



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**Προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής
της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας
με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα**

Διπλωματική Εργασία



Αριστοτέλης Κοκκινάκης

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

Αθήνα, Μάρτιος 2019

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την υποστήριξη του καθώς και για την εκπληκτική συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδιά της. Επιπλέον οφείλω να τον ευχαριστήσω για την σωστή καθοδήγηση αλλά και για τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: κ. Ι. Γκόλια, Πρύτανη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και κ. Ε. Βλαχογιάννη, Επίκουρο Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους και για τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου στη σχολή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον κ. Δημήτρη Τσελέντη, Διδάκτορα ΕΜΠ, για τη πολύτιμη βοήθεια του, τις παρατηρήσεις και τις συμβουλές του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν και στην εταιρεία τηλεματικής Oseven, η οποία παραχώρησε τα πολύ χρήσιμα στοιχεία μέτρησης συμπεριφοράς του οδηγού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την στήριξη που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2019

Αριστοτέλης Κοκκινάκης

Προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα

Αριστοτέλης Κοκκινάκης

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνοψη:

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα. Για το σκοπό αυτό, αναλύονται στοιχεία που συλλέχθηκαν από εξήντα-οχτώ οδηγούς οι οποίοι συμμετείχαν σε πείραμα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα δεκαπέντε μηνών. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Μέσω των μοντέλων της γραμμικής παλινδρόμησης εξετάστηκε κατά πόσο χαρακτηριστικά της οδήγησης που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων επηρεάζουν και επομένως μπορούν να προβλέψουν το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας. Αναπτύχθηκαν συνολικά τέσσερα μοντέλα πρόβλεψης του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας, ένα γενικό μοντέλο και τρία μοντέλα για κάθε τύπο οδικού δικτύου (αστικό, υπεραστικό, αυτοκινητόδρομο). Από την εφαρμογή των μοντέλων προέκυψε ότι οι έξι παράμετροι της απόστασης, των υψηλής εντάσεως απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, των απότομων στροφών, της μέσης επιβράδυνσης και της χρήσης του κινητού τηλεφώνου ήταν στατιστικά σημαντικές στα μοντέλα παλινδρόμησης. Στο γενικό μοντέλο, ο αριθμός των απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως είχε τη πιο σημαντική επιρροή, ενώ για κάθε τύπο οδού ξεχωριστά, κυριότερη παράμετρος ήταν η απόσταση της διαδρομής.

Λέξεις – Κλειδιά: Υπέρβαση των ορίων ταχύτητας, απότομες επιβραδύνσεις, απότομες επιταχύνσεις, έξυπνα κινητά τηλέφωνα, γραμμική παλινδρόμηση, οδική ασφάλεια

Identification of critical driving parameters affecting speeding using data from smartphones

Aristotelis Kokkinakis

Supervisor: George Yannis, professor NTUA

Abstract:

The aim of this Diploma Thesis is to identify the critical driving parameters that affect speeding using data from smartphones. To achieve this objective, data collected from sixty-eight drivers who participated at a naturalistic driving experiment for fifteen months are analyzed. The analysis was carried out with the use of statistical method of linear regression. Through the linear regression models, it was examined whether driving characteristics recorded by smartphone sensors affect and can therefore predict the percentage of driving duration with speed above the speed limit. Four statistical linear regression models forecasting the percentage of driving duration with speeding were developed: one general model and three models for each road type (urban, rural, highway). The results revealed that all six parameters, distance, high intensity harsh accelerations and brakings, harsh cornerings, average deceleration and mobile usage, were statistically significant in the regression models. For the general model, the number of high intensity harsh brakings had the most significant impact, whereas for each type of road separately, distance was the most significant parameter.

Keywords: speeding, harsh brakings, harsh accelerations, smartphones, linear regression, road safety

Εκτενής Περίληψη

Το **αντικείμενο** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας έχει ως σκοπό τον **προσδιορισμό των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα**. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού (απόσταση ταξιδιού, απότομη επιτάχυνση, απότομη επιβράδυνση, ποσοστό διάρκειας οδήγησης στο οποίο ο οδηγός κάνει χρήση κινητού τηλεφώνου, κτλ.) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο ταχύτητας.

Μετά τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η ανάλυση της βάσης δεδομένων που συλλέχθηκαν από 68 οδηγούς σε **πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης** μέσω των αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Τα δεδομένα αφορούσαν σε 21610 μετακινήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από τον Αύγουστο του 2016 έως τον Οκτώβριο του 2017, οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, η οποία όμως καταγραφόταν και σε οποιονδήποτε τύπο οδού με βάση το GPS.

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων και μια σειρά δοκιμών, αποφασίστηκε η εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων με τη **μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης** για την εξαρτημένη μεταβλητή, η οποία ήταν το ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας τόσο για το σύνολο των οδικών δικτύων (αστικό περιβάλλον, υπεραστικό περιβάλλον, αυτοκινητόδρομοι) όσο και ξεχωριστά για κάθε τύπο οδού.

Από την παραπάνω επεξεργασία προέκυψαν συγκεντρωτικά τα ακόλουθα μοντέλα που συνοψίζονται στο πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας στατιστικών μοντέλων

	Ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας			
	Γραμμική Παλινδρόμηση			
	Όλοι οι τύποι οδού	Αστικό περιβάλλον	Υπεραστικό περιβάλλον	Αυτοκινητόδρομος
Σταθερά	0,021	-0,034	0,014	0,002
Απόσταση διαδρομής	0,002	0,014	0,006	0,002
Αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως	0,031	0,014	0,026	0,031
Αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως	0,054	0,070	0,032	0,096
Αριθμός απότομων στροφών	-0,002	-0,009	-0,017	-0,033
Μέση επιβράδυνση	-0,016	-0,041	-0,017	-0,057
Ποσοστό χρόνου χρήσης κινητού τηλεφώνου	0,014	0,026	0,036	0,104

Σε όλα τα μοντέλα οι μεταβλητές αφορούν στο αντίστοιχο οδικό περιβάλλον.

Τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας συνοψίζονται ως εξής:

- Στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί ως τώρα παγκοσμίως αναφορικά με τη μελέτη της συμπεριφοράς των οδηγών, η συλλογή των δεδομένων γινόταν είτε μέσω του συστήματος διαγνωστικών του οχήματος (OBD) είτε μέσω άλλων πολύπλοκων συνδυασμών οργάνων καταγραφής που συνδέονταν με το όχημα (naturalistic driving κτλ.) ή με προσομοιωτές οδήγησης και ερωτηματολόγια. Στη παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των οδηγών με **δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων** που αφορούν στον οδηγό και όχι στο όχημα. Επιπλέον, επιχειρείται ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με επιπλέον μεταβλητές πέραν εκείνων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη πλειονότητα παρόμοιων ερευνών.
- Με την ανάλυση διαπιστώθηκε ότι **είναι δυνατή η πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας** εάν είναι γνωστά ορισμένα μεγέθη, όπως η απόσταση της διαδρομής, ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων, επιβραδύνσεων και στροφών, η μέση επιβράδυνση και το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου. Πιο συγκεκριμένα:
 - Η πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας πραγματοποιείται με **μεγαλύτερη ακρίβεια** κατά σειρά πρώτα για την οδήγηση σε **αυτοκινητόδρομο** και στη συνέχεια για το σύνολο των οδικών δικτύων, το υπεραστικό δίκτυο και τέλος το αστικό δίκτυο.
 - Το μέγεθος που επηρεάζει περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες τη δυνατότητα πρόβλεψης του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας συνολικά για **όλους τους τύπους οδού** είναι ο αριθμός των **απότομων επιβραδύνσεων** υψηλής εντάσεως.
 - Η **χιλιομετρική απόσταση** που διανύεται σε **αστικό** και **υπεραστικό** περιβάλλον καθώς και σε **αυτοκινητόδρομο**, είναι καθοριστική για τη πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο καθώς εμπεριέχεται σε όλα τα μοντέλα για συγκεκριμένο τύπο οδού και είναι η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή.
 - Οι **απότομοι ελιγμοί για στροφή** φαίνεται να έχουν χαμηλή επιρροή στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας στο σύνολο των οδικών δικτύων και στο αστικό δίκτυο σε αντίθεση με το υπεραστικό δίκτυο και τον αυτοκινητόδρομο, όπου είναι η δεύτερη και η τρίτη μεταβλητή αντίστοιχα, με τη μεγαλύτερη

επιρροή στο ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο. Όσο πιο πολλές απότομες στροφές πραγματοποιούνται τόσο μειώνεται το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου.

- Εξετάζοντας τους ελιγμούς σχετικά με τις **απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις** υψηλής εντάσεως, το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με την επιθετική οδήγηση και τις απότομες εναλλαγές ταχύτητας και φυσικά με την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, τόσο για το σύνολο των οδών όσο και για κάθε τύπο οδού ξεχωριστά. Δηλαδή όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των απότομων ελιγμών που πραγματοποιούνται κατά την οδήγηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο.
- Η **μέση επιβράδυνση** παρουσιάζει σχετικά υψηλή επιρροή στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας στα μοντέλα για το σύνολο των οδών και για αστικό περιβάλλον, ενώ δε φαίνεται να έχει σημαντική επιρροή στη πρόβλεψη του χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας για το υπεραστικό δίκτυο και τον αυτοκινητόδρομο.
- Το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης που ο οδηγός χρησιμοποιεί το **κινητό τηλέφωνο** επηρεάζει τη πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης που η ταχύτητα υπερβαίνει το όριο, ωστόσο αποτελεί τη μεταβλητή με τη χαμηλότερη σχετική επιρροή σε όλα τα μοντέλα, τόσο για το σύνολο όσο και για κάθε τύπο οδού ξεχωριστά.
- Από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας αυτής, προκύπτει ότι τα δεδομένα που συλλέγονται από τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα μπορούν να αποθηκευτούν ηλεκτρονικά σε ειδικά πληροφορικά συστήματα και περιέχουν ιδιαίτερα σημαντικές πληροφορίες οι οποίες, μετά από κατάλληλη επεξεργασία και ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, μπορούν να χρησιμεύσουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τις κρίσιμες παραμέτρους που επηρεάζουν την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας αλλά και για τη γενικότερη κυκλοφοριακή συμπεριφορά των οδηγών.

Πίνακας περιεχομένων

Εκτενής Περίληψη	v
1 Εισαγωγή.....	1
1.1. Γενική Ανασκόπηση	1
1.1.1 Οδικά Ατυχήματα	1
1.1.2 Η οδική ασφάλεια	4
1.1.3 Η ταχύτητα	8
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	9
1.3 Μεθοδολογία	10
1.4 Δομή.....	11

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	14
2.1 Εισαγωγή	14
2.2 Συναφείς έρευνες.....	14
2.2.1 Why do drivers exceed speed limit (2013).....	14
2.2.2 A comprehensive analysis of factors leading to speeding offenses among large-truck drivers (2016).....	15
2.2.3 Speeding and the time-saving bias: How drivers' estimations of time saved on higher speed affects their choice of speed (2010).....	15
2.2.4 Peer pressure and risk taking in young drivers' speeding behavior (2015)	16
2.2.5 Speeding violations related to a driver's social-economic demographics and the most frequent driving purpose in Taiwan's male population (2013).....	17
2.3 Συναφείς μεθοδολογίες	18
2.3.1 Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure (2010)	18
2.3.2 Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones (2014)	19
2.3.3 Development of a driving data recorder (1994).....	19
2.3.4 In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior (2008) ..	20
2.3.5 Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones (2011).....	21
2.3.6 Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges (2017).....	22
2.4 Σύνοψη	22
3 Θεωρητικό υπόβαθρο.....	25
3.1 Εισαγωγή	25
3.2 Βασικές έννοιες Στατιστικής	25
3.3 Βασικές κατανομές.....	28
3.3.1 Κανονική Κατανομή.....	28
3.3.2 Κατανομή Poisson	28
3.3.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή	29
3.4 Μαθηματικά Πρότυπα	29
3.4.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	29
3.4.2 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης.....	32
3.5 Στατιστική Αξιολόγηση και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου.....	34
4 Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων	38
4.1 Εισαγωγή	38
4.2 Συλλογή Στοιχείων	38
4.2.1 Μεθοδολογία καταγραφής, συλλογής, επεξεργασίας και οπτικοποίησης δεδομένων	39
4.3 Επεξεργασία Στοιχείων	49
4.3.1 Προκαταρκτική Ανάλυση.....	49
4.3.2 Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, IBM SPSS 21.0.....	56
5 Εφαρμογή μεθοδολογίας – Αποτελέσματα.....	59
5.1 Εισαγωγή	59

5.2 Έλεγχος Συσχέτισης	59
5.3 Γραμμική παλινδρόμηση	61
5.3.1 Διαδικασία γραμμικής παλινδρόμησης.....	61
5.4 Μοντέλο 1 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας για όλους τους τύπους οδών.....	64
5.4.1 Ανάπτυξη Μοντέλου	64
5.4.2 Ποιότητα Μοντέλου.....	66
5.4.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου.....	67
5.4.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο γενικό μοντέλο.....	68
5.4.5 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	71
5.5 Μοντέλο 2.1 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε αστική οδό.	81
5.5.1 Ανάπτυξη Μοντέλου	81
5.5.2 Ποιότητα Μοντέλου.....	84
5.5.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου.....	85
5.5.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών.....	86
5.6 Μοντέλο 2.2 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε υπεραστική οδό.	88
5.6.1 Ανάπτυξη Μοντέλου	88
5.6.2 Ποιότητα Μοντέλου.....	91
5.6.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου.....	92
5.6.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών.....	93
5.7 Μοντέλο 2.3 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο.	94
5.7.1 Ανάπτυξη Μοντέλου	94
5.7.2 Ποιότητα Μοντέλου.....	97
5.7.3 Σχολιασμός ποιότητας μοντέλου.....	98
5.7.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών.....	98
5.8 Συγκριτική ανάλυση μοντέλων.....	100
5.8.1 Ποιότητα μοντέλων.....	100
6 Συμπεράσματα	101
6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων	101
6.2 Συμπεράσματα.....	103
6.3 Προτάσεις για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας.....	105
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	106
6.4.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα με πρόσθετες παραμέτρους.....	106
6.4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα με άλλες μεθόδους ανάλυσης.....	107
7 Βιβλιογραφία	108

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1-1: Θάνατοι σε οδικά ατυχήματα 2001-2020 στην Ευρώπη, Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017	5
---	---

Διάγραμμα 1-2: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή.....	6
Διάγραμμα 1-3: Αριθμός ατυχημάτων από Ιανουάριο 2011 έως Ιούλιο 2018, Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ	6
Διάγραμμα 1-4: Αριθμός ατυχημάτων και παθόντων προσώπων στην Ελλάδα από το 2000 έως το 2016, Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ	7
Διάγραμμα 1-5: Είδη θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα το 2017, Πηγή: Ελληνική Αστυνομία	7
Διάγραμμα 1-6: Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας	11
Διάγραμμα 4-1: Απόσταση διαδρομής ανά τύπο οδού	50
Διάγραμμα 4-2: Ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας ανά τύπο οδού	51
Διάγραμμα 4-3: Συνολική απόσταση διαδρομής σε συνάρτηση με το ποσοστό της διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας	51
Διάγραμμα 4-4: Συνολική απόσταση διαδρομής σε συνάρτηση με το ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου	52
Διάγραμμα 4-5: Ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με το ποσοστό της διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας.....	53
Διάγραμμα 4-6: Μέση επιβράδυνση σε συνάρτηση με το ποσοστό της διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας.....	53
Διάγραμμα 4-7: Ποσοστό διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας σε συνάρτηση με τα συνολικά απότομα γεγονότα προς τη συνολική απόσταση διαδρομής.....	54
Διάγραμμα 4-8: Ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε συνάρτηση με τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις υψηλής εντάσεως και τις απότομες στροφές.....	54
Διάγραμμα 4-9: Συνολική απόσταση διαδρομής σε συνάρτηση με τα απότομα συμβάντα προς τη συνολική απόσταση διαδρομής	55
Διάγραμμα 5-1: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο γενικό μοντέλο.....	66
Διάγραμμα 5-2: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο γενικό μοντέλο	67
Διάγραμμα 5-3: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς συνολική απόσταση διαδρομής για $ha_intensity_high = 0,1483$ και $ha_intensity_high = 9$	71
Διάγραμμα 5-4: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς συνολική απόσταση διαδρομής για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$	72
Διάγραμμα 5-5: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως για $totaldist = 2$ και $totaldist = 32$	73
Διάγραμμα 5-6: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$	74
Διάγραμμα 5-7: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως για $totaldist = 2$ και $totaldist = 32$	75
Διάγραμμα 5-8: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως για $totaldist = 2$ και $totaldist = 32$	75
Διάγραμμα 5-9: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων στροφών για $totaldist = 2$ και $totaldist = 32$	76
Διάγραμμα 5-10: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων στροφών για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$	77
Διάγραμμα 5-11: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς μέση επιβράδυνση για $totaldist = 2$ και $totaldist = 32$	78

Διάγραμμα 5-12: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς μέση επιβράδυνση για hb_intensity_high = 0,064 και hb_intensity_high = 7	79
Διάγραμμα 5-13: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου για totaldist = 2 και totaldist = 32	80
Διάγραμμα 5-14: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου για hb_intensity_high = 0,064 και hb_intensity_high = 7	81
Διάγραμμα 5-15: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο μοντέλο για αστική οδό	84
Διάγραμμα 5-16: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο για αστική οδό	85
Διάγραμμα 5-17: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο μοντέλο για υπεραστική οδό	90
Διάγραμμα 5-18: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο για υπεραστική οδό	91
Διάγραμμα 5-19: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο	96
Διάγραμμα 5-20: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο	97

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 3-1: Επεξήγηση πιθανών τιμών του Συντελεστή Συσχέτισης	28
Εικόνα 3-2: Παράδειγμα ευθείας ελαχίστων τετραγώνων	31
Εικόνα 3-3: Σιγμοειδής καμπύλη λογιστικής παλινδρόμησης	33
Εικόνα 4-1: Διάγραμμα διαχείρισης δεδομένων	39
Εικόνα 4-2: Σύστημα ροής δεδομένων OSEVEN	41
Εικόνα 4-3: Ρυθμός εκτροπής, βαθμός έντασης, κύλιση	42
Εικόνα 4-4: Δείκτες κινδύνου οδήγησης	44
Εικόνα 4-5: Εφαρμογή στο κινητό και διαδικτυακή πύλη	45
Εικόνα 4-6: Τρόπος εισαγωγής δεδομένων στο SPSS	57
Εικόνα 4-7: Πεδίο δεδομένων SPSS (data view)	57
Εικόνα 4-8: Πεδίο μεταβλητών SPSS (variable view)	58
Εικόνα 5-1: Επιλογή εντολής για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών	60
Εικόνα 5-2: Επιλογή παραμέτρων για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών	60
Εικόνα 5-3: Παραδείγματα συσχέτισης μεταβλητών	61
Εικόνα 5-4: Επιλογή εντολής γραμμικής παλινδρόμησης	62
Εικόνα 5-5: Επιλογή ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση	62

Λίστα πινάκων

Πίνακας 5-1: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 1.....	64
Πίνακας 5-2: Περίληψη Μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 1.....	65
Πίνακας 5-3: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 1.....	65
Πίνακας 5-4: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 1.....	65
Πίνακας 5-5: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο.....	70
Πίνακας 5-6: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 2.1.....	82
Πίνακας 5-7: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.1.....	82
Πίνακας 5-8: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2.1.....	83
Πίνακας 5-9: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the equation) – Μοντέλο 2.1.....	83
Πίνακας 5-10: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αστική οδό ...	87
Πίνακας 5-11: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 2.2.....	89
Πίνακας 5-12: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.2.....	89
Πίνακας 5-13: Ανάλυση διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2.2.....	89
Πίνακας 5-14: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 2.2.....	90
Πίνακας 5-15: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για υπεραστική οδό.....	93
Πίνακας 5-16: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 2.3.....	95
Πίνακας 5-17: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.3.....	95
Πίνακας 5-18: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2.....	95
Πίνακας 5-19: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the equation) – Μοντέλο 2.3.....	96
Πίνακας 5-20: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο.....	99
Πίνακας 6-1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων.....	102

1 Εισαγωγή

1.1. Γενική Ανασκόπηση

Οι οδικές μεταφορές είναι συνυφασμένες με την ύπαρξη της ανθρώπινης ζωής και αποτελούν δείκτη της εξέλιξης των κοινωνιών, καθώς συμβάλλουν στην αναβάθμιση του κοινωνικού επιπέδου. Στη σύγχρονη εποχή η περαιτέρω πρόοδος στο τομέα των μεταφορών, προσώπων και αγαθών, αποτελεί αντικείμενο της επιστήμης του συγκοινωνιολόγου μηχανικού και έχει στόχο την παροχή ασφαλών, γρήγορων, οικονομικών και άνετων μετακινήσεων.

