, προέκυψε ένα αρχείο (ArcGIS ArcMap) που αποτύπωνε τα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στην Αθήνα, τους οδικούς άξονές της και τις θέσεις μέτρησης κυκλοφοριακών μεγεθών.

Προαναφέρθηκε αναλυτικά ότι μέσω του δεύτερου μοντέλου γεωεπεξεργασίας, προέκυψε ένας αριθμός πινάκων. Όπως εξηγείται και στο επόμενο κεφάλαιο, **για τη διαμόρφωση των τελικών πινάκων** (master tables) που χρησιμοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία και τη διαδικασία ανάπτυξης προτύπων, συγχωνεύθηκαν όλα τα αρχεία Excel που είχαν προκύψει από το δεύτερο μοντέλο γεωεπεξεργασίας σε τέσσερις πίνακες μέσω του Microsoft Excel. Ο πρώτος πίνακας αναφερόταν στα απότομα συμβάντα επιταχύνσεων που έλαβαν χώρα σε διασταύρωση με τη κάθε γραμμή να αναφέρεται σε μία συγκεκριμένη διασταύρωση των λεωφόρων και με τις στήλες να περιέχουν τη μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή, τη τυπική απόκλιση, το εύρος, τον αριθμητικό μέσο των μεταβλητών που περιγράφουν τον τρόπο οδήγησης για κάθε διασταύρωση. Όμοια σχηματίστηκαν και οι υπόλοιποι τρεις πίνακες που αφορούσαν στα συμβάντα απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση, απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα και απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα.

Εν συνεχεία στους τέσσερις πίνακες προστέθηκαν **τρεις επιπλέον στήλες με τις μετρήσεις των κυκλοφοριακών μεγεθών**. Λόγω του μικρότερου αριθμού βρόχων, συγκριτικά με τον αριθμό διασταυρώσεων και οδικών τμημάτων που ορίστηκαν στις δύο λεωφόρους, έγιναν κάποιες θεωρήσεις σχετικά με τις θέσεις που δεν είχαν ακριβή μέτρηση από το Κ.Δ.Κ., δηλαδή σε εκείνες που δεν είχαν τοποθετηθεί βρόχοι. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα, η μέση κατάληψη και η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας **στα οδικά τμήματα**, που δεν υπήρχε θέση μέτρησης, ισούσαν με το μέσο όρο των αντίστοιχων κυκλοφοριακών μεγεθών του προηγούμενου και του επόμενου οδικού τμήματος που είχαν ακριβή μέτρηση από τοποθετημένους βρόχους. Δηλαδή,

$$Q/l_{Sv_{up/down}} = \frac{Q/l_{S\mu_{up/down}} + Q/l_{S\kappa_{up/down}}}{2} [Veh/h]$$

$$O_{Sv_{up/down}} = \frac{O_{S\mu_{up/down}} + O_{S\kappa_{up/down}}}{2} [\%]$$

$$V_{Sv_{up/down}} = \frac{V_{S\mu_{up/down}} + V_{S\kappa_{up/down}}}{2} [km/h]$$

Όπου,

- $Sv_{up/down}$: οδικό τμήμα ανόδου ή καθόδου χωρίς θέση μέτρησης
- $S\mu_{up/down}$: οδικό τμήμα ανόδου ή καθόδου πριν το οδικό τμήμα Sv , σύμφωνα με τη ροή, με θέση μέτρησης
- $S\kappa_{up/down}$: οδικό τμήμα ανόδου ή καθόδου μετά το οδικό τμήμα Sv , σύμφωνα με τη ροή, με θέση μέτρησης

Στην περίπτωση που στο οδικό τμήμα $S\kappa$ εισερχόταν σημαντικός κυκλοφοριακός φόρτος από οδό κάθετη στη λεωφόρο (π.χ. οδός Χαλανδρίου στη Λ. Μεσογείων), τα ζητούμενα κυκλοφοριακά μεγέθη του οδικού τμήματος Sv θεωρήθηκαν ίσα με αυτά του προηγούμενου οδικού τμήματος από αυτό, που είχε θέση μέτρησης από το Κ.Δ.Κ., δηλαδή,

$$Q/l_{Sv_{up/down}} = Q/l_{S\mu_{up/down}}, O_{Sv_{up/down}} = O_{S\mu_{up/down}}, V_{Sv_{up/down}} = V_{S\mu_{up/down}}.$$

Για τα κυκλοφοριακά μεγέθη των διασταυρώσεων έγινε μία διαφορετική θεώρηση. Ο κυκλοφοριακός φόρτος της διασταύρωσης θεωρήθηκε ίσος με τον μέσο όρο των κυκλοφοριακών φόρτων του οδικού τμήματος ανόδου και του οδικού τμήματος καθόδου που οι ροές τους καταλήγουν σε αυτή, όμοια για την μέση ταχύτητα και κατάληψη. Για παράδειγμα, τα κυκλοφοριακά μεγέθη της διασταύρωσης Λ. Βουλιαγμένης με Εθνάρχου Μακαρίου (JV6):

$$Q_{JV6} = \frac{Q_{SV5_up} + Q_{SV6_down}}{2}, [Veh/h]$$

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

$$O_{JV6} = \frac{O_{SV5_up} + O_{SV6_down}}{2}, [\%]$$

$$V_{JV6} = \frac{V_{SV5_up} + V_{SV6_down}}{2}, [km/h]$$

Στην περίπτωση που οι κύκλοι των διαδοχικών διασταυρώσεων που είχαν σχεδιαστεί στο ArcMap, με ακτίνα πενήντα (50) ή σαράντα (40) μέτρων, **τέμνονταν ή εφάπτονταν** με αποτέλεσμα ενδιάμεσά τους να μην υπάρχει οδικό τμήμα, τα κυκλοφοριακά μεγέθη που αφορούσαν στις συγκεκριμένες διασταυρώσεις ήταν ίσα με τους μέσους όρους του οδικού τμήματος ανόδου που εισερχόταν στην πρώτη διασταύρωση και του οδικού τμήματος καθόδου που εισερχόταν στη δεύτερη διασταύρωση. Για παράδειγμα, στις διασταυρώσεις JM4 και JM5 στη Λ. Μεσογείων που τέμνονταν, τα κυκλοφοριακά μεγέθη τους υπολογίστηκαν ως εξής:

$$Q_{JV6} = \frac{Q_{SV5_up} + Q_{SV6_down}}{2}, [Veh/h]$$

$$O_{JV6} = \frac{O_{SV5_up} + O_{SV6_down}}{2}, [\%]$$

$$V_{JV6} = \frac{V_{SV5_up} + V_{SV6_down}}{2}, [km/h]$$

Η **τελική διαμόρφωση των πινακών** (master tables) πραγματοποιήθηκε με τη προσθήκη στηλών με στοιχεία σχετικά με τις δύο λεωφόρους που είχαν αντληθεί από την Google Maps και την Google Earth. Πιο συγκεκριμένα τα στοιχεία αφορούσαν στη γεωμετρία των δύο λεωφόρων και ήταν τα εξής:

Οδικά τμήματα

- Length: μήκος του οδικού τμήματος σε μέτρα [m]
- No. Right Exit/Entrance: αριθμός δεξιών εξόδων από το οδικό τμήμα και εισόδων στο οδικό τμήμα
- Sideway: ύπαρξη (1) ή απουσία (0) παράδρομου
- No. Bus_Stops: αριθμός στάσεων λεωφορείου
- Bus Lane: ύπαρξη (1) ή απουσία (0) λεωφορειολωρίδας

Διασταυρώσεις

- No. Left_Exits: αριθμός αριστερών εξόδων από τη διασταύρωση
- No Left_Entrances: αριθμός αριστερών εισόδων στη διασταύρωση
- No. Right_Exits: αριθμός δεξιών εξόδων από τη διασταύρωση
- No. Right_Entrances: αριθμός δεξιών εισόδων στη διασταύρωση
- No. Incoming_Lanes: αριθμός εισερχόμενων κυκλοφοριακών λωρίδων στη διασταύρωση
- No. Outgoing_Lanes: αριθμός εξερχόμενων κυκλοφοριακών λωρίδων από τη διασταύρωση
- Sideway: ύπαρξη (1) ή απουσία (0) παράδρομου

Η **μορφή των τελικών πινάκων** παρουσιάζεται παρακάτω, με την εξής σειρά:

- Πίνακας 4. 5: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταυρώση
- Πίνακας 4. 6: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση
- Πίνακας 4. 7: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα
- Πίνακας 4. 8: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα

Στους πίνακες 4. 7 και 4. 8 επισημαίνονται με κίτρινο χρώμα τα οδικά τμήματα στα οποία έχουν τοποθετηθεί θέσεις μέτρησης από το Κ.Δ.Κ. και άρα οι μετρήσεις κυκλοφοριακών μεγεθών είναι ακριβείς.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Junctions	No.Left_Exits	No.Left_Entrances	No.Right_Exits	No.Right_Entrances	No.Incoming_Lanes	No.Outgoing_Lanes	Sideway	Q[Veh/h]	V [km/h]	Q[%]	FREQUENCY_ACC	MEAN_Speed_Diff	MIN_Speed_Diff	MAX_Speed_Diff	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MIN_Event_Speed	MEAN_Event_Speed	MAX_Event_Speed	STD_Event_Speed	RANGE_Event_Speed	MEAN_distance	MIN_distance	MAX_distance	STD_distance	RANGE_distance
JM1	1	2	1	2	5	1	0	2586,125	52,411	8,871	300	11,548	9,000	25,394	2,778	16,394	10,296	22,686	82,978	9,335	72,682	3,465	0,094	21,489	2,028	21,396
JM2	2	2	2	2	3	2	0	2602,556	50,327	9,227	266	12,290	9,000	21,730	3,290	12,730	10,519	20,587	51,854	6,395	41,335	3,535	0,335	30,668	2,947	30,333
JM3	2	2	2	2	5	2	0	2460,434	52,119	9,223	233	11,920	9,000	23,004	2,970	14,004	10,642	20,923	62,582	7,141	51,941	3,544	0,566	47,841	3,360	47,274
JM4	0	0	1	0	2	0	1	2505,378	49,482	7,990	69	11,017	9,000	17,424	1,998	8,424	15,000	22,400	58,000	9,832	43,000	3,157	1,902	5,999	0,851	4,097
JM5	0	0	1	1	2	1	1	2505,378	49,482	7,990	99	10,933	9,000	19,771	2,213	10,771	14,616	23,390	63,058	8,823	48,442	3,685	1,970	11,489	1,619	9,518
JM6	0	1	1	1	1	1	1	2564,546	64,859	8,869	198	11,243	9,000	21,373	2,321	12,373	11,669	20,608	81,544	7,908	69,875	3,338	0,118	21,621	1,917	21,503
JM7	0	2	0	2	2	0	1	2623,714	80,237	9,749	171	11,069	9,000	23,746	2,456	14,746	11,743	20,278	53,350	6,254	41,606	3,521	1,043	25,762	2,419	24,719
JM8	1	0	2	1	2	1	1	2504,112	66,023	9,052	145	10,880	9,000	17,518	2,003	8,518	12,766	22,203	58,000	8,265	45,234	3,503	1,965	14,623	1,726	12,657
JM9	1	1	2	1	2	1	1	2504,112	66,023	9,052	206	11,470	9,000	22,133	2,689	13,133	10,227	20,703	60,638	7,470	50,411	3,988	0,521	152,245	10,469	151,724
JM10	1	0	1	0	0	1	1	2504,112	66,023	9,052	264	11,978	9,000	19,994	2,851	10,994	10,224	19,790	67,000	6,925	56,776	3,482	0,819	35,138	2,434	34,318
JM11	0	2	1	2	3	1	1	2504,112	66,023	9,052	185	10,922	9,000	19,178	1,887	10,178	14,183	20,995	68,000	7,334	53,817	3,820	1,078	24,832	2,347	23,754
JM12	1	0	1	0	0	2	1	2504,112	66,023	9,052	196	10,894	9,000	18,773	1,908	9,773	11,146	21,699	95,832	9,985	84,686	4,379	0,372	17,042	2,705	16,670
JM13	1	0	1	1	1	1	0	2384,509	51,810	8,355	89	11,605	9,000	18,752	2,315	9,752	15,056	23,442	81,261	13,307	66,205	3,216	0,407	15,127	1,858	14,721
JM14	0	0	0	1	1	0	0	2384,509	51,810	8,355	61	10,995	9,000	19,947	2,272	10,947	10,298	21,848	57,815	10,588	47,517	3,521	0,490	7,424	1,149	6,935
JM15	0	1	0	1	2	0	0	2384,509	51,810	8,355	80	11,433	9,000	19,469	2,711	10,469	11,080	23,153	86,090	12,570	75,010	3,443	0,095	19,392	2,325	19,297
JM16	2	2	2	2	2	2	0	2355,093	52,894	7,926	306	11,590	9,000	24,372	2,859	15,372	11,279	21,466	73,000	7,818	61,721	4,158	0,201	72,089	5,555	71,888
JM17	0	2	0	2	2	0	0	2355,093	52,894	7,926	149	11,832	9,000	18,853	2,720	9,853	13,565	20,580	41,825	5,160	28,260	3,715	0,549	17,303	2,505	16,754
JM18	1	0	1	0	0	1	0	2785,876	46,022	9,243	78	10,942	9,022	17,001	1,861	7,979	15,041	25,421	64,000	13,164	48,959	4,407	2,043	78,299	8,606	76,257
JM19	1	0	1	1	3	2	1	2785,876	46,022	9,243	185	11,186	9,000	21,000	2,347	12,000	10,000	23,288	66,604	10,215	56,604	3,561	0,288	13,350	1,679	13,062
JM20	1	1	1	1	2	1	0	2061,391	51,694	5,803	89	11,629	9,000	19,798	2,691	10,798	13,675	21,185	54,720	6,931	41,045	3,730	1,197	16,443	2,500	15,246
JM21	0	0	0	0	0	0	0	2243,445	53,582	6,040	134	12,875	9,000	25,119	3,134	16,119	10,003	19,859	61,164	7,039	51,161	3,381	0,461	19,114	2,123	18,653
JM22	1	0	1	1	1	1	0	2243,445	53,582	6,040	68	11,673	9,000	24,000	2,638	15,000	13,000	22,350	73,247	11,549	60,247	3,438	2,013	7,454	1,280	5,441
JM23	0	1	2	1	4	1	0	2425,499	55,469	6,277	216	13,042	9,000	24,353	3,795	15,353	11,744	22,421	62,150	8,889	50,406	3,180	0,103	16,168	1,979	16,066
JM24	0	0	0	0	0	0	0	2425,499	55,469	6,277	84	10,846	9,007	15,962	1,596	6,955	15,019	20,524	69,143	9,775	54,124	4,348	2,091	14,212	1,956	12,121
JV1	1	0	1	0	0	3	1	2785,131	61,898	5,317	88	11,194	9,007	22,445	2,397	13,438	25,685	14,520	82,699	13,238	68,180	3,495	0,480	11,024	1,657	10,544
JV2	0	0	0	0	0	0	1	2785,131	61,898	5,317	2	11,888	10,699	13,076	1,681	2,377	19,403	18,382	20,424	1,444	2,042	4,261	2,250	6,272	2,844	4,022
JV3	1	1	0	1	1	1	1	2898,648	62,495	5,350	122	11,856	9,005	20,125	2,845	11,120	25,656	11,873	77,933	12,176	66,060	3,344	0,339	13,858	1,615	13,520
JV4	1	1	1	1	3	3	1	2893,514	61,872	5,368	41	11,239	9,014	19,965	2,625	10,950	28,436	13,435	82,278	14,896	68,842	3,987	0,902	12,515	2,204	11,612
JV5	1	1	1	1	2	1	1	2893,514	61,872	5,368	76	11,200	9,000	18,310	2,331	9,310	27,665	15,052	76,795	13,775	61,743	4,125	0,212	16,454	2,633	16,242
JV6	1	1	1	1	2	3	1	3001,898	61,847	5,419	202	11,601	9,022	25,432	2,994	16,410	22,436	10,512	56,945	8,237	46,433	4,088	0,682	20,742	2,773	20,060
JV7	2	1	2	2	3	4	1	2995,404	56,858	6,722	144	11,922	9,007	22,457	2,901	13,450	21,910	11,938	86,278	8,323	74,340	3,684	0,086	14,336	2,257	14,251
JV8	2	2	2	2	6	6	1	2986,531	54,807	7,228	201	11,143	0,000	19,068	2,471	19,068	24,228	0,000	57,283	8,255	57,283	4,182	0,375	27,756	2,998	27,382
JV9	2	2	2	2	6	6	1	2988,910	51,869	8,025	240	11,252	9,028	30,946	2,515	21,918	24,307	11,269	65,722	8,678	54,452	3,685	0,219	15,473	2,015	15,254

Πίνακας 4. 5: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Junctions	No.Left_Exits	No.Left_Entrances	No.Right_Exits	No.Right_Entrances	No.Incoming_Lanes	No.Outgoing_Lanes	Sideway	Q[Veh/h]	V [km/h]	O[%]	FREQUENCY_BRK	MEAN_Speed_Diff	MIN_Speed_Diff	MAX_Speed_Diff	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MEAN_Event_Speed	MIN_Event_Speed	MAX_Event_Speed	STD_Event_Speed	RANGE_Event_Speed	MEAN_distance	MIN_distance	MAX_distance	STD_distance	RANGE_distance
JM1	1	2	1	2	5	1	0	2586,125	52,411	8,871	33	-15,827	-22,201	-13,162	2,695	9,039	45,921	26,787	101,000	19,669	74,213	4,356	0,286	14,194	2,998	13,908
JM2	2	2	2	2	3	2	0	2602,556	50,327	9,227	42	-14,873	-22,094	-13,047	2,064	9,047	40,483	26,035	65,956	9,750	39,921	3,849	1,783	11,945	1,872	10,161
JM3	2	2	2	2	5	2	0	2460,434	52,119	9,223	24	-14,136	-21,082	-13,010	1,792	8,071	40,228	28,217	59,557	9,834	31,341	3,074	1,924	5,454	0,975	3,529
JM4	0	0	1	0	2	0	1	2505,378	49,482	7,990	22	-14,649	-24,365	-13,205	2,360	11,160	43,434	24,977	62,172	10,556	37,195	3,697	0,440	15,478	2,821	15,038
JM5	0	0	1	1	2	1	1	2505,378	49,482	7,990	85	-14,445	-22,226	-13,025	1,522	9,202	50,123	25,948	88,795	13,116	62,847	3,573	1,088	9,250	1,456	8,162
JM6	0	1	1	1	1	1	1	2564,546	64,859	8,869	66	-15,423	-21,312	-13,000	2,605	8,312	43,426	26,722	71,314	8,485	44,592	3,593	0,505	17,378	2,544	16,872
JM7	0	2	0	2	2	0	1	2623,714	80,237	9,749	64	-14,517	-22,075	-13,000	1,422	9,075	47,190	26,928	90,317	14,160	63,389	3,789	2,160	15,819	2,430	13,659
JM8	1	0	2	1	2	1	1	2504,112	66,023	9,052	104	-14,782	-23,666	-13,000	1,979	10,666	44,575	26,624	64,627	10,948	38,004	3,338	0,633	9,801	1,576	9,168
JM9	1	1	2	1	2	1	1	2504,112	66,023	9,052	63	-14,972	-23,796	-13,000	2,664	10,796	43,675	23,422	84,903	13,071	61,481	6,670	0,747	149,480	18,451	148,733
JM10	1	0	1	0	0	1	1	2504,112	66,023	9,052	50	-14,339	-20,174	-13,000	1,583	7,174	40,731	25,726	67,003	7,686	41,278	4,091	2,169	11,147	1,995	8,979
JM11	0	2	1	2	3	1	1	2504,112	66,023	9,052	164	-14,532	-21,701	-13,000	1,759	8,701	43,127	23,661	116,000	10,830	92,339	3,814	0,298	13,461	1,826	13,163
JM12	1	0	1	0	0	2	1	2504,112	66,023	9,052	64	-15,189	-21,666	-13,000	2,043	8,666	48,578	24,098	101,000	15,759	76,902	3,836	1,213	15,658	2,408	14,445
JM13	1	0	1	1	1	1	0	2384,509	51,810	8,355	31	-15,240	-25,655	-13,000	3,177	12,655	53,559	24,631	98,469	18,439	73,838	4,039	2,134	9,152	1,960	7,018
JM14	0	0	0	1	1	0	0	2384,509	51,810	8,355	19	-15,291	-21,567	-13,001	2,689	8,567	52,637	32,760	69,679	10,904	36,919	4,208	0,814	14,118	3,607	13,304
JM15	0	1	0	1	2	0	0	2384,509	51,810	8,355	31	-15,318	-23,625	-13,000	2,945	10,625	49,349	32,882	68,270	9,661	35,388	5,828	0,458	67,768	11,837	67,309
JM16	2	2	2	2	2	2	0	2355,093	52,894	7,926	25	-14,626	-22,212	-13,039	1,982	9,173	39,283	23,674	57,600	9,027	33,926	4,843	0,941	15,309	2,943	14,368
JM17	0	2	0	2	2	0	0	2355,093	52,894	7,926	14	-16,770	-22,723	-13,327	2,988	9,396	43,345	26,892	56,570	8,506	29,678	3,153	0,208	9,138	2,144	8,929
JM18	1	0	1	0	0	1	0	2785,876	46,022	9,243	42	-14,771	-20,203	-13,000	1,511	7,203	40,978	24,381	77,290	10,045	52,909	4,207	0,638	9,600	1,891	8,962
JM19	1	0	1	1	3	2	1	2785,876	46,022	9,243	21	-14,593	-20,909	-13,119	1,944	7,790	40,579	24,807	67,550	10,235	42,744	3,305	2,111	5,868	1,014	3,757
JM20	1	1	1	1	2	1	0	2061,391	51,694	5,803	26	-13,990	-16,834	-13,000	0,991	3,834	47,570	23,429	102,274	21,817	78,845	4,507	2,180	10,322	2,250	8,142
JM21	0	0	0	0	0	0	0	2243,445	53,582	6,040	18	-14,792	-21,715	-13,000	2,205	8,715	43,440	28,908	65,162	11,122	36,254	3,259	2,097	6,571	1,160	4,474
JM22	1	0	1	1	1	1	0	2243,445	53,582	6,040	14	-14,453	-17,906	-13,000	1,732	4,906	45,288	25,301	98,473	20,593	73,172	3,627	2,324	9,129	2,268	6,805
JM23	0	1	2	1	4	1	0	2425,499	55,469	6,277	11	-15,254	-25,013	-13,071	3,309	11,941	42,569	24,221	79,247	18,850	55,026	3,621	2,294	12,999	3,121	10,706
JM24	0	0	0	0	0	0	0	2425,499	55,469	6,277	27	-14,893	-25,257	-13,000	2,849	12,257	62,985	30,384	90,000	18,434	59,616	4,541	1,204	25,562	4,452	24,358
JV1	1	0	1	0	0	3	1	2785,131	61,898	5,317	17	-24,916	-15,496	-13,025	3,518	11,891	46,433	24,098	88,700	17,577	64,602	2,908	0,688	7,936	1,569	7,247
JV2	0	0	0	0	0	0	1	2785,131	61,898	5,317	14	-15,206	-13,923	-13,000	0,772	2,206	65,516	37,119	105,566	19,920	68,448	3,721	2,096	6,831	1,613	4,735
JV3	1	1	0	1	1	1	1	2898,648	62,495	5,350	6	-15,651	-14,499	-13,022	0,848	2,629	36,554	28,894	46,279	6,754	17,385	2,884	2,307	4,190	0,680	1,883
JV4	1	1	1	1	3	3	1	2893,514	61,872	5,368	15	-30,433	-18,097	-13,115	5,077	17,318	53,027	24,084	79,526	14,298	55,442	3,403	0,314	8,751	2,512	8,437
JV5	1	1	1	1	2	1	1	2893,514	61,872	5,368	7	-16,661	-15,090	-13,471	1,094	3,190	47,271	33,430	58,435	8,109	25,006	3,860	2,097	5,964	1,456	3,867
JV6	1	1	1	1	2	3	1	3001,898	61,847	5,419	20	-17,201	-14,485	-13,242	1,305	3,959	43,256	27,706	110,390	18,666	82,685	3,701	2,136	11,185	2,006	9,050
JV7	2	1	2	2	3	4	1	2995,404	56,858	6,722	18	-21,031	-15,459	-13,133	2,541	7,898	48,814	37,891	120,161	18,251	82,270	4,839	2,270	11,336	2,652	9,066
JV8	2	2	2	2	6	6	1	2986,531	54,807	7,228	14	-21,211	-14,858	-13,018	2,269	8,194	36,558	25,654	60,804	9,887	35,150	4,206	2,199	8,846	2,559	6,647
JV9	2	2	2	2	6	6	1	2988,910	51,869	8,025	25	-24,120	-15,907	-13,039	3,218	11,081	43,714	25,805	63,900	10,242	38,095	3,093	0,116	8,417	1,661	8,300

Πίνακας 4. 6: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Segments	Length (m)	No.Right Exit/Entrance	Sideway	No. Bus Stop	Bus Lane	Q/I [Veh/h]	V [km/h]	O [%]	FREQUENCY Y_ACC	MEAN_Speed Diff	MIN_Speed Diff	MAX_Speed_Di ff	STD_Speed_Di ff	RANGE_Speed_Di ff	MEAN_Event Speed	MIN_Event Speed	MAX_Event Speed	STD_Event Speed	RANGE_Event Speed	MEAN_distance	MIN_distance	MAX_distance	STD_distance	RANGE_distance
SM1 up	220	0	0	0	1	562.258	50.587	8.545	32	10.681	9.022	19.850	2.120	10.829	34.168	15.034	71.460	18.853	56.426	3.408	2.173	6.680	1.138	4.507
SM2 up	175	2	0	1	1	617.861	54.172	8.536	25	10.485	9.050	14.907	1.482	5.856	19.388	15.935	30.321	3.933	14.386	11.118	2.053	200.432	39.448	198.379
SM3 up	153	0	1	1	1	632.117	56.943	7.975	6	10.631	9.266	12.942	1.396	3.676	25.989	16.000	46.012	12.169	30.012	2.552	2.131	2.907	0.282	0.775
SM4 up	45	1	1	1	1	662.585	56.943	7.975	21	10.450	9.000	13.522	1.374	4.522	22.860	15.000	46.579	10.652	31.579	3.525	2.242	6.537	1.173	4.294
SM5 up	157	1	1	1	1	693.053	56.943	7.975	32	11.281	9.014	15.865	1.905	6.851	21.136	15.178	53.366	8.215	38.189	3.535	2.154	11.625	2.036	9.471
SM6 up	20	0	1	0	1	661.010	52.768	8.738	5	10.253	9.000	11.477	0.958	2.477	18.873	15.286	27.756	5.108	12.470	4.604	2.393	8.542	2.326	6.149
SM7 up	130	0	1	0	1	661.010	52.768	8.738	72	10.883	9.058	23.825	2.124	14.767	20.879	14.760	85.681	11.757	70.921	3.733	0.139	31.852	3.632	31.713
SM8 up	545	3	1	2	1	661.010	52.768	8.738	58	11.333	9.016	21.708	2.425	12.692	37.938	15.005	73.000	17.163	57.995	3.255	1.023	6.605	1.152	5.583
SM9 up	146	2	1	1	1	628.966	48.592	9.500	25	10.458	9.000	18.000	2.037	9.000	24.193	15.000	77.709	17.283	62.709	3.109	0.874	8.959	1.536	8.085
SM10 up	328	4	0	1	1	614.259	50.759	8.642	61	10.656	9.036	13.831	1.263	4.795	25.727	15.000	76.246	15.592	61.246	3.469	2.019	14.862	1.909	12.843
SM11 up	320	2	0	2	1	614.259	50.759	8.642	45	10.818	9.000	16.182	1.726	7.182	27.124	15.000	68.048	15.882	53.048	5.151	2.155	74.367	10.684	72.212
SM12 up	190	1	0	1	0	599.551	52.926	7.784	11	10.858	9.482	13.000	1.484	3.518	36.205	15.278	88.170	22.845	72.891	3.484	2.203	8.743	1.800	6.540
SM13 up	45	0	0	1	0	561.316	55.829	6.960	7	10.282	9.101	11.800	0.955	2.700	34.716	15.661	48.406	12.381	32.744	3.353	1.943	5.730	1.491	3.787
SM14 up	177	2	0	0	0	561.316	55.829	6.960	25	11.164	9.000	18.000	2.632	9.000	41.840	16.006	78.297	20.030	62.291	4.073	0.648	20.500	4.205	19.852
SM15 up	428	3	0	2	0	561.316	55.829	6.960	14	10.379	9.130	12.578	1.106	3.449	28.505	15.098	65.892	15.946	50.793	3.100	2.285	5.535	0.822	3.250
SM16 up	182	2	0	0	0	561.316	55.829	6.960	13	11.025	9.108	23.638	3.866	14.530	27.149	15.898	68.690	18.095	52.792	4.398	0.948	20.324	4.928	19.376
SM17 up	221	1	0	1	0	561.316	55.829	6.960	19	11.486	9.043	22.421	3.058	13.378	54.881	23.292	81.049	17.088	57.757	2.897	2.093	6.619	1.020	4.526
SM1 down	220	1	0	0	1	604.141	54.2	9.2	64	10.631	9.000	16.078	1.571	7.078	23.365	15.000	65.887	13.113	50.887	3.531	1.973	26.694	3.239	24.721
SM2 down	175	1	0	1	1	612.356	50.066	9.910	34	10.382	9.007	13.500	1.209	4.493	21.720	15.115	56.405	9.003	41.290	3.010	1.773	5.812	0.780	4.039
SM3 down	153	0	0	0	1	612.356	50.066	9.910	26	10.664	9.036	14.080	1.312	5.044	22.313	15.062	47.423	8.346	32.361	3.112	1.749	6.084	1.155	4.335
SM4 down	45	0	0	1	1	620.572	45.898	10.623	8	10.361	9.000	14.000	1.756	5.000	21.909	15.682	57.000	14.208	41.318	2.895	2.103	3.706	0.519	1.603
SM5 down	157	1	0	0	1	619.688	47.704	9.895	40	10.539	9.050	13.622	1.318	4.572	20.897	15.005	68.000	9.964	52.995	3.979	2.213	18.692	2.640	16.479
SM6 down	20	0	0	0	1	618.804	49.510	9.168	7	10.130	9.000	11.000	0.891	2.000	42.900	23.184	66.000	16.994	42.816	2.933	2.124	3.557	0.555	1.433
SM7 down	130	2	0	1	1	591.046	52.269	8.189	22	10.661	9.000	15.041	1.819	6.041	26.319	15.000	58.000	14.452	43.000	3.333	2.061	4.915	0.805	2.854
SM8 down	545	8	0	3	1	591.046	52.269	8.189	147	10.939	9.000	20.784	2.023	11.784	24.750	14.710	78.000	13.552	63.290	3.933	0.989	41.718	4.517	40.729
SM9 down	146	1	0	1	1	591.046	52.269	8.189	26	10.775	9.000	14.791	1.415	5.791	18.567	15.199	46.113	5.998	30.913	3.585	2.149	9.330	1.608	7.181
SM10 down	328	3	0	2	1	563.288	55.028	7.210	27	10.923	9.000	19.800	2.603	10.800	27.251	11.207	92.038	18.786	80.831	3.081	1.212	11.802	1.849	10.589
SM11 down	320	1	0	1	1	563.288	55.028	7.210	42	10.638	9.000	15.386	1.510	6.386	22.092	15.000	47.009	9.605	32.009	3.844	2.095	19.286	3.219	17.191
SM12 down	190	2	0	1	1	563.288	55.028	7.210	15	10.404	9.000	14.238	1.600	5.238	45.883	15.023	69.000	19.804	53.977	3.530	2.372	5.752	0.912	3.380
SM13 down	45	0	0	0	0	528.925	39.118	10.702	16	9.936	9.004	11.786	0.889	2.782	19.187	15.297	32.918	5.448	17.621	3.144	2.182	4.173	0.579	1.991
SM14 down	177	1	0	1	0	469.380	47.560	4.646	17	10.982	9.302	13.118	1.080	3.816	28.248	15.062	71.941	19.048	56.879	2.933	1.862	5.165	0.765	3.303
SM15 down	428	3	0	2	0	451.835	51.335	5.120	14	10.379	9.130	12.578	1.106	3.449	28.505	15.098	65.892	15.946	50.793	3.100	2.285	5.535	0.822	3.250
SM16 down	182	0	0	0	0	451.835	51.335	5.120	10	11.476	9.118	17.739	2.524	8.621	38.935	15.077	55.167	16.322	40.090	2.678	2.108	3.652	0.518	1.543
SM17 down	221	1	0	1	0	434.289	55.110	5.593	12	11.095	9.000	18.180	2.585	9.180	32.880	15.163	77.284	22.853	62.121	3.788	2.503	6.080	1.133	3.576
SV1 up	164	0	1	0	0	409.857	60.041	5.096	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SV2 up	85	0	1	0	0	447.696	61.235	5.162	5	9.410	11.063	14.062	1.880	4.651	18.016	15.782	20.304	1.997	4.522	2.688	2.252	3.754	0.624	1.502
SV3 up	377	2	1	1	0	447.696	61.235	5.162	27	9.115	11.027	18.087	2.325	8.972	52.849	19.768	96.890	23.020	77.123	3.259	0.537	5.958	1.121	5.421
SV4 up	212	1	1	1	0	447.696	61.235	5.162	21	9.002	11.175	18.278	2.022	9.276	27.549	15.123	79.094	14.221	63.971	3.072	1.258	5.813	1.175	4.556
SV5 up	321	2	1	2	0	485.535	62.430	5.228	77	9.151	11.651	17.914	1.958	8.762	23.209	14.947	72.619	12.277	57.672	4.071	0.925	12.770	1.962	11.845
SV6 up	336	5	1	1	0	486.328	56.555	6.823	38	9.036	11.468	19.339	2.575	10.303	46.795	16.020	111.197	24.645	95.177	2.869	1.447	9.323	1.271	7.875
SV7 up	427	3	1	1	0	486.328	56.555	6.823	24	9.036	11.192	25.034	3.414	15.998	47.710	15.480	101.066	29.473	85.586	3.034	2.117	5.274	0.806	3.157
SV8 up	291	3	1	1	0	487.121	50.681	8.417	44	9.029	10.720	18.806	1.778	9.778	31.750	15.106	98.316	21.493	83.210	3.065	0.704	6.578	1.055	5.875
SV1 down	164	0	1	1	0	518.520	63.754	5.538	1	11.189	11.189	11.189	0.000	0.000	71.878	71.878	71.878	0.000	0.000	4.833	4.833	4.833	0.000	0.000
SV2 down	85	0	1	0	0	518.520	63.754	5.538	3	9.058	12.454	14.746	3.000	5.688	58.807	41.825	84.910	22.945	43.085	3.020	2.192	4.342	1.157	2.150
SV3 down	377	1	1	2	0	518.520	63.754	5.538	9	9.317	9.940	11.355	0.786	2.039	54.514	18.066	75.204	18.003	57.138	3.780	2.553	7.380	1.894	4.827
SV4 down	212	0	1	0	0	516.808	62.509	5.574	9	9.029	10.730	17.950	2.784	8.920	33.011	14.328	87.430	22.736	73.102	3.426	0.972	6.675	1.644	5.702
SV5 down	321	0	1	0	0	516.808	62.509	5.574	5	9.264	11.922	13.736	1.776	4.472	46.722	16.308	71.105	24.634	54.797	3.398	2.214	4.942	1.038	2.728
SV6 down	336	0	1	2	0	515.097	61.264	5.610	16	9.108	10.816	15.883	1.910	6.775	37.587	15.998	75.235	19.583	59.237	5.232	2.199	30.270	6.819	28.071
SV7 down	427	1	1	2	0	512.139	57.161	6.622	14	9.072	10.207	13.064	1.220	3.992	64.825	24.595	100.080	20.675	75.485	3.767	2.107	8.406	1.737	6.299
SV8 down	291	2	1	1	0	509.182	53.058	7.633	16	9.074	10.998	17.230	2.324	8.155	36.111	15.454	73.834	19.520	58.					