Εδώ και αρκετά χρόνια η **οδική ασφάλεια** αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος από τους ερευνητές και τις Κυβερνήσεις των χωρών, καθώς η αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις οδηγεί καθημερινά σε οδικά ατυχήματα με σημαντικό κοινωνικό και οικονομικό κόστος. Δυστυχώς τα οδικά ατυχήματα αποτελούν σημαντική αιτία θανάτου μεταξύ όλων των ομάδων ηλικιών και τη κύρια αιτία σε νεαρά άτομα από 5 έως 29 ετών. Αν και έχουν γίνει βήματα προς τη κατεύθυνση της μείωσης των οδικών ατυχημάτων, εκτιμάται ότι διεθνώς χάνονται 1,35 εκατομμύρια ζωές ετησίως, εκ των οποίων πάνω από τους μισούς είναι «ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου», πεζοί ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές, ενώ 20 με 50 εκατομμύρια άνθρωποι τραυματίζονται. (World Health Organization, 2018)

1.1.1 Οδικά Ατυχήματα

1.1.1.1 Τα αίτια των οδικών ατυχημάτων

Τρεις είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδρούν στην οδική ασφάλεια, κατά σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας:

- Το όχημα
- Η οδός και το περιβάλλον
- Ο χρήστης της οδού

Στις περισσότερες περιπτώσεις δύο ή και τρεις από τους παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στο ατύχημα. Η πολυπλοκότητα και η έλλειψη λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών υπό τις οποίες έγινε το ατύχημα, δεν επιτρέπουν πάντα την αντικειμενική διαπίστωση της συμβολής του κάθε παράγοντα. Ωστόσο, διάφορες αναλυτικές μελέτες ατυχημάτων δείχνουν ότι ο χρήστης της οδού μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες, αποτελεί την κύρια αιτία των οδικών ατυχημάτων.

- **Το όχημα**

Τα χαρακτηριστικά των οχημάτων με τα οποία σχετίζονται τα ατυχήματα είναι:

- ❖ Η ηλικία του οχήματος
- ❖ Το μέγεθος του οχήματος
- ❖ Ο τύπος του οχήματος

➤ **Η οδός και το περιβάλλον**

Οι παρακάτω συνθήκες στην οδό και γενικότερα στο περιβάλλον προκαλούν ατυχήματα:

- ❖ Ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- ❖ Χαμηλά πρότυπα κατασκευαστικής διαμόρφωσης
- ❖ Χαμηλό επίπεδο συντήρησης
- ❖ Κακή μελέτη, τοποθέτηση και κατασκευή παρόδιων στοιχείων
- ❖ Κακή οργάνωση της κυκλοφορίας
- ❖ Ανεπαρκής έλεγχος και σήμανση κατά της διάρκειας των κατασκευών
- ❖ Δυσμενείς καιρικές συνθήκες

➤ **Ο χρήστης της οδού**

Η αντίληψη που έχει ο οδηγός για τη κυκλοφοριακή συμπεριφορά του, δεν εξαρτάται μόνο από την ηλικία του αλλά και από το φύλο, το ετήσιο εισόδημα, την προσωπικότητα και την εμπειρία στην οδήγηση.

Η συμπεριφορά του χρήστη της οδού, είτε ως οδηγός ή επιβάτης ενός οχήματος, είτε ως πεζός, αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα οδικά ατυχήματα και σχετίζονται με τη συμπεριφορά του χρήστη (Dingus et al, 2016) είναι οι εξής:

Παρατηρηθείσα διαταραχή:

- ❖ Ναρκωτικά / Μέθη (0,08%)
- ❖ Υπνηλία / Κούραση (1,57%)
- ❖ Συναίσθημα (θυμός, λύπη κλπ.) (0,22%)

Συνολικά 1,92%

Σφάλματα στην απόδοση του οδηγού

- ❖ Απειρία οδηγού (0,07%)
- ❖ Νεκρά σημεία (0,05%)
- ❖ Επικίνδυνη στροφή (0,51%)
- ❖ Παραβίαση σήμανσης (1,24%)
- ❖ Οδήγηση σε κατεύθυνση αντίθετη από την επιτρεπόμενη (0,19%)
- ❖ Οδήγηση με πολύ χαμηλές ταχύτητες (0,97%)

- ❖ Απότομο φρενάρισμα (0,01%)
- ❖ Αποτυχία έγκαιρης προειδοποίησης (2,27%)

Συνολικά 4,81%

Στιγμαίο λάθος κρίσεως του οδηγού (επιθετική / ταχεία οδήγηση)

- ❖ Επιθετική οδήγηση (σε γενικά πλαίσια) (0,10%)
- ❖ Παραβίαση του ορίου ταχύτητας (2,77%)
- ❖ Παραβίαση ορίου ταχύτητας σε εργατική περιοχή (0,05%)
- ❖ Παράνομο / επικίνδυνο προσπέρασμα (0,18%)
- ❖ Μικρή απόσταση των οχημάτων μεταξύ τους (0,07%)
- ❖ Επιτηδευμένη παραβίαση σήμανσης (1,23%)

Συνολικά 4,22%

Απόσπαση προσοχής οδηγού

- ❖ Ράδιο (2,21%)
- ❖ Έλεγχος κλιματισμού εντός του οχήματος (0,56%)
- ❖ Συνολική απόσπαση προσοχής από τα μηχανήματα εντός του οχήματος (3,53%)
- ❖ Χρήση κινητού τηλεφώνου εντός του οχήματος (6,4%)
- ❖ Απόσπαση προσοχής από τα πίσω καθίσματα (0,8%)
- ❖ Αλληλεπίδραση επιβατών (14,58%)
- ❖ Ανάγνωση / γραφή εντός του οχήματος (0,09%)
- ❖ Κατανάλωση φαγητού εντός του οχήματος (1,9%)
- ❖ Κατανάλωση υγρού εντός του οχήματος (1,22%)
- ❖ Άλλα (4,81%)

Συνολικά 51,93%

(Τα ποσοστά αυτά δηλώνουν το ποσοστό του χρόνου στο οποίο ο εκάστοτε παράγοντας είναι παρών κατά τη διάρκεια της οδήγησης υπό κανονικές συνθήκες.)

Γίνεται, επομένως, απαραίτητη η ανάλυση και η συνεχής παρακολούθηση της κυκλοφορικής συμπεριφοράς του οδηγού είτε με χρήση προσομοιωτή οδήγησης, είτε με χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

1.1.1.2 Οι συνέπειες των οδικών ατυχημάτων

Τα οδικά ατυχήματα έχουν σοβαρές συνέπειες τόσο για το άτομο όσο και για την κοινωνία: για το άτομο η απώλεια της ίδιας του της ζωής ή ο τραυματισμός του που συνεπάγεται ενδεχόμενη αναπηρία για όλη του τη ζωή. Επιπροσθέτως ένα οδικό ατύχημα μπορεί να

προκαλέσει ψυχικά τραύματα, επηρεάζοντας έτσι τις προσωπικές σχέσεις και την επαγγελματική σταδιοδρομία ενός ανθρώπου. Συνέπειες φυσικά θα υπάρχουν και για την οικογένεια και τους συγγενείς των θυμάτων κυρίως με την ύπαρξη ψυχολογικών τραυμάτων.

1.1.2 Η οδική ασφάλεια

1.1.2.1 Η οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας (World Health Organization, 2018) περισσότεροι από 1,35 εκατομμύρια άνθρωποι ανά τον κόσμο χάνουν κάθε χρόνο τη ζωή τους σε οδικό ατύχημα, ενώ 20 με 50 εκατομμύρια υποφέρουν από μη θανάσιμα τραύματα, πολλά εκ των οποίων προκαλούν αναπηρία.

Οι ομάδες των ανθρώπων οι οποίες είναι εκτεθειμένες στον κίνδυνο ενός οδικού ατυχήματος ποικίλουν αναλόγως:

- Την **κοινωνική και οικονομική θέση**: Περισσότερο από το 90% των θανάσιμων οδικών ατυχημάτων συμβαίνουν στις χώρες χαμηλού και μέτριου εισοδήματος. Οι υψηλότεροι δείκτες οδικών ατυχημάτων εμφανίζονται στις αφρικανικές χώρες. Ακόμα και στις υψηλού-εισοδήματος χώρες, οι χρήστες χαμηλού κοινωνικοοικονομικού υποβάθρου, είναι πιο πιθανό να εμπλακούν σε οδικό ατύχημα.
- Την **Ηλικία**: Άνθρωποι ηλικίας μεταξύ 15 και 44 ετών συνιστούν το 48% των θανάσιμων οδικών ατυχημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Το **φύλο**: Από νεαρή ηλικία, οι άντρες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα συμμετοχής σε οδικό ατύχημα από τις γυναίκες. Περίπου τα τρία τέταρτα (73%) των θανάτων σε οδικά ατυχήματα αφορούν νέους άντρες κάτω της ηλικίας των 25 ετών, οι οποίοι συγκεκριμένα έχουν τρεις φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να τραυματιστούν θανάσιμα σε οδικό ατύχημα από τις νέες γυναίκες.

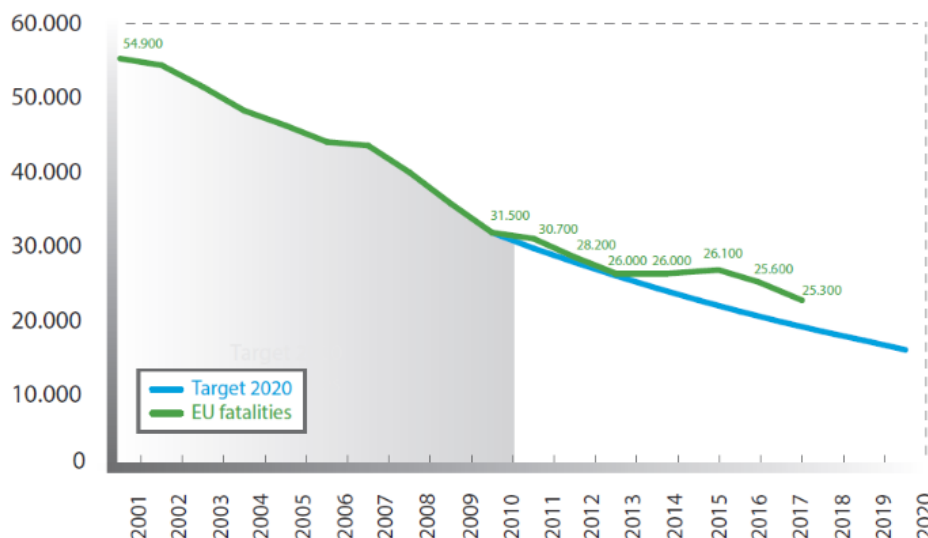
Οι τραυματισμοί από οδικά ατυχήματα προκαλούν σημαντικές οικονομικές απώλειες στα ίδια τα εμπλεκόμενα άτομα στο ατύχημα, στις οικογένειες τους, και συνολικά στην χώρα που συμβαίνει το ατύχημα. Οι απώλειες αυτές αφορούν τόσο στο κόστος της θεραπείας όσο και στη χαμένη παραγωγικότητα εκείνου που τραυματίστηκε στο οδικό ατύχημα. Επιπροσθέτως, οι συγγενείς του τραυματισμένου θα αναγκαστούν να αφήσουν την εργασία τους προκειμένου να φροντίσουν τον ασθενή. Στις περισσότερες χώρες τα οδικά ατυχήματα κοστίζουν το τρία τοις εκατό του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ).

1.1.2.2 Η οδική ασφάλεια σε ευρωπαϊκό επίπεδο

Οι στατιστικές του 2017 για την οδική ασφάλεια που δημοσίευσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επιβεβαιώνουν ότι οι δρόμοι της Ευρώπης παραμένουν οι ασφαλέστεροι στον κόσμο, παρά την πρόσφατη επιβράδυνση της μείωσης των θανάτων από οδικά ατυχήματα. Το 2017 σημειώθηκαν 25.300 θανατηφόρα ατυχήματα στους δρόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης,

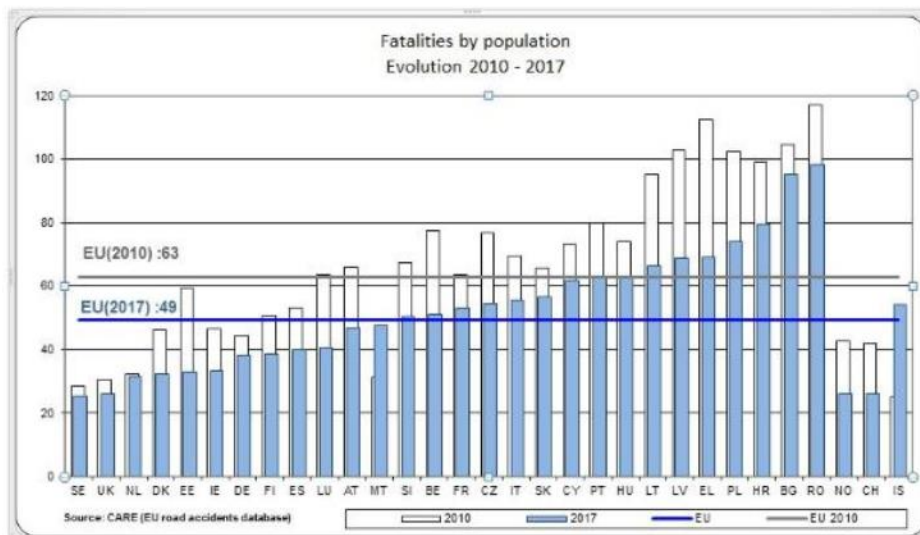
δηλαδή 300 λιγότεροι θάνατοι (-2%) από το 2016 και 6.200 λιγότεροι θάνατοι (-20%) σε σχέση με το 2010. Επιπλέον η Επιτροπή εκτιμάει ότι τραυματίστηκαν σοβαρά στους δρόμους της ΕΕ 135.000 άτομα, ενώ το κοινωνικό και οικονομικό κόστος (αποκατάσταση, ιατρική περίθαλψη, υλικές ζημιές κ.τ.λ.) των θανάτων και τραυματισμών από οδικά ατυχήματα εκτιμάται σε τουλάχιστον 120 δις ευρώ ανά έτος.

Σύμφωνα με στατιστικές για το 2017 που δημοσιεύτηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες σημείωσαν μείωση στον αριθμό των θανάτων από οδικά ατυχήματα που κυμάνθηκε από -1% (Ολλανδία) έως 46% (Μάλτα) μεταξύ του 2010 και του 2017. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στρατηγικός στόχος της ΕΕ για μείωση στο μισό του αριθμού των θανάτων από οδικά ατυχήματα από το 2010 έως το 2020, απαιτούνται πρόσθετες ενέργειες. Οι σημαντικές εξελίξεις όσον αφορά τη τεχνολογία και τη καινοτομία ενισχύουν τις δυνατότητες βελτίωσης της οδικής ασφάλειας στο μέλλον, ιδίως στο τομέα της αυτοματοποίησης των οχημάτων και της συνδεσιμότητας. Συγκεκριμένα η Επιτροπή σκοπεύει να προωθήσει την ανάπτυξη των συνεργατικών ευφυών συστημάτων μεταφορών – μιας αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων και οδικών υποδομών. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η μείωση των θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ευρώπη από το 2001 μέχρι την επιδιωκόμενη τιμή κατά το 2020.



Διάγραμμα 1-1: Θάνατοι σε οδικά ατυχήματα 2001-2020 στην Ευρώπη, Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017

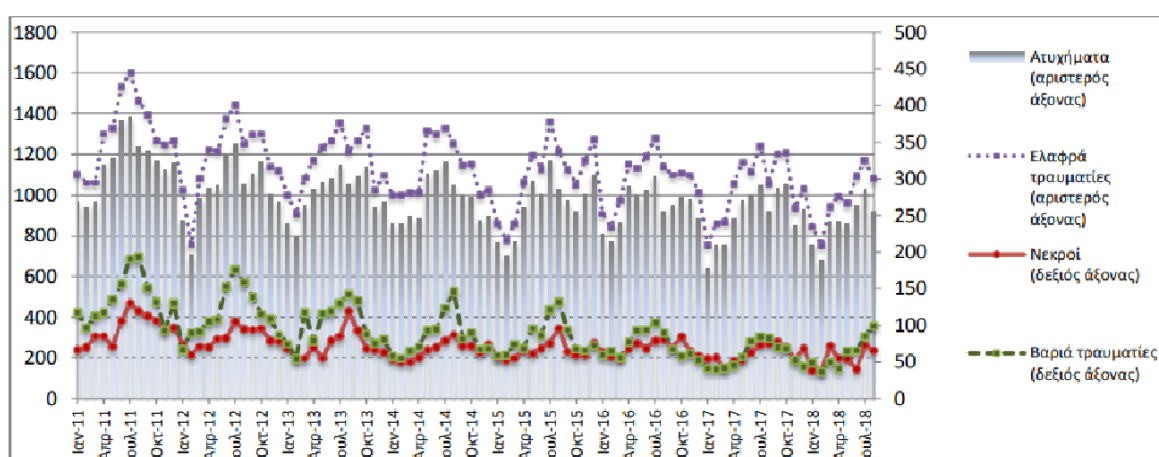
Στο διάγραμμα 1.2 που ακολουθεί απεικονίζονται οι θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το 2010 και το 2017. Η Σουηδία κατέχει τη θέση με τους λιγότερους θανάτους (25) και η Ρουμανία τη θέση με τους περισσότερους (98) .



Διάγραμμα 1-2: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή

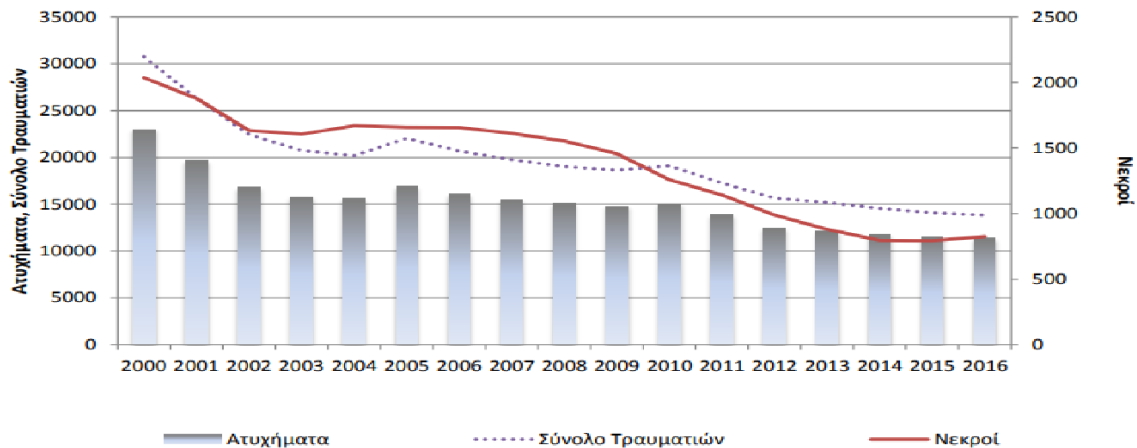
1.1.2.3 Η οδική ασφάλεια στην Ελλάδα

Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την περίοδο 2010 με 2017, η Ελλάδα έχει πραγματοποιήσει μείωση κατά 41% στον αριθμό των θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων ανά εκατομμύριο κατοίκους. Ωστόσο ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων παραμένει σημαντικά υψηλότερος από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. 69 ανά εκατομμύριο κατοίκων έναντι 49 στην ΕΕ, γεγονός που **κατατάσσει** την Ελλάδα στην 12^η θέση στα θανατηφόρα ατυχήματα για το 2017. Στο διάγραμμα 1.3 απεικονίζεται ο αριθμός των ατυχημάτων (νεκροί και τραυματίες) όπως εξελίχθηκε από τον Ιανουάριο του 2011 μέχρι τον Ιούλιο του 2018 στο οποίο διαπιστώνεται μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων με το πέρασμα του χρόνου.



Διάγραμμα 1-3: Αριθμός ατυχημάτων από Ιανουάριο 2011 έως Ιούλιο 2018, Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Σε πιο μακροσκοπικό επίπεδο, η χώρα μας συνολικά παρουσιάζει **σημαντική πτωτική τάση στα ατυχήματα** από το 2000 έως το 2016, όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα 1.4 παρακάτω, οδεύοντας προς το στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ουσιαστική μείωση των ατυχημάτων έως το 2020.



Διάγραμμα 1-4: Αριθμός ατυχημάτων και παθόντων προσώπων στην Ελλάδα από το 2000 έως το 2016, Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Στο παρακάτω διάγραμμα πίτας απεικονίζονται τα κυριότερα είδη θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα για το έτος 2017. Όπως διαπιστώνουμε οι συγκρούσεις και οι εκτροπές είναι οι κυριότεροι τύποι ατυχημάτων μεταξύ οχημάτων που οδηγούν σε θάνατο, ενώ η υπερβολική ταχύτητα αποτελεί το βασικό αίτιο.



Διάγραμμα 1-5: Είδη θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα το 2017, Πηγή: Ελληνική Αστυνομία

1.1.3 Η ταχύτητα

Η ακατάλληλη ταχύτητα – ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στο τομέα της οδικής ασφάλειας – αυξάνει σε μεγάλο βαθμό το κίνδυνο ατυχήματος. Η ακατάλληλη ταχύτητα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στο 30% περίπου των οδικών ατυχημάτων (ΟΟΣΑ, 2018).

Το 40-50% περίπου των οδηγών, οδηγούν με ταχύτητα άνω του επιτρεπόμενου ορίου, ενώ το 10-20% υπερβαίνουν το όριο αυτό κατά περισσότερα από 10χλμ/ώρα. Η ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας αυξάνει όχι μόνο τον κίνδυνο σύγκρουσης, αλλά και την πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού ή και θανατηφόρου οδικού ατυχήματος.

Δεν υπάρχει μια και μοναδική λύση στο πρόβλημα της υπερβολικής ταχύτητας. Χρειάζεται συνδυασμός αρκετών δράσεων, όπως ο καλύτερος σχεδιασμός του οδικού δικτύου, η επιτήρηση των ορίων ταχύτητας και της συμπεριφοράς του οδηγού καθώς και η εκπαίδευση των οδηγών. Τα όρια ταχύτητας στις πινακίδες πρέπει να είναι ευδιάκριτα και ανάλογα με την κατηγορία, τον σχεδιασμό της οδού καθώς και τον τύπο των οχημάτων για τα οποία αυτή έχει σχεδιαστεί. Στη μείωση της ταχύτητας μπορούν επίσης να συμβάλλουν οι τοπικές υπερυψώσεις (“σαμαράκια”) και οι στενώσεις του οδοστρώματος στις αστικές περιοχές.

Η έρευνα του τομέα μεταφορών του ΟΟΣΑ

Σύμφωνα με τη πρόσφατη έρευνα του τομέα μεταφορών του ΟΟΣΑ (2018), η υπερβολική ταχύτητα ευθύνεται για το 1/3 του συνόλου των ατυχημάτων ή δυστυχημάτων που σημειώνονται στους δρόμους, με αποτέλεσμα τα όρια ταχύτητας να συνδέονται άμεσα με τη θνησιμότητα και τους σοβαρούς τραυματισμούς από οδικά ατυχήματα.

Η ίδια έρευνα καταρρίπτει τη λανθασμένη εντύπωση πως σε **αστική περιοχή**, όποιος πατήσει το γκάζι λίγο παραπάνω, περιορίζει το χρόνο μετακίνησής του. Είναι αποδεδειγμένο ότι η παρουσία σηματοδοτών και κόμβων δεν επιτρέπει τη μείωση του χρόνου μετακίνησης στη πόλη, ακόμα και αν αυξηθεί η ταχύτητα του αυτοκινήτου, ενώ η δυνατότητα ενός αυτοκινητοδρόμου σε αστική περιοχή δε ξεπερνάει τα 70 χλμ./ώρα.

Σημαντικά στοιχεία είναι τα παρακάτω:

- Η αύξηση της ταχύτητας κίνησης ενός οχήματος κατά 5%, οδηγεί σε 10% άνοδο των οδικών ατυχημάτων και 20% των δυστυχημάτων.

- Σε περίπτωση που διερχόμενο όχημα με 50 χλμ./ώρα χτυπήσει πεζό, η πιθανότητα θανάσιμου τραυματισμού του πεζού αγγίζει το 80%, ενώ εάν η ταχύτητα του οχήματος είναι 30χλμ./ώρα, ο κίνδυνος περιορίζεται στο 10%.
- Ο οδηγός οχήματος που θα συγκρουστεί πλάγια με ταχύτητα μεγαλύτερη των 50χλμ./ώρα εκτιμάται ότι δεν έχει καμία πιθανότητα επιβίωσης, ενώ σε περίπτωση που η σύγκρουση είναι μετωπική, η πιθανότητα επιβίωσης του οδηγού ή επιβάτη υπάρχει μόνο αν η ταχύτητα του οχήματος δε ξεπερνάει τα 70 χλμ./ώρα.

Όσον αφορά το υπεραστικό οδικό δίκτυο, λόγω των υψηλών ταχυτήτων που αναπτύσσονται, τα οδικά ατυχήματα που συμβαίνουν έχουν δυσμενέστερες επιπτώσεις. Στην Ελλάδα περίπου το 1/3 των νεκρών σε οδικά ατυχήματα, είναι από ατυχήματα στο Εθνικό Οδικό Δίκτυο.

Τα όρια ταχύτητας έχουν υπολογιστεί βάσει πολλών παραμέτρων και πρέπει να τηρούνται. Στη περίπτωση όμως που υπάρχουν έργα επί της οδού, υπάρχουν πεζοί, ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές, οι καιρικές συνθήκες κακές και ο φωτισμός είναι ανεπαρκής, η ταχύτητα θα πρέπει να είναι ακόμα χαμηλότερη από τα όρια. (www.aodos.gr)

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι ο **προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας αξιοποιώντας λεπτομερή δεδομένα του τρόπου οδήγησης από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων**. Πιο συγκεκριμένα, θα εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού (απόσταση ταξιδιού, απότομη επιτάχυνση, απότομη επιβράδυνση, απότομη στροφή, ποσοστό διάρκειας οδήγησης στο οποίο ο οδηγός κάνει χρήση κινητού τηλεφώνου κλπ.) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το προβλεπόμενο όριο ταχύτητας.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, απαιτείται η ανάπτυξη και η εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης των δεδομένων. Επομένως επιμέρους στόχο της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **επιλογή των κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων**, που θα περιγράψουν και θα ποσοτικοποιούν επαρκώς την επιρροή των παραμέτρων που επηρεάζουν το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας.

Εκτός από το βασικό μοντέλο για το σύνολο των διαδρομών, θα **αναπτυχθούν επιμέρους μοντέλα** που θα συσχετίζουν το ποσοστό χρόνου οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το

όριο με τους παράγοντες επιρροής χωριστά για κάθε τύπο οδού (αστικό, υπεραστικό, αυτοκινητόδρομο).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και τα συμπεράσματα της εργασίας, αναμένεται να αποφέρουν σημαντικά οφέλη στη κοινωνία, εφόσον θα είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν τόσο ατομικά από τους οδηγούς όσο και από τις Αρχές για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας με επεμβάσεις στη συμπεριφορά του οδηγού, στη τεχνολογία των οχημάτων, και στη διαχείριση της οδικής ασφάλειας γενικότερα.

1.3 Μεθοδολογία

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

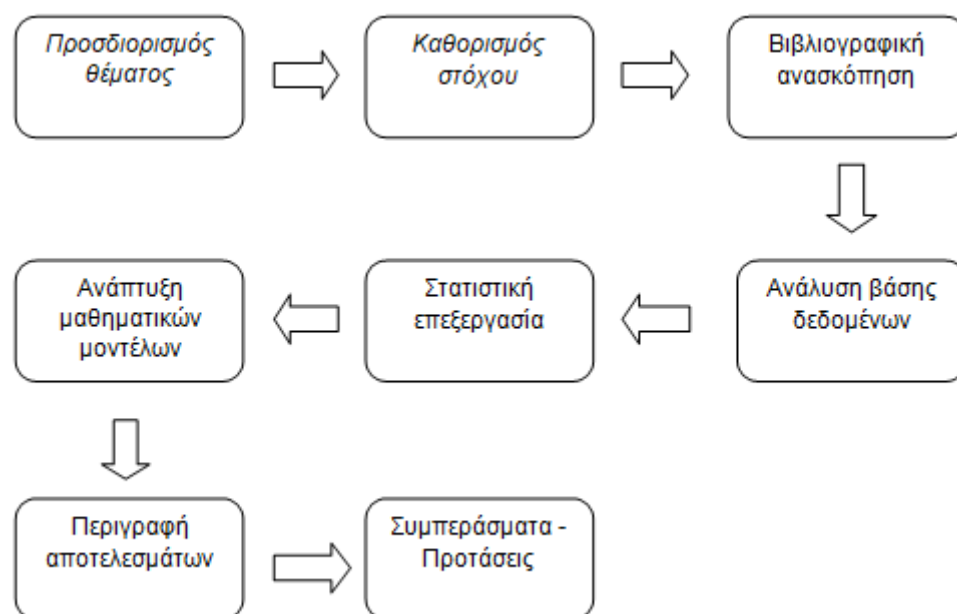
Αρχικά μετά την οριστικοποίηση του επιδιωκόμενου στόχου πραγματοποιήθηκε **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνική όσο και σε διεθνή βιβλιογραφία. Στη φάση αυτή πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για την συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω αυτής της διαδικασίας, καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια σχετική εμπειρία στην επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των στοιχείων και θα επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η εύρεση του τρόπου συλλογής στοιχείων. Εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων, μέσα από την εξατομικευμένη καταγραφή της συμπεριφοράς του οδηγού σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Εξήντα-οχτώ (68) οδηγοί συμμετείχαν στο **πείραμα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες** (Smartphone naturalistic driving experiment) σε χρονικό διάστημα 15 μηνών και δημιουργήθηκε μια μεγάλη βάση δεδομένων με χιλιάδες διαδρομές. 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.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η επιλογή της μεθόδου στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων, που είχε προετοιμαστεί στο Microsoft Excel, στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS 21.0. Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η **ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης**, που περιέγραφαν σε αποδεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εκάστοτε εξαρτημένη.

Μετά την **αξιολόγηση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων**, εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για το βαθμό και τον τύπο επιρροής των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Έτσι προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα καθώς και διατυπώθηκαν αξιολογές προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται, σχηματικά τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1-6: Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας, μέσω της συνοπτικής αναφοράς του περιεχομένου κάθε κεφαλαίου.

Το **πρώτο κεφάλαιο** είναι **εισαγωγικό** και αποτελεί τη βάση για τη κατανόηση του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά γίνεται μια γενική ανασκόπηση για τα οδικά ατυχήματα και παρουσιάζονται τα αίτια και οι συνέπειες αυτών. Επιπλέον γίνεται αναφορά σε στατιστικά στοιχεία οδικών ατυχημάτων σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο. Στη συνέχεια αναλύεται η σημαντικότητα του παράγοντα της ταχύτητας στην οδική ασφάλεια και συγκεκριμένα στα οδικά ατυχήματα. Ακολουθεί η καταγραφή με μεγαλύτερη σαφήνεια του στόχου που πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την διεκπεραίωση της και για τη καλύτερη κατανόηση της παρατίθεται ένα διάγραμμα ροής όπου απεικονίζεται η αλληλουχία των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν.

Το **δεύτερο κεφάλαιο** αποτελεί τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι μεθοδολογίες ερευνών με αντικείμενο συναφές της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε δύο υποκεφάλαια. Το πρώτο αφορά την ανασκόπηση και τη παρουσίαση αποτελεσμάτων από έρευνες συναφείς με το αντικείμενο της παρούσας εργασίας και το δεύτερο από παρεμφερείς μεθοδολογίες με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Εξετάζονται εργασίες από Ελλάδα και εξωτερικό, έρευνες που έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά, συνέδρια, άρθρα ή συγγράμματα. Πραγματοποιείται σύνοψη της κάθε εργασίας που περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματα, με έμφαση στα στοιχεία που παρουσιάζουν συνάφεια με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Το κεφάλαιο κλείνει με τη σύνοψη και την κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνών, ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός στον οποίο είναι ικανές να συμβάλλουν στη παρούσα Διπλωματική Εργασία, αλλά και να αναδείξουν την αναγκαιότητα εξέτασης του αντικειμένου της εργασίας.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το **θεωρητικό υπόβαθρο** στο οποίο στηρίχθηκε η ανάλυση των στοιχείων. Αρχικά περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες και στη συνέχεια αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Ακολουθεί η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλεται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται, για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφει τη διαδικασία **συλλογής και επεξεργασίας** των στοιχείων. Αρχικά περιγράφεται η μέθοδος συλλογής των δεδομένων μέσα από το πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης που πραγματοποιήθηκε. Στη συνέχεια παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Στο τέλος αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιλαμβάνεται η αναλυτική περιγραφή της **μεθοδολογίας** που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών **αποτελεσμάτων**. Αρχικά περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η

διαδικασία ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, ενώ τα τελικά αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις και τη περιγραφή τους για την διευκόλυνση της κατανόηση τους.

Στο **έκτο κεφάλαιο** διατυπώνονται τα κυριότερα **συμπεράσματα** τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση των στοιχείων της έρευνας. Στην αρχή του κεφαλαίου πραγματοποιείται μια σύνοψη των κυριότερων σημείων της παρούσας εργασίας, ενώ στη συνέχεια διατυπώνονται τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν. Στο τέλος του κεφαλαίου διατυπώνονται προτάσεις τόσο σχετικά με την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, όσο και σχετικά με τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας καθώς και περαιτέρω έρευνες σχετικές με το αντικείμενο της εργασίας αυτής.

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

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αφορά τη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** και περιλαμβάνει έρευνες στο τομέα της οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με τη παρούσα Διπλωματική Εργασία. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στις παραμέτρους που επηρεάζουν την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας, καθώς και σε μεθοδολογίες συλλογής στοιχείων παρόμοιες με αυτές που εφαρμόστηκαν για τη συγκεκριμένη Εργασία. Για κάθε επιστημονική εργασία παρατίθεται σύνοψη της, η οποία περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματα της με έμφαση σε αυτά που σχετίζονται με τη Διπλωματική Εργασία. Μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μιας κατάλληλης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 Συναφείς έρευνες

Το υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τα βασικά σημεία ερευνών οι οποίες σχετίζονται με την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας. Οι έρευνες αυτές βασίζονται είτε σε προσωπικές εκτιμήσεις των ίδιων των οδηγών μέσω ερωτηματολογίων, είτε στη παρατήρηση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων σε συνθήκες οδήγησης. Σκοπός είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με άλλες έρευνες με παρεμφερές περιεχόμενο.

2.2.1 Why do drivers exceed speed limit (2013)

Σκοπός:

Η παρούσα έρευνα επιχειρεί να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ των στάσεων των οδηγών απέναντι στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας σε διαφορετικούς τύπους οδών και των χαρακτηριστικών των οδηγών και της δηλωθείσας συμπεριφοράς ως προς την ταχύτητα.

Μεθοδολογία:

Βάση της μελέτης ήταν οι απαντήσεις που έδωσαν περίπου 1.000 οδηγοί από 23 ευρωπαϊκές χώρες, σε συγκεκριμένες ερωτήσεις ειδικά σχεδιασμένου ερωτηματολογίου για τη συμπεριφορά σε σχέση με τη ταχύτητα και άλλα προσωπικά χαρακτηριστικά. Πραγματοποιήθηκε γραμμική - λογαριθμική ανάλυση και αναπτύχθηκαν 4 πρότυπα: για τους αυτοκινητόδρομους, τις κύριες οδούς, τις επαρχιακές οδούς και τις οδούς σε αστικές περιοχές.

Αποτελέσματα:

Η εφαρμογή των προτύπων έδειξε ότι και στους τέσσερις τύπους οδού, η εξαρτημένη μεταβλητή (δηλωθείσα υπέρβαση του ορίου ταχύτητας) εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη

πεπιοίθηση ότι οι άλλοι οδηγοί υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας. Άλλες μεταβλητές που βρέθηκαν να έχουν επιρροή στη στάση απέναντι στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας, αφορούν στα **χαρακτηριστικά** του οδηγού (φύλο, ηλικία, ετήσια διανυθέντα χιλιόμετρα), στις απόψεις του οδηγού (απόλαυση της γρήγορης οδήγησης, γνώση των μέτρων επιτήρησης της ταχύτητας και επιθυμία για υψηλότερα όρια), στη δηλωθείσα συμπεριφορά (πρόστιμο για υπερβολική ταχύτητα στο παρελθόν) και σε άλλες παραμέτρους (κυβισμός του οχήματος, προειδοποίηση άλλων οδηγών για την ύπαρξη Τροχαίας στη διαδρομή).

2.2.2 A comprehensive analysis of factors leading to speeding offenses among large-truck drivers (2016)

Σκοπός:

Πολλές έρευνες καταδεικνύουν ότι η υπερβολική ταχύτητα αποτελεί τη πιο συχνή παράβαση μεταξύ των οδηγών αυτοκινήτων. Παρόλα αυτά, λίγες έρευνες έχουν επικεντρωθεί σε αυτή τη παράβαση, συγκεκριμένα από οδηγούς βαρέων οχημάτων. Ο **σκοπός** της συγκεκριμένης εργασίας είναι η διερεύνηση των παραγόντων που έχουν ως αποτέλεσμα παραβάσεις υπερβολικής ταχύτητας από οδηγούς βαρέων οχημάτων στην Ταϊβάν.

Μεθοδολογία:

Το δείγμα της μελέτης αποτελούσαν από πληροφορίες για δύο χιλιάδες εκατό ένα άντρες οδηγούς βαρέων οχημάτων, οι οποίες είχαν αντληθεί από μια εθνική δημοσκόπηση το έτος 2012. Καθημερινά οι ώρες εργασίας των οδηγών κυμαίνονταν από 2 έως 15 με μία μέση τιμή 9,67 ώρες, ενώ κατά τη διάρκεια ενός μήνα οι οδηγοί εργάζονταν για 25,23 ημέρες και ξεκουράζονταν μόνο για 4,77 μέρες.

Αποτελέσματα:

Μεταξύ αυτών των παρατηρηθέντων οδηγών, ένα ποσοστό της τάξης του 11,6% ανέφεραν ότι έχουν διαπράξει τουλάχιστον μία παράβαση υπερβολικής ταχύτητας κατά τη περίοδο ενός έτους. Τα αποτελέσματα από το πρότυπο λογιστικής παλινδρόμησης που αναπτύχθηκε, παρουσίασαν ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την υπερβολική ταχύτητα δεν σχετίζονται με την επαγγελματική εμπειρία. Χαρακτηριστικά συνδεδεμένα με παραβάσεις υπερβολικής ταχύτητας ήταν τα δημογραφικά στοιχεία των οδηγών όπως η **ηλικία** και η **βαθμός εκπαίδευσης** τους, η πνευματική τους διαύγεια μέσω της ποιότητας του ύπνου τους, καθώς και η οδηγική τους κατάσταση που περιλαμβάνει την συνολική απόσταση που διανύει ένας οδηγός στη περίοδο ενός έτους όπως και το αν οδηγεί κατά τη διάρκεια της νύχτας.

2.2.3 Speeding and the time-saving bias: How drivers' estimations of time saved on higher speed affects their choice of speed (2010)

Σκοπός:

Με στόχο την εξοικονόμηση χρόνου, οι οδηγοί υπερεκτιμούν το χρόνο που μπορεί να εξοικονομηθεί, αυξάνοντας την ταχύτητα ενώ κινούνται με μία ήδη σχετικά υψηλή ταχύτητα

και υποεκτιμούν τον ίδιο χρόνο στη περίπτωση αύξησης της ταχύτητας ενώ κινούνται με μια σχετικά χαμηλή ταχύτητα. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την επίδραση που μπορεί να έχει η πεποίθηση της εξοικονόμησης χρόνου, πάνω στην επιλογή ταχύτητας από τον οδηγό, σε υποθετικές καταστάσεις.

Μεθοδολογία:

Οι οδηγοί υποβλήθηκαν σε μια κατάσταση, όπου πραγματοποιούσαν επιτάχυνση ενώ κινούνταν με μια σχετικά χαμηλή ταχύτητα, προκειμένου να φτάσουν στον προορισμό τους έγκαιρα, και τους ζητήθηκε να εκτιμήσουν το χρόνο που θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν αν επέλεγαν να αναπτύξουν μεγαλύτερες ταχύτητες. Επιπροσθέτως, οι οδηγοί έκαναν μια εκτίμηση για τη κατάλληλη ταχύτητα που απαιτείται ώστε να φτάσουν εγκαίρως στον προορισμό τους, την ταχύτητα που ίδιοι θα επέλεγαν καθώς και τη ταχύτητα που πιστεύουν ότι άλλοι οδηγοί θα διάλεγαν σε μία τέτοια κατάσταση.