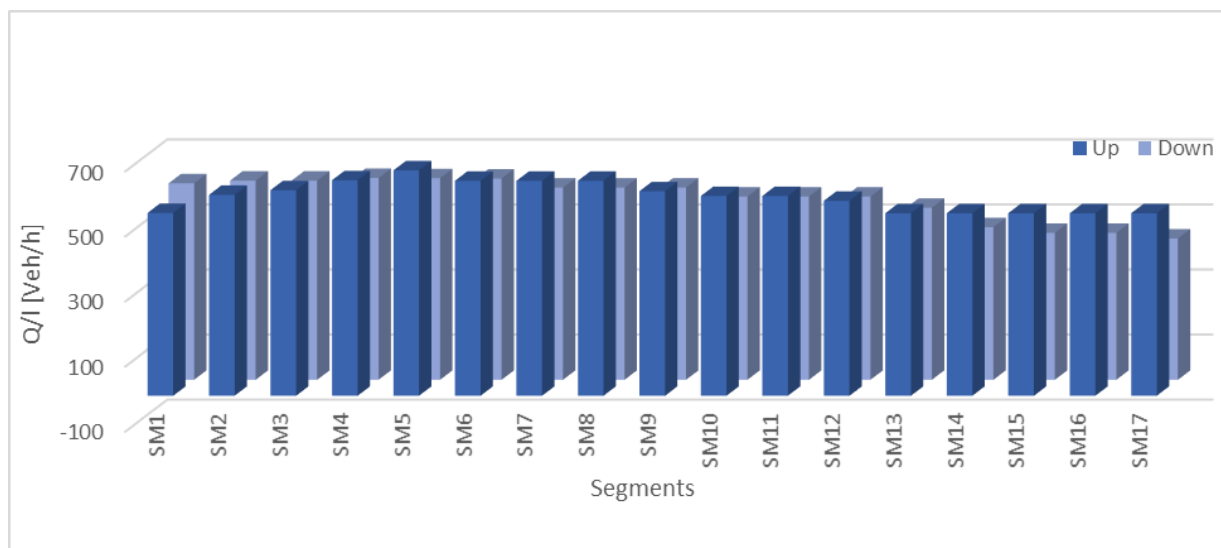
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Segments	Length (m)	No.Right Exit/Entrance	Sideway	No. Bus_Stops	Bus Lane	Q/I [Veh/h]	V [km/h]	O [%]	FREQUENCY _BRK	MEAN_Speed _Diff	MIN_Speed _Diff	MAX_Speed _Diff	STD_Speed _Diff	RANGE_Speed _Diff	MEAN_Event _Speed	MIN_Event _Speed	MAX_Event _Speed	STD_Event _Speed	RANGE_Event _Speed	MEAN_distance	MIN_distance	MAX_distance	STD_distance	RANGE_distance
SM1 up	220	0	0	0	1	562.258	50.587	8.545	41	-15.011	-20.657	-13.003	2.052	7.654	51.420	28.545	82.908	12.053	54.363	3.290	1.978	6.954	1.139	4.976
SM2 up	175	2	0	1	1	617.861	54.172	8.536	39	-14.424	-21.665	-13.025	1.500	8.640	46.929	28.397	95.414	13.137	67.018	3.626	0.712	6.830	1.241	6.118
SM3 up	153	0	1	1	1	632.117	56.943	7.975	5	-14.461	-15.057	-13.853	0.565	1.204	38.796	27.300	55.591	12.212	28.291	3.035	2.312	4.180	0.795	1.868
SM4 up	45	1	1	1	1	662.585	56.943	7.975	28	-15.137	-21.427	-13.121	2.042	8.306	47.862	24.286	72.396	12.110	48.110	3.417	0.397	7.568	1.369	7.171
SM5 up	157	1	1	1	1	693.053	56.943	7.975	40	-14.399	-19.483	-13.000	1.465	6.483	45.621	25.574	84.376	11.357	58.802	4.992	2.009	44.662	6.948	42.653
SM6 up	20	0	1	0	1	661.010	52.768	8.738	12	-14.089	-16.805	-13.000	1.363	3.805	45.847	34.675	59.926	6.790	25.250	3.317	2.120	6.650	1.300	4.529
SM7 up	130	0	1	0	1	661.010	52.768	8.738	49	-14.304	-20.000	-13.000	1.432	7.000	46.554	28.774	78.898	13.123	50.123	3.554	0.902	8.936	1.682	8.034
SM8 up	545	3	1	2	1	661.010	52.768	8.738	37	-14.611	-20.124	-13.000	1.524	7.124	49.451	30.268	88.070	10.263	57.802	3.617	2.043	11.130	1.877	9.087
SM9 up	146	2	1	1	1	628.966	48.592	9.500	68	-15.500	-22.889	-13.000	2.851	9.889	56.782	27.000	108.081	18.721	81.081	3.542	0.615	21.505	2.560	20.890
SM10 up	328	4	0	1	1	614.259	50.759	8.642	45	-14.262	-23.177	-13.000	1.701	10.177	51.052	24.264	103.385	18.754	79.121	3.414	2.157	11.630	1.636	9.473
SM11 up	320	2	0	2	1	614.259	50.759	8.642	34	-14.915	-20.111	-13.012	1.834	7.099	65.829	26.064	106.546	21.974	80.482	3.974	2.003	10.898	1.970	8.895
SM12 up	190	1	0	1	0	599.551	52.926	7.784	27	-14.495	-20.009	-13.061	1.438	6.948	54.312	23.990	85.428	14.279	61.438	3.343	0.370	7.797	1.429	7.427
SM13 up	45	0	0	1	0	561.316	55.829	6.960	4	-17.402	-22.687	-13.183	4.805	9.504	52.373	39.143	64.706	11.235	25.563	4.837	2.944	8.881	2.781	5.937
SM14 up	177	2	0	0	0	561.316	55.829	6.960	22	-14.840	-21.816	-13.000	2.391	8.816	56.576	38.904	84.384	12.463	45.480	3.510	1.047	5.712	1.271	4.665
SM15 up	428	3	0	2	0	561.316	55.829	6.960	28	-14.235	-17.856	-13.000	1.228	4.856	46.264	28.310	82.663	12.316	54.353	4.077	2.182	20.769	3.503	18.588
SM16 up	182	2	0	0	0	561.316	55.829	6.960	38	-15.086	-23.724	-13.000	2.658	10.724	63.541	29.315	102.011	19.596	72.697	3.202	0.192	11.968	1.993	11.776
SM17 up	221	1	0	1	0	561.316	55.829	6.960	3	-13.839	-14.396	-13.427	0.500	0.969	66.684	54.727	85.199	16.260	30.471	3.280	2.275	5.065	1.550	2.790
SM1 down	220	1	0	0	1	604.141	54.2	9.2	61	-14.255	-17.971	-13.010	1.230	4.961	50.484	28.678	89.863	14.162	61.186	4.318	2.113	40.656	4.932	38.543
SM2 down	175	1	0	1	1	612.356	50.066	9.910	54	-14.710	-20.873	-13.000	2.040	7.873	52.157	24.689	79.279	11.824	54.590	3.359	0.907	8.331	1.420	7.424
SM3 down	153	0	0	0	1	612.356	50.066	9.910	39	-14.024	-16.589	-13.000	0.975	3.589	44.916	23.395	67.824	9.581	44.429	4.111	2.164	11.736	1.858	9.571
SM4 down	45	0	0	1	1	620.572	45.898	10.623	10	-14.444	-17.583	-13.118	1.338	4.464	42.454	31.879	65.478	9.241	33.599	3.387	2.494	5.019	0.827	2.524
SM5 down	157	1	0	0	1	619.688	47.704	9.895	34	-14.529	-20.018	-13.000	1.557	7.018	52.770	28.938	82.000	14.133	53.062	4.029	1.954	14.248	2.794	12.294
SM6 down	20	0	0	0	1	618.804	49.510	9.168	10	-14.008	-14.969	-13.032	0.665	1.937	46.819	28.296	66.348	12.648	38.052	3.607	2.140	6.101	1.350	3.962
SM7 down	130	2	0	1	1	591.046	52.269	8.189	54	-14.818	-23.170	-13.025	2.057	10.145	49.943	27.410	90.790	13.896	63.380	3.594	0.488	15.519	2.170	15.031
SM8 down	545	8	0	3	1	591.046	52.269	8.189	58	-14.327	-23.147	-13.000	1.760	10.147	44.196	25.171	74.599	11.464	49.428	3.465	0.172	8.340	1.434	8.168
SM9 down	146	1	0	1	1	591.046	52.269	8.189	40	-14.263	-21.355	-13.000	1.559	8.355	51.516	26.208	75.000	11.395	48.792	3.274	2.074	11.635	1.580	9.561
SM10 dow	328	3	0	2	1	563.288	55.028	7.210	30	-14.735	-20.882	-13.000	2.137	7.882	56.278	25.690	82.231	14.887	56.542	3.886	1.095	10.914	2.486	9.819
SM11 dow	320	1	0	1	1	563.288	55.028	7.210	59	-14.874	-26.820	-13.003	2.588	13.817	48.195	27.346	92.599	13.938	65.254	3.482	0.060	12.335	1.781	12.275
SM12 dow	190	2	0	1	1	563.288	55.028	7.210	26	-14.504	-17.791	-13.054	1.108	4.738	54.490	34.762	86.098	14.736	51.336	4.778	2.412	30.564	5.726	28.152
SM13 dow	45	0	0	0	0	528.925	39.118	10.702	2	-13.237	-13.262	-13.212	0.036	0.050	41.015	39.420	42.610	2.255	3.190	2.861	2.446	3.275	0.586	0.829
SM14 dow	177	1	0	1	0	469.380	47.560	4.646	30	-14.094	-17.033	-13.000	0.988	4.033	46.700	30.096	78.934	11.502	48.838	3.370	1.873	5.936	1.159	4.063
SM15 dow	428	3	0	2	0	451.835	51.335	5.120	28	-14.468	-21.809	-13.000	1.986	8.809	56.821	34.078	76.226	12.641	42.149	3.256	1.345	5.438	1.108	4.093
SM16 dow	182	0	0	0	0	451.835	51.335	5.120	11	-15.114	-20.419	-13.500	1.987	6.919	60.750	39.600	86.954	15.017	47.354	5.697	2.065	17.913	4.823	15.848
SM17 dow	221	1	0	1	0	434.289	55.110	5.593	55	-14.204	-20.966	-13.000	1.402	7.966	60.190	30.031	96.152	16.205	66.121	3.514	1.904	9.852	1.512	7.948
SV1 up	164	0	1	0	0	409.857	60.041	5.096	6	-16.786	-14.756	-13.163	1.448	3.623	78.461	55.958	101.923	17.652	45.965	7.277	2.206	13.655	4.895	11.449
SV2 up	85	0	1	0	0	447.696	61.235	5.162	35	-21.672	-15.892	-13.010	2.888	8.662	53.786	29.059	85.918	14.285	56.858	3.451	0.219	10.061	2.062	9.842
SV3 up	377	2	1	1	0	447.696	61.235	5.162	13	-21.643	-14.619	-13.068	2.268	8.575	76.076	48.053	110.506	19.622	62.453	4.856	1.038	11.615	3.246	10.576
SV4 up	212	1	1	1	0	447.696	61.235	5.162	24	-22.867	-16.161	-13.223	2.824	9.644	63.502	33.984	113.645	22.851	79.661	3.400	0.380	9.641	1.729	9.261
SV5 up	321	2	1	2	0	485.535	62.430	5.228	69	-21.737	-14.954	-13.039	2.251	8.698	57.620	28.022	103.421	16.661	75.398	3.579	0.626	10.556	1.695	9.930
SV6 up	336	5	1	1	0	486.328	56.555	6.823	49	-22.666	-15.658	-13.003	2.799	9.663	56.358	31.283	106.776	15.232	75.493	3.552	0.344	9.519	1.745	9.176
SV7 up	427	3	1	1	0	486.328	56.555	6.823	35	-24.250	-14.406	-13.103	2.287	11.146	55.213	27.590	150.883	23.642	123.293	4.047	0.508	11.746	2.134	11.238
SV8 up	291	3	1	1	0	487.121	50.681	8.417	52	-22.291	-14.211	-13.018	1.664	9.274	49.978	26.460	96.012	14.519	69.552	3.794	1.878	9.608	1.721	7.731
SV1 down	164	0	1	1	0	518.520	63.754	5.538	14	-21.053	-14.662	-13.126	2.198	7.927	63.807	46.202	97.056	16.450	50.854	3.542	1.659	8.826	1.938	7.167
SV2 down	85	0	1	0	0	518.520	63.754	5.538	2	-23.479	-18.320	-13.162	7.296	10.318	55.354	50.436	60.271	6.955	9.835	4.155	3.906	4.403	0.351	0.496
SV3 down	377	1	1	2	0	518.520	63.754	5.538	23	-21.000	-15.261	-13.277	2.538	7.723	68.793	46.659	93.514	13.332	46.854	3.336	1.665	6.107	1.191	4.442
SV4 down	212	0	1	0	0	516.808	62.509	5.574	15	-22.111	-15.012	-13.241	2.492	8.870	64.589	41.854	95.335	17.365	53.482	4.815	2.367	9.112	2.494	6.745
SV5 down	321	0	1	0	0	516.808	62.509	5.574	7	-15.754	-13.989	-13.010	1.185	2.743	58.584	38.779	115.963	27.183	77.184	3.362	2.169	5.008	0.920	2.839
SV6 down	336	0	1	2	0	515.097	61.264	5.610	42	-22.579	-14.863	-13.054	2.121	9.525	61.245	29.617	107.964	16.670	78.347	3.818	0.688	17.673	2.870	16.986
SV7 down	427	1	1	2	0	512.139	57.161	6.622	15	-21.688	-14.841	-13.162	2.125	8.526	56.206	33.258	80.970	14.335	47.712	3.925	2.031	7.425	1.886	5.394
SV8 down	291	2	1	1	0	509.182	53.058	7.633	14	-19.191	-14.948	-												

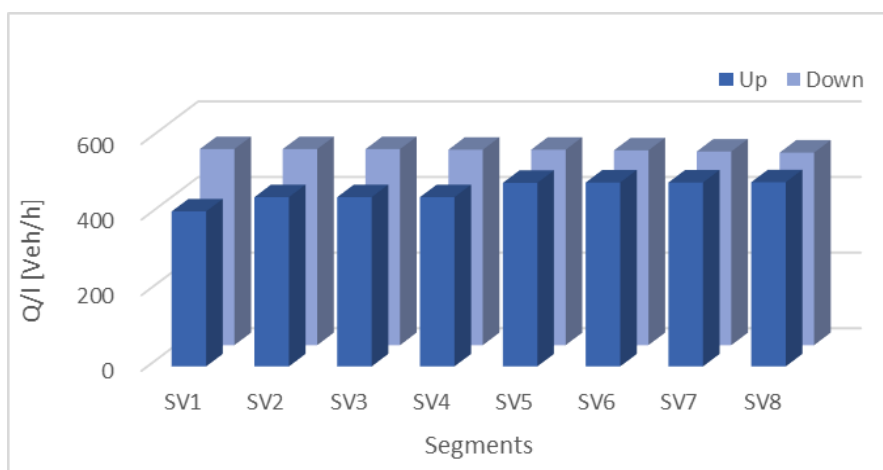
4.3 Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Με στόχο τη **διερεύνηση της συμπεριφοράς του οδηγού**, ανάλογα με λεπτομερή δεδομένα οδήγησης, κυκλοφοριακά μεγέθη και χαρακτηριστικά της γεωμετρίας λεωφόρων, παρουσιάζονται **διαγράμματα** που αποτελούν μία **προκαταρκτική ανάλυση** που συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων. Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία επιτρέπουν μία πρώτη ανασκόπηση των δεδομένων και ως συνέπεια την αναγνώριση ορισμένων φαινομένων ή τάσεων, την εξοικείωση με τους αριθμούς και την τάξη μεγέθους τους. Επίσης, είναι πιθανό να προκύψει κάποια αναγνώριση των ανεξάρτητων μεταβλητών οι οποίες έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στις εξαρτημένες ώστε να διερευνηθούν περαιτέρω κατά τη διαδικασία ανάπτυξης των προτύπων.

❖ Κ.Δ.Κ.

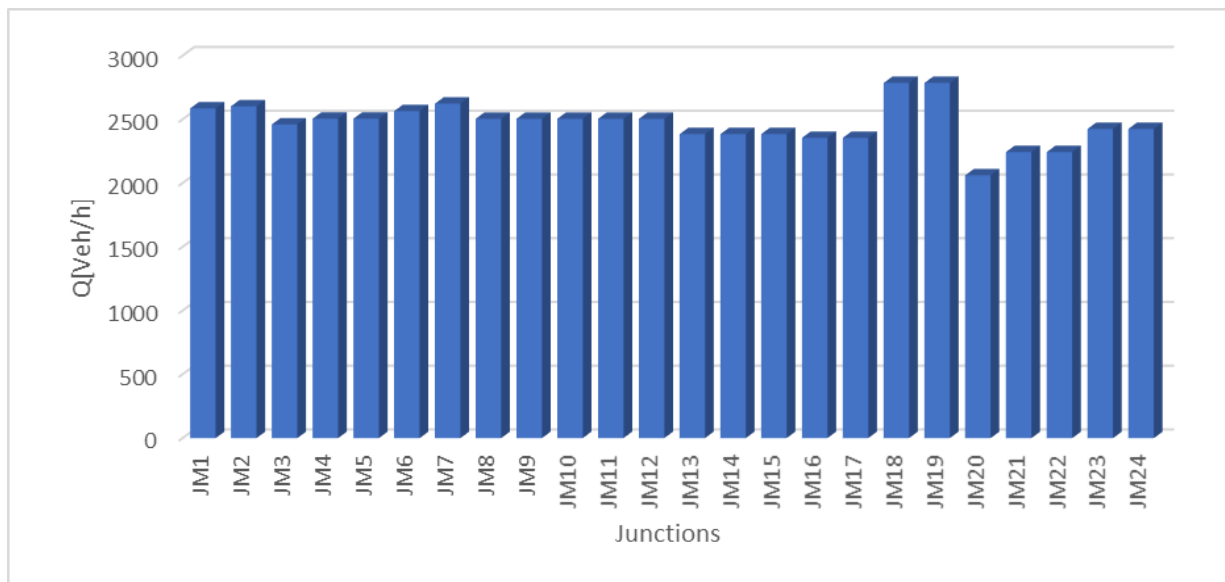


Διάγραμμα 4. 1: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά λωρίδα (Q/I) ανόδου και καθόδου στα οδικά τμήματα της Λ. Μεσογείων

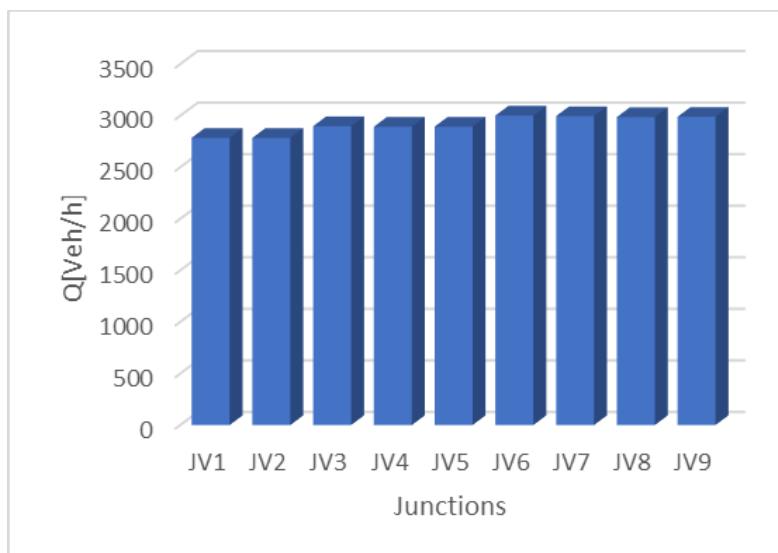


Διάγραμμα 4. 2: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι ανά λωρίδα (Q/I) ανόδου και καθόδου στα οδικά τμήματα της Λ. Βουλιαγμένης

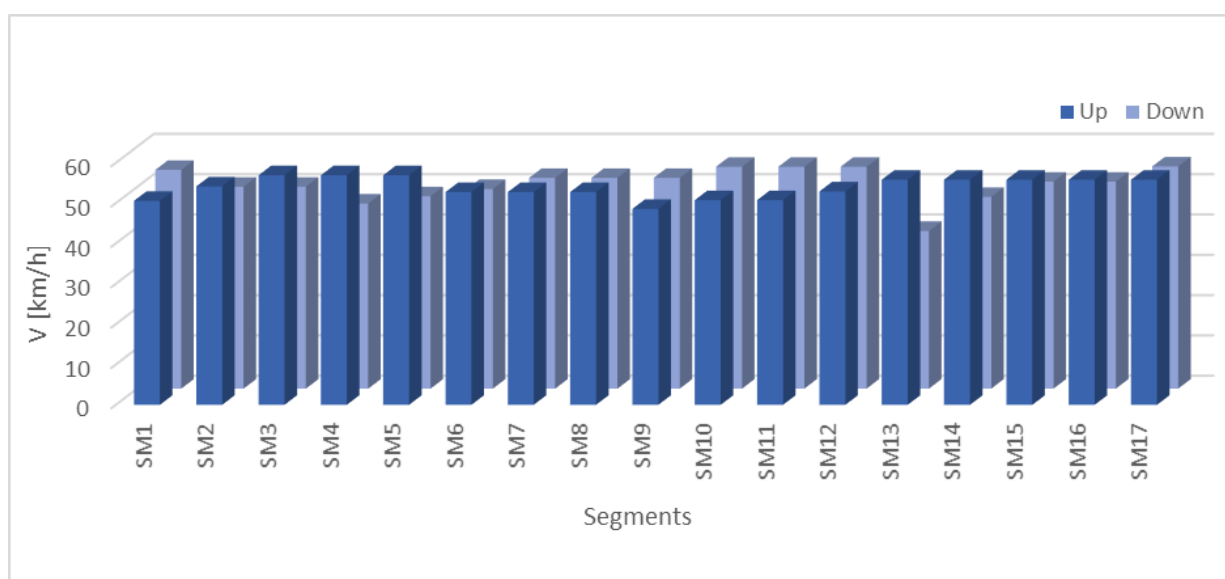
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Διάγραμμα 4. 3: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων

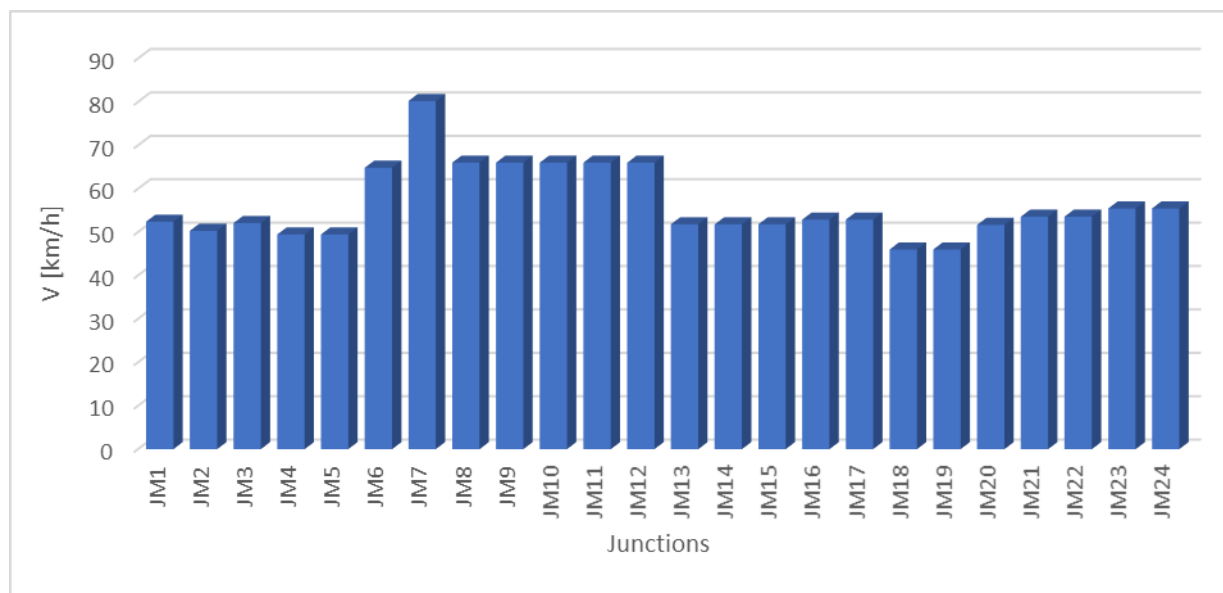


Διάγραμμα 4. 4: Μέσοι κυκλοφοριακοί φόρτοι στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης

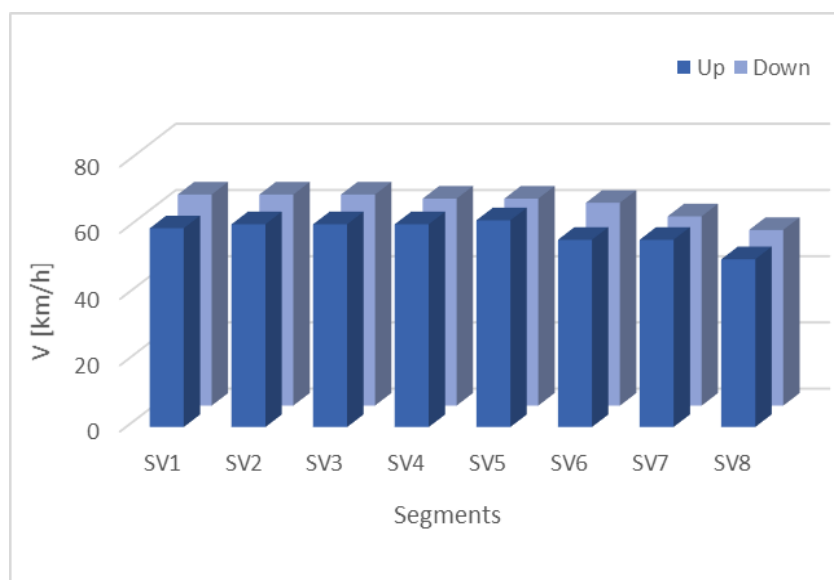


Διάγραμμα 4. 5: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στα οδικά τμήματα της Λ. Μεσογείων

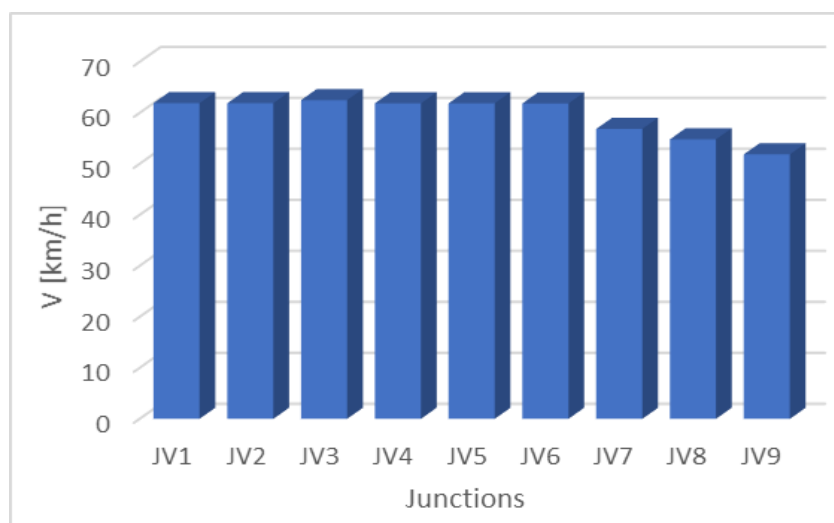
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Διάγραμμα 4. 6: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων