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πράγματι οι οδηγοί υποτιμάνε το χρόνο που εξοικονομάται, αυξάνοντας τη ταχύτητα τους ενώ κινούνται με μια σχετικά χαμηλή ταχύτητα. Επιπλέον, αυτοί που είχαν έντονα τη πεποίθηση της εξοικονόμησης του χρόνου κατά την οδήγηση, υπέδειξαν χαρακτηριστικά υψηλότερες ταχύτητες σε όλες τις παραπάνω τρεις κατηγορίες, ενώ συχνά οι ταχύτητες αυτές, υπερβαίνουν τα εκάστοτε όρια ταχύτητας. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν, ότι **η αντίληψη της εξοικονόμησης χρόνου** κατά την οδήγηση, μπορεί να εξηγήσει την επιλογή των οδηγών, σε ορισμένες καταστάσεις, να οδηγούν με πολύ υψηλές ταχύτητες και να παραβιάζουν τα όρια ταχύτητας που επιβάλλει ο νόμος.

2.2.4 Peer pressure and risk taking in young drivers' speeding behavior (2015)

Σκοπός:

Παρά το γεγονός ότι πολλά αντίμετρα όσον αφορά τα οδηγικά ατυχήματα έχουν εφαρμοστεί στην Ευρώπη, οι νέοι οδηγοί συνεχίζουν να έχουν υψηλό δείκτη συμμετοχής σε αυτά. Ο δείκτης συμμετοχής τους σε ατυχήματα είναι ακόμα υψηλότερος όταν οδηγούν με συνεπιβάτες τους φίλους τους, παρά όταν βρίσκονται μόνοι τους κατά την οδήγηση. Η παρουσία της παρέας στο αυτοκίνητο, θα μπορούσε να συμβάλλει στην εξήγηση αυτής της έντονης ανάμειξης των νέων σε ατυχήματα, ιδιαίτερα, σχετικά με την ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας. Είναι γνωστό ότι οι φίλοι στις νεαρές ηλικίες, συχνά ασκούν αρνητική επιρροή στους νέους οδηγούς όσον αφορά επικίνδυνες συμπεριφορές είτε μέσω ενεργής άμεσης ή έμμεσης πίεσης, είτε μέσω παθητικής πίεσης (Allen and brown, 2008). **Σκοπός** της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την επίδραση που μπορεί να έχει η **επιρροή παρέας**, καθώς και η εκάστοτε διακινδύνευση λόγω παρέας, πάνω στην εκτιμώμενη συμπεριφορά ανάπτυξης υψηλών ταχυτήτων (ESBSD) καθώς και στην εκτιμώμενη πρόθεση για υψηλές ταχύτητες ενός υποθετικού οδηγού (ESISD).

Μεθοδολογία:

Ένας υποθετικός οδηγός ήταν ο βασικός χαρακτήρας ενός διαδικτυακού ερωτηματολογίου βασισμένο σε σενάρια όπου ο οδηγός αναπτύσσει μεγάλη ταχύτητα. Ο κύριος χαρακτήρας ήταν ένας πλασματικός νέος άντρας όπου οδηγεί με συνεπιβάτες κοντινούς φίλους του σε όλα τα πειραματικά σενάρια όπου οι παράμετροι της πίεσης και της διακινδύνευσης εξαιτίας της παρέας μπορούσαν να μεταβληθούν. Εκατόν ογδόντα νέοι οδηγοί από την Γαλλία (18-25 ετών, 50% άντρες) πήραν μέρος σε αυτή την έρευνα.

Αποτελέσματα:

Τα πορίσματα ήταν ότι μόνο η **άμεση** και **έμμεση ενεργή** πίεση και όχι η παθητική, αυξάνουν την εκτιμώμενη ταχύτητα του οδηγού, καθώς και ότι όταν ο οδηγός οδηγεί ριψοκίνδυνα λόγω επιρροής από τη παρέα, αυξάνονται οι προθέσεις για ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων. Ωστόσο, καμία αλληλεπίδραση δε φάνηκε να υπάρχει μεταξύ της εκτιμώμενης συμπεριφοράς υψηλής ταχύτητας κ της εκτιμώμενης πρόθεσης για υψηλή ταχύτητα. Στη συνέχεια, συνέπειες των ευρημάτων συζητήθηκαν.

2.2.5 Speeding violations related to a driver's social-economic demographics and the most frequent driving purpose in Taiwan's male population (2013)

Σκοπός:

Η υπερβολική ταχύτητα είναι η πιο συχνή οδηγική παράβαση καθώς και καθοριστικός παράγοντας που συμβάλλει τόσο στον αριθμό όσο και στη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Η παρούσα έρευνα εξετάζει τις παραβάσεις υπερβολικής ταχύτητας, οι οποίες βασίζονται σε ένα εθνικό στατιστικό δείγμα αποτελούμενο από οχτώ χιλιάδες εκατό είκοσι εννιά ενήλικους άντρες οδηγούς κατά τη περίοδο του έτους 2008.

Μεθοδολογία:

Η ανάλυση εστίασε στις σχέσεις μεταξύ των αναφερόμενων από τους οδηγούς παραβάσεων υπερβολικής ταχύτητας και στα κοινωνικο-οικονομικά τους χαρακτηριστικά όπως η ηλικία, το επίπεδο εκπαίδευσης, το εισόδημα, η ετήσια διανυθείσα απόσταση καθώς και ο σκοπός οδήγησης με τη μεγαλύτερη συχνότητα (μετακίνηση από οικεία σε εργασία ή για βόλτα ή για ψώνια κλπ.).

Αποτελέσματα:

Από όλους τους οδηγούς που μελετήθηκαν, ένα ποσοστό της τάξης του 19,1% (1552 οδηγοί) είχαν πάρει πρόστιμο τουλάχιστον μία φορά για παράβαση υπερβολικής ταχύτητας. Οι οδηγοί με ηλικία από **40 μέχρι 49** είχαν την λιγότερο παρακινδυνευμένη στάση ως προς τις υψηλές ταχύτητες, ενώ τόσο οι **νέοι** όσο και οι **ηλικιωμένοι** οδηγοί, σχετικά με το υπόλοιπο δείγμα, είχαν πιο **επικίνδυνη συμπεριφορά** υψηλής ταχύτητας κατά την οδήγηση. Τα αποτελέσματα μέσω του μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης που αναπτύχθηκε, έδειξαν ότι οι παραβάσεις υπερβολικής ταχύτητας ήταν σημαντικά συσχετισμένες με τα χαρακτηριστικά της ηλικίας, της εκπαίδευσης, του εισοδήματος, της ετήσιας διανυθείσας απόστασης καθώς και με τους πιο συχνούς σκοπούς για μετακίνηση. Οι συχνές μετακινήσεις με σκοπό την

εργασία και τη βόλτα ήταν συσχετισμένες με ένα υψηλότερο επίπεδο κινδύνου εξαιτίας της υψηλής ταχύτητας συγκριτικά με τις μετακινήσεις με σκοπό τα ψώνια.

2.3 Συναφείς μεθοδολογίες

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συναφείς μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε άλλες έρευνες όσον αφορά στην οδική ασφάλεια.

2.3.1 Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure (2010)

Σκοπός:

Οι αρχάριοι οδηγοί συχνά εμφανίζονται ευάλωτοι μπροστά στο κίνδυνο ατυχήματος, κάτι το οποίο μεταφράζεται σε μεγάλη συμμετοχή τους στο κατάλογο των οδικών ατυχημάτων. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η ανάλυση της συμπεριφοράς των νέων οδηγών με τη χρήση ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, το οποίο βρίσκεται εντός του οχήματος.

Μεθοδολογία:

Για τις ανάγκες της εργασίας εξετάστηκαν 62 οδηγοί (36 άνδρες – 26 γυναίκες) ηλικίας 17 χρονών κατά τη περίοδο των πρώτων 12 μηνών μετά την απόκτηση της άδειας οδήγησης. Για τους τρεις πρώτους μήνες, ήταν απαραίτητο να υπάρχει στο αυτοκίνητο ένας γονιός κατά τη διάρκεια της οδήγησης, ενώ μετά το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος, μπορούσαν να οδηγούν μόνοι. Το σύστημα IVDR (In-Vehicle Data Recorder) κατέγραφε δεδομένα όπως η ταχύτητα και η επιτάχυνση του οχήματος, ώστε να μπορεί να διακρίνει πότε ο οδηγός πραγματοποιεί επικίνδυνους ελιγμούς, οι οποίοι κατηγοριοποιούνταν ανάλογα με το είδος τους (αλλαγή λωρίδας, απότομο φρενάρισμα ή επιτάχυνση κτλ.) και τη σοβαρότητα τους (υψηλή, μέτρια, χαμηλή). Όλες αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονταν μέσω ασύρματων δικτύων σε ένα διακομιστή, ο οποίος διατηρούσε αρχείο για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα οχήματα, δημιουργώντας έτσι το προφίλ του κάθε αρχάριου οδηγού. Οι γονείς και οι νεαροί οδηγοί ήταν σε θέση να ελέγξουν τα δεδομένα αυτά μέσω μιας εφαρμογής που τους επέτρεπε να έχουν πρόσβαση στα προφίλ τους.

Αποτελέσματα:

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι οι **άνδρες** οδηγοί είναι πιο **επιρρεπείς** στο κίνδυνο και ότι όταν οδηγούν χωρίς επίβλεψη, οι αρχάριοι οδηγοί γίνονται πιο «επιθετικοί». Όσον αφορά την οδήγηση με παρόντες τους γονείς, ο κίνδυνος ατυχήματος αποτελεί συνάρτηση και της οδηγικής συμπεριφοράς του ενήλικα. Τέλος, σημαντικό ρόλο στη μείωση της επικινδυνότητας των νέων οδηγών παίζει ο έλεγχος των δεδομένων που προκύπτουν από το IVDR. Οι νεαροί οι οποίοι **ελέγχονται ηλεκτρονικά** από τους γονείς τους καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας γίνονται πιο προσεχτικοί όταν οδηγούν μόνοι τους, ενώ αντίθετα όσοι δεν έχουν τη συνεχή επίβλεψη των γονέων μέσω της ηλεκτρονικής

εφαρμογής, δεν δείχνουν διάθεση να βελτιώσουν τη τάση που έχουν για επικίνδυνη οδήγηση.

2.3.2 Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones (2014)

Σκοπός:

Αυτή η εργασία πραγματεύεται την ανάπτυξη μιας πρωτότυπης εφαρμογής για ηλεκτρονικές, κινητές συσκευές η οποία θα εκτιμάει τον **βαθμό ασφάλειας** των οδηγών που βρίσκονται εν κινήσει μετρώντας τη διαμήκη και τη πλευρική τους επιτάχυνση, μέσω χρήσης των συστημάτων GPS. Όπου απαιτείται, η εφαρμογή θα εμφανίζει μια προειδοποίηση στους οδηγούς προκειμένου να συμμορφώσουν τη συμπεριφορά τους στο δρόμο.

Μεθοδολογία:

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Τοποθετώντας σε έναν άξονα x, y τις επιταχύνσεις του οχήματος (πλευρική και διαμήκη αντίστοιχα), εκτιμήθηκε η συμπεριφορά του οδηγού στο τιμόνι (επιθετικός ή μη). Χρησιμοποιήθηκε επίσης, ο κύκλος τριβής του οχήματος, ο οποίος είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των ελαστικών του αυτοκινήτου και των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος. Λαμβάνοντας επιπλέον, υπόψη την εμπειρία του οδηγού και το τύπο του αυτοκινήτου, δημιουργήθηκε το “**Διάγραμμα Οδηγικής Συμπεριφοράς**” (Driving Style Diagram - DSD), το οποίο αποτελεί μια συσχέτιση όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με το ίδιο όχημα και το ίδιο smartphone και πήραν μέρος πέντε οδηγοί με διαφορετικά οδηγικά χαρακτηριστικά. Η συμπεριφορά κάθε οδηγού εκτιμήθηκε με βάση το ποσοστό υπέρβασης των ορίων της επιτάχυνσης του DSD.

Αποτελέσματα:

Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα ότι η καλύτερη τιμή για να διαχωρίσεις τους επιθετικούς από τους ασφαλείς οδηγούς, μπορεί να οριστεί στο 9% για το ποσοστό υπέρβασης των ορίων επιτάχυνσης του DSD.

2.3.3 Development of a driving data recorder (1994)

Σκοπός:

Η έρευνα αυτή αποτελεί μια από τις πρώτες προσπάθειες ανάπτυξης ενός οργάνου καταγραφής δεδομένων από τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Ο σκοπός της είναι να παρουσιάσει μια γενική επισκόπηση του οργάνου αυτού (**DDR – Driving Data Recorder**) και να παραθέσει τρόπους χρησιμοποίησής του.

Μεθοδολογία:

Βασικά στοιχεία:

- Το DDR είναι αρκετά μικρό και ελαφρύ ώστε να μη δημιουργεί πρόβλημα στο αυτοκίνητο.
- Είναι επίσης σχεδιασμένο, ώστε να μην καταναλώνει μεγάλη ενέργεια από τη μπαταρία του αυτοκινήτου.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 9.000 ώρες οδήγησης ή 100.000 χιλιόμετρα.
- Τα δεδομένα, τα οποία αποθηκεύονται αρχικά σε μια κάρτα μνήμης, μπορούν να αναλυθούν μέσω προσωπικού Η/Υ.

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορούν να εγγραφούν τα δεδομένα οδήγησης:

- 1) Σύστημα που βασίζεται στο χρόνο, όπου τα δεδομένα τοποθετούνται σε διαδοχική σειρά.
- 2) Σύστημα που βασίζεται στη συχνότητα, όπου η τοποθέτηση των δεδομένων γίνεται είτε με βάση τη συχνότητα χρήσης, είτε τη συχνότητα εμφάνισης.

Ανάλογα με τις εντολές εγγραφής, το DDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συλλέγει στοιχεία όπως ο συνολικός χρόνος οδήγησης, η συνολική απόσταση που διένυσε ο οδηγός, πόσες φορές άναψε ή έσβησε η μηχανή του αυτοκινήτου κ.τ.λ.

Αποτελέσματα:

Το DDR σχεδιάστηκε για να καταγράψει τις συνθήκες οδήγησης ενός αυτοκινήτου σε κανονικές συνθήκες οδοστρώματος και να αναλύσει τη συμπεριφορά του οδηγού στο δρόμο. Επομένως, ήταν δυνατόν να συσσωρευτούν ποσοτικά στοιχεία οδήγησης τα οποία θα καταδεικνύουν το **προφίλ του οδηγού**.

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

Σκοπός:

Το αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών μέσω ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, ονόματι **Drive Diagnostics**, το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, έχει διαστάσεις 11x6x3 εκατοστά και φορτίζεται από τη μπαταρία του οχήματος. Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να εκτιμήσει τη συμπεριφορά των οδηγών, καταμετρώντας το τρόπο οδήγησης τους μέσω συγκεκριμένων παραμέτρων.

Μεθοδολογία:

Η μέθοδος της έρευνας ήταν η εξής: το σύστημα συλλέγει στοιχεία όπως η επιτάχυνση του οχήματος (κατά x, y), η ταχύτητα του, η ακριβής θέση του μέσω συντεταγμένων με τη βοήθεια του GPS, η κατανάλωση καυσίμων, ο συνολικός χρόνος ταξιδιού κτλ. Σε αντίθεση με άλλα παρόμοια συστήματα, η μετάδοση των πληροφοριών μέσω του Drive Diagnostics γίνεται **συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο**, παρόλο που το όχημα βρίσκεται εν κινήσει. Προκειμένου να μετρηθούν συγκεκριμένες παράμετροι, όπως η συχνότητα αλλαγής λωρίδων, τα απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις και η υπερβολική ταχύτητα, αυτές οι πληροφορίες μεταφέρονται μέσω ασυρμάτων δικτύων σε ένα διακομιστή, ο οποίος τις αποθηκεύει ώστε για κάθε οδηγό να υπάρχει ένας συγκεκριμένος φάκελος με τα

χαρακτηριστικά του (αριθμός οχήματος, μέση κατανάλωση καυσίμων, συμμετοχή σε οδικά ατυχήματα κτλ.). Τέλος οι οδηγοί κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες (προσεκτικοί, κανονικοί και επιθετικοί) ανάλογα με το προφίλ που προκύπτει από τα δεδομένα.

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αρχική έκθεση των συμμετεχόντων στο πείραμα, είχε σημαντική επίδραση στη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς και της οδικής ασφάλειας. Επιπλέον, η πρόσβαση που είχαν στα δεδομένα του συστήματος, τους βοήθησε να καταλάβουν τα σφάλματα που διαπράττουν στο δρόμο. Παρόλα αυτά, η έρευνα έδειξε ότι αν δεν υπάρξει περαιτέρω ενδιαφέρον για την καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς των ανθρώπων, μετά από ένα μικρό χρονικό διάστημα δε παρατηρείται καμία πρόοδος. Στην εν λόγω εργασία, η επίδραση του Drive Diagnostics και στους τριάντα-τρεις οδηγούς που χρησιμοποιήθηκε είχε εξαφανιστεί με το πέρασμα των πέντε μηνών.

2.3.5 Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones (2011).

Σκοπός:

Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα με λογισμικό Android η οποία παρακολουθεί το όχημα μέσω του συστήματος OBD-II (On Board Diagnostics) και ανιχνεύει οδικά ατυχήματα.

Το σύστημα OBD αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και είχε ως στόχο την ανίχνευση μηχανικών προβλημάτων στο όχημα, τα οποία προκαλούσαν υψηλά επίπεδα εκπομπής ρύπων, πάνω από τα αποδεκτά όρια. Για να το επιτύχει αυτό, το σύστημα είναι συνδεδεμένο με τη μηχανή του αυτοκινήτου και όταν ανιχνεύσει ένα πρόβλημα, το αποθηκεύει στη μνήμη του ώστε να επιδιορθωθεί αργότερα από τους ειδικούς.

Μεθοδολογία:

Η μέθοδος της εργασίας αυτής στηρίχθηκε κατά ένα σκέλος στο συγκεκριμένο σύστημα. Το κινητό τηλέφωνο συνδέεται μέσω Bluetooth με το μηχάνημα **OBD-II** και λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τη κατάσταση του οχήματος. Επιπλέον, μέσω **GPS**, γνωρίζει τη ταχύτητα και την ακριβή τοποθεσία του. Για την ανίχνευση του οδικού ατυχήματος, δύο παράμετροι έχουν ληφθεί υπόψιν. Η μία αφορά την ενεργοποίηση του συστήματος των αερόσακων και η άλλη την επιτάχυνση του αυτοκινήτου, όπου πολύ υψηλές τιμές του G λαμβάνουν χώρα μόνο όταν πολύ σοβαρά ατυχήματα συμβαίνουν. Επομένως μόλις ανιχνευθεί ότι ένα ατύχημα έχει γίνει, αμέσως ειδοποιείται είτε με γραπτό μήνυμα είτε με e-mail ένα άτομο της επιλογής του οδηγού, το οποίο έχει αποφασιστεί από την αρχή της έρευνας, και γίνεται κλήση στην άμεση βοήθεια και την αστυνομία. Οι συντεταγμένες του οχήματος που λαμβάνονται από το GPS είναι απαραίτητες για την όσο το δυνατόν πιο γρήγορη άφιξη του ασθενοφόρου.

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν άκρως ενθαρρυντικά όσον αφορά την οδική ασφάλεια και το χρόνο διακομιδής των εμπλεκόμενων σε ατύχημα στο κοντινότερο νοσοκομείο. Ο χρόνος ειδοποίησης από την ώρα που συνέβη το ατύχημα υπολογίστηκε στα τρία δευτερόλεπτα, με το μέγιστο χρόνο να φτάνει τα έξι δευτερόλεπτα. Η διαφορά έγκειται στην απόδοση σύνδεσης του κινητού τηλεφώνου στο διαδίκτυο.

2.3.6 Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges (2017)

Στόχος:

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εφαρμόσει μια από τις πιο δημοφιλείς μεθοδολογίες που σχετίζονται με την **ασφάλιση των αυτοκινήτων**, την **Usage-based motor insurance (UBI)**. Συστήματα UBI, όπως Pay-as-you-drive (PAYD) και Pay-how-you-drive (PHYD), είναι νέες καινοτόμες ιδέες που έχουν αρχίσει πρόσφατα να πραγματοποιούνται και να αναλύονται. Η βασική ιδέα είναι ότι αντί για μια σταθερή τιμή, οι οδηγοί πρέπει να πληρώσουν ένα ασφάλιστρο με βάση τα ταξίδια τους και τη συμπεριφορά οδήγησης. Παρά το γεγονός ότι έχει εφαρμοστεί μόνο για μερικά χρόνια, φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη πρακτική με ένα σημαντικό δυνητικό αντίκτυπο στην ασφάλεια της κυκλοφορίας, καθώς και για την άμβλυνση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τη μείωση των εκπομπών ρύπανσης.

Μεθοδολογία:

Για το σκοπό αυτό, η υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με τα συστήματα UBI επανεξετάζει τυχόν κενά που μπορεί να υπάρχουν. Από τα ευρήματα προκύπτει ότι υπάρχει μια πολλαπλότητα και πολυμορφία των διάφορων ερευνητικών μελετών στη σύγχρονη βιβλιογραφία. Εξετάζεται η συσχέτιση μεταξύ PAYD (βάση της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς του οδηγού και της συχνότητας αυτής) και PHYD (βάση της οδηγικής συμπεριφοράς) και του κινδύνου σύγκρουσης των δύο αυτών συστημάτων. Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις ότι η εφαρμογή UBI θα εξαλείψει το φαινόμενο των cross-subsidies, πράγμα που σημαίνει λιγότερο κόστος ασφάλισης και λιγότερο επικίνδυνους και εκτεθειμένους οδηγούς. Θα προβλέπει επίσης ένα ισχυρό κίνητρο για τους οδηγούς που βελτιώσουν της οδηγική συμπεριφορά τους, η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της έκθεσης στο κίνδυνο τόσο συνολικά όσο και ατομικά.

Στο τέλος αυτής της έρευνας, αναφέρονται οι τρέχουσες και οι αναδυόμενες προκλήσεις σε αυτό το πεδίο έρευνας.

2.4 Σύνοψη

Οι εργασίες, οι οποίες εξετάστηκαν παραπάνω, καλύπτουν ευρύ φάσμα αναλύσεων οι οποίες αφορούν αφενός στον προσδιορισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας και αφετέρου στην εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδηγού μέσω συστημάτων καταγραφής δεδομένων που βρίσκονται εντός του οχήματος . Από τη **σύνθεση των βασικών τους σημείων**, προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Η δηλωθείσα από τους οδηγούς **υπέρβαση** των **ορίων ταχύτητας**, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πεποίθηση ότι οι άλλοι οδηγοί υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας.
- Υπάρχουν αρκετοί οδηγοί οι οποίοι απολαμβάνουν τη **γρήγορη οδήγηση** και εκφράζουν την επιθυμία τους για υψηλότερα όρια ταχυτήτων.
- Άλλες σημαντικές μεταβλητές που επηρεάζουν τη στάση των οδηγών απέναντι στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας είναι η **ηλικία**, το **φύλο** καθώς και η ετήσια **διανυθείσα απόσταση**.
- Οδηγοί μεταξύ **40 και 49 ετών** έχουν την πιο λογική στάση ως προς τη ταχύτητα ενώ τόσο οι **νέοι** όσο και οι **ηλικιωμένοι** έχουν τη τάση να αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες αυξάνοντας το επίπεδο κινδύνου.
- Οι **άντρες** οδηγοί φάνηκε να είναι πιο **επιρρεπείς** στο κίνδυνο από τις γυναίκες και κατ' επέκταση να υπερβαίνουν συχνότερα τα όρια.
- Η **αντίληψη** της **εξοικονόμησης χρόνου** κατά την οδήγηση έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων.
- Ιδιαίτερα στις **νεαρές** ηλικίες, οι οδηγοί υιοθετούν επικίνδυνη συμπεριφορά ως προς τη ταχύτητα λόγω **επιρροής** από την παρέα τους.
- Η **παιδεία** και το **εισόδημα** των οδηγών, επηρεάζουν τη στάση τους ως προς τη τήρηση των ορίων ταχύτητας.
- Για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων καταγραφής δεδομένων, απαιτείται σύνδεση με **πληροφοριακά συστήματα**, ώστε να αποθηκεύονται και να επεξεργάζονται άμεσα οι πληροφορίες.
- Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με **τρόπο οδήγησης** του οδηγού (ταχύτητα, επιτάχυνση, επιβράδυνση κτλ.) καθώς και με τα **μηχανικά χαρακτηριστικά** του οχήματος (κατανάλωση καυσίμων, πίεση ελαστικών κλπ.).
- Τα συστήματα καταγραφής της συμπεριφοράς των οδηγών φαίνεται να **βελτιώνουν** τα επίπεδα της οδικής ασφάλειας. Ωστόσο, χρειάζεται η παρακολούθηση της συμπεριφοράς να συνεχιστεί σε βάθος χρόνου προκειμένου να παρατηρηθεί περεταίρω πρόοδος.

- Τα περισσότερα συστήματα καταγραφής συνδέονται με τον **“εγκέφαλο”** του οχήματος. (π.χ. OBD, DDR)
- Η καταγραφή διαφόρων στοιχείων οδήγησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή του **προφίλ του οδηγού** (νέος, επιθετικός κλπ.), την αυτοβελτίωση του ή ακόμα και την εφαρμογή ασφαλιστρων με βάση την οδηγική του συμπεριφορά.
- Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις περισσότερες έρευνες περιλάμβανε **ερωτηματολόγια** ή οδήγηση σε **πραγματικές συνθήκες**.
- Η κυριότερη μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων που εφαρμόστηκε είναι η **ANOVA**.

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και βασικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης. Για το σκοπό της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) για την εξαγωγή των μοντέλων της ανάλυσης. Ο κύριος λόγος στον οποίο βασίστηκε η επιλογή αυτής της μεθόδου είναι η «φύση» της εξαρτημένης μεταβλητής. Συγκεκριμένα, στο μοντέλο αναζητείται η σχέση μεταξύ του ποσοστού διάρκειας οδήγησης κατά το οποίο η ταχύτητα υπερβαίνει το όριο με διάφορα οδηγικά μεγέθη, συνεπώς εφαρμόζεται η γραμμική παλινδρόμηση εφόσον η εξαρτημένη μεταβλητή (ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας) είναι συνεχής μεταβλητή. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναλύεται η γραμμική παλινδρόμηση, τα κριτήρια αποδοχής ενός μαθηματικού προτύπου καθώς και ο τρόπος που επιτεύχθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης μέσω λειτουργιών του ειδικού στατιστικού λογισμικού. Μεγάλο τμήμα των θεωρητικών στοιχείων αυτών έχει αναπτυχθεί και σε προηγούμενες διπλωματικές εργασίες.

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 αδύνατον να καταγραφούν. Όλα τα στοιχεία που ανήκουν στο δείγμα ανήκουν και στο πληθυσμό χωρίς απαραίτητα να ισχύει το αντίστροφο. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για ολόκληρο το πληθυσμό μόνο αν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού.

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

- **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables): Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών 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. Η ηλικία και ο αριθμός των παιδιών μιας

οικογένειας συνιστούν τέτοιες μεταβλητές. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις διακριτές (ή ασυνεχείς) και τις συνεχείς.

- ❖ Σε μια **διακριτή** μεταβλητή, η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορεί να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα θεωρείται ο αριθμός των μελών μιας οικογένειας.
- ❖ Σε μια **συνεχή** μεταβλητή, δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Ως παράδειγμα αναφέρουμε την ηλικία, για την οποία η διαφορά ανάμεσα σε δύο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια, μήνες, μέρες, ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στη 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): Στη περίπτωση που τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα, η **διακύμανση** συμβολίζεται με s^2 και ορίζεται ως:

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

Όπου

\bar{x} είναι ο δειγματικός μέσος, δηλαδή μέση τιμή των παρατηρήσεων του δείγματος.

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
- Το διάστημα $(-2s, +2s)$ περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων

- Το διάστημα $(-3s, +3s)$ περιέχει περίπου το 99 % του δεδομένων

Συνδιακύμανση (covariance of the two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων και δίνεται από τη σχέση:

$$Cov(x, y) = \left[\frac{1}{n-1} \right] \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας είναι:

- το επίπεδο εμπιστοσύνης: που ορίζεται ως η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή
- το επίπεδο σημαντικότητας: που ορίζεται ως η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο

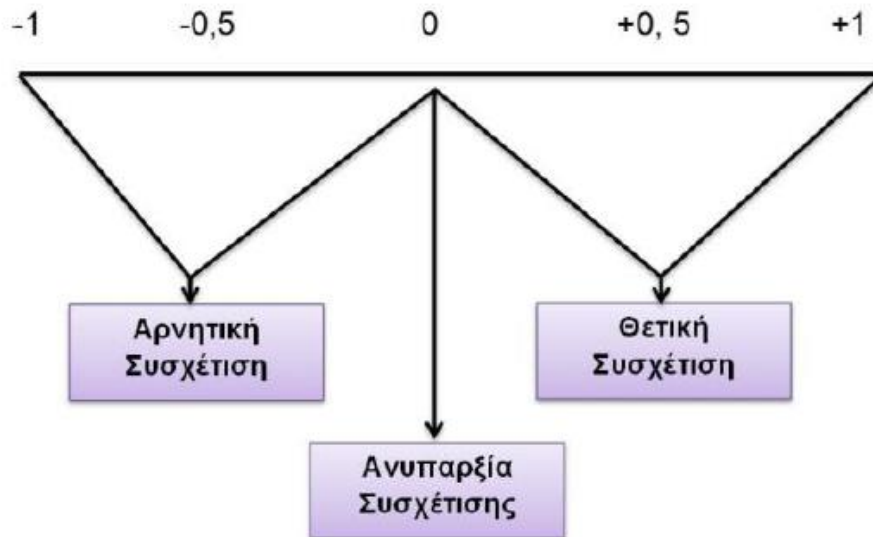
Συσχέτιση Μεταβλητών – Συντελεστής Συσχέτισης

Έστω x, y δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές. Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο μεταβλητών x και y , οι οποίες έχουν διασπορά σ_x^2 και σ_y^2 αντίστοιχα, και συνδιασπορά $\sigma_{xy} = cov[x, y]$ καθορίζεται με το συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient) ρ , ο οποίος 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 το τρόπο που δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των x και y και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των x και y . Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς σ_{xy} , και των διασπορών σ_x και σ_y από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της **εκτιμήτριας r** .

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



Εικόνα 3-1: Επεξήγηση πιθανών τιμών του Συντελεστή Συσχέτισης

Πηγή: Σύγγραμμα «Εφαρμογή Μεθόδων Ανάλυσης στην Έρευνα Αγοράς

3.3 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 οι τιμές τους. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση οδικών δεδομένων.

3.3.1 Κανονική Κατανομή

Μια από τις σημαντικότερες κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι:

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

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

3.3.2 Κατανομή Poisson

Είναι γνωστό ότι η πιο κατάλληλη κατανομή για τη περιγραφή τελείως τυχαίων διακριτών γεγονότων είναι η **κατανομή Poisson**. Μια τυχαία μεταβλητή x (όπως π.χ. το πλήθος των ατυχημάτων ή των νεκρών από οδικά ατυχήματα) θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$) και γράφεται $x \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

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

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

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). Η κατανομή Poisson είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη μοντέλων που αφορούν φαινόμενα που εμφανίζονται σπάνια και των οποίων οι εμφανίσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή η εμφάνιση του φαινομένου μια φορά δεν επηρεάζει την επόμενη. Ο αριθμός των παθόντων είναι μια μεταβλητή, η οποία παρουσιάζει όμοιες ιδιότητες με τη μεταβλητή του αριθμού των ατυχημάτων και γενικά υποστηρίζεται ότι τα οδικά ατυχήματα ακολουθούν συνήθως κατανομή Poisson ή κανονική κατανομή.

3.3.3 Αρνητική Διωνυμική Κατανομή

Μια 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 εμφανίζουν περιοδικές μεταβολές (όπως για παράδειγμα ο αριθμός αφίξεων οχημάτων που αφορούν σε μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. 10s) 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 τη:

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

όπου $X=0, 1, 2, 3, \dots$

3.4 Μαθηματικά Πρότυπα

3.4.1 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 ο όρος **ανεξάρτητη μεταβλητή** αναφέρεται σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία αλλά παίρνει

καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή αντίθετα, θεωρείται τυχαία και “καθοδηγείται” από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκαλεί τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς ή διακριτές τιμές. Στη περίπτωση που η **εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος** και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης, της οποίας η πιο απλή περίπτωση είναι η γραμμική παλινδρόμηση (Simple Linear Regression). Στην **απλή γραμμική παλινδρόμηση** υπάρχει μία μόνο ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία μόνο εξαρτημένη μεταβλητή Y , η οποία προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της μεταβλητής Y , για κάθε τιμή της μεταβλητής X δίνεται από τη σχέση:

$$y_i = a + b * x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι εύρεση των παραμέτρων a και b που εκφράζουν όσο το δυνατόν καλύτερα την γραμμική εξάρτηση της εξαρτημένης μεταβλητής Y από την ανεξάρτητη μεταβλητή X . Κάθε ζεύγος τιμών (a , b) καθορίζει και μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- ο σταθερός όρος a είναι η τιμή του Y για $X=0$
- ο συντελεστής b του X είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient). Εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα.

Η τυχαία μεταβλητή ε_i λέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (Regression Error) και ορίζεται ως η διαφορά της y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y|X=x_i)$ όπου $E(Y|X=x_i) = a + b * x_i$. Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

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

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

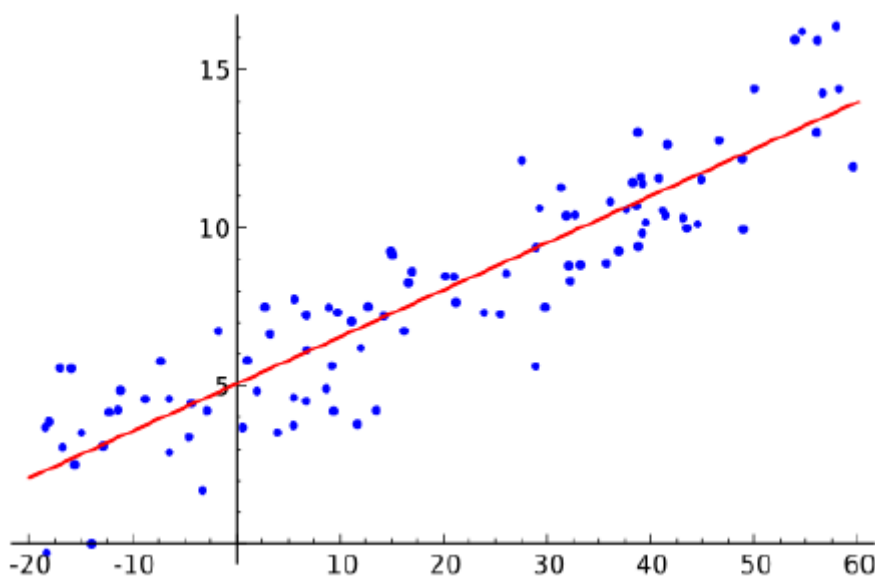
Σε περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές X ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$), τότε γίνεται αναφορά στη **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (Multiple Linear Regression). Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

$$y_i = b_0 + b_1 * x_{1i} + b_2 * x_{2i} + \dots + b_n * x_{ni} + \varepsilon_i$$

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

Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (Least Squares Method). Σύμφωνα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, ο προσδιορισμός των συντελεστών b_i , δίνει μία προσεγγιστική ευθεία που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής Y , δοθέντων των τιμών της μεταβλητής X . Η ευθεία που προκύπτει ονομάζεται ευθεία παλινδρόμησης της Y πάνω στη X . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X, Y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Παρακάτω δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Εικόνα 3-2: Παράδειγμα ευθείας ελαχίστων τετραγώνων

Πηγή: Wikipedia

3.4.2 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Η **λογιστική παλινδρόμηση** (Logistic Regression) αποτελεί μια στατιστική μέθοδο κατάλληλη για τις περιπτώσεις που επιδιώκεται πρόβλεψη της επιρροής από την παρουσία ή την απουσία κάποιων χαρακτηριστικών στην επιλογή αναφορικά με κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Οδηγεί στην ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου που δίνει τη συνάρτηση χρησιμότητας του συγκεκριμένου γεγονότος, συναρτήσει κάποιων παραγόντων που το επηρεάζουν. Από τη συνάρτηση χρησιμότητας (Utility function), υπολογίζεται εύκολα κατόπιν κατάλληλου μετασχηματισμού, η πιθανότητα που υπάρχει το γεγονός αυτό να πραγματοποιηθεί. Το πρότυπο που δίνει τη συνάρτηση χρησιμότητας είναι γραμμικό συναρτήσει των παραμέτρων που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη επιλογή. Αντίθετα η σχέση που συνδέει τη πιθανότητα με τη συνάρτηση χρησιμότητας είναι μη γραμμική. Η μορφή της συνάρτησης χρησιμότητας είναι η εξής:

$$U_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_vx_v$$

Όπου:

U_i = συνάρτηση χρησιμότητας (Utility function) του γεγονότος i

$x_1 \dots x_v$ οι μεταβλητές του προβλήματος

a_0 = ο σταθερός όρος ο οποίος δείχνει την επίδραση όλων εκείνων των παραγόντων που επηρεάζουν την επιλογή και δεν έχουν συμπεριληφθεί ως μεταβλητές στο μαθηματικό πρότυπο.

$a_1 \dots a_v$ οι συντελεστές των μεταβλητών

Η πιθανότητα P_i να συμβεί το συγκεκριμένο γεγονός i δίνεται από τη σχέση:

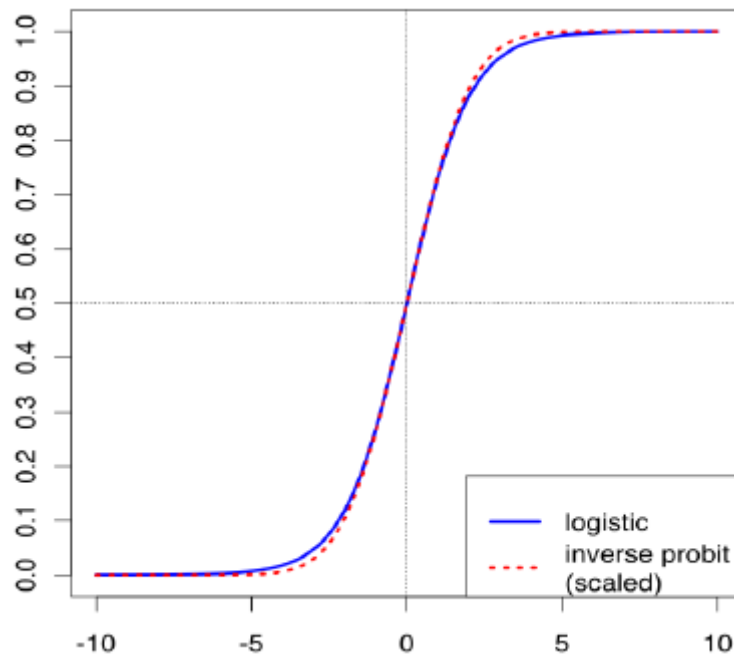
$$P_i = \frac{e^{U_i}}{1 + e^{U_i}}$$

ενώ η πιθανότητα να μη συμβεί το συγκεκριμένο γεγονός, όπως είναι ευνόητο είναι $1 - P_i$. Μια διαφορετική σχέση της συνάρτησης χρησιμότητας προκύπτει από τη τελευταία σχέση μετά από την εκτέλεση κάποιων αριθμητικών πράξεων.

$$(1 + e^U) * P = e^U \leftrightarrow (1 + e^{-U}) * P = 1 \leftrightarrow e^{-U} = \frac{1 - P}{P} \leftrightarrow e^U = \frac{P}{1 - P} \leftrightarrow U = \ln \frac{P}{1 - P}$$

Επομένως, η εξαρτημένη μεταβλητή U είναι ο νεπέριος λογάριθμος του λόγου $P/(1-P)$ όπου P η πιθανότητα να συμβεί κάποιο συγκεκριμένο γεγονός. Ο λόγος των πιθανοτήτων $P/(1-P)$ στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται με τον όρο "odds". Μια σημαντική ιδιότητα του

λογιστικού προτύπου είναι ότι μετατρέπει το πρόβλημα της πρόβλεψης πιθανοτήτων σε πρόβλημα πρόβλεψης του λόγου πιθανοτήτων (odds).