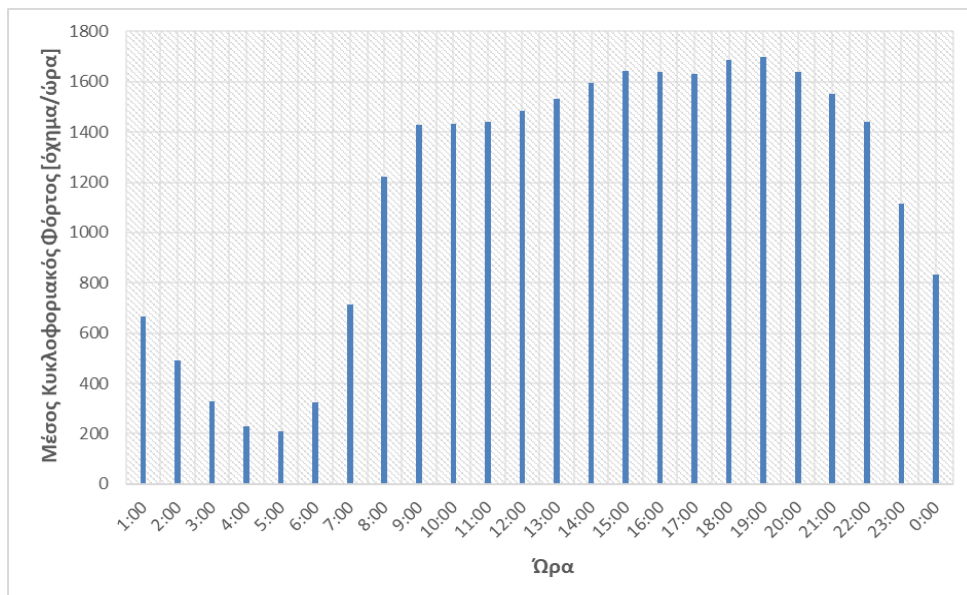


Διάγραμμα 4. 7: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στα οδικά τμήματα της Λ. Βουλιαγμένης

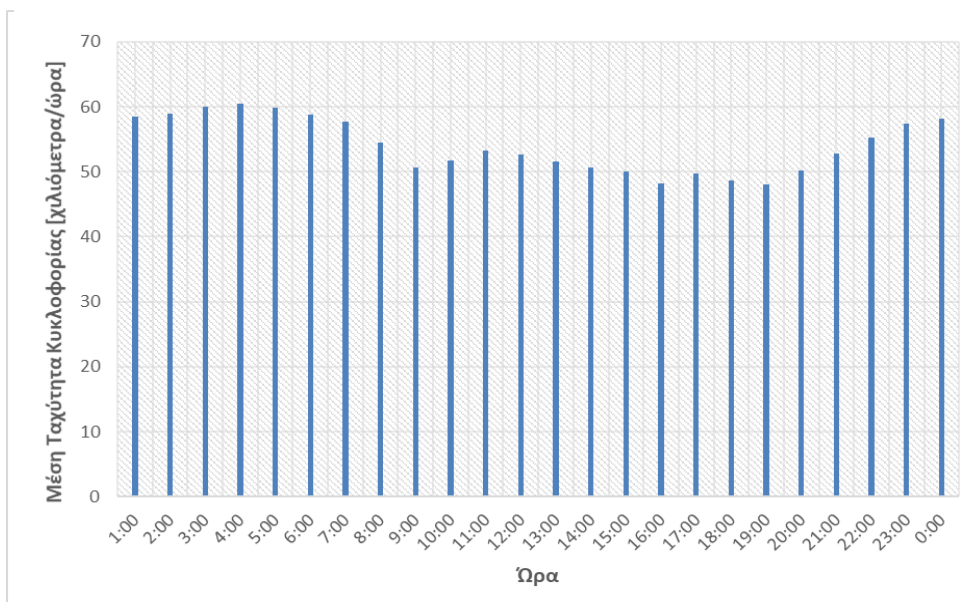


Διάγραμμα 4. 8: Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης

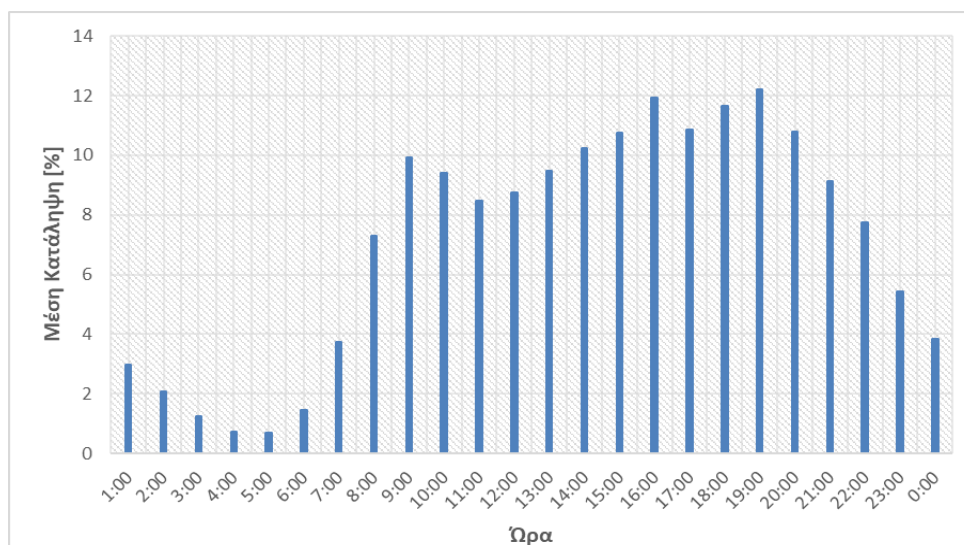
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Διάγραμμα 4. 9: Μέσος ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος



Διάγραμμα 4. 10: Μέση ωριαία ταχύτητα κυκλοφορίας



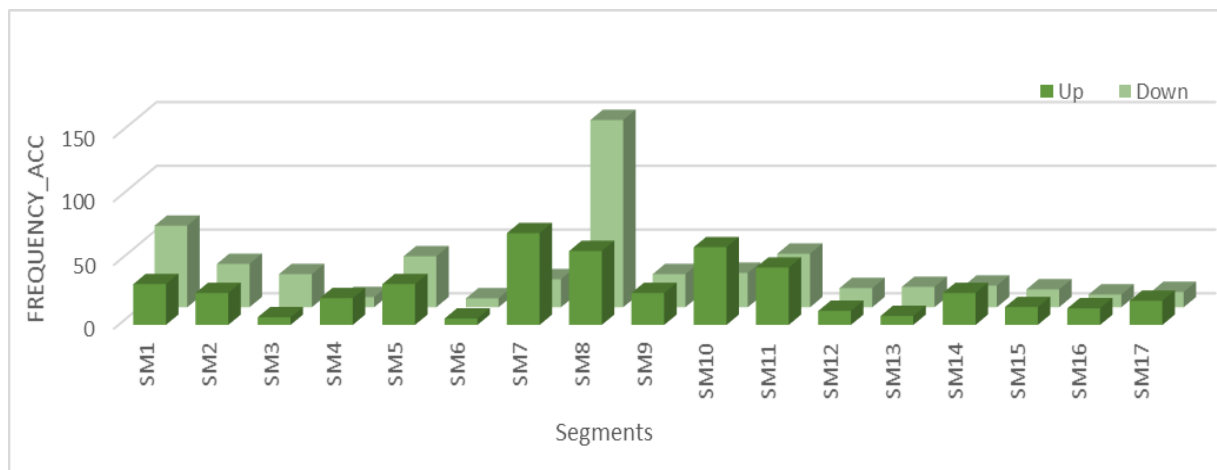
Διάγραμμα 4. 11: Μέση ωριαία κατάληψη

Γενικά σχόλια-Παρατηρήσεις

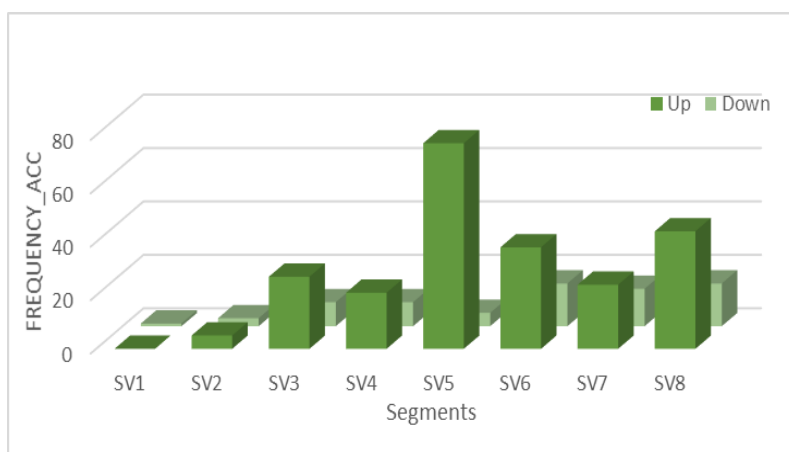
- Στο οδικό τμήμα SM5_up δηλαδή, στην άνοδο της Λ. Μεσογείων μεταξύ των διασταυρώσεων JM6 και JM7, παρατηρείται ο **υψηλότερος** μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά κυκλοφοριακή λωρίδα.
- Στο οδικό τμήμα SV1_up δηλαδή, στην άνοδο της Λ. Βουλιαγμένης μεταξύ των διασταυρώσεων JV1 και JV2, παρατηρείται ο **χαμηλότερος** μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά κυκλοφοριακή λωρίδα.
- Σημειώνεται **σημαντική αύξηση** του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα στην κάθοδο της Λ. Μεσογείων στο οδικό τμήμα SM12_down δηλαδή, μετά τις διασταυρώσεις JM8 και JM9.
- Παρατηρείται **μείωση** του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα μετά το οδικό τμήμα SM5_up στη Λ. Μεσογείων.
- Όσον αφορά στις διασταυρώσεις ο **υψηλότερος μέσος κυκλοφοριακός φόρτος** παρουσιάζεται στη JV6 της Λ. Βουλιαγμένης ενώ ο χαμηλότερος στη JM20 της Λ. Μεσογείων.
- Ο **μέσος κυκλοφοριακός φόρτος** των διασταυρώσεων της Λ. Μεσογείων μετά τη διασταύρωση JM7 σημειώνει μείωση μέχρι τις JM18 και JM19 στις οποίες αυξάνεται αλλά στην συνέχεια μειώνεται ξανά.
- Τα οχήματα κινούνται με **υψηλότερη ταχύτητα** στην κάθοδο της Λ. Βουλιαγμένης στα οδικά τμήματα SV1,SV2 και SV3 ενώ **χαμηλότερη ταχύτητα** παρατηρείται στην κάθοδο της Λ. Μεσογείων στο οδικό τμήμα SM13.
- Στη διασταύρωση της Λ. Μεσογείων JM7 παρατηρείται η υψηλότερη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας και είναι προσεγγιστικά ίση με 80 km/h.
- Σύμφωνα με τα μέσα ωριαία κυκλοφοριακά μεγέθη η **ώρα αιχμής** είναι στις 19:00.
- Μέγιστος μέσος ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος, μέγιστη μέση ωριαία κατάληψη και ελάχιστη μέση ωριαία ταχύτητα εμφανίζονται στις 19:00.
- Χαμηλότερος μέσος ωριαίος κυκλοφοριακός φόρτος και χαμηλότερη μέση ωριαία κατάληψη εμφανίζονται στις 5:00 και υψηλότερη μέση ωριαία ταχύτητα στις 4:00.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

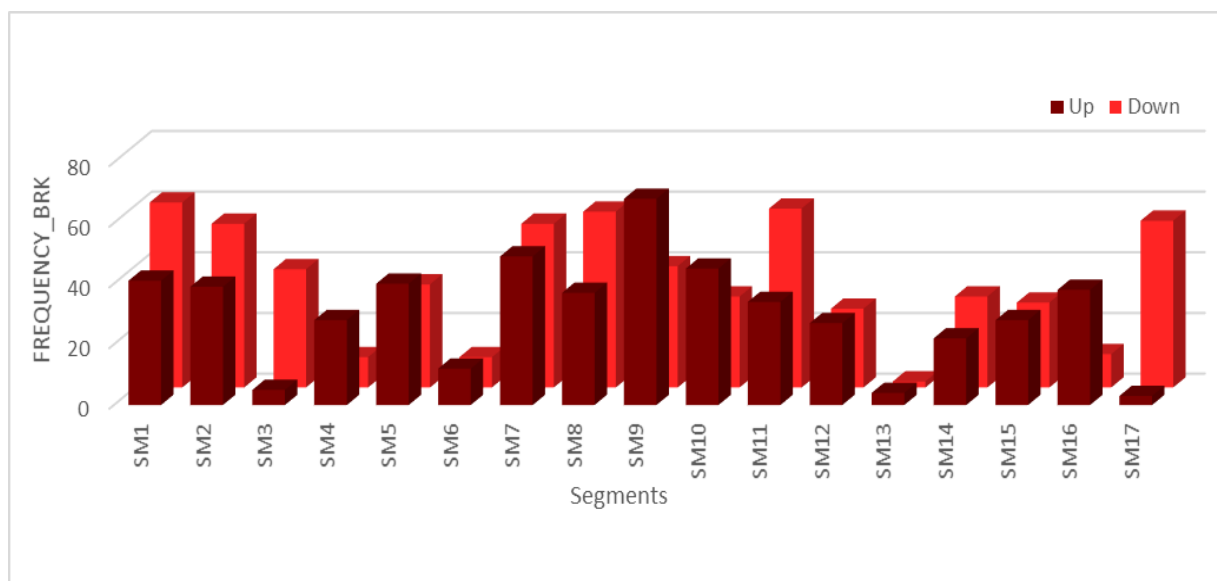
❖ OSeven



Διάγραμμα 4. 12: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Μεσογείων

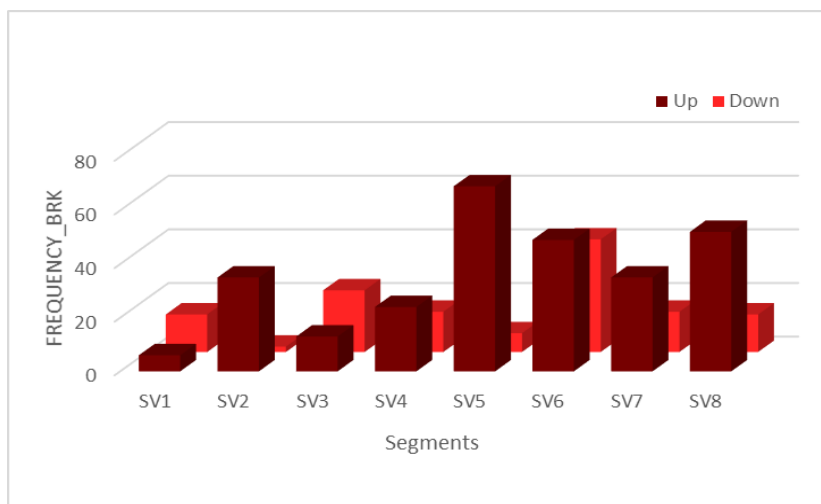


Διάγραμμα 4. 13: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Βουλιαγμένης

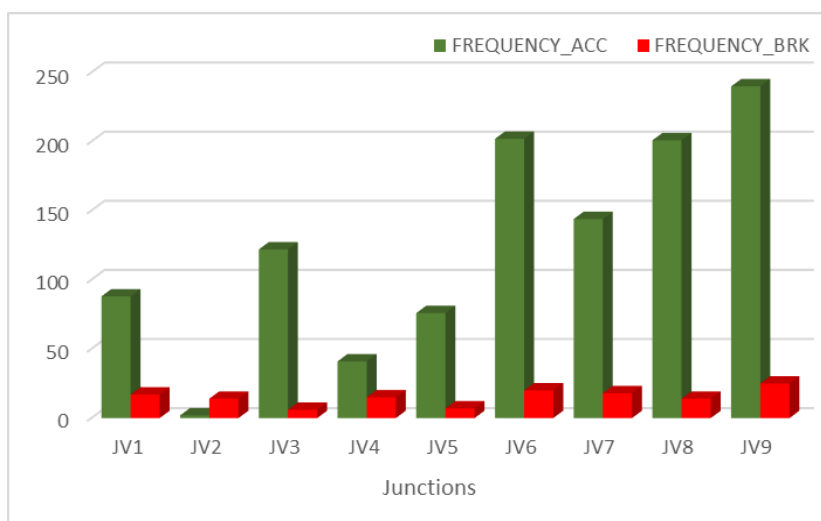


Διάγραμμα 4. 14: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων στα οδικά τμήματα ανόδου και καθόδου της Λ. Μεσογείων

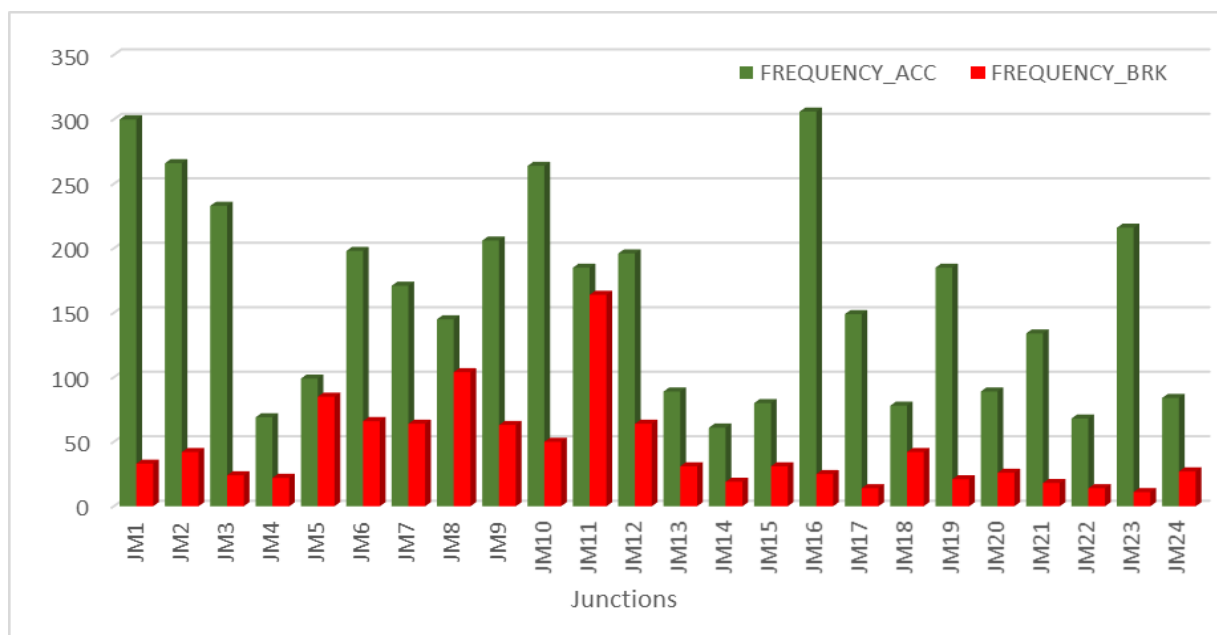
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Διάγραμμα 4. 15:
Συχνότητα εμφάνισης
απότομων
επιβραδύνσεων στα
οδικά τμήματα
ανόδου και καθόδου
της Λ. Βουλιαγμένης

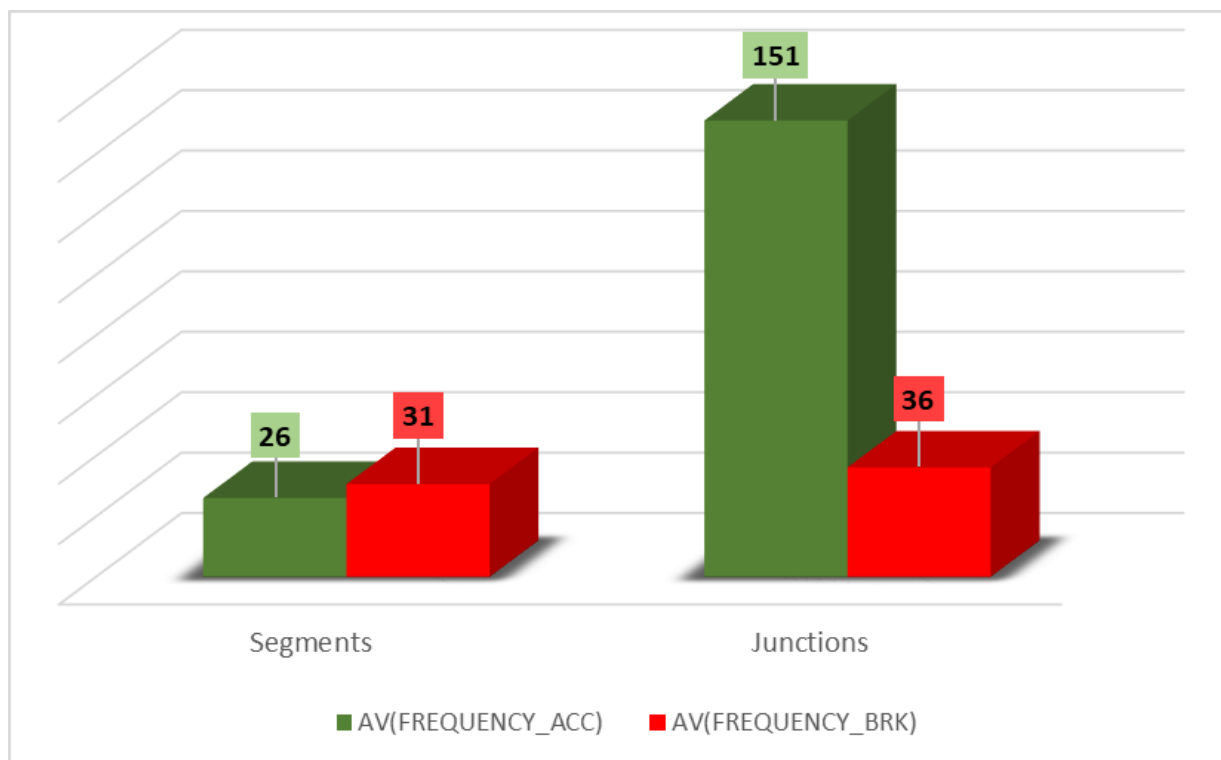


Διάγραμμα 4. 16:
Συχνότητα εμφάνισης
απότομων
επιταχύνσεων και
επιβραδύνσεων στις
διασταυρώσεις της Λ.
Βουλιαγμένης

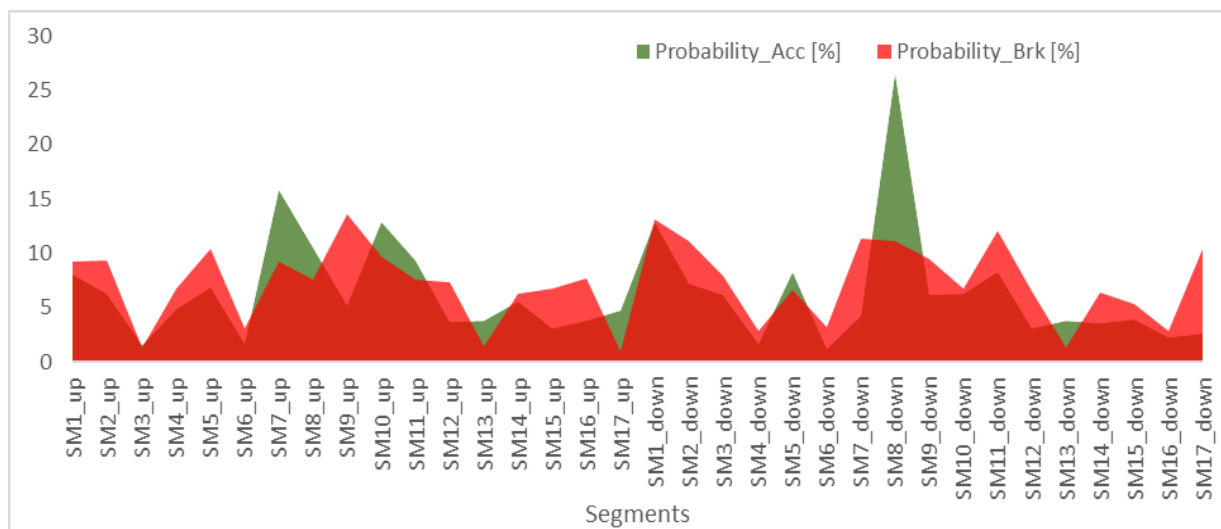


Διάγραμμα 4. 17: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων
στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

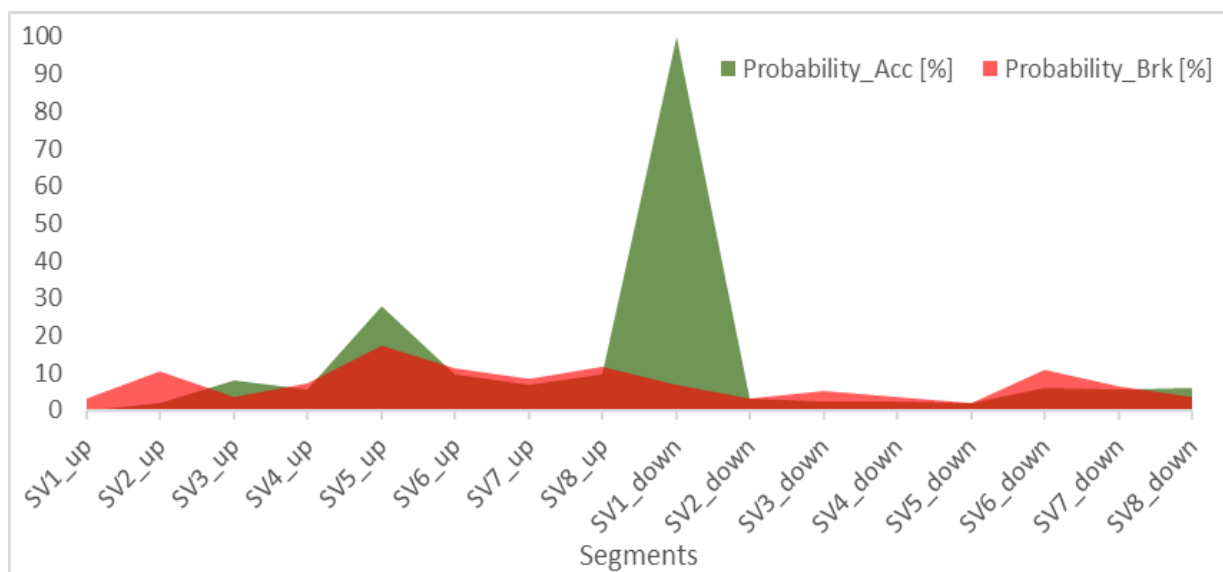


Διάγραμμα 4. 18: Συσχέτιση της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων και επιταχύνσεων στα οδικά τμήματα και στις διασταυρώσεις των δύο λεωφόρων

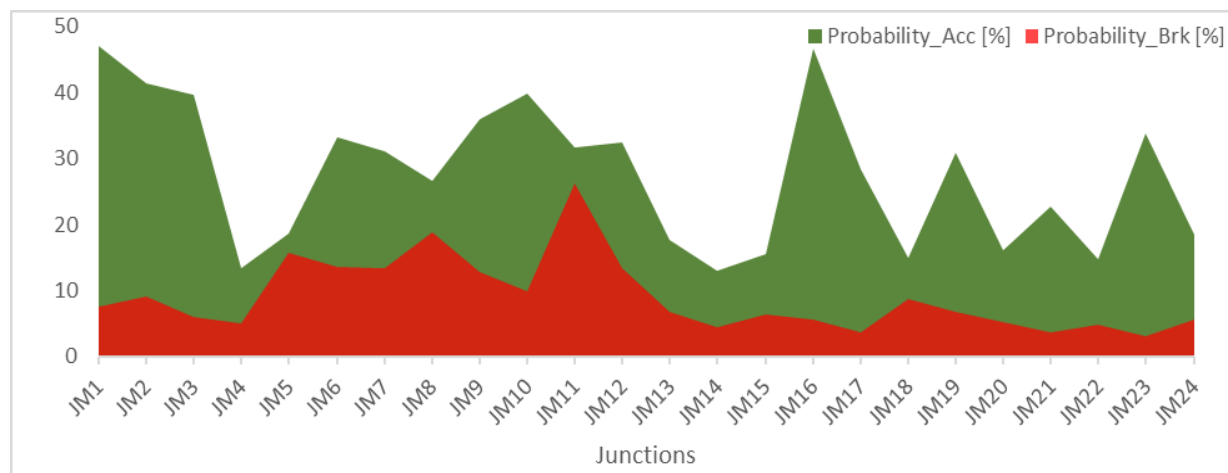


Διάγραμμα 4. 19: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβραδύνσης στα οδικά τμήματα της Λ. Μεσογείων

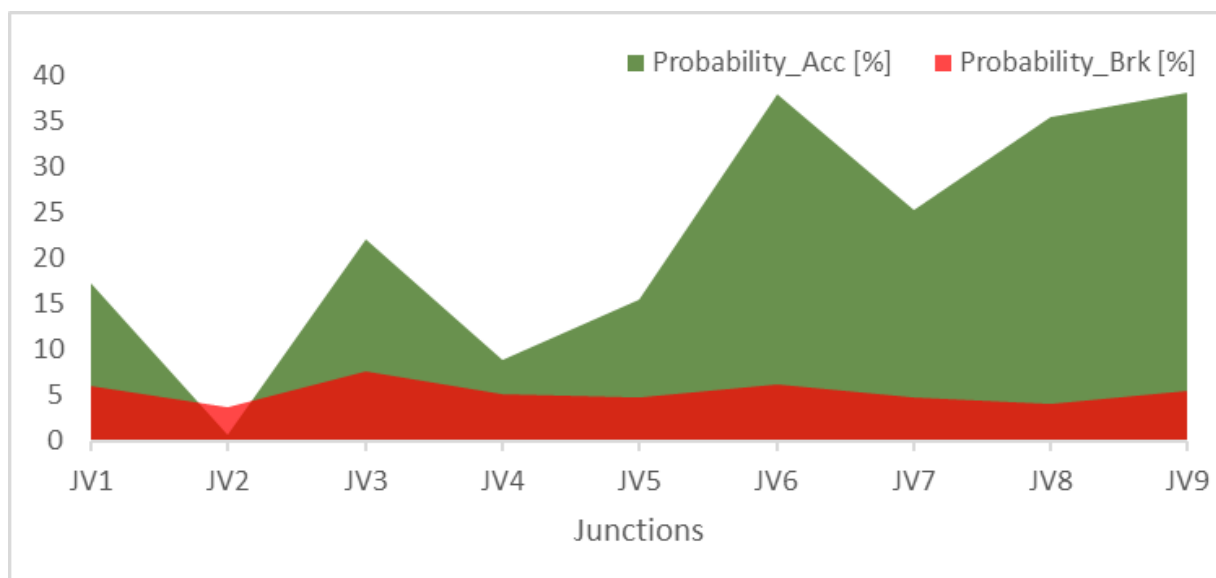
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Διάγραμμα 4. 20: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στα οδικά τμήματα της Λ. Βουλιαγμένης



Διάγραμμα 4. 21: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στις διασταυρώσεις της Λ. Μεσογείων

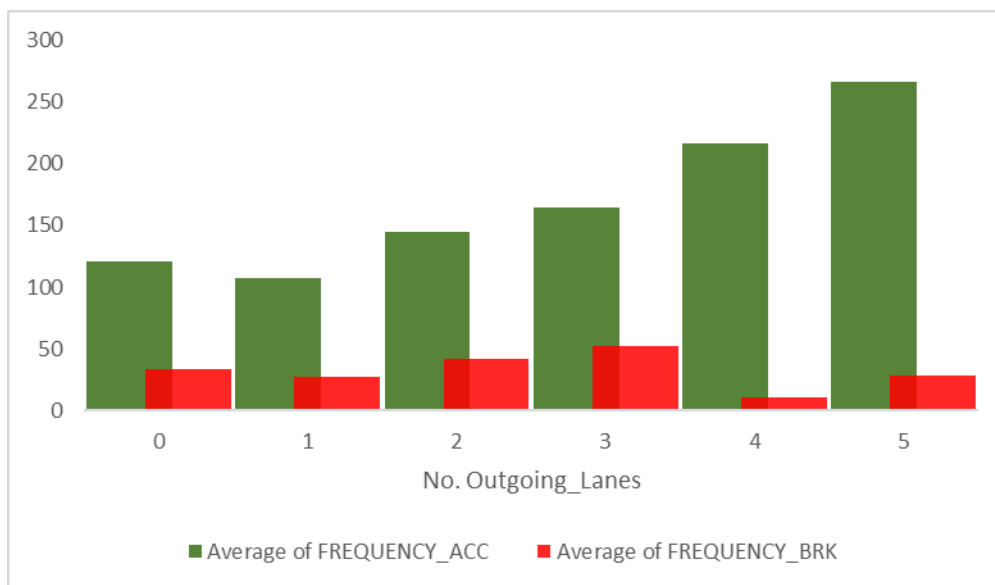


Διάγραμμα 4. 22: Πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης και πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης στις διασταυρώσεις της Λ. Βουλιαγμένης

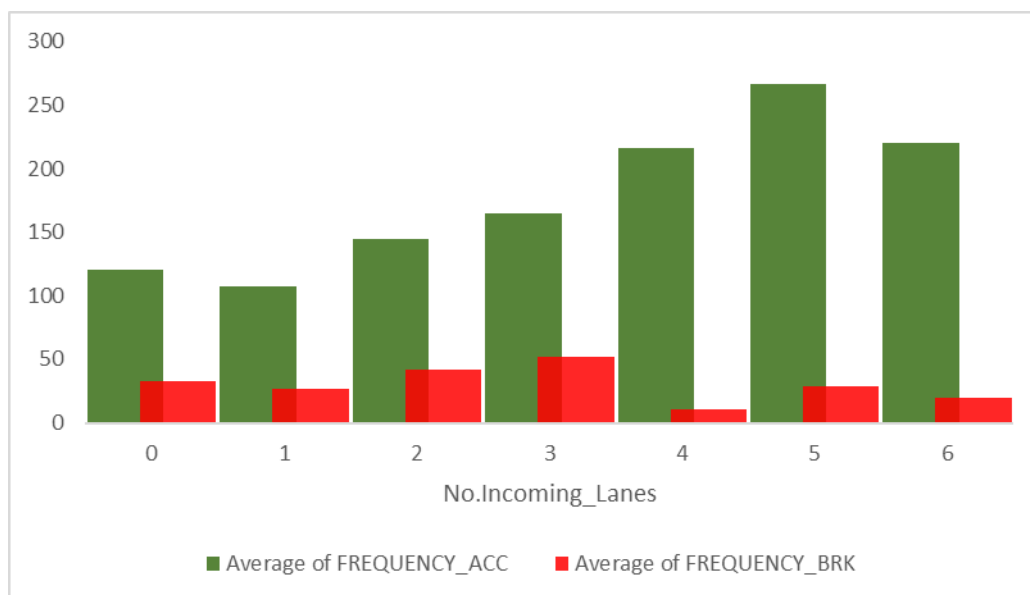
Γενικά σχόλια-Παρατηρήσεις

- Η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων είναι κατά έναν μεγάλο βαθμό εντονότερη στις διασταυρώσεις από ότι στα οδικά τμήματα.
- Ο αριθμός απότομων επιταχύνσεων που συμβαίνουν στις διασταυρώσεις είναι μεγαλύτερος από αυτόν των απότομων επιβραδύνσεων.
- Η μέση ταχύτητα των απότομων επιταχύνσεων που συμβαίνουν στα οδικά τμήματα αλλά και στις διασταυρώσεις είναι μικρότερη από αυτή των απότομων επιβραδύνσεων με εξαίρεση τα οδικά τμήματα SV1_down, SV2_down στα οποία παρατηρείται το αντίθετο.
- Η πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης σε διασταύρωση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης, εκτός από τη διασταύρωση JV2.
- Η πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιτάχυνσης σε οδικό τμήμα προσεγγίζει την πιθανότητα εμφάνισης απότομης επιβράδυνσης, εκτός από το οδικό τμήμα SV1_down.
- Είναι φανερό ότι είναι πιο πιθανό να συμβεί απότομη επιτάχυνση σε διασταύρωση από ότι σε οδικό τμήμα.
- Η πιθανότητα να συμβεί απότομη επιβράδυνση σε οδικό τμήμα δεν διαφέρει κατά πολύ από το να συμβεί σε διασταύρωση.