Εικόνα 3-3: Σιγμοειδής καμπύλη λογιστικής παλινδρόμησης

Πηγή: Wikipedia

Αν το P ισούται με 0 ή με 1 τότε οι λόγοι πιθανοτήτων (odds) θα είναι ίσοι με 0 ή θα παρουσιάζουν απροσδιοριστία, με αποτέλεσμα να μην ορίζεται ο νεπερίος λογάριθμος τους, άρα ούτε και η συνάρτηση χρησιμότητας. Για το λόγο αυτό η χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων δεν είναι δυνατή. Έτσι ο υπολογισμός των συντελεστών του μαθηματικού προτύπου γίνεται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood). Η συγκεκριμένη μέθοδος αποδίδει με ακρίβεια του παραπάνω συντελεστές, ενώ λειτουργεί με την ίδια ευκολία ακόμα και στη περίπτωση που το δείγμα είναι μεγάλο. Για το λόγο αυτό η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο για την εκπόνηση τέτοιου είδους ερευνών.

Με απλό μετασχηματισμό των παραπάνω σχέσεων καταλήγουμε στην εξής νέα εξίσωση του λόγου πιθανοφάνειας.

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = e^{a_0} * e^{a_1 x_1} * e^{a_2 x_2} * \dots * e^{a_n x_n}$$

από που διαπιστώνουμε ότι για αύξηση κατά μία μονάδα μιας ανεξάρτητης μεταβλητής (δηλαδή από x_i σε x_{i+1}) διατηρώντας σταθερές όλες τις υπόλοιπες, η πιθανότητα αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{a_i} .

3.5 Στατιστική Αξιολόγηση και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

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

- Όσον αφορά τους συντελεστές της εξίσωσης, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα **λογικής ερμηνείας** των προσημών 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, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στη περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).
- Πληροφορίες σχετικά με το αν πρέπει μια μεταβλητή να **συμπεριληφθεί στο πρότυπο** ή όχι δίνει ένας άλλος στατιστικός δείκτης που υπολογίζεται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων, ο **t-ratio**.

$$t - ratio = \frac{\beta_i}{s.e.}$$

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

Ο t-ratio αναφέρεται σε κάθε μια από τις μεταβλητές ξεχωριστά. Ο δείκτης αυτός είναι στην ουσία το αποτέλεσμα της διαίρεσης της εκτιμώμενης για το συντελεστή τιμής διά της τυπικής απόκλισής της. Η τυπική απόκλιση είναι ένα μέγεθος που παρουσιάζει τη συνέπεια με την οποία έχει υπολογιστεί η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή. Αυτό σημαίνει ότι η πραγματική τιμή του συντελεστή για διάστημα εμπιστοσύνης (επίπεδο σημαντικότητας) 95% βρίσκεται στο διάστημα με κέντρο την υπολογιζόμενη τιμή του συντελεστή και άκρα την τιμή αυτή +/- τη τυπική απόκλιση.

Ο δείκτης t-ratio στην ουσία δείχνει αν η πραγματική τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή διαφέρει σημαντικά από το 0 ή όχι. Δείχνει δηλαδή αν η επίδραση της αντίστοιχης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα είναι σημαντική ή όχι. Αν η επιρροή αυτή είναι σημαντική τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στην ανάπτυξη του μαθηματικού προτύπου. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αποκλειστεί. Οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από $-\infty$ έως $+\infty$.

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόλυτη τιμή του τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Ανάλογα το επίπεδο σημαντικότητας στο οποίο ενδιαφέρει να βρίσκονται τα αποτελέσματα της έρευνας, υπάρχουν πίνακες που

δίνουν τη τιμή του t-ratio, πάνω από την οποία η συγκεκριμένη μεταβλητή πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρότυπο. Έτσι για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, μια μεταβλητή μπορεί να παραμείνει στο πρότυπο αν η απόλυτη τιμή του t-ratio του συντελεστή της είναι μεγαλύτερη από 1,96.

Πρέπει να σημειωθεί ότι από τη στιγμή που υπάρχει σταθερός όρος, η τελευταία τιμή των κατηγορικών μεταβλητών θεωρείται περιττή και χρησιμοποιείται ως επίπεδο αναφοράς για τη σύγκριση αυτής με τις άλλες τιμές των κατηγορικών μεταβλητών. Με το t-test λοιπόν καθορίζεται εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Το ίδιο συμβαίνει και με τις αλληλεπιδράσεις των κατηγορικών μεταβλητών με τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Επισημαίνεται ότι οι διακριτές μεταβλητές με κατηγορίες k έχουν k-1 βαθμούς ελευθερίας, ενώ οι συνεχείς έχουν πάντοτε ένα βαθμό ελευθερίας.

Αντί για το t-ratio μπορεί πιο απλά να υπολογιστεί η τιμή του p-value και να συγκριθεί με το αντίστοιχο επίπεδο σημαντικότητας. Συγκεκριμένα, μια συνήθης πρακτική στον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων, είναι ο υπολογισμός της τιμής της **πιθανότητας p** (probability value ή p-value). Η πιθανότητα p είναι το μικρότερο επίπεδο σημαντικότητας α που οδηγεί στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . Είναι μια σημαντική τιμή διότι ποσοτικοποιεί τη στατιστική απόδειξη που υποστηρίζει την εναλλακτική υπόθεση. Γενικά όσο πιο μικρή είναι η τιμή της πιθανότητας p, τόσες περισσότερες είναι οι αποδείξεις για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H_0 έναντι της εναλλακτικής H_1 . **Εάν η τιμή p είναι μικρότερη ή ίση του επιπέδου σημαντικότητας α , τότε η μηδενική υπόθεση H_0 απορρίπτεται.**

- Η ποιότητα του μοντέλου εξετάζεται με το συντελεστή προσαρμογής R^2 . Ο συντελεστής προσαρμογής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από τη σχέση:

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

Όπου:

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

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

και \hat{y} η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής από τις ανεξάρτητες.

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.

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

- Για τη στατιστική εμπιστοσύνη του μοντέλου της λογιστικής παλινδρόμησης χρησιμοποιείται η **μέθοδος της μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας**. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια πρέπει ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -2$ Restricted Log Likelihood να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και γενικά προτιμώνται τα μοντέλα με το μικρότερο λογάριθμο συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και απαιτείται ένας κανόνας που να αποφασίζει εάν η μείωση του L αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το **κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (Likelihood Ratio Test – LRT)**. Το μέγεθος $L(0)$ αποτελεί ένα απλό υπολογισμό της πιθανοφάνειας ενός προτύπου στο οποίο για κάθε παρατήρηση (στοιχείο της έρευνας πεδίου), όλες οι εναλλακτικές επιλογές έχουν την ίδια πιθανότητα να επιλεγούν. Το μέγεθος $L(b)$ αποτελεί μια προσέγγιση της πιθανοφάνειας που θα προέκυπτε από ένα πρότυπο στο οποίο όλες οι εναλλακτικές επιλογές εκτός από μία έχουν ένα εναλλακτικό καθορισμένο συντελεστή (alternative specific constant). Οι τιμές των παραπάνω μεγεθών εξεταζόμενες μεμονωμένα δε δίνουν καμιά ουσιαστική πληροφορία. Απεναντίας όμως συγκρινόμενες μεταξύ τους, και με τις αντίστοιχες τιμές άλλων δοκιμών, δίνουν μια γενική εικόνα για τη ποιότητα του συγκεκριμένου προτύπου.

Για παράδειγμα οι έλεγχοι πιθανοφάνειας χ^2 (likelihood ratio χ^2) είναι ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος ελέγχου προτύπων που έχουν αναπτυχθεί με βάση τα ίδια δεδομένα. Όταν το ένα πρότυπο είναι γενίκευση του άλλου, τα δύο πρότυπα μπορούν να παρουσιάσουν συμπεριφορά (nested hypotheses) για την οποία το διπλάσιο της διαφοράς του λογάριθμου της πιθανοφάνειας μπορεί να ελεγχθεί σαν μεταβλητή χ^2 με κατάλληλο αριθμό βαθμών ελευθερίας. Η τελική πιθανοφάνεια των δύο αυτών μοντέλων είναι το κλειδί στο δεδομένα για τον παραπάνω έλεγχο.

Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφάνειας, εάν η διαφορά

$$LRT = -2 * (L(b) - L(0)) > \chi_{b,0.05}^2$$

Όπου $L(b)$ = λογάριθμος πιθανοφάνειας (μοντέλου με b μεταβλητές) και $L(0)$ = λογάριθμος πιθανοφάνειας (μοντέλου χωρίς τις b μεταβλητές), είναι μεγαλύτερη από τη τιμή του κριτηρίου χ^2 για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, τότε το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνεται αποδεκτό.

Επισημαίνεται ότι οι διακριτές μεταβλητές με κατηγορίες k έχουν $k-1$ βαθμούς ελευθερίας, ενώ οι συνεχείς έχουν πάντοτε ένα βαθμό ελευθερίας.

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

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

- Όσον αφορά στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, πρέπει να πληρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις:
 - να ακολουθεί κανονική κατανομή
 - να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(e_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$
 - να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(x_i, x_j) = 0$, για κάθε $i \neq j$

Η **διασπορά του σφάλματος** εξαρτάται από το συντελεστή 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.

4 Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που οδήγησε στην επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης. Αφού επιλέχθηκε η γραμμική παλινδρόμηση ως μέθοδος στατιστικής ανάλυσης, επόμενο βήμα ήταν η συλλογή δεδομένων από συσκευές smartphone μέσα από το πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης που πραγματοποιήθηκε. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα οδηγήσει στην επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας, που είναι ο **προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας**.

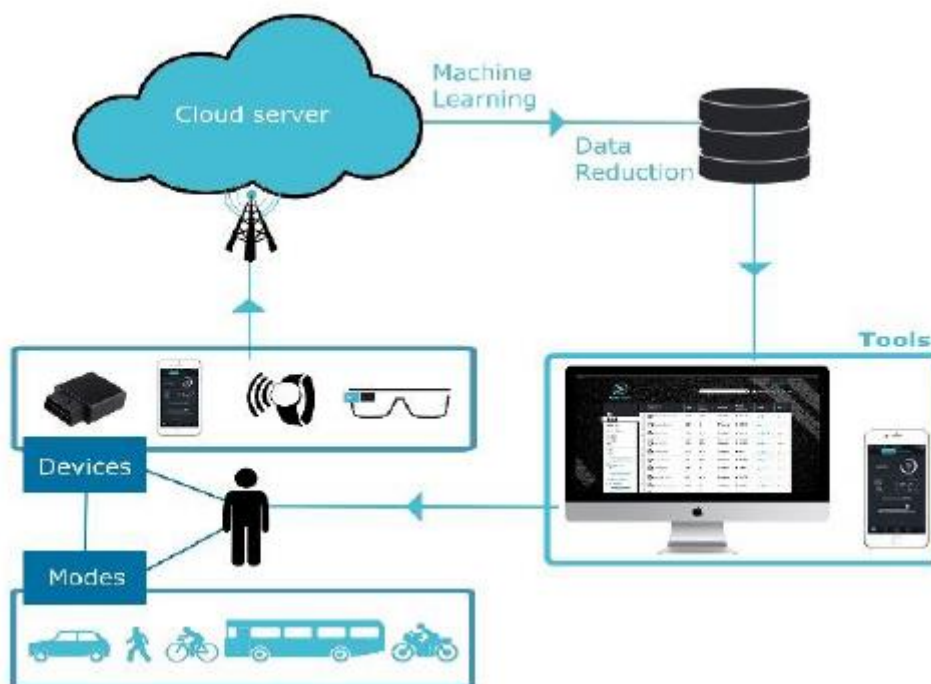
Το κεφάλαιο αυτό που αφορά στη **συλλογή και επεξεργασία στοιχείων**, περιλαμβάνει δύο υπο-κεφάλαια. Στο εδάφιο που αναφέρεται στη συλλογή των στοιχείων, περιγράφεται το πείραμα που πραγματοποιήθηκε για τα στοιχεία που συλλέχθηκαν. Στο δεύτερο εδάφιο το οποίο αφορά στην επεξεργασία των στοιχείων, παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Στο τέλος, αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

4.2 Συλλογή Στοιχείων

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σχετικά με τον προσδιορισμό κρίσιμων παραγόντων που επηρεάζουν την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας. Ωστόσο, η μεθοδολογία συλλογής των στοιχείων περιλάμβανε συνήθως μια συσκευή που βρισκόταν εντός του οχήματος και ήταν συνδεδεμένη με το όχημα. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι το **Driving Data Recorder DDR** (Ohta, Tohru, Shouji Nakajima, 1994), μια συσκευή μικρών διαστάσεων που συνδεόταν με τη μηχανή του αυτοκινήτου ή το **On Board Diagnostics OBD** (Zaldivar, Jorge, et al., 2011) το οποίο έχει ως κύριο στόχο την ανίχνευση μηχανικών προβλημάτων στο όχημα, αλλά χρησιμοποιήθηκε για τη καταγραφή δεδομένων. Στη παρούσα Διπλωματική Εργασία η συλλογή των στοιχείων γίνεται μέσω αισθητήρων από το έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone).

Πιο αναλυτικά, εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων, μέσα από την εξατομικευμένη καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες συσκευών smartphone. Εξήντα – οχτώ οδηγοί συμμετείχαν στο πείραμα (smartphone naturalistic driving experiment) σε χρονικό διάστημα δεκαπέντε μηνών και δημιουργήθηκε μια μεγάλη βάση δεδομένων με χιλιάδες (21.610) διαδρομές. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο σε **αστικό** όσο και σε **υπεραστικό περιβάλλον** και **αυτοκινητόδρομο**. 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 στη παρακάτω εικόνα 4.1 και περιγράφονται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 4-1: Διάγραμμα διαχείρισης δεδομένων

Πηγή: Oseven

4.2.1 Μεθοδολογία καταγραφής, συλλογής, επεξεργασίας και οπτικοποίησης δεδομένων

Η **Oseven** έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα για την καταγραφή, την συλλογή, την αποθήκευση, την αξιολόγηση και την παρουσίαση των δεδομένων της οδικής συμπεριφοράς χρησιμοποιώντας εφαρμογές **έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphone)** και προηγμένους αλγόριθμους **Machine Learning**. Αυτή η καινοτομία που εφαρμόζεται στο τρόπο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σε μεγάλη κλίμακα, παρουσιάζει νέες προκλήσεις συγκεντρώνοντας μεγάλο όγκο δεδομένων για ανάλυση κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας. Το σύστημα που αναπτύχθηκε ενσωματώνει μια διαδικασία συλλογής και διαβίβασης δεδομένων από τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα (Smartphones), των οποίων τα κύρια χαρακτηριστικά περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

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

μια 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 και χρησιμοποιείται μια ποικιλία εφαρμογών για να διαβαστούν τα δεδομένα των αισθητήρων που έχουν καταγραφεί και να αποθηκευτούν προσωρινά στη βάση δεδομένων του έξυπνου κινητού τηλεφώνου (Smartphone) πριν μεταφερθούν στη κεντρική βάση δεδομένων. Μετά τη μετάδοση δεδομένων στη κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος, όλες οι πληροφορίες διαγράφονται από το κινητό τηλέφωνο. Τα πρωτογενή δεδομένα είτε καταγράφονται από τους αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (Smartphone), είτε παρέχονται από ios και android με τη μορφή δεδομένων συγχώνευσης.

Ενδεικτικά, το κινητό τηλέφωνο ενσωματώνει αισθητήρες τεχνολογίας:

- Επιταχυνσιόμετρου (Accelerometer)¹
- Γυροσκοπίου (Gyroscope)¹
- Μαγνητόμετρου (Magnetometer)
- GPS (ταχύτητα, πορεία, γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος)

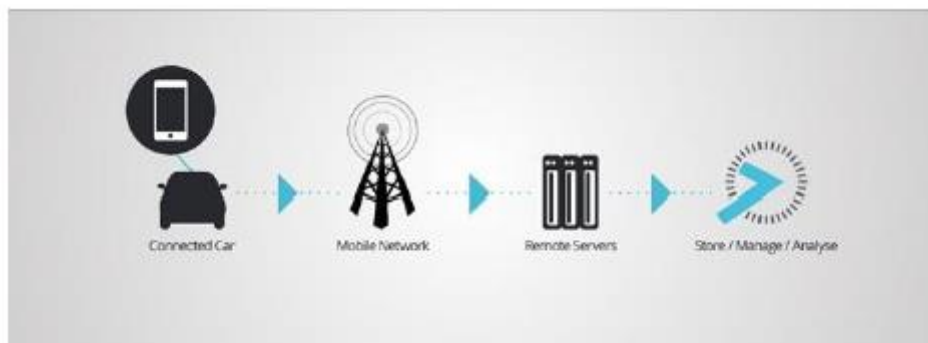
Τα δεδομένα που παρέχονται από iOS και Android:

- Yaw, Pitch, Roll
- Γραμμική επιτάχυνση¹
- Βαρύτητα¹

Η συχνότητα της καταγραφής των δεδομένων ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του αισθητήρα, με μέγιστη τιμή 1Hz. Είναι αξιοσημείωτο να τονιστεί ότι με αυτό το τρόπο συλλέγεται ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων των χαρακτηριστικών οδήγησης και αυτό πραγματοποιείται μόνο

¹x , y , z άξονες

με τη 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

Πηγή: Oseven

2. Μετάδοση δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδρομής, η εφαρμογή μεταδίδει όλα τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, στη κεντρική **βάση δεδομένων του Oseven backend office** μέσω ενός κατάλληλου δίαυλου επικοινωνίας, όπως είναι ένα δίκτυο **Wi-Fi** ή ένα **κυβελοειδές δίκτυο** (κατόπιν επιλογής του χρήστη) όπως είναι το δίκτυο 3G / 4G με βάση τις ρυθμίσεις του δείκτη

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 η χρήση του API καθιστά δυνατή την υποβολή δεδομένων στη βάση δεδομένων από συσκευές τρίτων καθώς επίσης και την πληροφορία άμεσα διαθέσιμη.

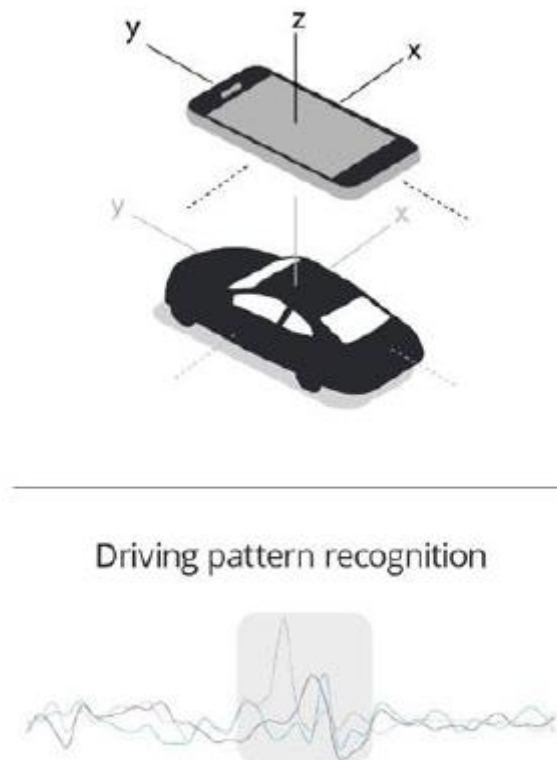
Ο συνολικός όγκος δεδομένων για ένα μέσο οδηγό υπολογίζεται σε 50 Mb / μήνα.

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 τη κρυπτογράφηση για να αποτρέπεται η πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένα δεδομένα από τρίτους.

4. Επεξεργασία δεδομένων

Αφού τα δεδομένα αποθηκευτούν στον εξυπηρετητή, για να πραγματοποιηθεί η κεντρική επεξεργασία και η μείωση του όγκου του 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 επεξεργασίας δεδομένων που περιλαμβάνουν δύο οικογένειες τεχνικών, **τεχνικές εξόρυξης μεγάλων δεδομένων** και **αλγορίθμους Machine Learning (ML)**.



Εικόνα 4-3: Ρυθμός εκτροπής, βαθμός έντασης, κύλιση

Πηγή: OSeven

Οι **μέθοδοι εκμάθησης μηχανών** (μέθοδοι φιλτραρίσματος, ομαδοποίησης και ταξινόμησης) χρησιμοποιούνται για το καθαρισμό των δεδομένων από τα μη σχετικά στοιχεία, 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 την μορφή απότομων συμβάντων, την απόσπαση της προσοχής του οδηγού από τη χρήση του κινητού του τηλεφώνου, την αναγνώριση των τρόπων οδήγησης, την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας καθώς και τον προσδιορισμό 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:

- Φιλτράρισμα δεδομένων και ανίχνευση τιμών που αποκλίνουν
- Εξομάλυνση δεδομένων (όπου χρειάζεται)
- Περιοχές υπερβολικής ταχύτητας
- Συμβάντα απότομων επιταχύνσεων
- Συμβάντα απότομων φρεναρισμάτων
- Συμβάντα απότομων στροφών
- Χρήση κινητού τηλεφώνου (ομιλία, σύνταξη μηνυμάτων, πλοήγηση στο διαδίκτυο)
- Οδήγηση εντός επικίνδυνων ωρών (απόσταση σε επικίνδυνες ώρες)
- Τρόπος μετακίνησης (αυτοκίνητο Ι.Χ., μέσα μαζικής μεταφοράς, ποδήλατο, μοτοποδήλατο)
- Καθορισμός οδηγού ή επιβάτη

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

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).