❖ Google Maps- OSeven

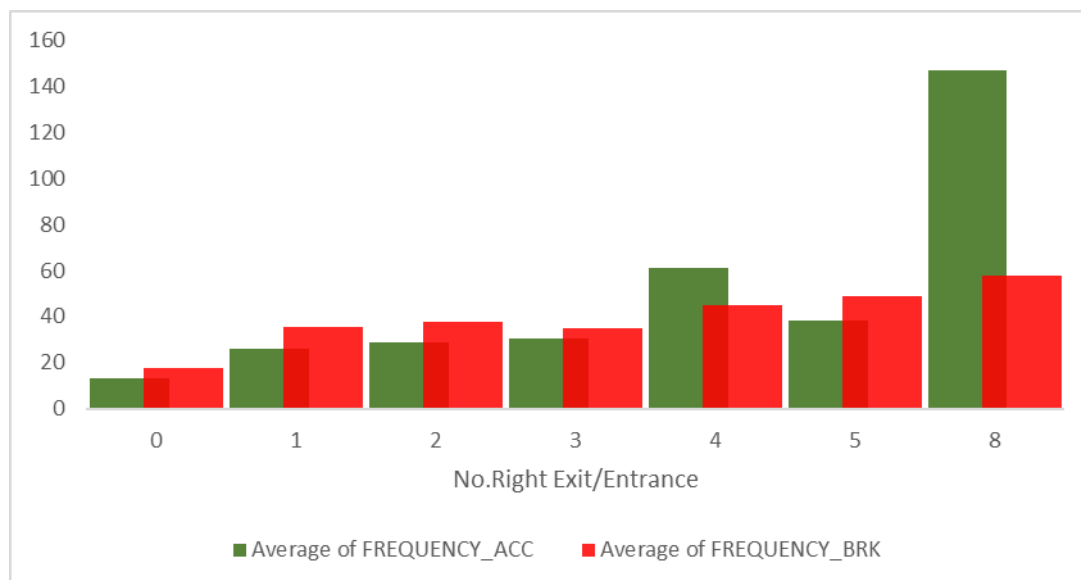


Διάγραμμα 4. 23: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ανάλογα με τον αριθμό κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου από τις διασταυρώσεις

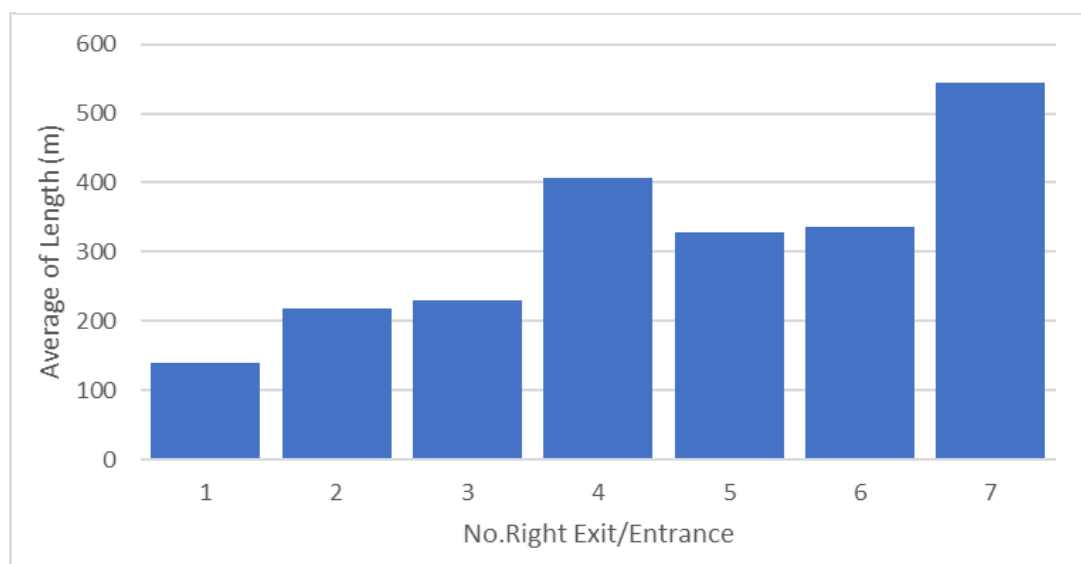


Διάγραμμα 4. 24: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ανάλογα με τον αριθμό κυκλοφοριακών λωρίδων εισόδου στις διασταυρώσεις.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Διάγραμμα 4. 25: Ο μέσος όρος του μήκους του οδικού τμήματος συγκριτικά με τον αριθμό εισόδων και εξόδων του οδικού τμήματος



Διάγραμμα 4. 26: Μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων ανάλογα με τον συνολικό αριθμό εισόδων και εξόδων των οδικών τμημάτων

Γενικά σχόλια-Παρατηρήσεις

- Σε μία διασταύρωση από την οποία εξέρχονται πέντε κυκλοφοριακές λωρίδες συμβαίνουν **περισσότερες απότομες επιταχύνσεις** συγκριτικά με μία διασταύρωση από την οποία εξέρχονται λιγότερες.
- Γενικά σημειώνεται **αυξητική τάση στη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων** σε διασταύρωση καθώς ο αριθμός των εξερχόμενων λωρίδων αυξάνεται με εξαίρεση την περίπτωση που δεν υπάρχει καμία εξερχόμενη

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

λωρίδα κατά την οποία παρατηρούνται περισσότερες απότομες επιταχύνσεις σε σχέση με την ύπαρξη μίας.

- **Περισσότερες απότομες επιβραδύνσεις** παρατηρούνται στις διασταυρώσεις από τις οποίες εξέρχονται αλλά και σε αυτές που εισέρχονται τρεις κυκλοφοριακές λωρίδες.
- Ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων που συμβαίνουν σε μία διασταύρωση **επηρεάζεται όμοια** από τον αριθμό κυκλοφοριακών λωρίδων που εισέρχονται στη διασταύρωση και εξέρχονται από αυτή, κάτι που ισχύει και για τις απότομες επιβραδύνσεις.
- Όταν ο αριθμός των εξόδων και εισόδων του οδικού τμήματος είναι οκτώ, **σημειώνονται οι περισσότερες κατά μέσο όρο απότομες επιταχύνσεις** ενώ όταν δεν υπάρχει καμία είσοδος/έξοδος συμβαίνουν οι λιγότερες.
- **Όμοια συμπεριφέρονται** και οι απότομες επιβραδύνσεις.

4.4 Επεξεργασία Στοιχείων με το λογισμικό IBM SPSS 23.0

Μετά από την τελική διαμόρφωση των πινάκων στο λογισμικό Microsoft Excel, τα στοιχεία μεταφέρθηκαν στο πεδίο δεδομένων (data view) του ειδικού λογισμικού στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS Statistics. Έπειτα **καθορίστηκαν και χαρακτηρίστηκαν οι μεταβλητές** μέσω του πεδίου μεταβλητών (Variable View). Ειδικότερα, για κάθε μεταβλητή ορίστηκε το όνομα της, ο τύπος της (αριθμητική, αλφαριθμητική κ.λπ.), ο αριθμός δεκαδικών ψηφίων. Επίσης, έγινε διάκριση κάθε μεταβλητής στις εξής κατηγορίες:

- Συνεχείς μεταβλητές (scale variables), οι οποίες λαμβάνουν όλες τις τιμές πραγματικών αριθμών, όπως το μήκος του οδικού τμήματος.
- Διατεταγμένες μεταβλητές (ordinal variables), οι οποίες λαμβάνουν ακέραιες τιμές, με μαθηματική συσχέτιση μεταξύ τους, δηλαδή μικρότεροι αριθμοί συμβολίζουν μικρότερες αξίες μεταβλητής. Μια τέτοια μεταβλητή είναι ο αριθμός αριστερών εξόδων σε μία διασταύρωση ή ο αριθμός στάσεων λεωφορείου σε ένα οδικό τμήμα.
- Διακριτές μεταβλητές (nominal variables), οι οποίες λαμβάνουν συμβολικές ακέραιες τιμές χωρίς μαθηματική συσχέτιση.

Επισημαίνεται ότι **διαφορετικές μορφές της ίδιας μεταβλητής** (π.χ. ταχύτητα, V , και λογάριθμος ταχύτητας, $\log V$) πρέπει να εισαχθούν ως ξεχωριστές μεταβλητές αφού έχουν υπολογιστεί στο Excel. Στις εικόνες 4.19 και 4.20 που ακολουθούν εμφανίζεται ενδεικτικά η εισαγωγή των στοιχείων στο λογισμικό και ο χαρακτηρισμός των μεταβλητών.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	Junctions	No Left Exits	No Left Entrances	No Right Exits	No Right Entrances	No Incoming Lanes	No Outgoing Lanes	Sideway	Q	V	O	FREQUENCY_ACC	MEAN_Speed_Diff	MIN_Speed_Diff	MAX_Speed_Diff	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MIN_Event_Speed	MEAN_Event_Speed
1	JM1	1	2	1	2	5	1	0	2586,125	52,411	8,871	300,000	11,548	9,000	25,394	2,778	16,394	10,296	22
2	JM2	2	2	2	2	3	2	0	2602,556	50,327	9,227	266,000	12,290	9,000	21,730	3,290	12,730	10,519	20
3	JM3	2	2	2	2	5	2	0	2460,434	52,119	9,223	233,000	11,920	9,000	23,004	2,970	14,004	10,642	20
4	JM4	0	0	1	0	2	0	1	2505,378	49,482	7,990	69,000	11,017	9,000	17,424	1,998	8,424	15,000	22
5	JM5	0	0	1	1	2	1	1	2505,378	49,482	7,990	99,000	10,933	9,000	19,771	2,213	10,771	14,616	23
6	JM6	0	1	1	1	1	1	1	2564,546	64,859	8,869	198,000	11,243	9,000	21,373	2,321	12,373	11,669	20
7	JM7	0	2	0	2	2	0	1	2623,714	80,237	9,749	171,000	11,069	9,000	23,746	2,456	14,746	11,743	20
8	JM8	1	0	2	1	2	1	1	2504,112	66,023	9,052	145,000	10,880	9,000	17,518	2,003	8,518	12,766	22
9	JM9	1	1	2	1	2	1	1	2504,112	66,023	9,052	206,000	11,470	9,000	22,133	2,689	13,133	10,227	20
10	JM10	1	0	1	0	0	1	1	2504,112	66,023	9,052	264,000	11,978	9,000	19,994	2,851	10,994	10,224	19
11	JM11	0	2	1	2	3	1	1	2504,112	66,023	9,052	185,000	10,922	9,000	19,178	1,887	10,178	14,183	20
12	JM12	1	0	1	0	0	2	1	2504,112	66,023	9,052	196,000	10,894	9,000	18,773	1,908	9,773	11,146	21
13	JM13	1	0	1	1	1	1	0	2384,509	51,810	8,355	89,000	11,605	9,000	18,752	2,315	9,752	15,056	23
14	JM14	0	0	0	1	1	0	0	2384,509	51,810	8,355	61,000	10,995	9,000	19,947	2,272	10,947	10,298	21
15	JM15	0	1	0	1	2	0	0	2384,509	51,810	8,355	80,000	11,433	9,000	19,469	2,711	10,469	11,080	23
16	JM16	2	2	2	2	2	2	0	2355,093	52,894	7,926	306,000	11,590	9,000	24,372	2,859	15,372	11,279	21
17	JM17	0	2	0	2	2	0	0	2355,093	52,894	7,926	149,000	11,832	9,000	18,853	2,720	9,853	13,565	20
18	JM18	1	0	1	0	0	1	0	2785,876	46,022	9,243	78,000	10,942	9,022	17,001	1,861	7,979	15,041	25
19	JM19	1	0	1	1	3	2	1	2785,876	46,022	9,243	185,000	11,186	9,000	21,000	2,347	12,000	10,000	23
20	JM20	1	1	1	1	2	1	0	2061,391	51,694	5,803	89,000	11,629	9,000	19,798	2,691	10,798	13,675	21
21	JM21	0	0	0	0	0	0	0	2243,445	53,582	6,040	134,000	12,875	9,000	25,119	3,134	16,119	10,003	19
22	JM22	1	0	1	1	1	1	0	2243,445	53,582	6,040	68,000	11,673	9,000	24,000	2,638	15,000	13,000	22

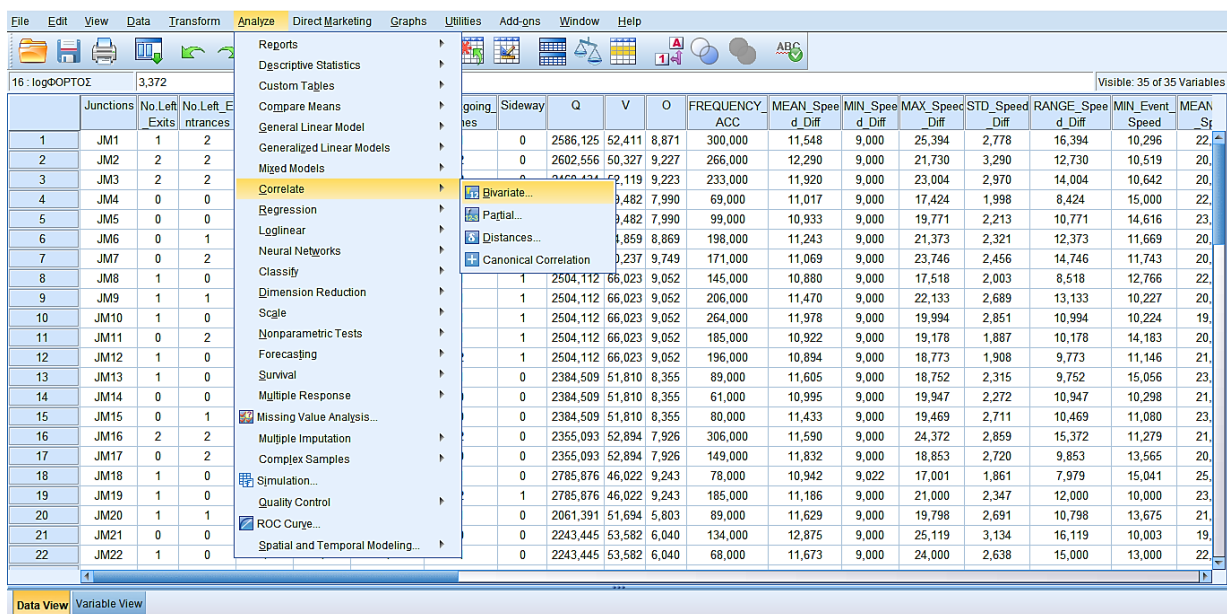
Εικόνα 4. 19: Πεδίο Δεδομένων SPSS (Data View)

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Junctions	String	4	0		None	None	6	Center	Nominal	Input
2	No Left Exits	Numeric	12	0		None	None	4	Center	Ordinal	Input
3	No Left Entrances	Numeric	12	0		None	None	6	Center	Ordinal	Input
4	No Right Exits	Numeric	12	0		None	None	6	Center	Ordinal	Input
5	No Right Entrances	Numeric	12	0		None	None	6	Center	Ordinal	Input
6	No Incoming Lanes	Numeric	12	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
7	No Outgoing Lanes	Numeric	12	0		None	None	8	Center	Ordinal	Input
8	Sideway	Numeric	12	0		None	None	5	Center	Ordinal	Input
9	Q	Numeric	12	3		None	None	6	Center	Scale	Input
10	V	Numeric	12	3		None	None	4	Center	Scale	Input
11	O	Numeric	12	3		None	None	4	Center	Scale	Input
12	FREQUENCY_ACC	Numeric	12	3		None	None	9	Center	Scale	Input
13	MEAN_Speed_Diff	Numeric	12	3		None	None	8	Center	Scale	Input
14	MIN_Speed_Diff	Numeric	12	3		None	None	6	Center	Scale	Input
15	MAX_Speed_Diff	Numeric	12	3		None	None	7	Center	Scale	Input
16	STD_Speed_Diff	Numeric	12	3		None	None	7	Center	Scale	Input
17	RANGE_Speed_Diff	Numeric	12	3		None	None	9	Center	Scale	Input
18	MIN_Event_Speed	Numeric	12	3		None	None	7	Center	Scale	Input
19	MEAN_Event_Speed	Numeric	12	3		None	None	8	Center	Scale	Input
20	MAX_Event_Speed	Numeric	12	3		None	None	12	Center	Scale	Input
21	STD_Event_Speed	Numeric	12	3		None	None	12	Center	Scale	Input
22	RANGE_Event_Speed	Numeric	12	3		None	None	12	Center	Scale	Input
23	MEAN_distance	Numeric	12	3		None	None	12	Center	Scale	Input
24	MIN_distance	Numeric	12	3		None	None	12	Center	Scale	Input

Εικόνα 4. 20: Πεδίο Μεταβλητών SPSS (Variable View)

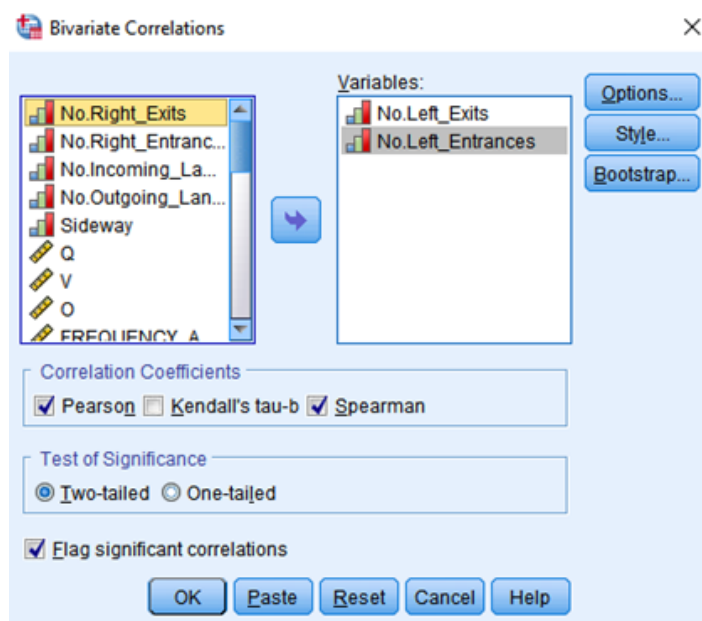
Ακολούθησε **διερεύνηση συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών**. Όλες οι επιλεγμένες μεταβλητές αναλύονται ανά ζεύγη και προκύπτουν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman. Οι συντελεστές κυμαίνονται από -1,00 (τέλεια αντιστρόφως ανάλογη συσχέτιση) έως +1,00 (τέλεια ανάλογη συσχέτιση), ενώ συντελεστής 0,00 δηλώνει τέλεια ασυσχέτιστες μεταβλητές. Επισημαίνεται ότι παρά τους ορισμούς αυτούς, δεν υπάρχει συγκεκριμένος κανόνας αποδοχής ή απόρριψης ζεύγους μεταβλητών προς ανάλυση παρά μόνο η κρίση του ερευνητή. Τα βήματα εντολών για αυτό το σκοπό είναι: Analyze → Correlate → Bivariate και έπειτα η επιλογή μεταβλητών και στατιστικών μεγεθών προς διερεύνηση.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



The screenshot shows the SPSS software interface. The 'Analyze' menu is open, and the 'Correlate' option is selected. The data table has 35 variables, including 'Junctions', 'No.Left.Exits', 'No.Left.Entrances', 'going', 'Sideway', 'Q', 'V', 'O', 'FREQUENCY', 'MEAN_Speed', 'MIN_Speed', 'MAX_Speed', 'STD_Speed', 'RANGE_Speed', 'MIN_Event', and 'MEAN_Speed'. The 'Correlate' menu is also open, showing options like 'Bivariate...', 'Partial...', 'Distances...', and 'Canonical Correlation...'. The 'Bivariate...' option is selected.

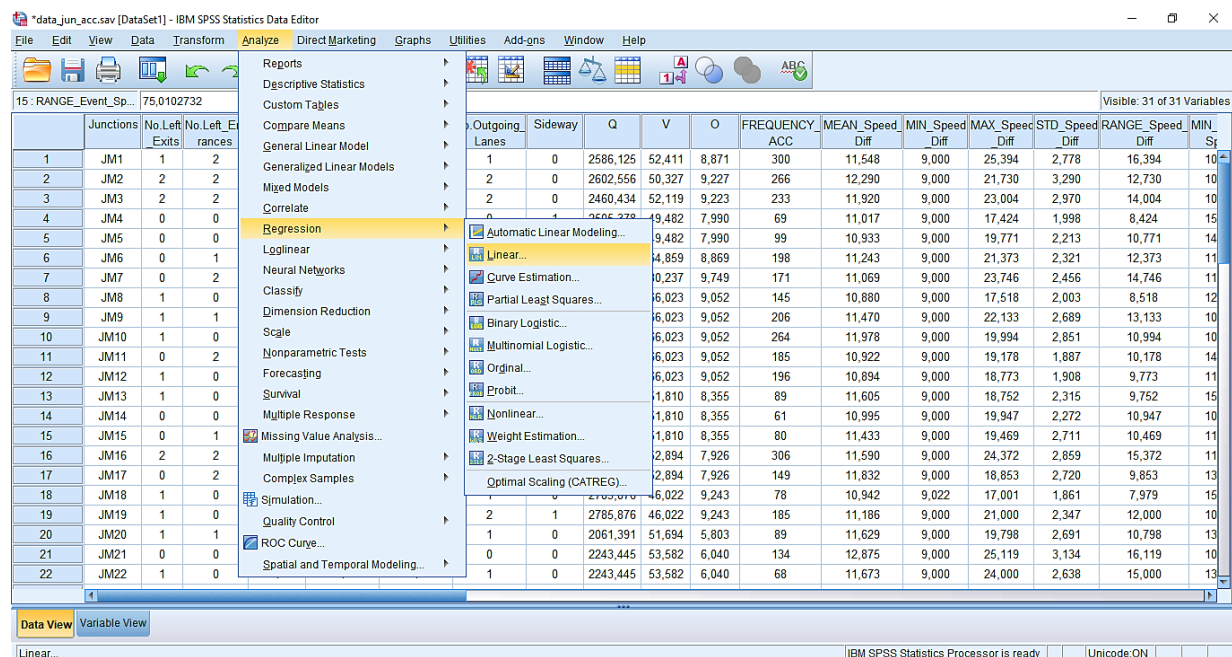
Εικόνα 4. 21: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών



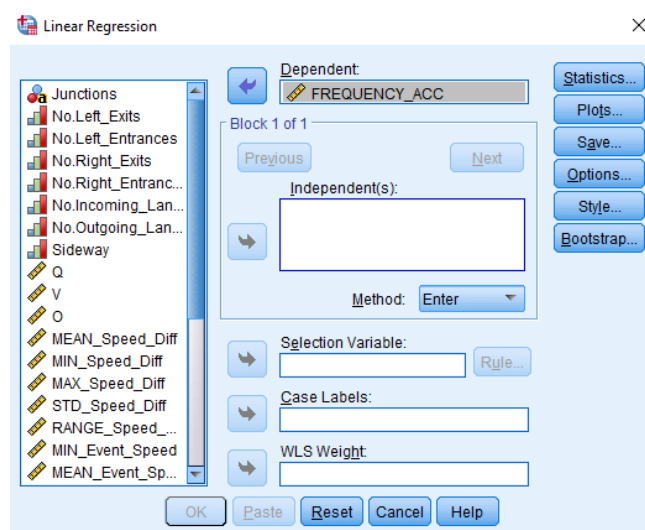
Εικόνα 4. 22: Επιλογή μεταβλητών και είδους συσχέτισης

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η **κύρια στατιστική ανάλυση**, με στόχο την ανάπτυξη των τελικών προτύπων. Εξετάστηκαν δύο αναλύσεις, **η γραμμική και η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση**. Και για τις δύο ακολουθήθηκαν τα ίδια βήματα: Analyze→ Regression→ Linear, με τη μοναδική διαφορά ότι η εξαρτημένη μεταβλητή, στην λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, ήταν εκφρασμένη σε λογάριθμο.

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Εικόνα 4. 23: Επιλογή γραμμικής παλινδρόμησης



Εικόνα 4. 24: Επιλογή μεταβλητών και μεθόδου εισαγωγής τους

Τη μετάβαση στην επιλογή linear διαδέχεται ο καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο "Independent(s)". Στο πλαίσιο "Method" μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται «Enter», που σημαίνει ότι στο μοντέλο

εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο "Independent(s)" με τη σειρά που γράφονται εκεί. Τέλος, από την επιλογή "Options" επιλέχθηκαν οι στατιστικοί έλεγχοι που πρέπει να γίνουν.

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναλυθεί διεξοδικά η ανάπτυξη και η εφαρμογή της Ανάλυσης Παραγόντων και των μαθηματικών προτύπων, τα αποτελέσματα από τη στατιστική επεξεργασία με τη γραμμική παλινδρόμηση, καθώς και τα συμπεράσματα που εξάγονται σχετικά με τη συσχέτιση χαρακτηριστικών οδήγησης του οδηγού και των κυκλοφοριακών μεγεθών με την συμπεριφορά του οδηγού.

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας καθώς και την παρουσίαση του συνόλου των αποτελεσμάτων της παρούσας Διπλωματικής εργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών, την παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων και την περιγραφή συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, πραγματοποιήθηκε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας.

Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της Διπλωματικής Εργασίας παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 με τίτλο “Θεωρητικό Υπόβαθρο” και είναι η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression) και η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (log-linear regression).

Πιο συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται **αναλυτικά τα βήματα** που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων προτύπων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που έχουν προαναφερθεί και απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των προτύπων.

Σημαντικό τμήμα του κεφαλαίου καταλαμβάνει το εδάφιο που αφορά στην εμφάνιση των αποτελεσμάτων και διακρίνεται στις εξής τρεις φάσεις:

1. Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
2. Περιγραφή των αποτελεσμάτων
3. Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση του κάθε προτύπου, όσο και σχετικά διαγράμματα που επιτρέπουν τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων, όπου αυτό είναι εφικτό. Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση ελαστικότητας και ανάλυση ευαισθησίας όπου αυτές κρίνεται ότι θα προσφέρουν χρήσιμες πρόσθετες πληροφορίες.

5.2 Ανάπτυξη προτύπων πρόβλεψης συμπεριφοράς του οδηγού

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για την ανάπτυξη των μαθηματικών προτύπων που αφορούν στη **συμπεριφορά του κάθε οδηγού**. Σκοπός της ανάλυσης με τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι να

υπολογισθούν στατιστικά σημαντικά πρότυπα και να εντοπιστούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο τη συμπεριφορά του οδηγού στην οδό.

5.2.1 Δεδομένα εισόδου – Καθορισμός μεταβλητών

Στα στατιστικά πρότυπα προσδιορισμού της συμπεριφοράς του οδηγού με τη χρήση των αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων, που καταγράφουν στοιχεία για τον τρόπο οδήγησης του κάθε οδηγού, και γνωρίζοντας τα κυκλοφοριακά μεγέθη (ταχύτητα, κυκλοφοριακός φόρτος, κατάληψη) και χαρακτηριστικά των δύο λεωφόρων, εξετάσθηκαν όλες οι μεταβλητές που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4.

Η βάση δεδομένων που εισήχθη στο στατιστικό πρόγραμμα αποτελούταν από γραμμές, που αναφερόντουσαν είτε στις διασταυρώσεις είτε στα οδικά τμήματα, με κωδικοποιημένες ονομασίες, και επεξεργάστηκε σύμφωνα με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο, κατά την οποία καθορίστηκε το όνομα και ο τύπος των μεταβλητών.

Σημειώνεται ότι τα τελικά πρότυπα που προέκυψαν ήταν αποτελέσματα μιας σειράς δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών προτύπων που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν. Τα πρότυπα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων, όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, αλλά και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Στις δοκιμές αυτές απορρίφθηκαν οι μεταβλητές που αποδείχθηκαν ότι δεν έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή. Με αυτή τη διαδικασία διαδοχικών δοκιμών και απόρριψης προτύπων προέκυψαν τα πρότυπα με τις καλύτερες επιδόσεις στατιστικής σημαντικότητας, όπως αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα υποκεφάλαια.

5.2.2 Συσχέτιση των μεταβλητών

Διερευνήθηκε επίσης, η **συσχέτιση** των μεταβλητών ώστε να επιλεγεί το καλύτερο πρότυπο. Πρακτικά εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και η μηδενική συσχέτιση μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών. Στο παρόν στάδιο παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των συνεχών και μεταξύ των διακριτών μεταβλητών, ανεξαρτήτως αν χρησιμοποιούνται ή όχι στα τελικά πρότυπα. Δεν έγινε εισαγωγή ταυτόχρονα όλων των ομαδοποιήσεων μιας μεταβλητής, ούτε όλων των μορφών της, διότι είναι προφανές ότι ένα μέγεθος και ο λογάριθμός του, παραδείγματος χάρη, είναι στοιχεία απόλυτα συσχετισμένα. Η διερεύνηση αυτή έγινε με την εισαγωγή του πίνακα των επιλαχόντων μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό SPSS 23, και τις εντολές: Analyze→Correlate→Bivariate→ Επιλογή μεταβλητών στο Variables→OK (Εικόνες 4.21 και 4.22).

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

Στη συνέχεια, το αποτέλεσμα της συσχέτισης μεταβλητών εισήχθη σε φύλλο Excel με τη μορφή πίνακα, που επεξεργάστηκε για να είναι πιο κατανοητό. Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού προτύπου απαιτείται η μη ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν σε αυτό. Συνεπώς, οι υψηλοί συντελεστές επισημάνθηκαν με βάση το **εμπειρικό όριο του 0,4** στη συγκεκριμένη περίπτωση, και κατόπιν εξετάστηκε κατά πόσο τα δύο μεγέθη που τους δημιουργήσαν θα ήταν δυνατό να συσχετίζονται στην πραγματικότητα. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εμφάνισαν **υψηλή συσχέτιση** (μεγαλύτερη από 0,4) δεν ελήφθησαν υπόψη στα τελικά πρότυπα.

Αφού βρέθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών, πραγματοποιήθηκε η **επιλογή των βασικών μεταβλητών οι οποίες δεν συσχετίζονται**, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες στα μαθηματικά πρότυπα που θα αναλυθούν στο παρόν Κεφάλαιο. Η επιλογή αυτή έγινε με την παραδοχή ότι οι συγκεκριμένες μεταβλητές που αναφέρονται παρακάτω είναι σημαντικές σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και δεν είναι δυνατό να παραληφθούν καθώς συνήθως προσδιορίζουν τη συμπεριφορά του οδηγού.

Οι πίνακες παρουσιάζουν τους συντελεστές συσχέτισης των σημαντικότερων μεταβλητών με τις επισημάνσεις των μεγαλύτερων με κόκκινο χρώμα δηλαδή, αυτών που ξεπερνάνε την τιμή 0,4. Για το σύνολο των συνεχών μεταβλητών εξετάστηκε ο συντελεστής **Pearson** ενώ για τις διακριτές ο συντελεστής **Spearman**. Όπως προκύπτει, οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα τελικά πρότυπα δεν παρουσιάζουν σημαντική συσχέτιση μεταξύ τους, και ορθώς εισήχθησαν ταυτόχρονα κατά τη διαδικασία διερεύνησης του καταλληλότερου προτύπου.

	Length	No.Right Exit/Entrance	Q/I	V	O	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MAX_Event_Speed	STD_Event_Speed	MIN_distance	STD_distance
Length	1	,620**	-,284	,253	-,276	,186	,354*	,537**	,440**	-,191	,008
No.Right Exit/Entrance	,620**	1,000	-,088	-,053	-,021	,208	,379**	,390**	,248	,471**	-,285*
Q/I	-,284	-,088	1	-,340*	,773**	-,257	-,102	-,329*	-,437**	,008	,184
V	,253	-,053	-,340*	1	-,678**	,327*	,121	,252	,298*	-,073	,008
O	-,276	-,021	,773**	-,678**	1	-,251	-,018	-,259	-,428**	-,036	,111
STD_Speed_Diff	,186	,208	-,257	,327*	-,251	1	,841**	,471**	,500**	-,413**	-,032
RANGE_Speed_Diff	,354*	,379**	-,102	,121	-,018	,841**	1	,508**	,362*	-,608**	,019
MAX_Event_Speed	,537**	,390**	-,329*	,252	-,259	,471**	,508**	1	,853**	-,434**	-,242
STD_Event_Speed	,440**	,248	-,437**	,298*	-,428**	,500**	,362*	,853**	1	-,162	-,271
MIN_distance	-,191	,471**	,008	-,073	-,036	-,413**	-,608**	-,434**	-,162	1	,009
STD_distance	,008	-,285*	,184	,008	,111	-,032	,019	-,242	-,271	,009	1

Πίνακας 5. 1: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιταχύνσεις σε οδικό τμήμα

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

	Length	No.Right Exit/Entrance	Q/I	V	O	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MAX_Event_Speed	STD_Event_Speed	MIN_distance	STD_distance
Length	1	,624**	-,243	,212	-,270	-,041	,323*	,486**	,359*	-,229	,019
No.Right Exit/Entrance	,624**	1,000	-,028	-,120	,020	,172	,433**	,358*	,238	-,395**	,141
Q/I	-,243	-,028	1	-,374**	,770**	-,222	-,155	-,380**	-,344*	,046	,003
V	,212	-,120	-,374**	1	-,736**	,459**	,291*	,416**	,443**	-,111	,144
O	-,270	,020	,770**	-,736**	1	-,358*	-,245	-,392**	-,421**	,097	-,117
STD_Speed_Diff	-,041	,172	-,222	,459**	-,358*	1	,642**	,092	,028	,022	-,092
RANGE_Speed_Diff	,323*	,433**	-,155	,291*	-,245	,642**	1	,455**	,271	-,529**	-,025
MAX_Event_Speed	,486**	,358*	-,380**	,416**	-,392**	,092	,455**	1	,874**	-,436**	,206
STD_Event_Speed	,359*	,238	-,344*	,443**	-,421**	,028	,271	,874**	1	-,324*	,161
MIN_distance	-,229	-,395**	,046	-,111	,097	,022	-,529**	-,436**	-,324*	1	,075
STD_distance	,019	,141	,003	,144	-,117	-,092	-,025	,206	,161	,075	1

Πίνακας 5. 2: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιβραδύνσεις σε οδικό τμήμα

	No.Left_Exits	No.Outgoing_Lanes	Q	V	O	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MAX_Event_Speed	STD_Event_Speed	MIN_distance	STD_distance
No.Left_Exits	1,000	,820**	,352*	-,095	,077	,369*	,421*	,171	,059	-,309	,375*
No.Outgoing_Lanes	,820**	1,000	,535**	,020	-,032	,280	,500**	,279	,149	-,347*	,227
Q	,352*	,535**	1	,179	-,209	-,076	,182	,079	,184	-,175	,039
V	-,095	,020	,179	1	,001	-,116	-,066	,040	-,184	-,009	,029
O	,077	-,032	-,209	,001	1	-,138	,038	,032	-,187	-,088	,259
STD_Speed_Diff	,369*	,280	-,076	-,116	-,138	1	,601**	,053	-,085	-,600**	,004
RANGE_Speed_Diff	,421*	,500**	,182	-,066	,038	,601**	1	,200	,003	-,551**	-,010
MAX_Event_Speed	,171	,279	,079	,040	,032	,053	,200	1	,709**	-,438*	-,109
STD_Event_Speed	,059	,149	,184	-,184	-,187	-,085	,003	,709**	1	-,131	-,074
MIN_distance	-,309	-,347*	-,175	-,009	-,088	-,600**	-,551**	-,438*	-,131	1	,018
STD_distance	,375*	,227	,039	,029	,259	,004	-,010	-,109	-,074	,018	1

Πίνακας 5. 3: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιταχύνσεις σε διασταύρωση

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

	No.Right_Exit s	No.Outgoing_Lanes	Q	V	O	STD_Speed_Diff	RANGE_Speed_Diff	MAX_Event_Speed	STD_Event_Speed	MIN_distance	STD_distance
No.Right_Exit	1,000	,713**	,199	-,039	,227	,149	,144	-,107	-,029	,037	,038
No.Outgoing_Lane s	,713**	1,000	,535**	,020	-,032	,107	-,051	,020	-,011	,112	-,186
Q	,199	,535**	1	,179	-,209	,025	-,104	-,005	-,140	,052	-,181
V	-,039	,020	,179	1	,001	-,123	-,056	,215	,018	,076	,108
O	,227	-,032	-,209	,001	1	-,017	,245	-,134	-,406*	-,332	,192
STD_Speed_Diff	,149	,107	,025	-,123	-,017	1	,883**	-,049	,086	-,500**	,236
RANGE_Speed_Diff	,144	-,051	-,104	-,056	,245	,883**	1	-,074	-,006	-,532**	,243
MAX_Event_Speed	-,107	,020	-,005	,215	-,134	-,049	-,074	1	,803**	,114	,039
STD_Event_Speed	-,029	-,011	-,140	,018	-,406*	,086	-,006	,803**	1	,255	,003
MIN_distance	,037	,112	,052	,076	-,332	-,500**	-,532**	,114	,255	1	-,267
STD_distance	,038	-,186	-,181	,108	,192	,236	,243	,039	,003	-,267	1

Πίνακας 5. 4: Συντελεστές συσχέτισης ενδεικτικών μεταβλητών για τις απότομες επιβραδύνσεις σε διασταύρωση

5.2.3 Πρότυπα Γραμμικής Παλινδρόμησης

Η επιλογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι η μεταβλητή που εξετάζεται (εξαρτημένη) είναι συνεχής και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθεί μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την κανονική. Από τη στιγμή που η εξαρτημένη μεταβλητή εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές, η μέθοδος που χρησιμοποιείται ονομάζεται πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (**multiple linear regression**).

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελικά πρότυπα που προέκυψαν ήταν αποτέλεσμα μιας σειράς δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν αρκετά μαθηματικά πρότυπα που περιελάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν ανωτέρω. Τα πρότυπα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων, όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (Θεωρητικό Υπόβαθρο), αλλά και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Επισημαίνεται ως πιο συχνό πρόβλημα η χαμηλή σημαντικότητα ($t < 1,69$) των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

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

Σύμφωνα με το Θεωρητικό Υπόβαθρο του Κεφαλαίου 3, σε κάθε πρότυπο θα πρέπει να ελεγχθούν οι παρακάτω παράγοντες:

- ✓ Οι τιμές και τα πρόσημα των **συντελεστών παλινδρόμησης β_i** να μπορούν να εξηγηθούν λογικά
- ✓ Ο **σταθερός όρος** της εξίσωσης (Constant) που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δε λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
- ✓ Το **επίπεδο σημαντικότητας** (Sig-Significance) να είναι μικρότερο από 5%.
- ✓ Ο **συντελεστής συσχέτισης** (Adjusted R square) να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος (ιδανικά μεγαλύτερος του 0,4).

Εκτός από τους μαθηματικούς ελέγχους απώτερος στόχος κάθε προτύπου είναι η ικανότητα του να προβλέπει με σχετική ακρίβεια το φαινόμενο που περιγράφει.

5.3 Εφαρμογή στατιστικών προτύπων πρόβλεψης συμπεριφοράς του οδηγού

Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα βέλτιστα μαθηματικά πρότυπα ως αποτέλεσμα περισσότερων από εκατό (100) δοκιμών, που αφορούν στη συμπεριφορά του οδηγού. Για κάθε πρότυπο παρουσιάζονται πέντε πίνακες:

- I. **Συσχέτισης μεταβλητών** (Correlations).
- II. **Περίληψη προτύπου** (Model Summary): ο πίνακας που περιλαμβάνει τους συντελεστές συσχέτισης R square και τους αντίστοιχους προσαρμοσμένους συντελεστές συσχέτισης Adjusted R square καθώς και το σφάλμα της εκτίμησης Standard Error of the Estimate.
- III. **Ανάλυση Διασποράς** (Analysis of Variance (ANOVA)).
- IV. **Μεταβλητές στην εξίσωση** (Coefficients): περιλαμβάνει τις ανεξάρτητες μεταβλητές που ορίζονται για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή, απεικονίζοντας τις τιμές των συντελεστών β_i (Coefficients), τον έλεγχο t-test, τα τυπικά σφάλματα Standard Error και το επίπεδο σημαντικότητας Significance.
- V. **Σχετικής επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρότυπο.

Ο βαθμός της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στις αντίστοιχες εξαρτημένες μεταβλητές που περιέχονται στις μαθηματικές σχέσεις των παρακάτω προτύπων εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της **σχετικής επιρροής**. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας και αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών.

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

Η **ελαστικότητα** είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών του προτύπου, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί κατά 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο του θεωρητικού υπόβαθρου, για διακριτές ή διατεταγμένες εξαρτημένες μεταβλητές η γραμμική ελαστικότητα δεν είναι κατάλληλη. Αντιθέτως, χρησιμοποιείται το μέγεθος της **ψευδοελαστικότητας**.

Ομοίως, η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές κι όχι για διακριτές αλλά στην περίπτωση που οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές υπολογίζεται η σχετική επιρροή τους ως μία θεωρητική έννοια, μόνο για να πραγματοποιηθεί θεωρητικά μια σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του προτύπου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή.

Για να ικανοποιηθούν , λοιπόν οι στόχοι της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκαν τα παρακάτω στατιστικά πρότυπα που περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα υποκεφάλαια:

- ❖ Πρότυπο 1– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα
- ❖ Πρότυπο 2– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα
- ❖ Πρότυπο 3– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση
- ❖ Πρότυπο 4– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση

5.3.1 Πρότυπο 1– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα

5.3.1.1 Ανάπτυξη Προτύπου

Μετά από πολλές δοκιμές ως το καλύτερο πρότυπο για να εκφραστεί η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων ($\log_FREQUENCY_ACC$) σε οδικό τμήμα αποφάνθηκε ότι είναι εκείνο με ανεξάρτητες μεταβλητές:

- Length: μήκος οδικού τμήματος σε μέτρα [m]
- Q/I: μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα σε αριθμό οχημάτων ανά ώρα [Veh/h]
- V: μέση ταχύτητα κυκλοφορίας σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

- RANGE_Speed_Diff: εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]

Εξετάστηκαν διάφορες συσχετίσεις των μεταβλητών μεταξύ τους και **προτιμήθηκε ο λογάριθμος** αφού διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα και εξασφαλίζει ότι το πρότυπο δεν θα κάνει προβλέψεις αρνητικού αριθμού απότομων συμβάντων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα ως εξαρτημένη μεταβλητή, με σκοπό το τελικό πρότυπο να περιλαμβάνει κυκλοφοριακά μεγέθη με τη μορφή του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα και της μέσης ταχύτητας, χαρακτηριστικά από τον τρόπο οδήγησης του οδηγού (RANGE_Speed_Diff) και χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος (length). Παράλληλος στόχος της χρήσης λογαρίθμου ήταν η υψηλή στατιστική σημαντικότητα των συγκεκριμένων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Επιπρόσθετα, αγνοήθηκε το πρώτο σε σειρά οδικό τμήμα στην άνοδο της Λ. Βουλιαγμένης (SV1_up) λόγω της απουσίας απότομων επιταχύνσεων (FREQUENCY_ACC=0).

Οι συσχετίσεις των μεταβλητών και τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το πρότυπο φαίνονται στη συνέχεια.

Correlations					
		Length	Q/I	V	RANGE_Speed_Diff
Length	Pearson Correlation	1	-,284	,253	,354*
Q/I	Pearson Correlation	-,284	1	-,340*	-,102
V	Pearson Correlation	,253	-,340*	1	,121
RANGE_Speed_Diff	Pearson Correlation	,354*	-,102	,121	1
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					

Πίνακας 5. 5: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 1

Model Summary				
Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,983 ^a	,966	,963	,25879

Πίνακας 5. 6: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 1

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

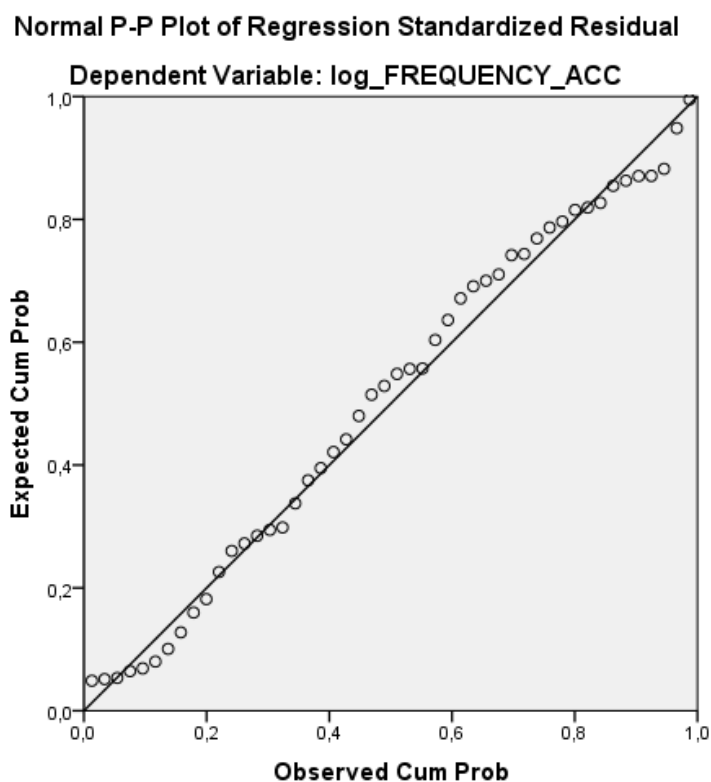
ANOVA^{a,b}						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83,149	4	20,787	310,388	,000 ^c
	Residual	2,947	44	,067		
	Total	86,096 ^d	48			

Πίνακας 5. 7: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 1

Coefficients^{a,b}						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	Length	,001	,000	,267	4,224	,000
	Q/I	,002	,000	,983	5,974	,000
	V	-,011	,005	-,455	-2,470	,017
	RANGE_Speed_Diff	,039	,011	,231	3,477	,001

a. Dependent Variable: log_FREQUENCY_ACC

Πίνακας 5. 8: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 1



Διάγραμμα 5. 1: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 1

Μαθηματική σχέση:

$$\log_FREQUENCY_ACC = 0,001 * Length + 0,002 * Q/I - 0,011 * V + 0,039 * RANGE_Speed_Diff$$

5.3.1.2 Ποιότητα προτύπου

Στο πρότυπο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι.

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης **R²** είναι αρκετά υψηλός, ίσος με 0,966.
- ✓ Ο έλεγχος του **t** να είναι μεγαλύτερος του 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή επαληθεύεται.
- ✓ Δεν περιλαμβάνεται **σταθερά** στο πρότυπο, καθώς όλες οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν σταθερό όρο οδηγούσαν σε αναξιόπιστα αποτελέσματα είτε η σταθερά δεν ήταν στατιστικά σημαντική.
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο πρότυπο και τα **πρόσημά** τους εξηγούνται λογικά.

5.3.1.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού προτύπου προκύπτει μία σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Για κάθε μέτρο που αυξάνεται το **μήκος του οδικού τμήματος**, ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων αυξάνεται κατά 0,001 δηλαδή, όσο μεγαλώνει το μήκος του οδικού τμήματος σε μέτρα, τόσο περισσότερες απότομες επιταχύνσεις παρατηρούνται άρα ο οδηγός οδηγεί πιο επιθετικά. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι σε μεγαλύτερες αποστάσεις πιθανώς να παρατηρείται μεγαλύτερος αριθμός εισόδων με αποτέλεσμα να προσφέρουν χώρο για περισσότερες αλλαγές λωρίδας. Ακόμα, οι οδικοί σηματοδότες παρότι αποτελούν μέρος των διασταυρώσεων μπορεί να έχουν μία ακτίνα επιρροής που να εκτείνεται έως και τα κατάντη και ανάντη υποτμήματα των οδικών τμημάτων, της κυκλικής περιοχής που έχει οριστεί για κάθε διασταύρωση. Με αυτόν τον τρόπο στα προαναφερόμενα υποτμήματα υπάρχει πιθανότητα εξέλιξης απότομης επιτάχυνσης λόγω εναλλαγής της φωτεινής ένδειξης από κόκκινο σε πράσινο είτε από πράσινο σε πορτοκαλί.
- Τα οδικά τμήματα που έχουν μεγαλύτερο **μέσο κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα** παρουσιάζουν περισσότερα συμβάντα απότομων επιταχύνσεων. Πιο συγκεκριμένα, αν αυξηθεί κατά ένα όχημα ανά ώρα ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα τότε στο αντίστοιχο οδικό τμήμα θα σημειωθεί αύξηση του λογάριθμου της εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων κατά 0,002. Κάτι τέτοιο ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι με τον αυξημένο

κυκλοφοριακό φόρτο, δηλαδή την παρουσία πολλών οχημάτων σε κάθε κυκλοφοριακή λωρίδα, δημιουργούνται εμπόδια με αποτέλεσμα να μην επιτρέπεται στον χρήστη να προσαρμόσει την ταχύτητά του κατά βούληση.

- Για μείωση της **μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας** κατά 10 km/h στο αντίστοιχο οδικό τμήμα αυξάνεται ο λογάριθμος των απότομων επιταχύνσεων κατά 0,011. Πιθανόν κάτι τέτοιο να συμβαίνει διότι οι πιο επιθετικοί χρήστες βρίσκουν επαρκείς χωρικούς και χρονικούς διαχωρισμούς τους οποίους εκμεταλλεύονται επιταχύνοντας απότομα.
- Καθώς αυξάνεται κατά 1% το **εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια της απότομης επιτάχυνσης**, ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στο οδικό τμήμα αυξάνεται κατά 0,039. Ένα μεγαλύτερο εύρος δηλώνει πιο απρόβλεπτη και επιθετική συμπεριφορά των χρηστών επομένως μεγαλύτερο αριθμό απότομων επιταχύνσεων συγκριτικά με ένα μικρότερο εύρος.

5.3.1.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σημαντικός ο υπολογισμός του βαθμού επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών του παραπάνω προτύπου στην εξαρτημένη μεταβλητή (log_FREQUENCY_ACC), δηλαδή του λογαρίθμου της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα.

Όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές που συμπεριλήφθηκαν στο Πρότυπο 1 είναι συνεχείς άρα η σχετική επιρροή τους, που αναπτύχθηκε, υπολογίστηκε σύμφωνα με την σχέση (Κεφάλαιο 3):

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση:

$$e_i = \beta_i \frac{X_i}{Y_i}$$

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.

Είναι εξαιρετικά χρήσιμο να εκτιμηθεί η απόκριση και η ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y σε σχέση με τις μεταβολές σε μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές X . Αν και οι παράμετροι παλινδρόμησης παρέχουν αυτή την πληροφορία σε όρους μονάδων μέτρησης, είναι μερικές φορές πιο βολικό να εκφράζεται η ελαστικότητα σε ποσοστό ίσο με την **ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης**

μεταβλητής που προκύπτει από μια μεταβολή 1% μίας ανεξάρτητης. Αυτό το μέτρο είναι η ελαστικότητα και είναι χρήσιμο επειδή η διαφορά δεν είναι διαστασιακή σε αντίθεση με την εκτιμώμενη παράμετρο παλινδρόμησης, η οποία εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης. Η ελαστικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής Y σε σχέση με την ανεξάρτητη μεταβλητή X δίδεται ως (Washington et al., 2010):

$$e_i = \beta_i \frac{X_i}{Y_i} \approx \frac{\partial Y_i}{\partial X_i} \times \frac{X_i}{Y_i}$$

Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e_i^*
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ				
Length	0,001	4,224	0,007	1,138
Q/I	0,002	5,974	0,030	4,858
V	-0,011	-2,470	-0,014	-2,217
RANGE Speed Diff	0,039	3,477	0,006	1

Πίνακας 5. 9: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 1

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

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρότυπο, παρατηρούνται τα εξής:

- I. Η επιρροή της μεταβλητής **«μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα»** είναι η μεγαλύτερη συγκριτικά με τις άλλες τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της επιρροής της του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου στην συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα. Συγκεκριμένα, για αύξηση του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα κατά 1% η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων στο αντίστοιχο οδικό τμήμα αυξάνεται κατά 0,03%.
- II. Η μεταβλητή **«εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια της απότομης επιτάχυνσης»** εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο πρότυπο. Σε σχέση με την μεταβλητή με την μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει την εξαρτημένη 4,858 φορές λιγότερο.
- III. Η επιρροή της μεταβλητής **«μήκος οδικού τμήματος»** είναι πολύ κοντά με την μεταβλητή με την μικρότερη επιρροή. Η τιμή της επιρροής είναι 0,007 δηλαδή, ελάχιστα μεγαλύτερη από την μικρότερη τιμή επιρροής που είναι 0,006.

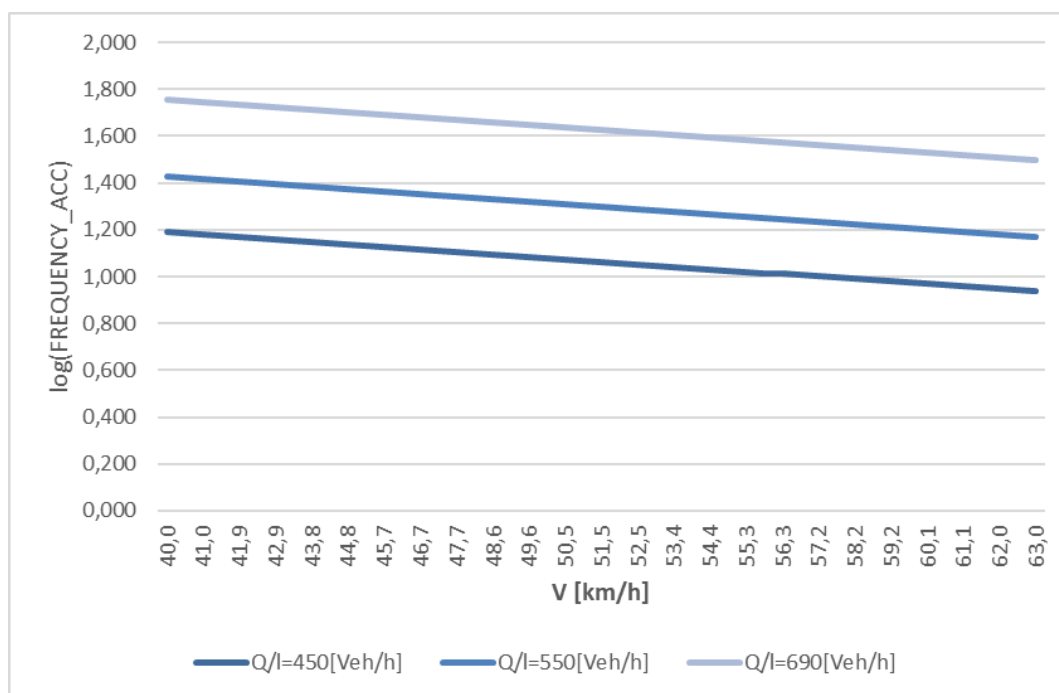
- IV. Ακολουθεί η μεταβλητή «**μέση ταχύτητα κυκλοφορίας**» που έχει 2,217 φορές μεγαλύτερη επιρροή από το εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια της απότομης επιτάχυνσης σε οδικό τμήμα, στο πρότυπο υπό μελέτη.