Εικόνα 4-4: Δείκτες κινδύνου οδήγησης

Πηγή: OSeven

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)
- Οδική 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 διαδικασία της παρουσίασης των δεδομένων περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο. Πρέπει 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.

5. Παρουσίαση δεδομένων

Τα αποτελέσματα όλης της προαναφερθείσας διαδικασίας είναι προσβάσιμα στην εφαρμογή έξυπνων κινητών τηλεφώνων (Smartphone) και στη Διαδικτυακή Πύλη, όπου είναι διαθέσιμα για το 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 στο 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 το καθορισμό των ασφάλιστρων ή/και προγραμμάτων αξιοπιστίας.



Εικόνα 4-5: Εφαρμογή στο κινητό και διαδικτυακή πύλη

Πηγή: OSeven

Η βάση δεδομένων που προέκυψε δόθηκε σε αρχείο Microsoft Excel και περιλάμβανε τα εξής μεγέθη/στοιχεία:

No: αύξων αριθμός

tripid: κωδική ονομασία διαδρομής

userid: κωδική ονομασία οδηγού

tripstarted: ημερομηνία/ώρα έναρξης διαδρομής

tripedended: ημερομηνία/ώρα λήξης διαδρομής

duration: συνολική διάρκεια διαδρομής σε δευτερόλεπτα (s)

time_urban: συνολική διάρκεια οδήγησης σε αστικό περιβάλλον (s)

time_rural: συνολική διάρκεια οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον (s)

time_highway: συνολική διάρκεια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο (s)

driving_duration: καθαρή διάρκεια οδήγησης χωρίς το χρόνο για στάσεις σε δευτερόλεπτα (s)

driving_duration_urban: καθαρή διάρκεια οδήγησης σε αστικό περιβάλλον (s)

driving_duration_rural: καθαρή διάρκεια οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον (s)

driving_duration_highway: καθαρή διάρκεια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο (s)

totaldist: συνολική απόσταση διαδρομής σε χιλιόμετρα (km)

distance_urban: απόσταση διαδρομής σε αστικό περιβάλλον (km)

distance_rural: απόσταση διαδρομής σε υπεραστικό περιβάλλον (km)

distance_highway: απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο (km)

ha: απότομη επιτάχυνση (απόλυτος αριθμός)

hb: απότομο φρενάρισμα/επιβράδυνση (απόλυτος αριθμός)

hc: απότομη στροφή (απόλυτος αριθμός)

ha_urban: απότομη επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον

ha_rural: απότομη επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον

ha_highway: απότομη επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο

ha_intensity_high: απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως

ha_intensity_highway_high: απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο

ha_intensity_highway_low: απότομη επιτάχυνση χαμηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο

ha_intensity_highway_medium: απότομη επιτάχυνση μέτριας εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο

ha_intensity_low: απότομη επιτάχυνση χαμηλής εντάσεως

ha_intensity_medium: απότομη επιτάχυνση μέτριας εντάσεως

ha_intensity_rural_high: απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον

ha_intensity_rural_low: απότομη επιτάχυνση χαμηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον

ha_intensity_rural_medium: απότομη επιτάχυνση μέτριας εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον

ha_intensity_urban_high: απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον

ha_intensity_urban_low: απότομη επιτάχυνση χαμηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον

ha_intensity_urban_medium: απότομη επιτάχυνση μέτριας εντάσεως σε αστικό περιβάλλον

hb_urban: απότομη επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον

hb_rural: απότομη επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον

hb_highway: απότομη επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο

hb_intensity_high: απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως

hb_intensity_highway_high: απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο

hb_intensity_highway_low: απότομη επιβράδυνση χαμηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο

hb_intensity_highway_medium: απότομη επιβράδυνση μέτριας εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο

hb_intensity_low: απότομη επιβράδυνση χαμηλής εντάσεως

hb_intensity_medium: απότομη επιβράδυνση μέτριας εντάσεως

hb_intensity_rural_high: απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον

hb_intensity_rural_low: απότομη επιβράδυνση χαμηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον

hb_intensity_rural_medium: απότομη επιβράδυνση μέτριας εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον

hb_intensity_urban_high: απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον

hb_intensity_urban_low: απότομη επιβράδυνση χαμηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον

hb_intensity_urban_medium: απότομη επιβράδυνση μέτριας εντάσεως σε αστικό περιβάλλον

hc_urban: απότομη στροφή σε αστικό περιβάλλον

hc_rural: απότομη στροφή σε υπεραστικό περιβάλλον

hc_highway: απότομη στροφή σε αυτοκινητόδρομο

avaccel: μέση επιτάχυνση (km/h/s)

avdecel: μέση επιβράδυνση (km/h/s)

smooth_corner: μέση στροφική ταχύτητα (°/s)

av_accel_urban: μέση επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)

av_accel_rural: μέση επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)

av_accel_highway: μέση επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)

av_decel_urban: μέση επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)

av_decel_rural: μέση επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)

av_decel_highway: μέση επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)

mobileusage: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης (driving_duration) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

mobileusage_urban: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αστικό περιβάλλον (driving_duration_urban) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

mobileusage_rural: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον (driving_duration_rural) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

mobileusage_highway: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο (driving_duration_highway) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

perc_speeding: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης (driving_duration) με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας

perc_speeding_urban: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αστικό περιβάλλον (driving_duration_urban) με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας

perc_speeding_rural: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον (driving_duration_rural) με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας

perc_speeding_highway: ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο (driving_duration_highway) με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας

av_speeding: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας

av_speeding_urban: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον

av_speeding_rural: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον

av_speeding_highway: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο

avgspeed: μέση ταχύτητα (km/h)

avgspeedurban: μέση ταχύτητα σε αστικό περιβάλλον (km/h)

avgspeedrural: μέση ταχύτητα σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h)

avgspeedhighway: μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (km/h)

maxspeed: μέγιστη τιμή ταχύτητας (km/h)

speedq25: τιμή που αντιστοιχεί στο 25% της καταγεγραμμένης ταχύτητας

speedq50: τιμή που αντιστοιχεί στο 50% της καταγεγραμμένης ταχύτητας

speedq75: τιμή που αντιστοιχεί στο 75% της καταγεγραμμένης ταχύτητας

speedq90: τιμή που αντιστοιχεί στο 90% της καταγεγραμμένης ταχύτητας

Stspdev: τυπική απόκλιση ταχύτητας (km/h)

avjerk: μέσος όρος ρυθμού μεταβολής της επιτάχυνσης (km/h/s²)

avjerkp: θετικός ρυθμός μεταβολής της επιτάχυνσης (km/h/s²)

avjerkn: μειούμενος ρυθμός μεταβολής της επιτάχυνσης (km/h/s²)

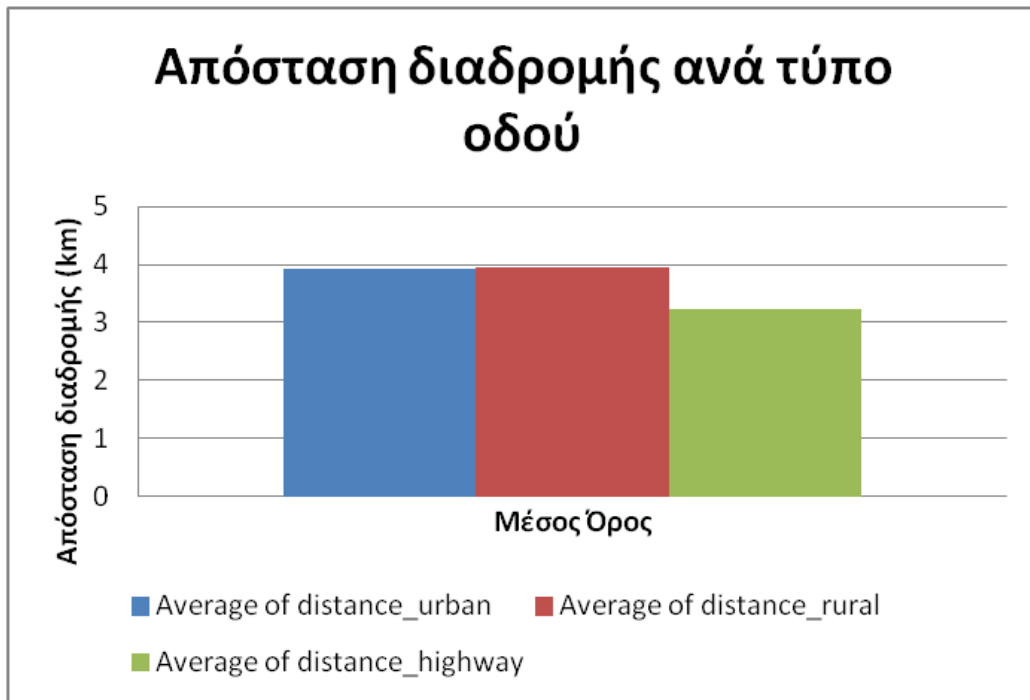
riskyhourdistance: απόσταση οδήγησης από τις 22:00 μέχρι τις 05:00

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

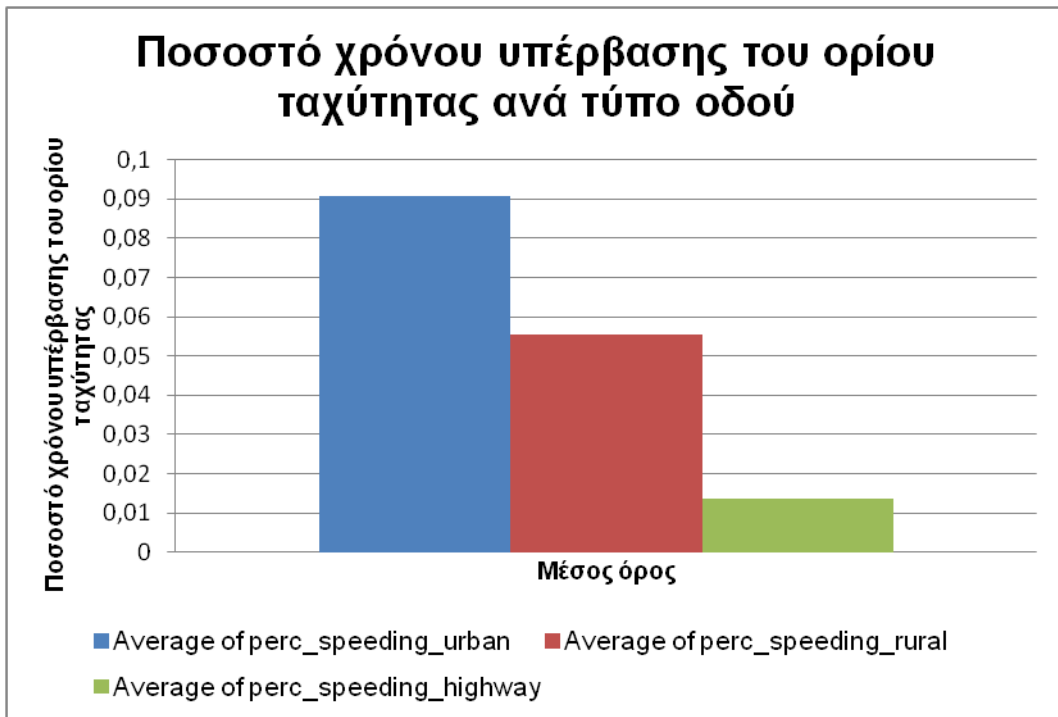
Στη παράγραφο αυτή παρατίθενται ορισμένα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν στη φάση της προκαταρκτικής ανάλυσης με σκοπό τη καλύτερη κατανόηση των δεδομένων. Ακόμα, παρουσιάζεται επιγραμματικά η διαδικασία εισαγωγής των μεταβλητών στο λογισμικό της στατιστικής ανάλυσης.

4.3.1 Προκαταρκτική Ανάλυση

Τα παρακάτω διαγράμματα αποτελούν μια προκαταρκτική ανάλυση, η οποία συμβάλλει στη καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων.



Διάγραμμα 4-1: Απόσταση διαδρομής ανά τύπο οδού



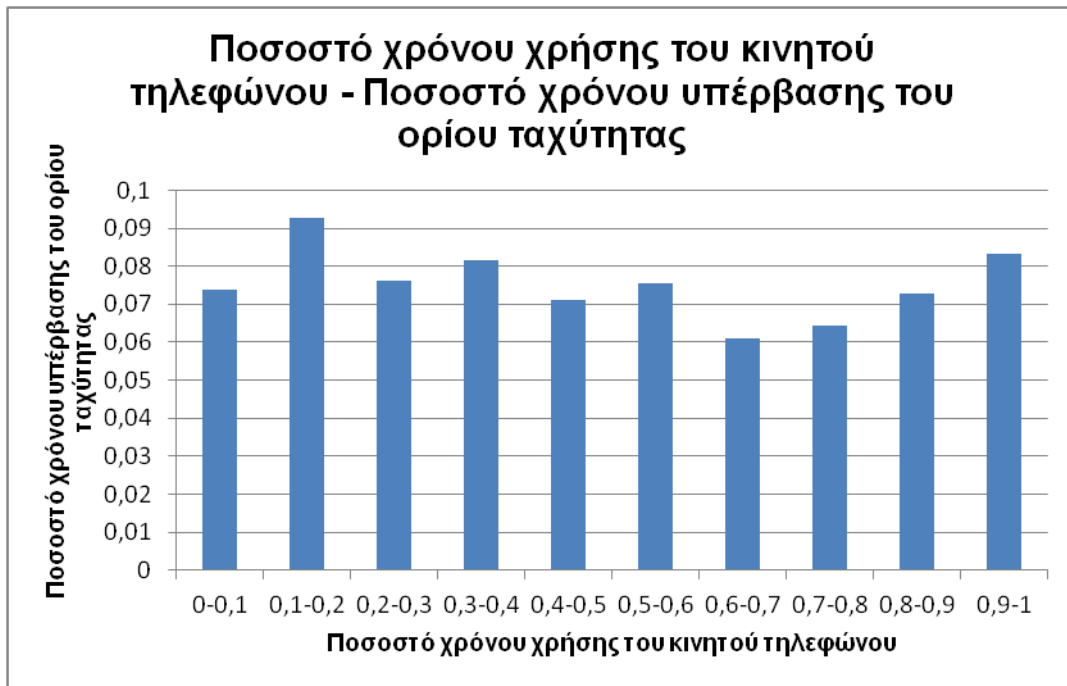
Διάγραμμα 4-2: Ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας ανά τύπο οδού



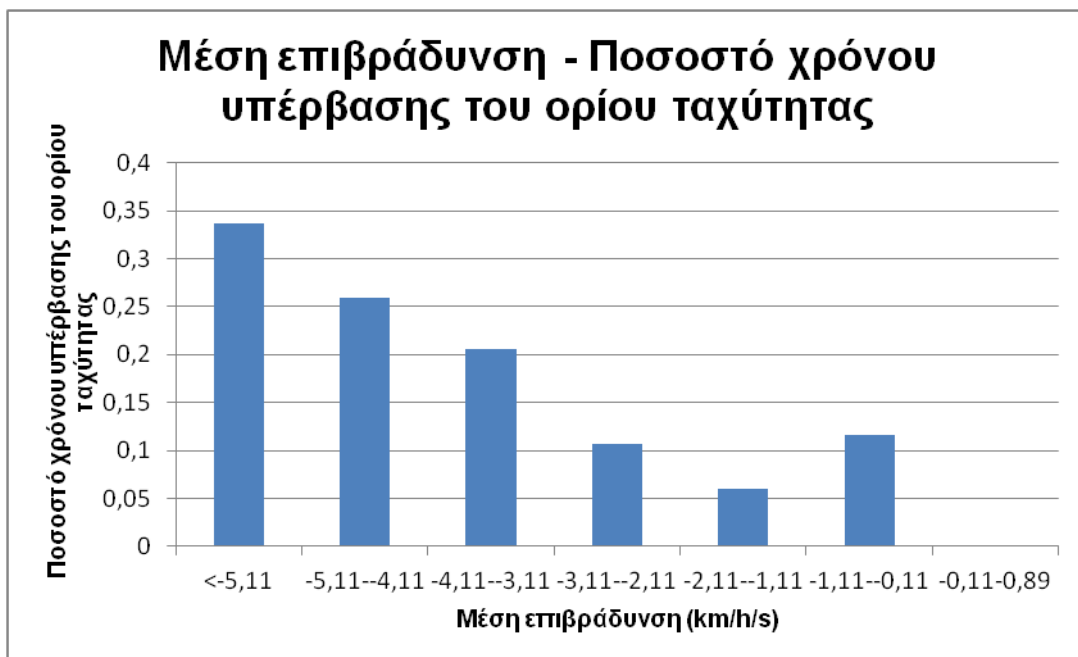
Διάγραμμα 4-3: Συνολική απόσταση διαδρομής σε συνάρτηση με το ποσοστό της διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας



Διάγραμμα 4-4: Συνολική απόσταση διαδρομής σε συνάρτηση με το ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου



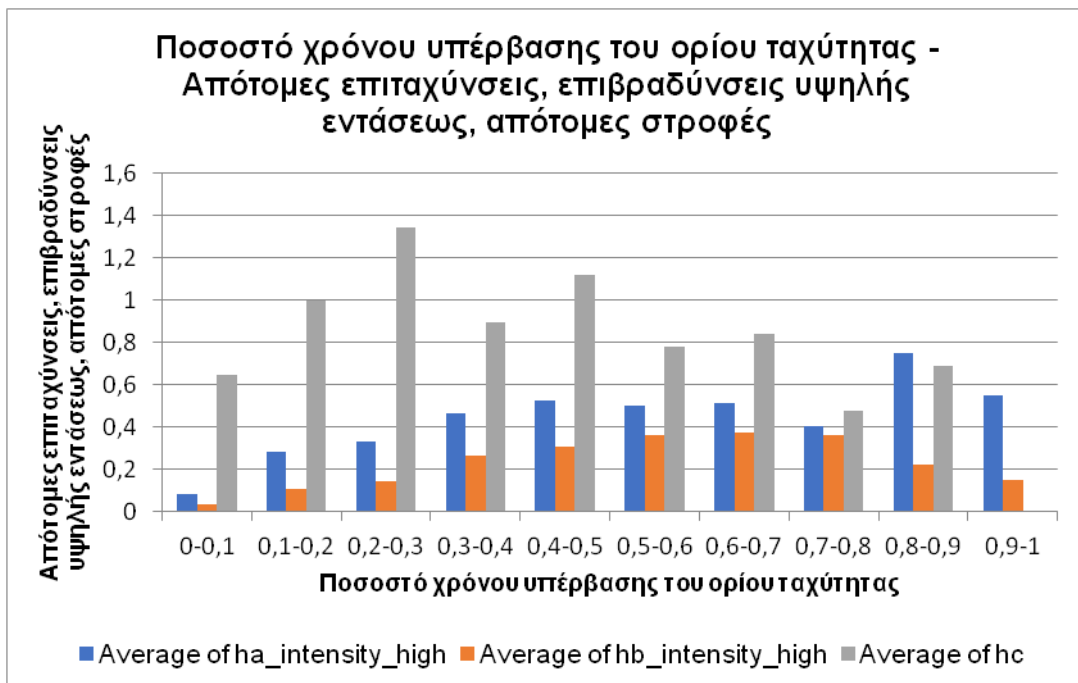
Διάγραμμα 4-5: Ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με το ποσοστό της διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας



Διάγραμμα 4-6: Μέση επιβράδυνση σε συνάρτηση με το ποσοστό της διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας



Διάγραμμα 4-7: Ποσοστό διάρκειας πάνω από το όριο ταχύτητας σε συνάρτηση με τα συνολικά απότομα γεγονότα προς τη συνολική απόσταση διαδρομής



Διάγραμμα 4-8: Ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε συνάρτηση με τις απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις υψηλής εντάσεως και τις απότομες στροφές



Διάγραμμα 4-9: Συνολική απόσταση διαδρομής σε συνάρτηση με τα απότομα συμβάντα προς τη συνολική απόσταση διαδρομής