5.3.1.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το πρότυπο της γραμμικής παλινδρόμησης, αναπτύχθηκαν τα **διαγράμματα ευαισθησίας**. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής δηλαδή, του λογαρίθμου της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα, όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Οι συνδυασμοί είναι πολλοί και άρα τα διαγράμματα που είναι δυνατόν να προκύψουν, συνεπώς παρατίθενται ενδεικτικά κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

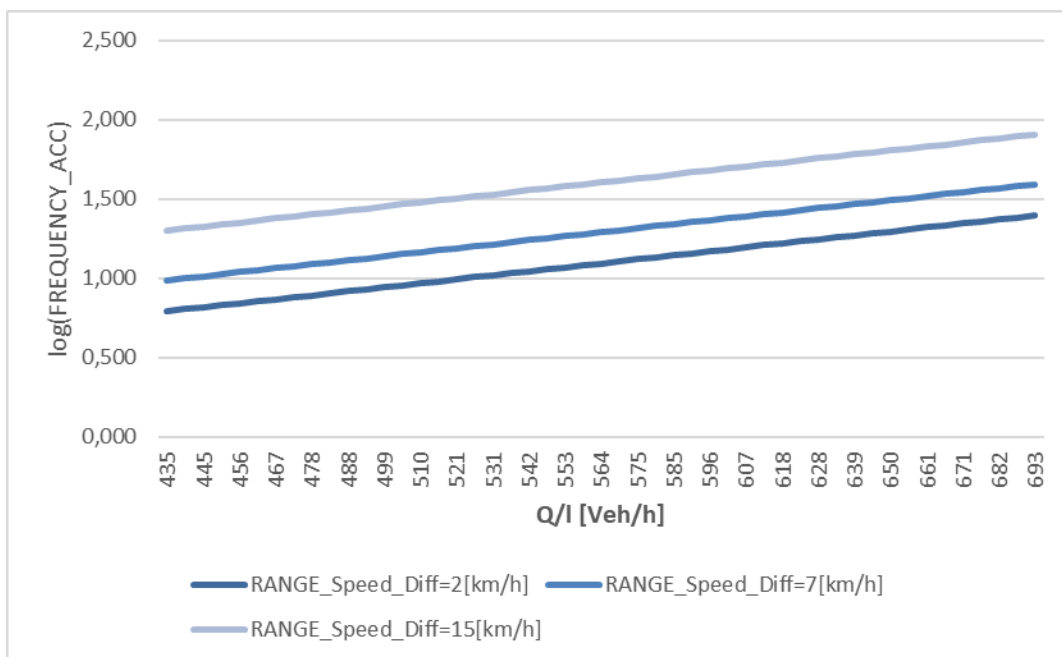
Διάγραμμα 5. 3: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέση ταχύτητα κυκλοφορίας

- Length=230[m]
- $Q/l=450$ [Veh/h], $Q/l=550$ [Veh/h] και $Q/l=690$ [Veh/h]
- RANGE_Speed_Diff=7[km/h]



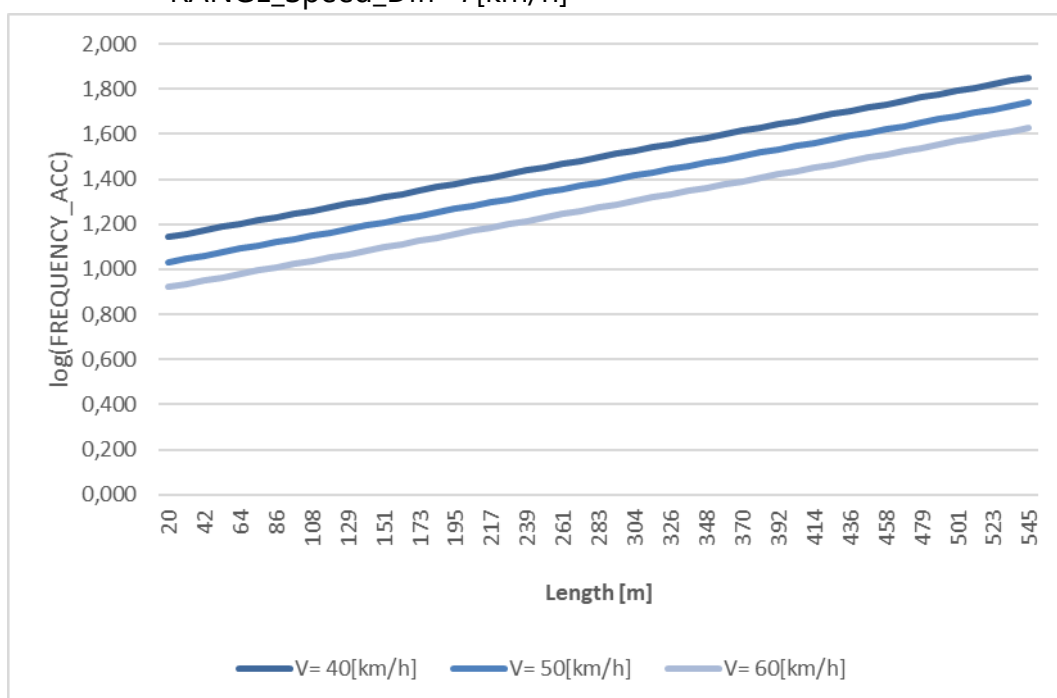
Διάγραμμα 5. 4: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέσο κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα

- Length=230[m]
- V=55[km/h]
- RANGE_Speed_Diff=2[km/h], RANGE_Speed_Diff=7[km/h] και RANGE_Speed_Diff=15[km/h]



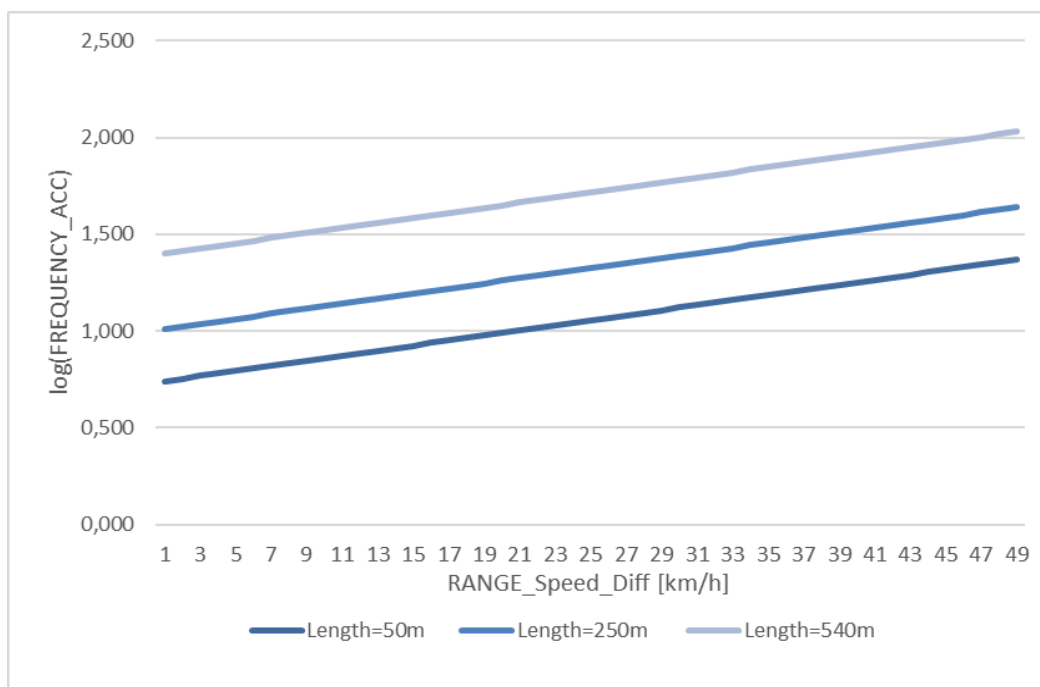
Διάγραμμα 5. 5: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς μήκος οδικού τμήματος

- Q/I=550 [Veh/h]
- V=40[km/h], V=50[km/h] και V=60[km/h]
- RANGE_Speed_Diff=7[km/h]



Διάγραμμα 5. 6: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα προς εύρος μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος

- Length=50[m], Length=250[m] και Length=540[m]
- $Q/l=550$ [Veh/h]
- $V=55$ [km/h]



Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας, προκύπτουν συμπεράσματα, σε συμφωνία με όσα έχουν αναφερθεί και στα προηγούμενα υποκεφάλαια. Σε όλα τα διαγράμματα, όποια μεταβλητή και αν μεταβληθεί, προκύπτουν τρεις παράλληλες καμπύλες. Για τα διαγράμματα 5.4, 5.5 και 5.6 οι τρεις παράλληλες καμπύλες παρουσιάζουν **αυξητική τάση**. Αντιθέτως, το διάγραμμα 5.3 καθώς μεταβάλλεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας παρουσιάζει **μειωτική τάση**, με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές να είναι σταθερές.

Πιο συγκεκριμένα, από το διάγραμμα 5.3 προκύπτει πως με την αύξηση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας παρατηρείται μείωση του λογαρίθμου συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων που πραγματοποιούνται σε οδικό τμήμα. Ταυτόχρονα από το ίδιο διάγραμμα συμπεραίνεται πως για μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους ανά λωρίδα παρουσιάζονται περισσότερες απότομες επιταχύνσεις, με την κλίση της καμπύλης να παραμένει ίδια.

5.3.2 Πρότυπο 2– Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα

Μετά από πολλές δοκιμές αποφάνθηκε πως το καλύτερο πρότυπο για να εκφραστεί η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων ($\log_FREQUENCY_BRK$) σε οδικό τμήμα είναι εκείνο με ανεξάρτητες μεταβλητές:

- Length: μήκος οδικού τμήματος σε μέτρα [m]
- Q/I: μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα σε αριθμό οχημάτων ανά ώρα [Veh/h]
- V: μέση ταχύτητα κυκλοφορίας οχημάτων οδικού τμήματος σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]
- RANGE_Speed_Diff: εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]
- STD_distance: τυπική απόκλιση της απόστασης πραγματοποίησης του συμβάντος σε μέτρα [m]

Χρησιμοποιήθηκε ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα ως εξαρτημένη μεταβλητή για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στο Πρότυπο 1. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι με στόχο τη **δυνατότητα σύγκρισης** του Προτύπου 1 με το Πρότυπο 2 πραγματοποιήθηκε δοκιμή κατά την οποία οι ανεξάρτητες μεταβλητές του Προτύπου 1 ήταν κοινές με αυτές του Προτύπου 2. Ενώ η συσχέτιση της εξαρτημένης μεταβλητής ($\log_FREQUENCY_ACC$) με τις ανεξάρτητες ήταν αρκετά υψηλή ($R^2=0,966$), η στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής «STD_distance» δεν ήταν υψηλή ($t=0,602$) με αποτέλεσμα την απόρριψή της για την περιγραφή της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα. Από την άλλη, ούτε η αφαίρεση της μεταβλητής «STD_distance» από το Πρότυπο 2 ήταν εφικτή εφόσον το πρότυπο που προέκυπτε καθιστούσε την «μέση ταχύτητα» στατιστικά ασήμαντη και η αφαίρεσή της πέραν του γεγονότος ότι τα δύο πρότυπα δεν θα ήταν πλέον συγκρίσιμα, ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών θα μειώνονταν, κάτι μη επιθυμητό διότι δε θα περιγράφονταν ικανοποιητικά η συμπεριφορά του οδηγού.

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

Correlations						
		Length	Q/I	V	RANGE_Speed_Diff	STD_distance
Length	Pearson Correlation	1	-,243	,212	,323*	,019
Q/I	Pearson Correlation	-,243	1	-,374**	-,155	,003
V	Pearson Correlation	,212	-,374**	1	,291*	,144
RANGE_Speed_Diff	Pearson Correlation	,323*	-,155	,291*	1	-,025
STD_distance	Pearson Correlation	,019	,003	,144	-,025	1
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).						
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).						

Πίνακας 5. 10.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 2

Model Summary				
Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,979 ^a	,959	,954	,30355
a. Predictors: STD_distance, Length, RANGE_Speed_Diff, Q/I, V				

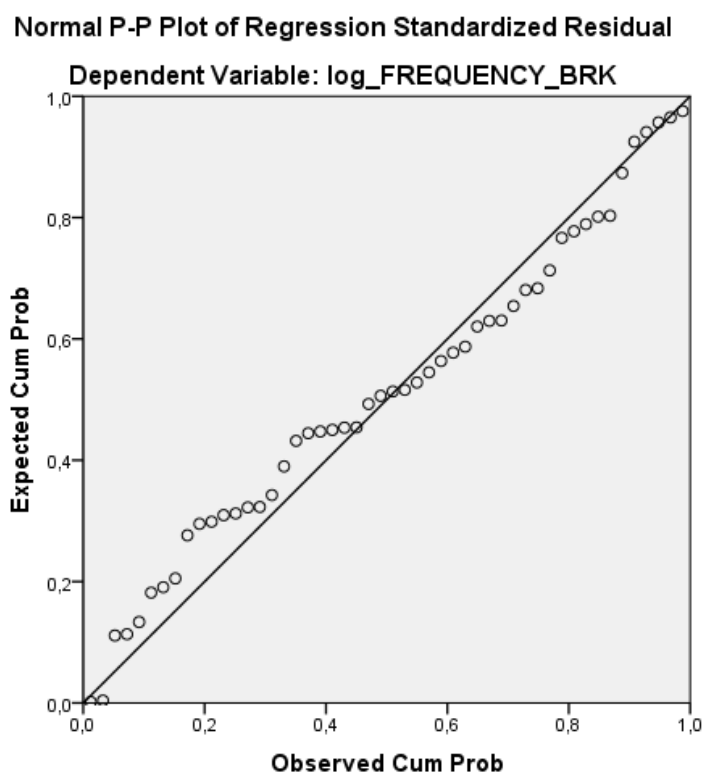
Πίνακας 5. 11: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 2

ANOVA^{a,b}						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	96,000	5	19,200	208,370	,000 ^c
	Residual	4,146	45	,092		
	Total	100,147 ^d	50			

Πίνακας 5. 12: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 2

Coefficients^{a,b}						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	Length	,001	,000	,163	2,470	,017
	Q/I	,002	,000	,739	4,355	,000
	V	-,010	,005	-,393	-1,909	,063
	RANGE_Speed_Diff	,076	,016	,418	4,650	,000
	STD_distance	,058	,033	,101	1,756	,086
a. Dependent Variable: log_FREQUENCY_BRK						

Πίνακας 5. 13: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 2



Διάγραμμα 5. 7: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 2

Μαθηματική σχέση:

$$\log_FREQUENCY_BRK = 0,001*Length + 0,002*Q/I - 0,010*V + 0,076*RANGE_Speed_Diff + 0,058*STD_distance$$

5.3.2.2 Ποιότητα προτύπου

Στο πρότυπο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι.

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης **R^2** είναι αρκετά υψηλός, ίσος με 0,959.
- ✓ Ο έλεγχος του **t** να είναι μεγαλύτερος του 1,7, για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- ✓ Δεν περιλαμβάνεται **σταθερά** στο πρότυπο, καθώς όλες οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν σταθερό όρο οδηγούσαν σε αναξιόπιστα αποτελέσματα είτε η σταθερά δεν ήταν στατιστικά σημαντική.
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο πρότυπο και τα **πρόσημά** τους εξηγούνται λογικά.

5.3.2.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Τα πρόσημα κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής μπορούν να εξηγηθούν λογικά ως ένα βαθμό.

- Καθώς αυξάνεται το **μήκος ενός οδικού τμήματος** αυξάνεται και ο αριθμός των απότομων επιβραδύνσεων που παρατηρούνται στο αντίστοιχο οδικό τμήμα. Συγκεκριμένα, αν προστεθεί ένα μέτρο σε οδικό τμήμα τότε ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων στο ίδιο τμήμα θα αυξηθεί κατά 0,001. Πιθανόν κάτι τέτοιο συμβαίνει διότι σε μεγαλύτερα οδικά τμήματα παρατηρούνται πιο πολλές εισοδοί /έξοδοι από αυτό. Ο οδηγός που εξέρχεται από το οδικό τμήμα υπάρχει περίπτωση να φρενάρει απότομα προκειμένου να μειώσει ταχύτητα και να προσαρμοστεί γρήγορα σε δρόμους με χαμηλότερα όρια ταχυτήτων. Ακόμα, το όχημα που ακολουθεί εκείνο που επιθυμεί να εξέλθει από τη λεωφόρο, υπάρχει περίπτωση να μην προβλέψει την επιθυμία αυτή λόγω μη ενεργοποίησης των φώτων δείκτη κατεύθυνσης με αποτέλεσμα, προκειμένου να αποφύγει τη σύγκρουση, να επιβραδύνει απότομα. Τέλος, αν υπάρχει, κατά την είσοδο ενός οχήματος στην λεωφόρο, σημαντική διαφορά στην ταχύτητα του με την μέση ταχύτητα κυκλοφορίας αυξάνεται κατά πολύ ο κίνδυνος απότομων φρεναρισμάτων και σύγκρουσης.
- **Ο λόγος του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου με τον αριθμό ανιχνευτών** αποτελεί μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές με θετικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα συνεπάγεται αύξηση της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανόν να εξηγείται από την κυκλοφοριακή συμφόρηση, που υπάρχει περίπτωση να δημιουργείται λόγω του υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου, με συνέπεια την πρόκληση περισσότερων επιθετικών συμπεριφορών.
- Για κάθε 1 km/h που αυξάνεται η **μέση ταχύτητα κυκλοφορίας**, ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων στο αντίστοιχο οδικό

τμήμα μειώνεται κατά 0,01. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει διότι με σκοπό να επιβραδύνει ο οδηγός πατάει το φρένο περισσότερο με αποτέλεσμα να μειώνεται και η ταχύτητα. Θα μπορούσε να φανεί εύλογο ότι η σχετικά υψηλή μέση ταχύτητα κυκλοφορίας υποδηλώνει έναν πιο σταθερό τρόπο οδήγησης στη λεωφόρο. Επομένως, με τη μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας παρατηρούνται πιο πολλά συμβάντα απότομων επιβραδύνσεων όταν η οριοθετημένη περιοχή υπό μελέτη αποτελεί οδικό τμήμα.

- Για αύξηση μίας μονάδας του **εύρους της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια της απότομης επιβράδυνσης**, ο λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα αυξάνεται κατά 0,076. Η αύξηση αυτή του εύρους οφείλεται στην αυξομείωση της ταχύτητας και άρα όσο υψηλότερες ταχύτητες αναπτύσσονται τόσο μεγαλώνει και το εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας κατά τη διάρκεια των απότομων επιβραδύνσεων.
- Για ένα μέτρο αύξηση της **τυπικής απόκλισης της απόστασης πραγματοποίησης της απότομης επιβράδυνσης** προκύπτει αύξηση του λογαρίθμου συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα κατά 0,058. Ενδεχομένως η προαναφερθείσα αύξηση να οφείλεται στο γεγονός ότι η απόσταση πραγματοποίησης του απότομου συμβάντος, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένας δείκτης της διαθέσιμης απόστασης κάθε οχήματος στο εξεταζόμενο οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια της απότομης επιβράδυνσης.

5.3.2.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e_i^*
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ				
Length	,001	2,470	0,0047	1,672
Q/I	,002	4,355	0,0242	8,692
V	-,010	-1,909	-0,0127	-4,551
RANGE_Speed_Diff	,076	4,650	0,0128	4,593
STD_distance	,058	1,756	0,0028	1

Πίνακας 5. 14: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 2

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρότυπο, παρατηρούνται τα εξής:

- Από τις πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές του προτύπου, η μεταβλητή **«μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα»** παρατηρείται πως έχει μεγαλύτερη επιρροή συγκριτικά με τις υπόλοιπες τέσσερις. Η προηγούμενη διαπίστωση προδίδει τη σημαντικότητα του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου ανά λωρίδα στη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων όταν η οριοθετημένη

περιοχή υπό μελέτη είναι το οδικό τμήμα. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει 8,692 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τη μεταβλητή «**τυπική απόκλιση της απόστασης πραγματοποίησης του συμβάντος**» που εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή ($e_i=0,0028$).

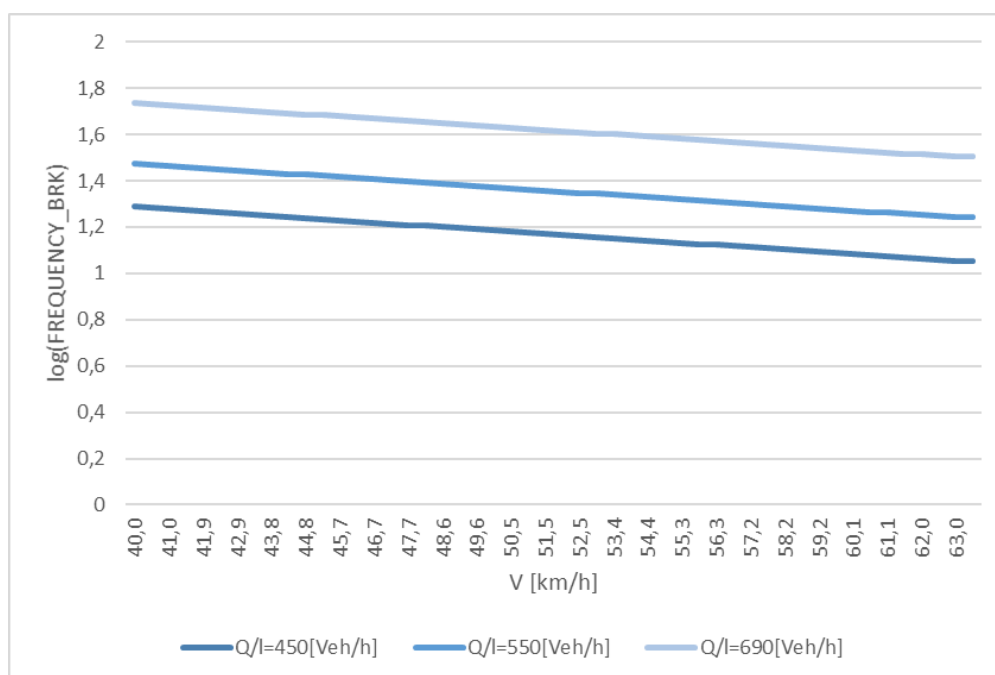
- II. Σημαντική επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή εμφανίζεται να έχει και το δεύτερο κυκλοφοριακό μέγεθος στο Πρότυπο 2 που είναι η «**μέση ταχύτητα κυκλοφορίας**», με την τιμή της σχετικής επιρροής να είναι ίση με -4,551, όπως και το «**εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος**», με την τιμή της σχετικής επιρροής να είναι ίση με 4,593.
- III. Τέλος, η ανεξάρτητη μεταβλητή «**μήκος οδικού τμήματος**» έχει σχετική επιρροή στην εξαρτημένη ίση με 0,0047.

5.3.2.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής (λογάριθμος της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα) όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές.

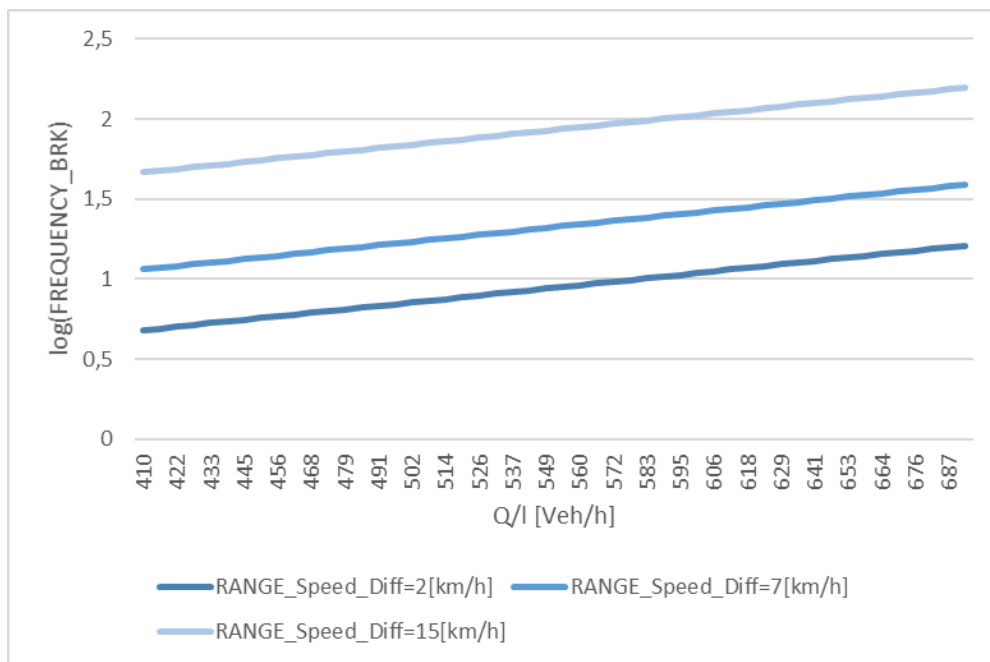
Διάγραμμα 5.8: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέση ταχύτητα κυκλοφορίας

- Length=230[m]
- $Q/l=450[\text{Veh/h}]$, $Q/l=550 [\text{Veh/h}]$ και $Q/l=690[\text{Veh/h}]$
- RANGE_Speed_Diff=7[km/h]
- STD_distance=2[m]



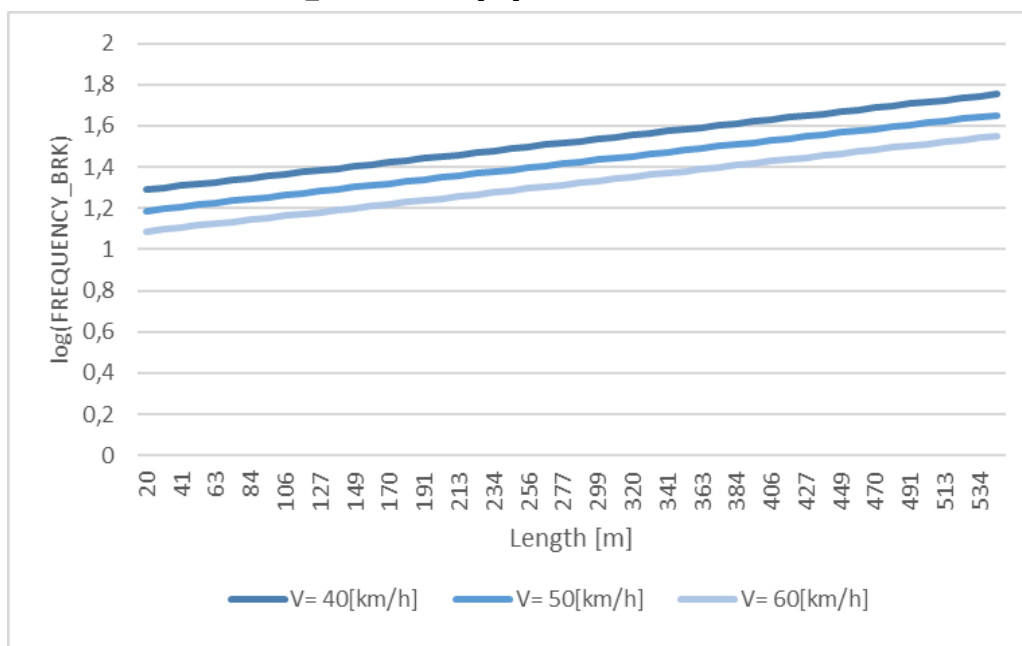
Διάγραμμα 5.9: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς μέσο κυκλοφοριακό φόρτο ανά λωρίδα

- Length=230[m]
- V=55[km/h]
- RANGE_Speed_Diff=2[km/h], RANGE_Speed_Diff=7[km/h] και RANGE_Speed_Diff=15[km/h]
- STD_distance=2[m]



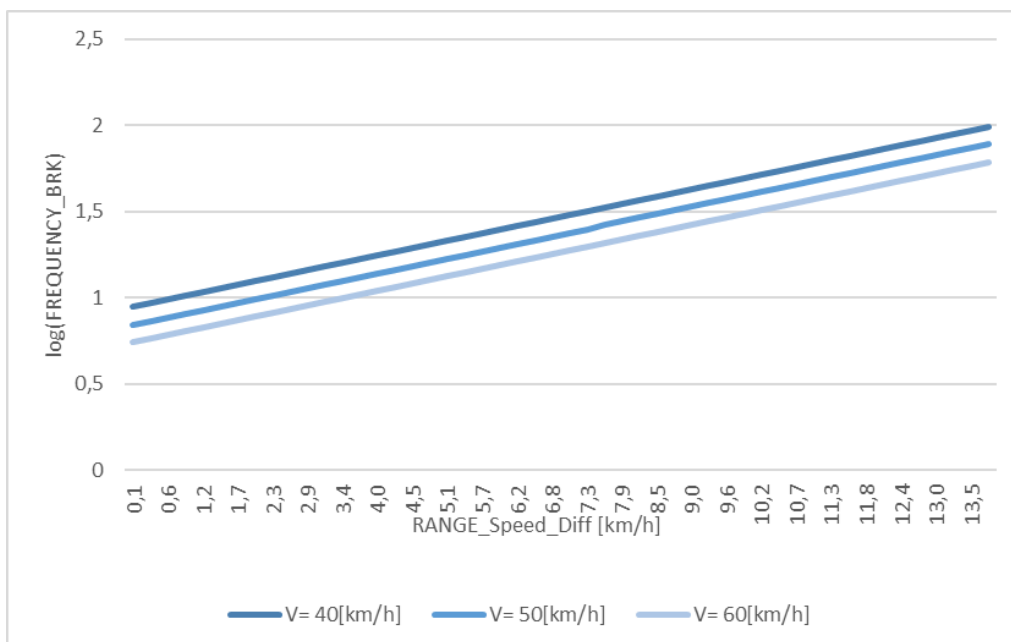
Διάγραμμα 5. 10: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς μήκος οδικού

- Q/I=550 [Veh/h]
- V=40[km/h], V=50[km/h] και V=60[km/h]
- RANGE_Speed_Diff=7[km/h]
- STD_distance=2[m]



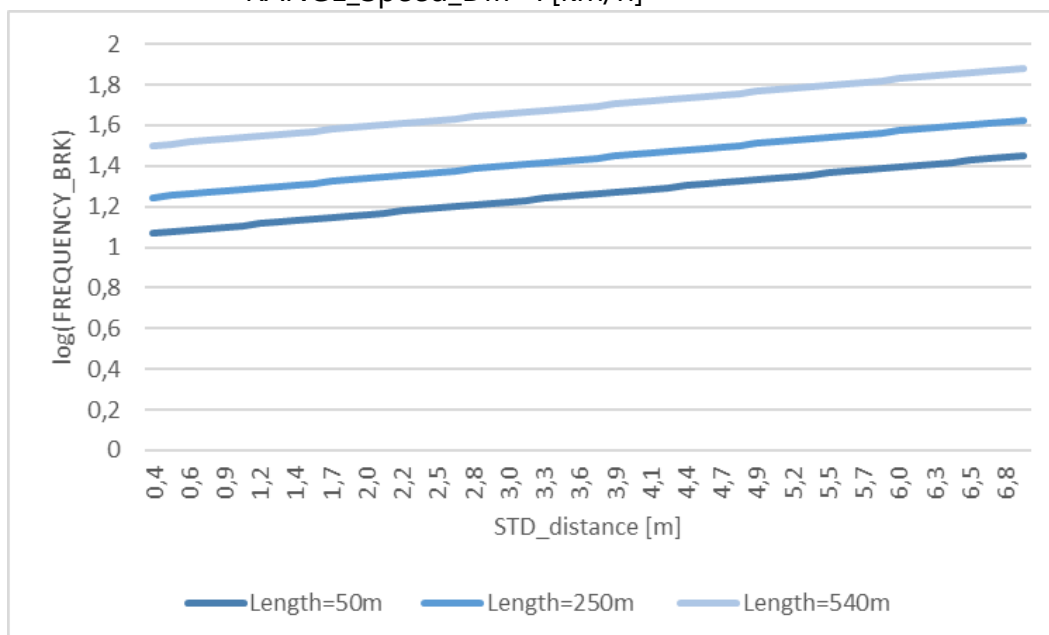
Διάγραμμα 5. 11: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς εύρος της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας του οχήματος σε δύο

- Length=230[m]
- $Q/I=550$ [Veh/h]
- $V=40$ [km/h], $V=50$ [km/h] και $V=60$ [km/h]
- STD_distance=2[m]



Διάγραμμα 5. 12: Λογάριθμος συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα προς τυπική απόκλιση της απόστασης πραγματοποίησης του συμβάντος

- Length=50[m], Length=250[m] και Length=540[m]
- $Q/I=550$ [Veh/h]
- $V=55$ [km/h]
- RANGE_Speed_Diff=7[km/h]



Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας, προκύπτουν κάποια συμπεράσματα, σε συμφωνία με όσα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα υποκεφάλαια. Πιο συγκεκριμένα, από το διάγραμμα 5.8 φαίνεται πως η αύξηση στη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας (V) οδηγεί σε μείωση του λογαρίθμου της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα κάτι που δηλώνεται από τη **μειωτική τάση** της συγκεκριμένης καμπύλης. Επίσης, για μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους ανά λωρίδα (Q/l) καθώς αυξάνεται η μέση ταχύτητα παρατηρείται μία παράλληλη μετατόπιση της καμπύλης προς τα άνω δηλαδή, αυξάνεται ο λογάριθμος του αριθμού απότομων επιβραδύνσεων για ίδιες τιμές της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας.

Για τα διαγράμματα 5.9, 5.10, 5.11, 5.12 οι τρεις παράλληλες καμπύλες, που έχουν δημιουργηθεί από τρεις διαφορετικές τιμές σε μία σταθερή ανεξάρτητη μεταβλητή προκειμένου να φανεί η μεταβολή που προκαλεί στην εξαρτημένη καθώς μεταβάλλεται η ανεξάρτητη υπό μελέτη, είναι παράλληλες και έχουν **αυξητική τάση**. Συγκεκριμένα στα διαγράμματα 5.8 και 5.10 επιβεβαιώνεται πως για μεγαλύτερη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, ανεξάρτητα από τη μεταβαλλόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή που εξετάζεται, παρατηρείται μείωση του λογαρίθμου της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων. Η μειωτική ή αυξητική τάση των καμπυλών προδίδεται και από τα πρόσημα των συντελεστών των αντίστοιχων ανεξάρτητων μεταβλητών στην μαθηματική εξίσωση του προτύπου.

5.3.3 Πρότυπο 3- Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση

5.3.3.1 Ανάπτυξη Προτύπου

Μετά από δοκιμές προέκυψε το τελικό πρότυπο που περιγράφει την συμπεριφορά του οδηγού όταν το όχημα βρίσκεται σε διασταύρωση, με τη συμπεριφορά του οδηγού να μεταφράζεται σε αριθμό απότομων επιταχύνσεων δηλαδή, ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρήθηκε η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων (FREQUENCY_ACC) σε διασταύρωση και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- No. Outgoing_Lanes: αριθμός κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου από τη διασταύρωση
- O: μέση κατάληψη [%]
- $\log V^2$: λογάριθμος της δεύτερης δύναμης της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας των οχημάτων σε διασταύρωση
- STD_Speed_Diff: τυπική απόκλιση της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]

Συγκεκριμένα, το **τελικό πρότυπο** προέκυψε ύστερα από εκτεταμένη διερεύνηση των μεταβλητών, της μεθόδου εισαγωγής τους, της προσθήκης σταθεράς ή όχι, της

αναλογίας μεταξύ κατηγοριών κ.α. **μέσω ενός μεγάλου αριθμού δοκιμών** οι οποίες δεν είναι δυνατόν να εμφανιστούν στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας. Ο μεγάλος αριθμός αλλά και οι διαφορές μεταξύ των δοκιμών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το τελικό πρότυπο είναι το καλύτερο δυνατό με βάση τα συγκεκριμένα δεδομένα. Για παράδειγμα, εκτός από το άμεσο μέγεθος της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας των οχημάτων σε διασταύρωση, V , διερευνήθηκε η δεύτερη δύναμή της, V^2 και ο λογάριθμος της δεύτερης δύναμής της, $\log V^2$, κάτι που αποφάνθηκε πως ήταν απαραίτητο εφόσον, σε τελική ανάλυση, ο λογάριθμος της δεύτερης δύναμης της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας φάνηκε πως ήταν στατιστικά πιο σημαντικός από ότι το άμεσο μέγεθος της.

Οι συχέτισεις των συνεχών και διακριτών μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στο Πρότυπο 3 παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Correlations					
		No.Outgoing_Lanes	O	logV	STD_Speed_Diff
No.Outgoing_Lanes	Spearman's rho	1	-0,032	0,03	0,28
O	Pearson Correlation	-0,032	1	-,045	-,138
logV ²	Pearson Correlation	0,03	-,045	1	-,102
STD_Speed_Diff	Pearson Correlation	0,28	-,138	-,102	1

Πίνακας 5. 15: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 3

Model Summary				
Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,957 ^a	,916	,904	52,622

Πίνακας 5. 16: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 3

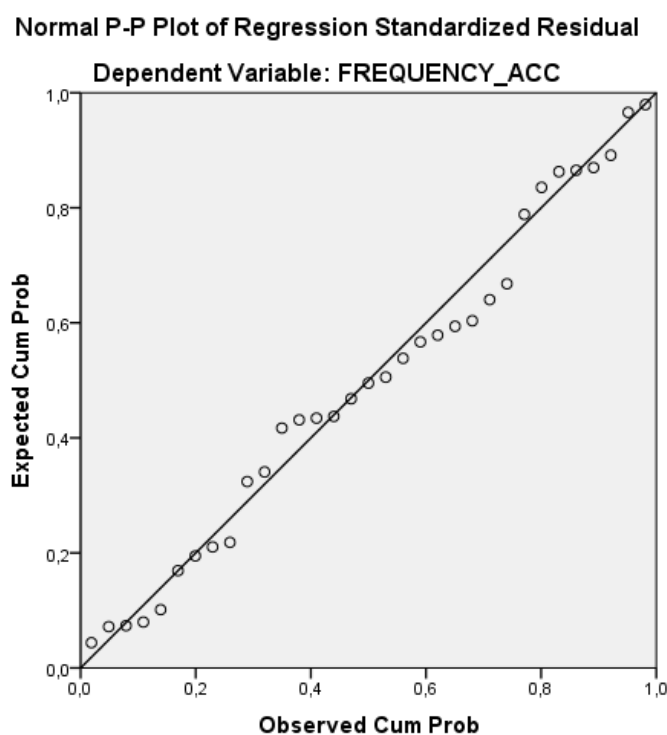
ANOVA ^{a,b}						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83,149	4	20,787	310,388	,000 ^c
	Residual	2,947	44	,067		
	Total	86,096 ^d	48			

Πίνακας 5. 17: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 3

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

Coefficients^{a,b}						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	No.Outgoing_Lanes	15,520	6,143	,194	2,526	,017
	O	27,857	6,036	1,272	4,615	,000
	logV ²	-77,010	19,791	-1,591	-3,891	,001
	STD_Speed_Diff	74,238	19,235	1,119	3,860	,001
a. Dependent Variable: FREQUENCY_ACC						

Πίνακας 5. 18: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 3



Διάγραμμα 5. 13: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 3

Μαθηματική σχέση:

$$\text{FREQUENCY_ACC} = 15,520 \cdot \text{No.Outgoing_Lanes} + 27,857 \cdot O - 77,010 \cdot \log V^2 + 74,238 \cdot \text{STD_Speed_Diff}$$

5.3.3.2 Ποιότητα προτύπου

Στο πρότυπο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι.

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι αρκετά υψηλός, ίσος με 0,916.
- ✓ Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος του 1,7, για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- ✓ Δεν περιλαμβάνεται **σταθερά** στο πρότυπο, καθώς όλες οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν και περιελάμβαναν σταθερό όρο οδηγούσαν σε αναξιόπιστα αποτελέσματα είτε η σταθερά δεν ήταν στατιστικά σημαντική.
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο πρότυπο και τα **πρόσημά** τους εξηγούνται λογικά.

5.3.3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού προτύπου προκύπτει μία σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Με την προσθήκη επιπλέον **κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου** από τη διασταύρωση η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε αυτή την περιοχή αυξάνεται. Με άλλα λόγια, για κάθε επιπλέον κυκλοφοριακή λωρίδα εξόδου παρατηρείται αύξηση των απότομων επιταχύνσεων κατά 16 φορές. Πιθανώς η σχέση των δύο μεγεθών να εξηγείται από το γεγονός ότι οι πιο επιθετικοί οδηγοί με την αύξηση των κυκλοφοριακών λωρίδων βρίσκουν πιο πολύ χώρο με αποτέλεσμα να επιταχύνουν πιο έντονα.
- Αν αυξηθεί κατά 1% η **μέση κατάληψη** σε διασταύρωση τότε οι απότομες επιταχύνσεις, στην ίδια διασταύρωση, θα αυξηθούν κατά 28 φορές. Ενδεχομένως οι πιο επιθετικοί οδηγοί αντιλαμβάνονται την αύξηση του κορεσμού της ροής και προσπαθούν να αξιοποιήσουν οποιοδήποτε ικανό χωρικό διαχωρισμό (κενό στην κυκλοφορία), με αποτέλεσμα ο συγκεκριμένος περιορισμός της κίνησης στους λιγότερο υπομονετικούς οδηγούς να δημιουργεί μια πιο επιθετική συμπεριφορά.
- Καθώς η **μέση ταχύτητα κυκλοφορίας** μειώνεται, ο αριθμός απότομων επιταχύνσεων που παρατηρούνται στον κόμβο αυξάνεται. Η μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας υπάρχει περίπτωση να προκαλέσει απρόβλεπτες συμπεριφορές των οδηγών. Ενδεχομένως όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας να βρίσκει ικανά χωρικά κενά για να επιταχύνει χωρίς να επιταχύνει απότομα.
- Για αύξηση μίας μονάδας της **τυπικής απόκλισης της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια της απότομης επιτάχυνσης** σε διασταύρωση, αυξάνεται ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων που παρατηρούνται κατά 74 φορές.

5.3.3.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	t	Σχετική επιρροή	
			ei	ei*
ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ				
No.Outgoing_Lanes	15,520	2,526	0,104	-
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ				
O	27,857	4,615	0,014	3,243
V	-77,010	-3,891	-0,004	-1
STD_Speed_Diff	74,238	3,860	0,012	2,821

Πίνακας 5. 19: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 3

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρότυπο, παρατηρούνται τα εξής:

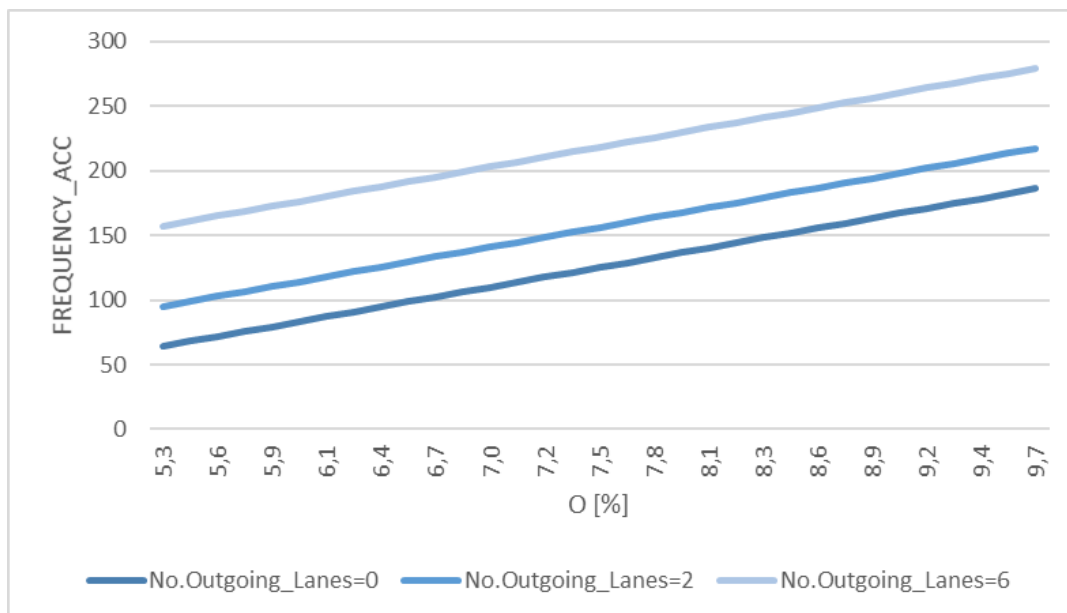
- I. Η μεταβλητή «**μέση κατάληψη**» φαίνεται πως έχει σχετικά μεγάλη επιρροή στην εξεταζόμενη εξαρτημένη μεταβλητή συγκριτικά με τις υπόλοιπες συνεχείς ανεξάρτητες. Συγκεκριμένα έχει 3,243 φορές μεγαλύτερη επιρροή από ότι η μεταβλητή «**μέση ταχύτητα κυκλοφορίας**» που αποτελεί εκείνη με τη μικρότερη επιρροή σε σχέση με τις υπόλοιπες δύο ($e_i = -0,004$)
- II. Η μεταβλητή «**τυπική απόκλιση της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος**» παρουσιάζει επιρροή στην συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε κόμβο 2,821 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας.

5.3.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Τα συγκεκριμένα **διαγράμματα** περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής (συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση) όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές.

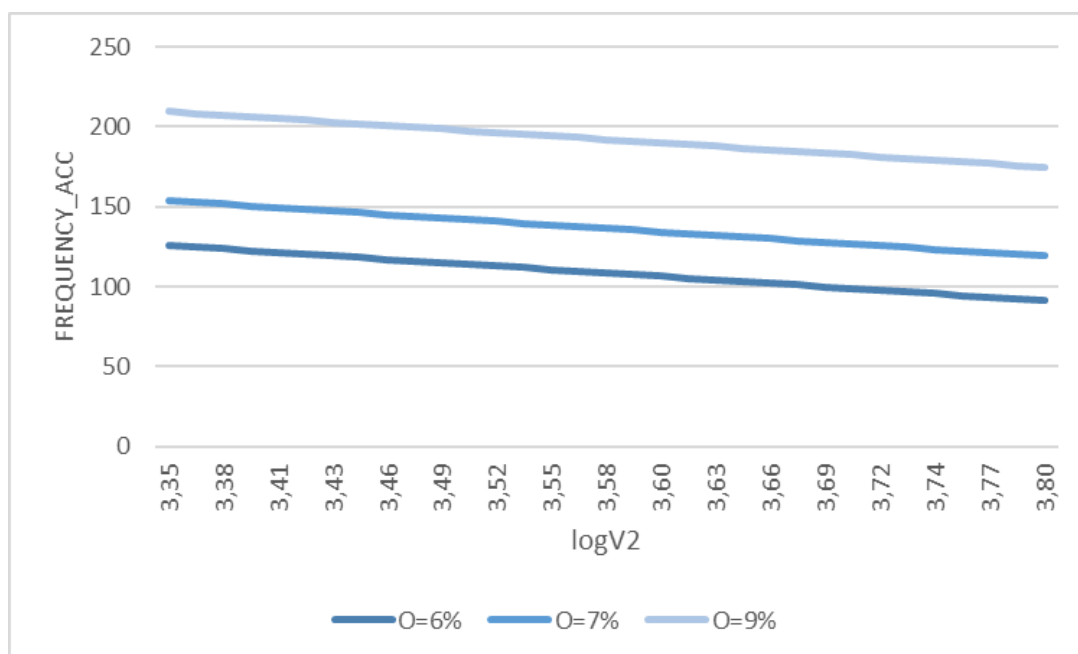
Διάγραμμα 5. 14: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση προς μέση κατάληψη

- No. Outgoing_Lanes=0, No. Outgoing_Lanes=2 και No. Outgoing_Lanes=6
- $\log V^2=3,5$
- $STD_Speed_Diff=2,5[km/h]$



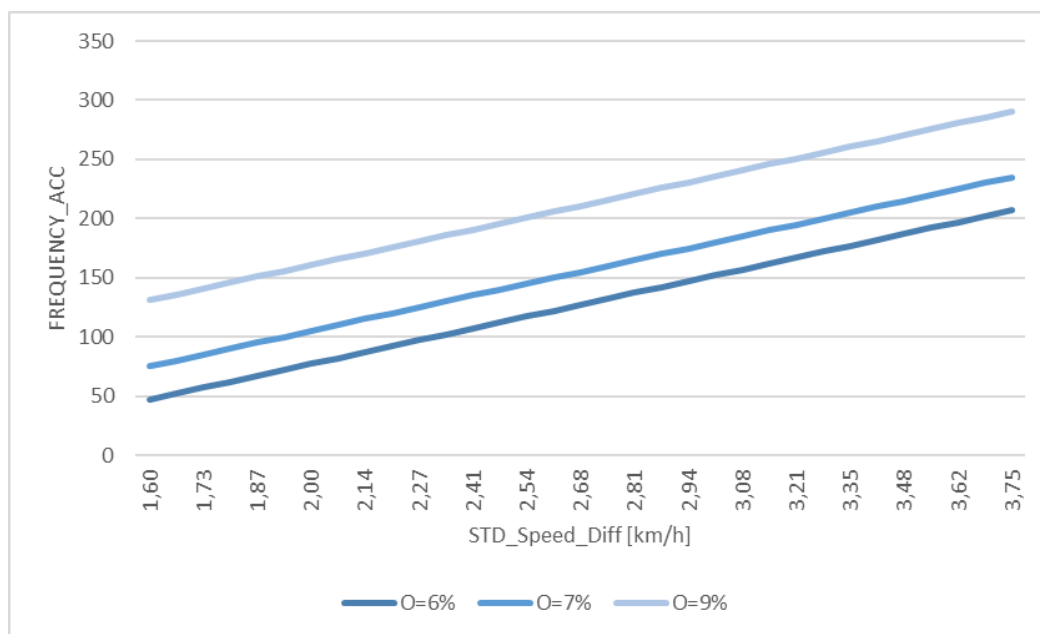
Διάγραμμα 5. 15: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση προς λογάριθμο δεύτερης δύναμης μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας

- No. Outgoing_Lanes=2
- $O=6[\%]$, $O=7[\%]$ και $O=9[\%]$
- $STD_Speed_Diff=2,5[km/h]$



Διάγραμμα 5. 16: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση προς τυπική απόκλιση της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη

- No. Outgoing_Lanes=2
- $O=6\%$, $O=7\%$ και $O=9\%$
- $\log V^2=3,5$



Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Σε όλα τα διαγράμματα, όποια μεταβλητή και να μεταβληθεί, προκύπτουν τρεις καμπύλες παράλληλες, κάτι που αποτελεί λογικό αποτέλεσμα λόγω της γραμμικότητας της μαθηματικής σχέσης του προτύπου. Για τα διαγράμματα 5.14 και 5.16 οι τρεις παράλληλες καμπύλες εμφανίζουν **αυξητική τάση** διότι μεταβάλλονται η μέση κατάληψη και η τυπική απόκλιση της μέγιστης διαφοράς ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια απότομης επιτάχυνσης, αντίστοιχα, των οποίων οι συντελεστές τους είναι θετικοί αριθμοί. Αντίθετα, για το διάγραμμα 5.15 οι καμπύλες έχουν **πτωτική τάση** δηλαδή, διαπιστώνεται πως καθώς αυξάνεται ο λογάριθμος της δεύτερης δύναμης της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας, μειώνονται οι απότομες επιβραδύνσεις και για χαμηλές και για υψηλές τιμές της εξεταζόμενης σταθερής μεταβλητής.

5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

5.3.4 Πρότυπο 4- Πρόβλεψη συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση.

5.3.4.1 Ανάπτυξη Προτύπου

Μετά από πολλές δοκιμές ως το καλύτερο πρότυπο για να εκφραστεί η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση (FREQUENCY_BRK) προέκυψε ότι είναι εκείνο με ανεξάρτητες μεταβλητές:

- No.Right_Exits: αριθμός δεξιών εξόδων από τον κόμβο
- Q: μέσος κυκλοφοριακός φόρτος σε αριθμό οχημάτων ανά ώρα [Veh/h]
- V²: δεύτερη δύναμή της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]
- MAX_Event_Speed: μέγιστη τιμή των ταχυτήτων πραγματοποίησης του κάθε συμβάντος σε χιλιόμετρα ανά ώρα [km/h]
- MIN_distance: ελάχιστη τιμή των αποστάσεων πραγματοποίησης του κάθε συμβάντος σε μέτρα [m]

Correlations						
		No.Right_Exits	Q	V ²	MAX_Event_Speed	MIN_distance
No.Right_Exits	Spearman's rho	1	,199	-,039	-,107	,037
Q	Pearson Correlation	,199	1	,172	-,005	,052
V ²	Pearson Correlation	-,039	,172	1	,210	,080
MAX_Event_Speed	Pearson Correlation	-,107	-,005	,210	1	,114
MIN_distance	Pearson Correlation	,037	,052	,080	,114	1

Πίνακας 5. 20: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Πρότυπο 4

Model Summary				
Model	R	R Square ^b	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,875 ^a	,765	,723	25,498041

Πίνακας 5. 21: Περίληψη προτύπου (Model Summary) – Πρότυπο 4

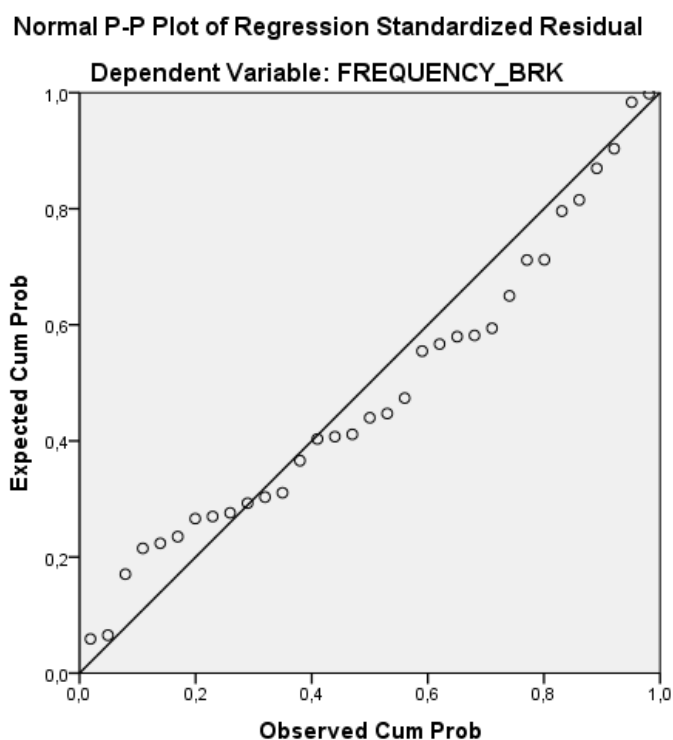
5. Ανάπτυξη Μαθηματικών Προτύπων

ANOVA^{a,b}						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	59357,797	5	11871,559	18,260	,000 ^c
	Residual	18204,203	28	650,150		
	Total	77562,000 ^d	33			

Πίνακας 5. 22: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Πρότυπο 4

Coefficients^{a,b}						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	No.Right_Exits	11,436	6,408	,296	1,785	,085
	Q	-,020	,009	-1,060	-2,135	,042
	V ²	,017	,005	1,238	3,339	,002
	MAX_Event_Speed	,491	,224	,833	2,194	,037
	MIN_distance	-16,160	5,582	-,526	-2,895	,007
a. Dependent Variable: FREQUENCY_BRK						

Πίνακας 5. 23: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Πρότυπο 4



Διάγραμμα 5. 17: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Πρότυπο 4

Μαθηματική σχέση:

$$\text{FREQUENCY_BRK} = 11,436 * \text{No.Right_Exits} - 0,020 * Q + 0,017 * V^2 + 0,491 * \text{MAX_Event_Speed} - 16,160 * \text{MIN_distance}$$

5.3.4.2 Ποιότητα προτύπου

Στο πρότυπο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι.

- Ο συντελεστής συσχέτισης **R²** είναι υψηλός, ίσος με 0,765.
- Ο έλεγχος του **t** να είναι μεγαλύτερος του 1,7, για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- Δεν περιλαμβάνεται **σταθερά** στο πρότυπο, καθώς δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Ακόμα η μηδενική σταθερά σημαίνει ότι είναι δυνατόν να μην πραγματοποιηθεί καμία απότομη επιβράδυνση στον κόμβο στην περίπτωση που όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές πάρουν μηδενικές τιμές, κάτι που πρακτικά είναι αδύνατο.
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο πρότυπο και τα **πρόσημά** τους εξηγούνται λογικά.

5.3.4.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων προτύπου

Στο Πρότυπο 4 σύμφωνα με τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών προκύπτουν κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με τον τρόπο μεταβολής της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων που πραγματοποιεί το όχημα όταν βρίσκεται σε κόμβο.

- Καθώς σε μία διασταύρωση αυξάνεται ο **αριθμός των δεξιών εξόδων** παρατηρείται αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων. Πιο συγκεκριμένα, αν προστεθεί ακόμα μία δεξιά έξοδος από τον κόμβο οι απότομες επιβραδύνσεις θα αυξηθούν κατά 11 φορές. Κάτι τέτοιο μπορεί να εξηγηθεί λογικά από την προσπάθεια του οδηγού που βγαίνει από τη διασταύρωση, να προσαρμόσει τη ταχύτητα κίνησής του, από αυτή που είχε στην λεωφόρο σε μία χαμηλότερη, μειώνοντάς την απότομα λόγω της σημαντικής διαφοράς των δύο ταχυτήτων.
- Για αύξηση του **μέσου φόρτου κυκλοφορίας** κατά εκατό οχήματα την ώρα παρατηρείται μείωση της πραγματοποίησης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση κατά 2 απότομες επιβραδύνσεις. Ενδεχομένως να εξηγείται από το γεγονός ότι ο οδηγός δε βρίσκει εμπόδια καθώς αυξάνεται ο φόρτος
- Αν αυξηθεί η **δεύτερη δύναμη της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας** που έχει καταγραφεί σε διασταύρωση κατά 1 (km/h)² τότε ο αριθμός των απότομων επιβραδύνσεων αυξάνεται κατά 1,7%. Λόγω αύξησης της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας εμφανίζεται η πιθανότητα δημιουργίας κυμάτων διαταραχής

κυκλοφορίας (shockwaves) ή στιγμιαίων ουρών από την εναλλαγή του φωτεινού σηματοδότη σε κόκκινο είτε από κάποιο άλλο απροσδόκητο εμπόδιο.

- Αν παρατηρηθεί αύξηση στη **μέγιστη τιμή των ταχυτήτων των απότομων επιβραδύνσεων** που πραγματοποιήθηκαν σε διασταύρωση τότε θα αυξηθεί και ο αριθμός των απότομων επιβραδύνσεων.
- Το αρνητικό πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής που εκφράζει την **ελάχιστη τιμή των αποστάσεων πραγματοποίησης των συμβάντων**, όταν η περιοχή που έχει οριοθετηθεί είναι διασταύρωση, δηλώνει την αντίθετη συμπεριφορά εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής. Πιο συγκεκριμένα, για μείωση της ελάχιστης παρατηρηθείσας απόστασης πραγματοποίησης της απότομης επιβράδυνσης κατά ένα μέτρο, οι απότομες επιβραδύνσεις μειώνονται κατά 16 φορές.

5.3.4.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i [*]
ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ				
No.Right_Exits	11,436	1,785	0,338	-
ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ				
Q	-0,020	-2,135	0,006	1
V	0,017	3,339	0,035	5,511
MAX_Event_Speed	0,491	2,194	0,011	1,746
MIN_distance	-16,160	-2,895	-0,009	-1,349

Πίνακας 5. 24: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο Πρότυπο 4

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο πρότυπο, παρατηρούνται τα εξής:

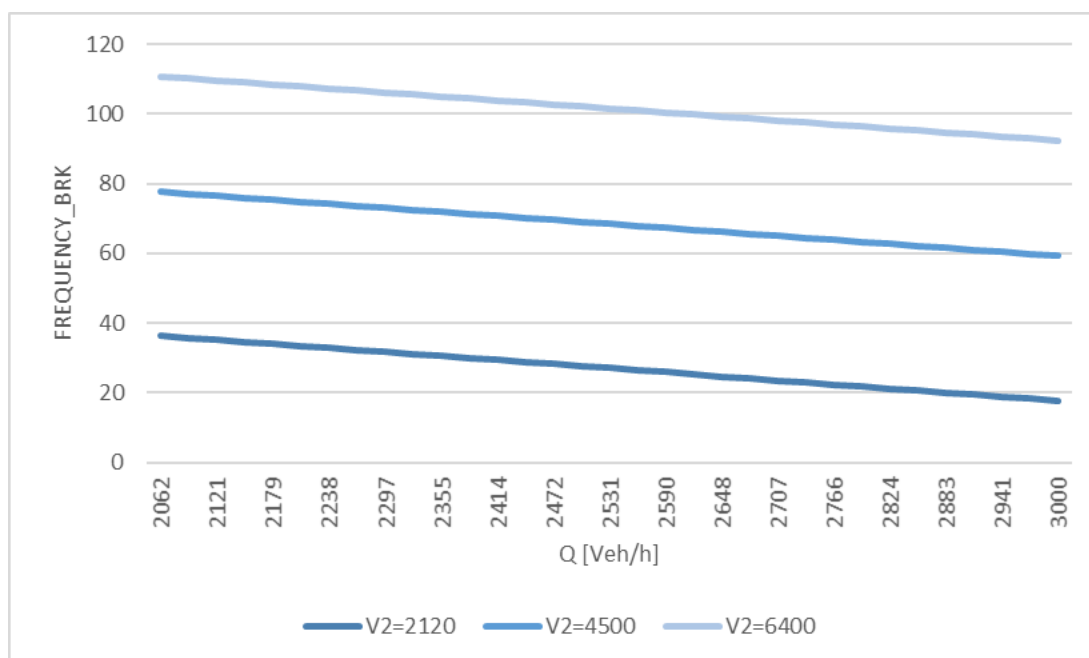
- I. Από τις τέσσερις ανεξάρτητες συνεχείς μεταβλητές του προτύπου, η μεταβλητή **«μέση ταχύτητα κυκλοφορίας»** παρατηρείται πως έχει μεγαλύτερη επιρροή συγκριτικά με τις υπόλοιπες τρεις. Επομένως, η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας εμφανίζεται να ασκεί σχετικά σημαντική επιρροή στη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων όταν η οριοθετημένη περιοχή υπό μελέτη είναι η διασταύρωση. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει 5,511 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τη μεταβλητή **«μέσος κυκλοφοριακός φόρτος»** που εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή ($e_i=0,006$).
- II. **Οι δύο μεταβλητές που σχετίζονται με τον τρόπο οδήγησης** του οδηγού και έχουν καταγραφεί από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων προκύπτει πως έχουν σχετικές επιρροές $e_i=0,011$ και $e_i=-0,009$.

5.3.4.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Τα συγκεκριμένα **διαγράμματα** περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής (συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση) όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές.

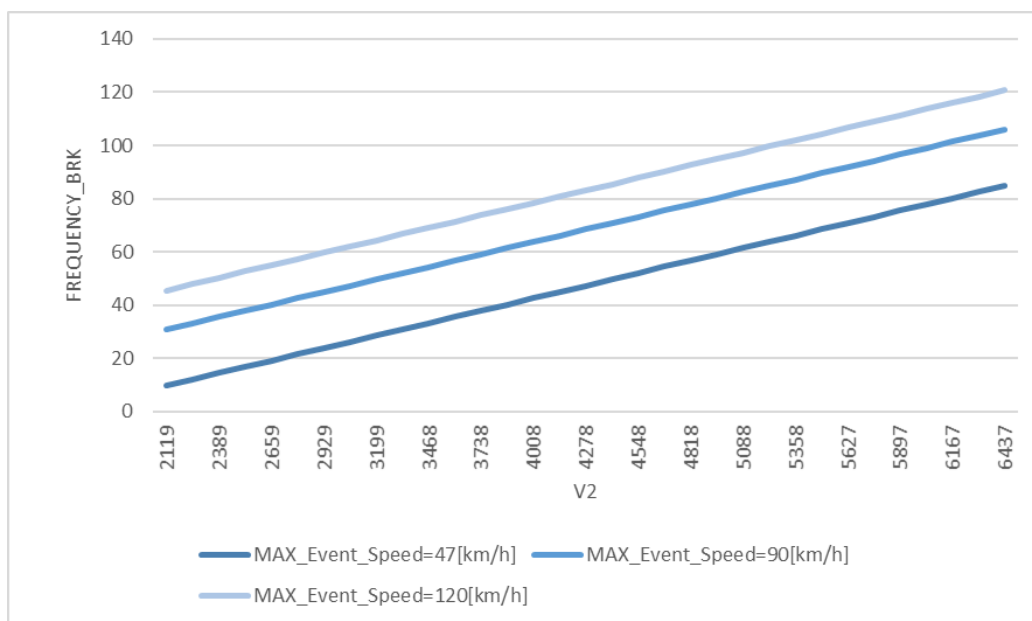
Διάγραμμα 5. 18: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς μέσο κυκλοφοριακό φόρτο

- No. Right_Exits=2
- $V^2=2120$, $V^2=4500$ και $V^2=6400$
- MAX_Event_Speed=80[km/h]
- MIN_distance=1[m]



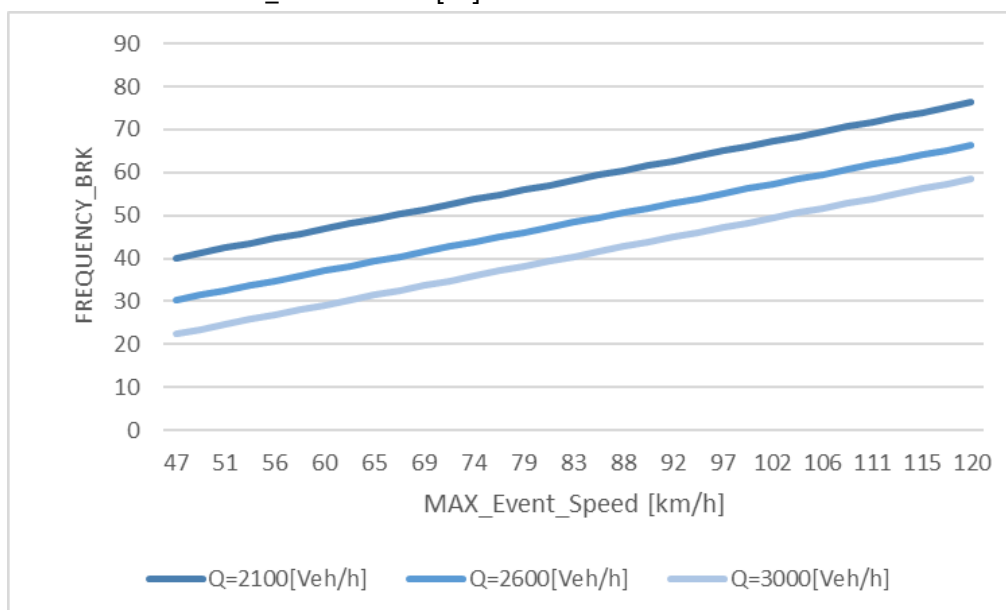
Διάγραμμα 5. 19: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς δεύτερη δύναμη μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας

- No. Right_Exits=2
- $Q=2589[\text{Veh/h}]$
- $\text{MAX_Event_Speed}=47[\text{km/h}]$, $\text{MAX_Event_Speed}=90[\text{km/h}]$ και $\text{MAX_Event_Speed}=120[\text{km/h}]$
- $\text{MIN_distance}=1[\text{m}]$



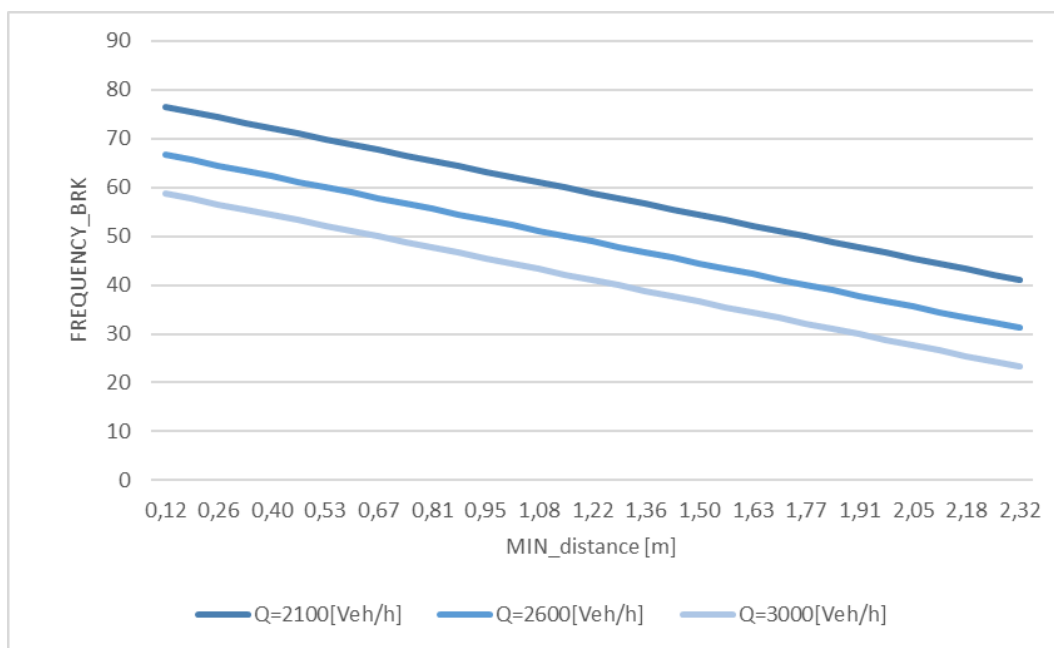
Διάγραμμα 5. 20: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς τη μέγιστη τιμή των μέγιστων διαφορών ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη

- No. Right_Exits=2
- $Q=2100[\text{Veh/h}]$, $Q=2600[\text{Veh/h}]$ και $Q=3000[\text{Veh/h}]$
- $V^2=3326$
- $\text{MIN_distance}=1[\text{m}]$



Διάγραμμα 5. 21: Συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε διασταύρωση προς την ελάχιστη τιμή των αποστάσεων πραγματοποίησης των συμβάντων

- No. Right_Exits=2
- $Q=2100[\text{Veh/h}]$, $Q=2600[\text{Veh/h}]$ και $Q=3000[\text{Veh/h}]$
- $V^2=3326$
- $\text{MAX_Event_Speed}=80[\text{km/h}]$



Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Σε όλα τα διαγράμματα όποια μεταβλητή και να μεταβληθεί, προκύπτουν τρεις καμπύλες που η κάθε μία αντιστοιχεί σε μία σταθερή τιμή που έχει δοθεί σε μία συγκεκριμένη ανεξάρτητη μεταβλητή προκειμένου να μελετηθεί η αυξητική ή μειωτική τάση της καθώς μεταβάλλεται η ανεξάρτητη υπό μελέτη. Και οι τρεις καμπύλες είναι παράλληλες μεταξύ τους με κλίση ανάλογα με το πρόσημο της ανεξάρτητης μεταβλητής που εξετάζεται κάθε φορά.