Εξετάζοντας τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

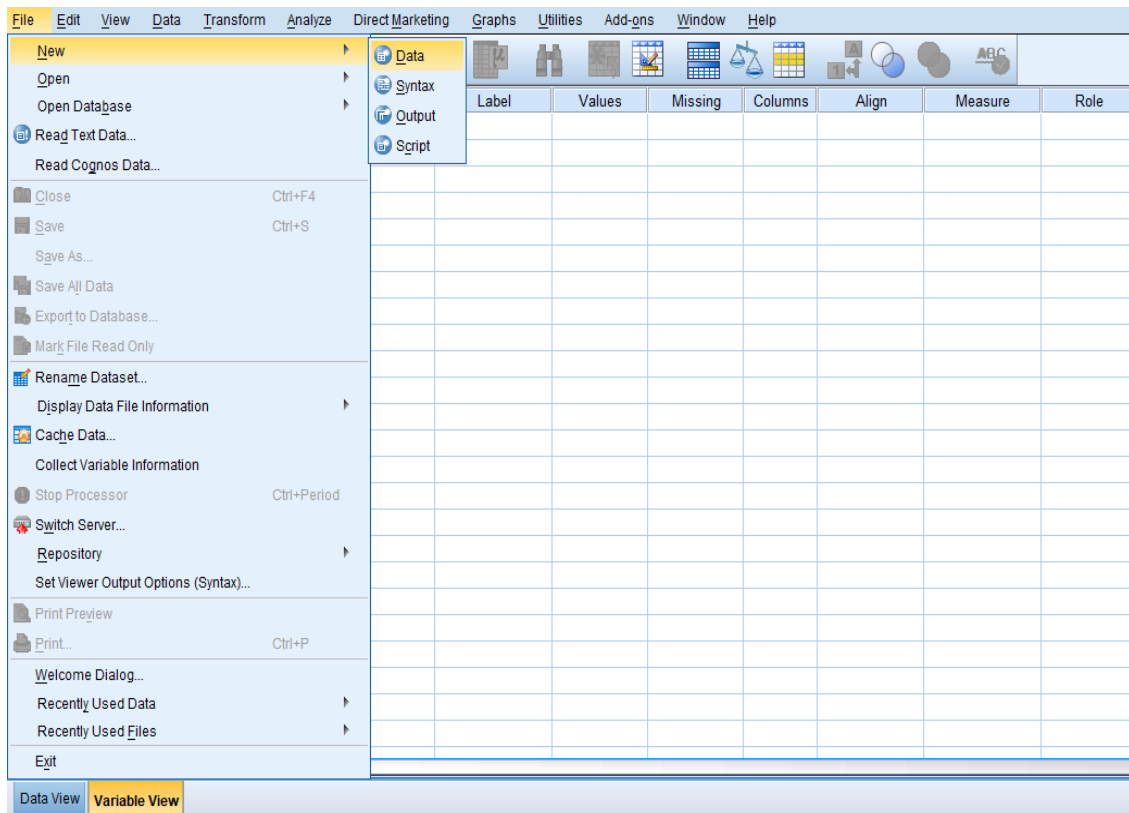
- ✓ Η μεγαλύτερη απόσταση διαδρομής διανύεται σε **υπεραστικό περιβάλλον**.
- ✓ Ο αριθμός των συνολικών απότομων γεγονότων (events) προς τη συνολική απόσταση (**htot/totaldist**) κυμαίνεται γύρω από τη τιμή 0.25 και αποκτά τη μέγιστη τιμή ίση με 0.5 όταν το ποσοστό του χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας είναι 20-30%.
- ✓ Όσο μικρότερη είναι η συνολική απόσταση της διαδρομής τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό χρήσης του **κινητού τηλεφώνου**. Αυτό μπορεί πιθανόν να εξηγηθεί, καθώς τα μεγαλύτερης συνολικής απόστασης ταξίδια γίνονται συνήθως σε αυτοκινητοδρόμους οπότε η χρήση του κινητού τηλεφώνου είναι μικρότερη λόγω επικινδυνότητας.
- ✓ Το μεγαλύτερο ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας είναι 9% και παρατηρείται για ποσοστό χρόνου ομιλίας στο κινητό τηλέφωνο μεταξύ 10 και 20%.
- ✓ Όσο μεγαλύτερη είναι η συνολική **απόσταση** που διανύεται τόσο μεγαλύτερο είναι και το **ποσοστό** του χρόνου **πάνω από το όριο** ταχύτητας, γεγονός που πιθανόν υποδηλώνει ότι στους αυτοκινητόδρομους όπου γίνονται συνήθως τα ταξίδια μεγαλύτερης απόστασης υπάρχουν μεγαλύτερες υπερβάσεις.

- ✓ Το ποσοστό του χρόνου υπέρβασης του ορίου είναι μεγαλύτερο σε **αστικό** περιβάλλον.
- ✓ Ο μεγαλύτερος αριθμός **απότομων επιταχύνσεων** και **επιβραδύνσεων** υψηλής εντάσεως κατά μέσο όρο παρατηρείται για ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας 0,8-0,9 και 0,6-0,7 αντίστοιχα. Ο μεγαλύτερος αριθμός **απότομων στροφών** κατά μέσο όρο παρατηρείται για ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας 0,2-0,3.
- ✓ Τα περισσότερα **απότομα γεγονότα** (harsh events) ανά απόσταση οδήγησης πραγματοποιούνται στα ταξίδια μικρότερης συνολικής **απόστασης**, καθώς ο οδηγός δεν έχει προλάβει να προσαρμοστεί επαρκώς στις συνθήκες του οδικού περιβάλλοντος.
- ✓ Όσο η **μέση επιβράδυνση** τείνει προς το μηδέν τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό του χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας.

4.3.2 Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, IBM SPSS 21.0

Η βάση δεδομένων δόθηκε σε μορφή αρχείου Excel συμβατή με το στατιστικό πρόγραμμα. Μετά τη διαμόρφωση του τελικού πίνακα στο λογισμικό Excel, πραγματοποιήθηκε εισαγωγή του στο πεδίο δεδομένων (**data view**) του ειδικού πακέτου στατιστικής ανάλυσης, όπως απεικονίζεται παρακάτω.

4. Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων



Εικόνα 4-6: Τρόπος εισαγωγής δεδομένων στο SPSS

The image shows the 'Data View' in SPSS. The table has the following columns: 'No', 'tripid', 'userid', 'tripstarted', 'tripended', 'duration', and 'ti'. The data is as follows:

No	tripid	userid	tripstarted	tripended	duration	ti
1	1114FD62C-CD38-4921-826A-FC5514E2CA31	143	2016-09-20T13:11:08.008+0300	2016-09-20T13:19:21.000+0300	494	
2	54D25C50-D90D-4477-88AA-D0D6165145A7	146	2017-05-16T15:30:01.176+0300	2017-05-16T15:44:59.000+0300	899	
3	3E354816-E60B-4089-880E-6939E37CD3D6	4	2016-10-12T18:25:36.036+0300	2016-10-12T18:33:54.000+0300	499	
4	6BCE3C54-FA9C-451E-A066-C1361A4C5C9E	11	2017-09-27T13:15:31.091+0400	2017-09-27T13:34:11.000+0400	1121	
5	5EB4AA7B7-125A-4B6F-9F9A-F54FF34FACA3	9	2017-04-23T14:29:16.241+0300	2017-04-23T15:14:21.000+0300	2706	
6	688976A16-6937-4BD5-839E-E34312C695FF	46	2017-01-01T14:11:32.694+0200	2017-01-01T14:19:47.000+0200	495	
7	711ED7F7F-D8F5-4468-8F47-BB748C8368AF	143	2017-02-03T17:45:40.149+0300	2017-02-03T18:08:36.000+0200	1377	
8	85E91F30B-0472-40B2-82D3-79043DCF4991	143	2017-08-08T09:43:23.165+0300	2017-08-08T09:48:35.000+0300	313	
9	9AD229796-D261-4982-B15B-66EE924BCD43	25	2017-04-30T20:01:41.115+0300	2017-04-30T21:27:44.000+0300	5164	
10	10test_d1487080173437	7	2017-02-14T12:49:07.000+0000	2017-02-14T13:35:48.000Z	2802	
11	112DB95FEC-BE54-4AF4-A547-AC08942079FA	257	2016-10-12T10:37:21.021+0300	2016-10-12T10:40:23.000+0300	183	
12	1242242EA1-BD35-4C36-8D53-94755D8208B2	143	2017-03-07T07:41:34.185+0200	2017-03-07T07:43:04.000+0200	91	
13	1321955290-6E67-4AA0-81DD-90F3CED22327	146	2017-03-09T13:11:47.153+0200	2017-03-09T13:25:49.000+0200	843	
14	148CEE129B-C8C2-4B07-B970-2A4E01613BDC	154	2017-04-29T09:25:37.876+0300	2017-04-29T09:29:46.000+0300	246	
15	15CFAABC5A-B6ED-4733-B6A3-FA2A7F681C8C	140	2017-05-17T18:35:33.091+0300	2017-05-17T18:38:02.000+0300	150	
16	16201A54C3-8C2F-4F25-9581-EA3F1C406309	594	2017-05-20T03:27:16.619+0300	2017-05-20T03:31:27.000+0300	251	
17	1786087ECF-A46D-4A94-8738-60EBB909A4F0	18	2016-09-12T13:34:37.490+0300	2016-09-12T13:47:09.000+0300	752	
18	18FBDF3358-0F7D-4532-86A8-AD83252ED023	18	2017-09-26T16:32:21.634+0300	2017-09-26T16:47:18.000+0300	896	
19	19F94BE1EC-0A48-444B-97B0-B2F066600590	143	2016-09-15T18:06:19.019+0300	2016-09-15T18:11:55.000+0300	336	
20	20FB5059A9-9011-47DD-9651-D65A0140D363	9	2017-02-08T11:58:54.175+0200	2017-02-08T12:29:29.000+0200	1836	
21	21BA5A41BB-2D98-4AA8-BF2F-C61498B6BD1E	146	2017-03-06T16:38:02.214+0200	2017-03-06T16:43:38.000+0200	337	
22	221E31C01B-5C9C-4FC1-9EB1-B7B8662E2150	159	2017-05-09T04:20:12.180+0300	2017-05-09T04:22:52.000+0300	161	

Εικόνα 4-7: Πεδίο δεδομένων SPSS (data view)

Στη συνέχεια καθορίστηκε το όνομα, ο τύπος και ο αριθμός των ψηφίων κάθε μεταβλητής στο πεδίο των μεταβλητών (**variable view**). Επισημαίνεται ότι, το πρόγραμμα αυτό αναγνωρίζει μόνο λατινικούς χαρακτήρες και όλες οι στήλες αποτελούνται από αριθμούς και

4. Συλλογή και επεξεργασία στοιχείων

όχι από κείμενο. Επίσης, έγινε διάκριση κάθε μεταβλητής σε συνεχή (**scale**), διατεταγμένη (**ordinal**), και διακριτή (**nominal**).

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	No	Numeric	3	0		None	None	8	Right	Scale	Input
2	tripid	String	41	0		None	None	41	Left	Nominal	Input
3	userid	Numeric	3	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
4	tripstarted	String	28	0		None	None	28	Left	Nominal	Input
5	tripended	String	28	0		None	None	28	Left	Nominal	Input
6	duration	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Scale	Input
7	time_urban	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Scale	Input
8	time_rural	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Ordinal	Input
9	time_highway	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
10	driving_dura...	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Scale	Input
11	driving_dura...	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Scale	Input
12	driving_dura...	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Scale	Input
13	driving_dura...	Numeric	4	0		None	None	8	Right	Scale	Input
14	totaldist	Numeric	11	9		None	None	11	Right	Scale	Input
15	distance_ur...	Numeric	11	9		None	None	11	Right	Scale	Input
16	distance_rural	Numeric	11	9		None	None	11	Right	Scale	Input
17	distance_hi...	Numeric	11	9		None	None	11	Right	Scale	Input
18	ha	Numeric	2	0		None	None	8	Right	Scale	Input
19	hb	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
20	hc	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Scale	Input
21	ha_urban	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
22	ha_rural	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
23	ha_highway	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
24	ha_intensity...	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
25	ha_intensity...	Numeric	1	0		None	None	8	Right	Nominal	Input

Εικόνα 4-8: Πεδίο μεταβλητών SPSS (variable view)

5 Εφαρμογή μεθοδολογίας – Αποτελέσματα

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών και μεθοδολογιών, την παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων και την περιγραφή συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, πραγματοποιήθηκε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας για την παρούσα Εργασία.

Η μέθοδος που επιλέχτηκε για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της εργασίας, η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 με τίτλο «Θεωρητικό Υπόβαθρο», είναι η **γραμμική παλινδρόμηση** (linear regression).

Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται **αναλυτικά τα βήματα** που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισης τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή την απόρριψη των μαθηματικών μοντέλων.

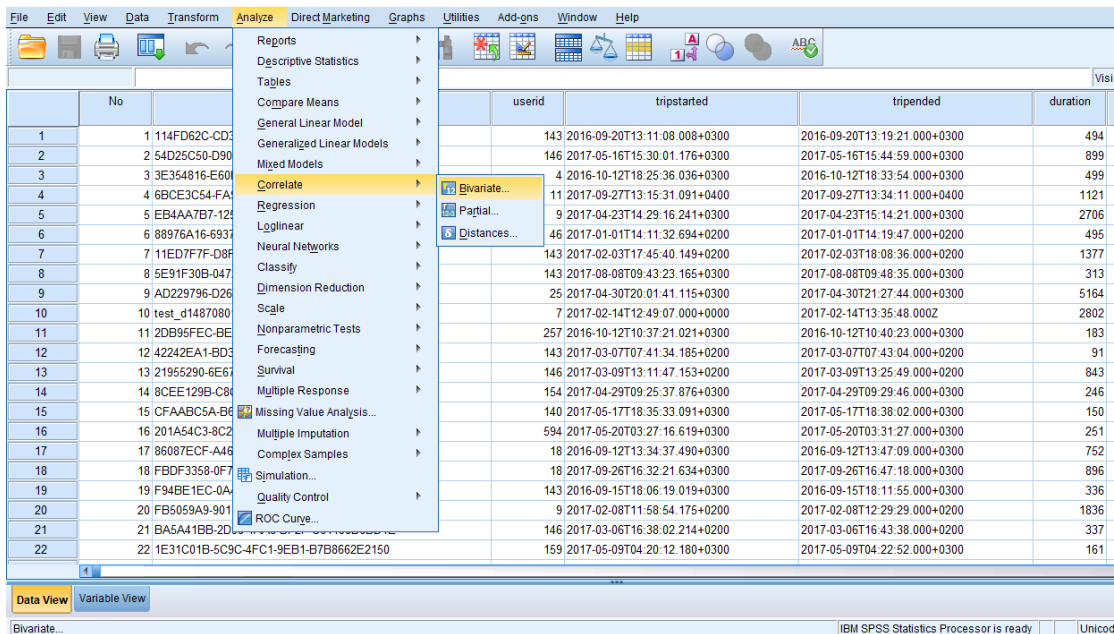
Τέλος, παρατίθενται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, η περιγραφή τους, και η ερμηνεία τους με βάση το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας.

5.2 Έλεγχος Συσχέτισης

Για να ολοκληρωθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή η δημιουργία μοντέλων για τον προσδιορισμό των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας, εξετάστηκε σε πρώτη φάση η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η **μέγιστη δυνατή συσχέτιση** μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα δείχνουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Στη πράξη θεωρούμε μικρή συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών όταν η απόλυτη τιμή του δείκτη συσχέτισης κατά Pearson r είναι μικρότερη ή ίση με **0,5~0,6** ($r \leq 0,5\sim 0,6$).

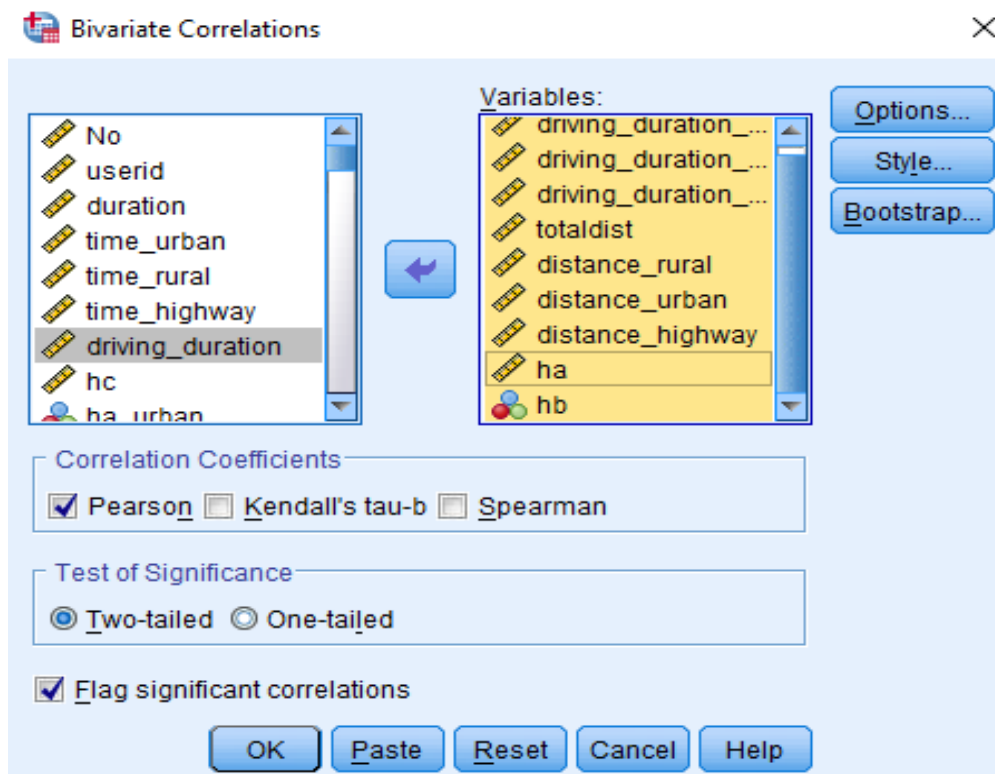
Για τον έλεγχο ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία στο πρόγραμμα SPSS, όπως απεικονίζεται και στις σχετικές εικόνες.

analyze → **correlate** → **bivariate**



Εικόνα 5-1: Επιλογή εντολής για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών

Οι μεταβλητές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας εισάγονται στο πεδίο Variables.



Εικόνα 5-2: Επιλογή παραμέτρων για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών

Στη συνέχεια, το αποτέλεσμα της συσχέτισης μεταβλητών, εισάχθηκε σε φύλλο υπολογισμού Excel με τη μορφή πίνακα, όπου επεξεργάστηκε και χρωματίστηκαν τα κελιά των

μεταβλητών όπου έχουν απόλυτη τιμή $r \leq 0,5$. Απόσπασμα του πίνακα παρουσιάζεται στη συνέχεια στην εικόνα 5.3.

		duration	time_urban	time_rural	time_highway	driving_duration	driving_duration_urban	driving_duration_rural	driving_duration_highway	totaldist	distance_urban	distance_rural
driving_duration_urban	Pearson Correlation	,622	,939	,304	,119	,564	1	,341	,118	,352	,886	,337
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	,000	0,000		0,000	,000	0,000	0,000	0,000
	N	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610
driving_duration_rural	Pearson Correlation	,749	,263	,970	,275	,763	,341	1	,277	,630	,458	,956
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
	N	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610
driving_duration_highway	Pearson Correlation	,691	,095	,241	,999	,757	,118	,277	1	,891	,205	,348
	Sig. (2-tailed)	0,000	,000	,000	0,000	0,000	,000	0,000		0,000	,000	0,000
	N	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610
totaldist	Pearson Correlation	,883	,287	,573	,889	,943	,352	,630	,891	1	,498	,708
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610	21610
distance_urban	Pearson Correlation	,651	,781	,404	,206	,635	,886	,458	,205	,498	1	,501

Εικόνα 5-3: Παραδείγματα συσχέτισης μεταβλητών

Οι μεταβλητές οι οποίες δεν παρουσίαζαν συσχέτιση μεταξύ τους συγκεντρώνονταν και εισάγονταν σταδιακά στα μοντέλα για τη πραγματοποίηση δοκιμών. Σημειώνεται ότι μεταβλητές οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την εξαρτημένη μεταβλητή, όπως για παράδειγμα η ανεξάρτητη *av_speeding* (μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας) που σχετίζεται άμεσα με την εξαρτημένη *perc_speeding* (ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας), δε δοκιμάζονται στα μοντέλα καθώς θεωρείται ότι οδηγούν σε μη αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.

5.3 Γραμμική παλινδρόμηση

5.3.1 Διαδικασία γραμμικής παλινδρόμησης