Συγκεκριμένα, για τα διαγράμματα 5.18 και 5.21, η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε κόμβο έχει **μειωτική τάση** καθώς αυξάνεται ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος και η ελάχιστη τιμή των αποστάσεων πραγματοποίησης των συμβάντων, αντιστοίχως. Όσον αφορά στα διαγράμματα 5.19 και 5.20 παρουσιάζεται **αυξητική τάση** κάτι που αιτιολογείται από τα θετικά πρόσημα των συντελεστών των δύο ανεξάρτητων μεταβλητών στη μαθηματική σχέση του Προτύπου 4. Τέλος, από το διάγραμμα 5.18 παρατηρείται πως η καμπύλη που αναφέρεται στη δεύτερη δύναμη της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας ίση με 2.120, μετατοπίζεται κατακόρυφα προς τα άνω κατά εβδομήντα απότομες επιβραδύνσεις περίπου, όταν η τιμή της δεύτερης δύναμης της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας γίνεται ίση με 6.400.

5.4 Συνολική ανάλυση αποτελεσμάτων

Μετά από την ανάλυση των προτύπων και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων τους, προκύπτει μια **συνολική ποιοτική θεώρηση και των τεσσάρων προτύπων** η οποία απαρτίζεται από τα παρακάτω:

- Όλα τα πρότυπα **περιλαμβάνουν** μία ανεξάρτητη μεταβλητή που σχετίζεται με ένα γεωμετρικό χαρακτηριστικό της εκάστοτε οριοθετημένης περιοχής, δύο που περιγράφουν κυκλοφοριακά μεγέθη και τέλος, μία ή δύο που περιγράφουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού.
- Όλα τα αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν **λογικά**.
- **Καθοριστικό παράγοντα** που επηρεάζει τη συμπεριφορά του οδηγού σε **οδικό τμήμα** αποτελεί ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά κυκλοφοριακή λωρίδα όπως προκύπτει από τις σχετικές επιρροές.
- **Καθοριστικοί παράγοντες** που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του οδηγού όταν κινείται σε **διασταύρωση**, είναι η μέση κατάληψη και η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας σύμφωνα με τις σχετικές επιρροές που υπολογίστηκαν.
- Τα τελικά πρότυπα που παρουσιάζονται παραπάνω αποτελούν τα **βέλτιστα** ως αποτέλεσμα πολλαπλών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και συνεπώς προβλέπουν όσο το δυνατόν καλύτερα την εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή.
- Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στα τελικά πρότυπα παρουσιάζουν **πολύ μικρή συσχέτιση** μεταξύ τους (μικρότερη από 0,4) και είναι στατιστικά σημαντικές για το 95% των περιπτώσεων.
- Επιτεύχθηκε και στα τέσσερα πρότυπα η **μέγιστη δυνατή συσχέτιση** μεταξύ της εκάστοτε εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών, με τον συντελεστή προσαρμογής R^2 να παίρνει τιμές από **0,765 έως και 0,966**.
- Το πρότυπο που περιγράφει τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε επίπεδο διασταύρωσης, αποτελείται από τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές με το πρότυπο που περιγράφει τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε επίπεδο διασταύρωσης και από μία επιπλέον μεταβλητή που περιγράφει τον τρόπο οδήγησης του οδηγού. Ενώ έγινε δοκιμή να μην προστεθεί η τελευταία μεταβλητή στο Πρότυπο 2 ή να προστεθεί στο Πρότυπο 1, προκειμένου τα δύο πρότυπα να είναι συγκρίσιμα, τα πρότυπα που προέκυπταν ήταν **αναξιόπιστα**, με κάποιες από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές να μετατρέπονται σε στατιστικά ασήμαντες.
- Παρατηρείται πως κάθε εξαρτημένη μεταβλητή που περιγράφει τη συμπεριφορά του οδηγού σε διαφορετικά οδικά περιβάλλοντα εξηγείται από

διαφορετικές ανεξάρτητες μεταβλητές δηλαδή, πρόκειται για **διαφορετικά φαινόμενα** που δεν μπορούν να συσχετιστούν.

- Καθώς αυξάνεται το μήκος του οδικού τμήματος παρατηρούνται περισσότερα απότομα συμβάντα.
- Καθώς αυξάνεται ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα σε οδικό τμήμα, αυξάνονται και τα απότομα συμβάντα.
- Καθώς αυξάνεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας που καταγράφεται σε οδικό τμήμα, παρατηρείται μειωτική τάση των απότομων συμβάντων. Επίσης, παρουσιάζουν όμοια συμπεριφορά οι απότομες επιταχύνσεις που λαμβάνουν χώρα σε διασταύρωση.
- Καθώς αυξάνεται η μέση κατάληψη στη διασταύρωση αυξάνονται και οι απότομες επιταχύνσεις στη συγκεκριμένη οριοθετημένη περιοχή.
- Ενώ η **αύξηση του μέσου κυκλοφοριακού φόρτου** προκαλεί αύξηση στα απότομα συμβάντα που πραγματοποιούνται σε οδικό τμήμα και στις απότομες επιταχύνσεις που συμβαίνουν σε κόμβο, στις απότομες επιβραδύνσεις που παρατηρούνται σε διασταύρωση προκαλεί μείωση.
- Ενώ η **αύξηση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας** προκαλεί μείωση στα απότομα συμβάντα που πραγματοποιούνται σε οδικό τμήμα και στις απότομες επιταχύνσεις που συμβαίνουν σε κόμβο, στις απότομες επιβραδύνσεις που παρατηρούνται σε κόμβο προκαλεί αύξηση.

6. Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Η προτυποποίηση της συμπεριφοράς του οδηγού αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που απασχολεί επί δεκαετίες την επιστημονική κοινότητα. Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **διερεύνηση της συνδυαστικής επιρροής των χαρακτηριστικών της οδού και της κυκλοφορίας στη συμπεριφορά του οδηγού** με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Η προτυποποίησης της συμπεριφοράς του οδηγού που επιδιώχθηκε στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο οριοθετημένης περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκε ο τρόπος που το οδικό περιβάλλον και η κυκλοφορία επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά καθώς το όχημα κινείται σε διασταύρωση ή σε οδικό τμήμα, βάσει της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων.

Αποφασίστηκε η έρευνα να πραγματοποιηθεί σε **μακροσκοπικό επίπεδο**. Με σκοπό τη δημιουργία μιας ικανής περιοχής μελέτης ορίστηκαν δύο αστικές λεωφόροι, η Λ. Μεσογείων και η Λ. Βουλιαγμένης στην Αθήνα, κυρίως λόγω του συγκρίσιμου αριθμού κυκλοφοριακών λωρίδων που προσέφεραν και του διαχωρισμού των δύο κατευθύνσεων.

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν, αντλήθηκαν από τρεις πηγές. Η πρώτη ομάδα δεδομένων αφορούσε στον τρόπο οδήγησης περίπου τριακοσίων (300) οδηγών στην Αθήνα που είχαν καταγραφεί από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) μέσω εφαρμογής της OSeven. Η δεύτερη διαμορφώθηκε από τα κυκλοφοριακά μεγέθη που συλλέχθηκαν μέσω είκοσι έξι (26) βρόγχων, εγκατεστημένων από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Περιφέρειας Αττικής, σε συγκεκριμένες θέσεις μέτρησης στις δύο αστικές λεωφόρους υπό μελέτη. Τέλος, η τρίτη αποτελούνταν από τα χαρακτηριστικά των δύο οδικών αξόνων που αντλήθηκαν με τη βοήθεια της διαδικτυακής υπηρεσίας χαρτογράφησης Google Maps.

Έπειτα από τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η **χωρική ανάλυση** εκείνων που αφορούσαν στον τρόπο οδήγησης των οδηγών, αποτυπώνοντας τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που καταγράφηκαν στους οδικούς άξονες των δύο λεωφόρων και αντιστοιχίζοντας τις σε διασταυρώσεις και οδικά τμήματα μέσω του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (G.I.S.). Μετά από την αποτύπωση των θέσεων μέτρησης των κυκλοφοριακών μεγεθών, ώστε να διαπιστωθεί σε ποιο οδικό τμήμα ή διασταύρωση αναφέρονται, δημιουργήθηκαν οι τέσσερις τελικές βάσεις δεδομένων που αποτελούνταν από έναν συνδυασμό των τριών αρχικών ομάδων δεδομένων.

6. Συμπεράσματα

Την χωρική ανάλυση ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των στοιχείων. Αφού πραγματοποιήθηκε μία σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν **τέσσερα μαθηματικά στατιστικά πρότυπα** σε επίπεδο οριοθετημένης περιοχής που αποτύπωναν τη συσχέτιση μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρέαζαν, με την μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Επισημαίνεται ότι η **σχετική επιρροή** των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε προτύπου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας με αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου προτύπου.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Πρόβλεψη της συχνότητας εμφάνισης:											
	Απότομων επιταχύνσεων						Απότομων επιβραδύνσεων					
	Οδικό τμήμα				Διασταύρωση		Οδικό τμήμα				Διασταύρωση	
	β _i *	t	Σχετική επιρροή		β _i	t	Σχετική επιρροή		β _i *	t	Σχετική επιρροή	
			e _i	e _i *			e _i	e _i *			e _i	e _i *
Μήκος οδικού τμήματος	0,001	4,224	0,007	1,138					0,001	2,470	0,005	1,672
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα κυκλοφορίας	0,002	5,974	0,03	4,858					0,002	4,355	0,024	8,692
Μέση ταχύτητα κυκλοφορίας	-0,011	-2,470	-0,014	-2,217					-0,010	-1,909	-0,013	-4,551
Εύρος μέγιστης διαφοράς ταχύτητας συμβάντος	0,039	3,477	0,006	1					0,076	4,650	0,013	4,593
Διακύμανση απόστασης πραγματοποίησης συμβάντος									0,058	1,756	0,003	1
Αριθμός κυκλοφοριακών λωρίδων εξόδου από διασταύρωση					15,520	2,526	0,104	-				
Μέση κατάληψη					27,857	4,615	0,014	3,243				
Λογάριθμος δεύτερης δύναμης μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας					-77,010	-3,891	-0,004	-1				
Τυπική απόκλιση μέγιστης διαφοράς ταχύτητας κατά τη διάρκεια του απότομου					74,238	3,860	0,012	2,821				
Αριθμός δεξιών εξόδων από διασταύρωση											11,436	1,785
Μέσος κυκλοφοριακός φόρτος											-0,020	-2,135
Δεύτερη δύναμη μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας											0,017	3,339
Μέγιστη ταχύτητα πραγματοποίησης απότομου συμβάντος											0,491	2,194
Ελάχιστη απόσταση πραγματοποίησης απότομου συμβάντος											-16,160	-2,895
R²	0,966				0,916		0,959				0,765	

Πίνακας 6. 1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών προτύπων

* Ο συντελεστής αναφέρεται στο λογάριθμο των απότομων συμβάντων

6.2 Συνολικά συμπεράσματα

Κατά τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μία σειρά συμπερασμάτων που συνδέεται άμεσα με τους αρχικούς στόχους και τα ερωτήματά της. Στο παρόν υποκεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα ερωτήματα αυτά, με τη σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Τα **γενικά συμπεράσματα** συνοψίζονται ως εξής:

1. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιθετική συμπεριφορά του οδηγού είναι αρκετοί, αλλά από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι τα κυκλοφοριακά μεγέθη (φόρτοι, ταχύτητες κυκλοφορίας) αποτελούν πιο **καθοριστικούς παράγοντες** σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού και τον τρόπο οδήγησης. Επομένως, προκύπτει ότι η λοιπή κυκλοφορία επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό τον οδηγό συγκριτικά με τον ίδιο του τον εαυτό και τη γεωμετρία της οδού.
2. **Στα οδικά τμήματα** εμφανίζεται ως πιο κρίσιμη μεταβλητή **ο κυκλοφοριακός φόρτος ανά λωρίδα κυκλοφορίας**. Συγκεκριμένα, εάν αυξηθεί παρατηρείται αύξηση των απότομων συμβάντων στα αντίστοιχα οδικά τμήματα. Ενδεχομένως κάτι τέτοιο να εξηγείται από το γεγονός ότι λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης δημιουργούνται εμπόδια με αποτέλεσμα να μην επιτρέπεται στον χρήστη να προσαρμόσει την ταχύτητά του κατά βούληση.
3. Στις **διασταυρώσεις** ως πιο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων εμφανίζεται **η μέση κατάληψη** καθώς στις διασταυρώσεις λόγω αυξομείωσης της ταχύτητας η κυκλοφοριακή συμφόρηση επηρεάζει τη συμπεριφορά του οδηγού. Πιο συγκεκριμένα, καθώς αυξάνεται η μέση κατάληψη σε μία διασταύρωση, οι απότομες επιταχύνσεις αυξάνονται διότι πιθανώς οι πιο επιθετικοί οδηγοί αντιλαμβάνονται την αύξηση του κορεσμού της ροής και προσπαθούν να αξιοποιήσουν οποιοδήποτε ικανό χωρικό διαχωρισμό.
4. Επίσης, από τις αναλύσεις ελαστικότητας προκύπτει ότι πιο καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά στη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων **σε διασταύρωση**, αποτελεί **η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας**. Όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας πραγματοποιούνται περισσότερες απότομες επιβραδύνσεις λόγω πιθανόν, της δημιουργίας κυμάτων διαταραχής κυκλοφορίας (shockwaves) ή στιγμιαίων ουρών από την εναλλαγή του φωτεινού σηματοδότη σε κόκκινο είτε από κάποιο άλλο απροσδόκητο εμπόδιο.
5. Από την στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι η **συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων** είναι κατά πολύ μεγαλύτερη στις διασταυρώσεις συγκριτικά με τα οδικά τμήματα ενώ η **συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων** εμφανίζεται να είναι λίγο μεγαλύτερη στις διασταυρώσεις από ότι στα οδικά τμήματα. Σε επίπεδο δείγματος, κάτι τέτοιο πιθανώς να αποτελεί ένδειξη ότι

6. Συμπεράσματα

συχνά παραβιάζεται ο χρόνος σηματοδότησης και πολλοί οδηγοί επιταχύνουν απότομα προκειμένου να εκκενώσουν τον κόμβο άμεσα.

6. Στην **ιεράρχηση μεγεθών που επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε οδικό τμήμα** ακολουθούν η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, το μήκος οδικού τμήματος και τέλος, η μέγιστη διαφορά της ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε μορφή εύρους. Όσον αφορά στη **συχνότητα εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων σε οδικό τμήμα** δεύτερο πιο καθοριστικό παράγοντα αποτελεί το εύρος των μέγιστων διαφορών της ταχύτητας των απότομων επιβραδύνσεων που πραγματοποιούνται στο οδικό τμήμα και ακολουθούν στην ιεράρχηση η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, το μήκος του οδικού τμήματος και εκείνο με τη λιγότερο καθοριστική επιρροή, η διακύμανση της απόστασης πραγματοποίησης του απότομου συμβάντος.
7. Στην **ιεράρχηση μεγεθών που επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων σε διασταύρωση** ακολουθούν η μέγιστη διαφορά της ταχύτητας σε δύο δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε μορφή τυπικής απόκλισης και η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας. Δεύτερος πιο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει **τον αριθμό των απότομων επιβραδύνσεων που πραγματοποιούνται σε διασταύρωση**, σύμφωνα με την ελαστικότητα, αποτελεί η μέγιστη ταχύτητα πραγματοποίησης του απότομου συμβάντος που καταγράφεται στον κόμβο. Ακολουθούν η ελάχιστη απόσταση πραγματοποίησης της απότομης επιβράδυνσης και τέλος ο μέσος κυκλοφοριακός φόρτος.
8. Παρατηρήθηκε ότι καθώς αυξάνεται το **μήκος του οδικού τμήματος**, αυξάνεται η συχνότητα εμφάνισης απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων. Ενδεχομένως η συγκεκριμένη παρατήρηση να οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό εξόδων/εισόδων της λεωφόρου, στις περισσότερες αλλαγές λωρίδων κυκλοφορίας. Ακόμα πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός ότι οι οδικοί σηματοδότες παρότι αποτελούν μέρος των διασταυρώσεων υπάρχει περίπτωση να έχουν μία ακτίνα επιρροής που να εκτείνεται έως και τα κατάντη και ανάντη υποτμήματα των οδικών τμημάτων της κυκλικής περιοχής που έχει οριστεί για κάθε διασταύρωση. Με αυτόν τον τρόπο στα προαναφερόμενα υποτμήματα υπάρχει πιθανότητα εξέλιξης απότομου συμβάντος λόγω εναλλαγής της φωτεινής ένδειξης.
9. Με την **αύξηση των λωρίδων κυκλοφορίας που εξέρχονται από τη διασταύρωση** σημειώνεται αύξηση των απότομων επιταχύνσεων στη συγκεκριμένη οριοθετημένη περιοχή. Ενδεχομένως να εξηγείται από την επιθυμία των πιο επιθετικών οδηγών να επιταχύνουν εφόσον με την αύξηση των κυκλοφοριακών λωρίδων, βρίσκουν περισσότερο χώρο.

10. Προέκυψε ότι η **αύξηση του αριθμού των δεξιών εξόδων από τη διασταύρωση** προκαλεί αύξηση της συχνότητας εμφάνισης απότομων επιβραδύνσεων και κάτι τέτοιο ενδεχομένως να δικαιολογείται από τη προσπάθεια του οδηγού που εξέρχεται από τη διασταύρωση να προσαρμόσει τη ταχύτητα κίνησης του οχήματός του σε μία χαμηλότερη που απαιτείται στο οδικό δίκτυο εκτός της Λεωφόρου. Ακόμα πιθανώς να εξηγείται από την απότομη επιβράδυνση που μπορεί να πραγματοποιεί το όπισθεν όχημα από εκείνο που εξέρχεται, λόγω της απρόβλεπτης και πιο έντονης επιβράδυνσης του εξερχόμενου, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κυμάτων διαταραχής κυκλοφορίας (shockwaves).
11. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους της **πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, που αποδείχθηκαν κατάλληλες για τέτοιου είδους ανάλυση. Η ανάλυση των στοιχείων με τις προαναφερόμενες μεθόδους οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων μαθηματικών προτύπων διερεύνησης της επιθετικής συμπεριφοράς του οδηγού σε επίπεδο οριοθετημένης περιοχής. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου έγινε καθώς οι ανεξάρτητες μεταβλητές προς εξέταση ήταν συνεχείς.
12. **Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι δυνατό να γενικευτούν** ώστε να ισχύουν σε άλλες περιοχές εκτός από την περιοχή έρευνας. Πριν από οποιαδήποτε γενίκευση όμως, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν απαραίτητες προσαρμογές για πιθανές διαφοροποιήσεις του οδικού περιβάλλοντος και της κυκλοφορίας.

6.3 Προτάσεις για την αποφυγή της απότομης συμπεριφοράς του οδηγού

Με βάση τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξάχθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, επιχειρείται η παράθεση μίας **σειράς προτάσεων**, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας καθώς και στην αύξηση του επιπέδου της οδικής ασφάλειας των χρηστών των οδών όμοιων με τη περιοχή έρευνας αλλά και γενικότερα.

1. Η χρήση των υπηρεσιών αυτόματης ενημέρωσης της συμπεριφοράς του οδηγού μέσω των έξυπνων κινητών τηλεφώνων, όπως στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, θα επιτρέψει ενδεχομένως συνεχώς **περισσότεροι οδηγοί να ενημερώνονται και να βελτιώνουν τη συμπεριφορά τους** γνωστοποιώντας την επίδοση τους στην οδήγηση.
2. Η **βελτίωση της σήμανσης και σηματοδότησης** με απώτερο σκοπό την αποφυγή φαινομένων spillovers που ενδεχομένως προκαλούν απότομες επιβραδύνσεις και επιταχύνσεις.

6. Συμπεράσματα

3. Οι ασφαλιστικές εταιρίες θα μπορούσαν να επιβραβεύουν τους οδηγούς που δεν οδηγούν επιθετικά και δε πραγματοποιούν απότομα συμβάντα αυξάνοντας τις πιθανότητες για την εμπλοκή τους σε οδικό ατύχημα, με **μειωμένα ασφάλιστρα**. Αυτή η τακτική ενδεχομένως θα δώσει οικονομικό κίνητρο σε όλους τους οδηγούς με στόχο τη πιο προσεκτική οδήγηση.
4. Η **εμφάνιση μηνυμάτων στο καντράν του οχήματος** που θα προειδοποιούν τον οδηγό σχετικά με τα όρια ταχύτητας και η αποστολή ηχητικών μηνυμάτων σε περίπτωση που ξεπεραστεί το συγκεκριμένο όριο. Επιπρόσθετα η αποστολή ηχητικών μηνυμάτων θα φαινόταν χρήσιμη και σε περίπτωση που το όχημα έχει αφήσει ελάχιστη απόσταση από το έμπροσθέν του.
5. Απαιτείται ένα σχέδιο δράσης, μέσω **εκστρατειών ενημέρωσης** σε όλα τα μέσα ενημέρωσης και το διαδίκτυο, ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της νοοτροπίας των οδηγών και να αναδειχθούν οι κίνδυνοι που εγκυμονεί η απότομη συμπεριφορά του οδηγού. Επίσης, μέσω των εκστρατειών ενημέρωσης θα μπορούσαν να αναδειχθούν οι οικονομικές επιβαρύνσεις από την ταχύτερη φθορά των ελαστικών και του κινητήρα και την υπερκατανάλωση καυσίμου κατά τη διάρκεια του απότομου συμβάντος. Τέλος, θα πρέπει να ευαισθητοποιηθεί ο κόσμος σχετικά με τη μόλυνση στο περιβάλλον που προκαλείται από την εκπομπή ρύπων μέσω της επιθετικής οδήγησης.
6. Πρέπει να υπάρξει μια **συντονισμένη αντιμετώπιση** του προβλήματος **από την Πολιτεία αλλά πολύ περισσότερο από τους εκπαιδευτικούς φορείς**, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το υπόβαθρο για τη δημιουργία υπεύθυνων και υποδειγματικών οδηγών από μικρή ηλικία. Συμπερασματικά, για την υλοποίηση του συγκεκριμένου σκοπού είναι απαραίτητη η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων αλλά και η ένταξη μαθημάτων οδικής ασφάλειας στα πλαίσια των σχολικών δραστηριοτήτων όπως και η διαρκής ενημέρωση των πολιτών αλλά και η υπενθύμιση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας στους οδηγούς.
7. Η **λήψη μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας** όπως η ενθάρρυνση της χρήσης περιφερειακών οδών και μέσων μαζικής μεταφοράς με σκοπό τον «στραγγαλισμό» της διαμπερούς κυκλοφορίας η οποία διέρχεται σε μεγάλο βαθμό από τις κεντρικές αστικές λεωφόρους και προκαλεί επιθετικές συμπεριφορές.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

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

1. Τα δεδομένα θα ήταν δυνατόν να συλλεχθούν για άλλες αστικές λεωφόρους, ή άλλο τύπο οδού γενικότερα (π.χ. χωρίς διαχωριστική νησίδα). Με την **αλλαγή**

στην περιοχή έρευνας θα ήταν δυνατόν να εξακριβωθεί κατά πόσο ισχύουν τα αποτελέσματα ώστε να είναι δυνατή μία γενίκευση. Εναλλακτικά, **μελλοντική έρευνα στην ίδιας περιοχές** θα έδειχνε την τάση των φαινομένων σε βάθος χρόνου, και τα αποτελέσματα θα ήταν απολύτως συγκρίσιμα. Μια τέτοια έρευνα θα ποσοτικοποιούσε και τα αποτελέσματα ενδεχόμενων παρεμβάσεων στην οδική ασφάλεια.

2. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε **η διερεύνηση της συμπεριφοράς του οδηγού κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας**, δηλαδή κατηγοριοποιώντας τα δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα βάσει της ώρας πραγματοποίησης του συμβάντος.
3. Θα ήταν χρήσιμο να ήταν **διαθέσιμα στοιχεία με τα χαρακτηριστικά του οδηγού**, όπως το φύλο, τα χρόνια οδήγησης, η ηλικία κτλ., ώστε να μπορούν να ομαδοποιηθούν οι συμμετέχοντες και να εξαχθούν αποτελέσματα βάσει των δημογραφικών χαρακτηριστικών.
4. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε μία ανάλυση η οποία θα στηριζόταν σε **ακόμα περισσότερα δεδομένα**, όπως τα χαρακτηριστικά του οχήματος (κινητήριος δύναμη, ίπποι, ηλικία κτλ.), η κατάσταση του οδοστρώματος που κινείται το όχημα ή οι καιρικές συνθήκες με τον προσδιορισμό του μήνα κατά τον οποίο πραγματοποιήθηκε το απότομο συμβάν.

7. Βιβλιογραφία

1. A. B. Rodriguez Gonzalez, M. R. Wilby, J. J. Vinagre, and C. Sanchez (2014) "Modeling and detecting aggressiveness from driving signals," IEEE Trans. on ITS, vol. 15, no. 4, pp. 1419–1428, 2014
2. Alessandrini, A., Cattivera, A., Filippi, F., & Ortenzi, F. (2012). Driving style influence on car CO2 emissions. In 20th International Emission Inventory Conference - "Emission Inventories - Meeting the Challenges Posed by Emerging Global, National, and Regional and Local Air Quality Issues". Tampa, Florida, August 13 –16
3. C. Troncoso, G. Danezis, E. Kosta, J. Balasch, and B. Preneel (2011) "Pripayd: Privacy-friendly pay-as-you-drive insurance," IEEE Trans.on Dependable and Secure Comp., vol. 8, no. 5, pp. 742–755
4. Eduardo Romera, Luis M. Bergasa, Roberto Arroyo (2016) "Need Data for Driver Behaviour Analysis? Presenting the Public UAH-DriveSet."
5. European Commission, Annual Accident Report. European Commission, Directorate General for Transport, June 2018, https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dac_ota/asr2018.pdf
6. G. Yannis, D.Tselentis, E.Papadimitriou, S. Mavromatis (2016): "Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection."
7. Jin-Hyuk Hong, Ben Margines, Anind K. Dey (2014): "A Smartphone-based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors."
8. Johannes Paefgen, Flavius Kehr, Yudan Zhai, Florian Michahelles (2012): "Driving Behavior Analysis with Smartphones: Insights from a Controlled Field Study."
9. Jonathan Aguero-Valverde, Paul P. Jovanis (2005): "Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania."
10. Karl Kim, I. Made Brunner, and Eric Y. Yamashita (2006): "Influence of Land Use, Population, Employment, and Economic Activity on Accidents."
11. Mohamed Abdel-Aty, Jaeyoung Lee, Chowdhury Siddiqui, Keechoo Choi (2013): "Geographical unit based analysis in the context of transportation safety planning."
12. National Technical University of Athens, Road Safety Observatory 2016 <http://www.nrso.ntua.gr>
13. OSeven, <https://www.oseven.io/>

7. Βιβλιογραφία

14. Rosolino Vaiana, Teresa Iuele, Vittorio Astarita, Maria Vittoria Caruso, Antonio Tassitani, Claudio Zaffino & Vincenzo Pasquale Giofrè (2013) "Driving Behavior and Traffic Safety: An Acceleration-Based Safety Evaluation Procedure for Smartphones."
15. S. P. Washington, M. G. Karlaftis, F. L. Mannering (2010) "Statistical and econometrics methods for transportation data analysis.", Second Edition
16. Tessa Anderson (2006) "Comparison of spatial methods for measuring road accident 'hotspots': a case study of London."
17. Tessa K. Anderson (2009) "Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots."
18. Toledo, Tomer, Oren Musicant, Tsippy Lotan (2008) "In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior." Transportation Research Part C: Emerging Technologies 16.3: 320-331
19. World Health Organization (2018) "Global Status Report on Road Safety"
20. World Health Organization (2015) "Global Status Report on Road Safety"
21. Yamakado, M., Takahashi, J., Saito, S., & Abe, M. (2009). G-Vectoring: New Vehicle Dynamics Control Technology for Safe Driving. Industrial Systems, 58(7), December 2009
22. Γιώργος Γιαννής (2018) "Οδικά ατυχήματα- Προοδεύουμε αλλά παραμένουμε στους τελευταίους στην Ευρώπη", MarketPost, <https://marketpost.gr/opinions/odika-atychimata-eyropi/40883/>
23. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, <http://www.statistics.gr>
24. Κοκκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2008) "Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική με Εφαρμογές", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2010
25. Περιφέρεια Αττικής, Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας http://www.patt.gov.gr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=4875&Itemid=318
26. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας, and Μ. Χ. Πιτσιάβα-Λατινοπούλου (2009) "Κυκλοφοριακή Τεχνική." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
27. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας (1994) "Οδική Ασφάλεια." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα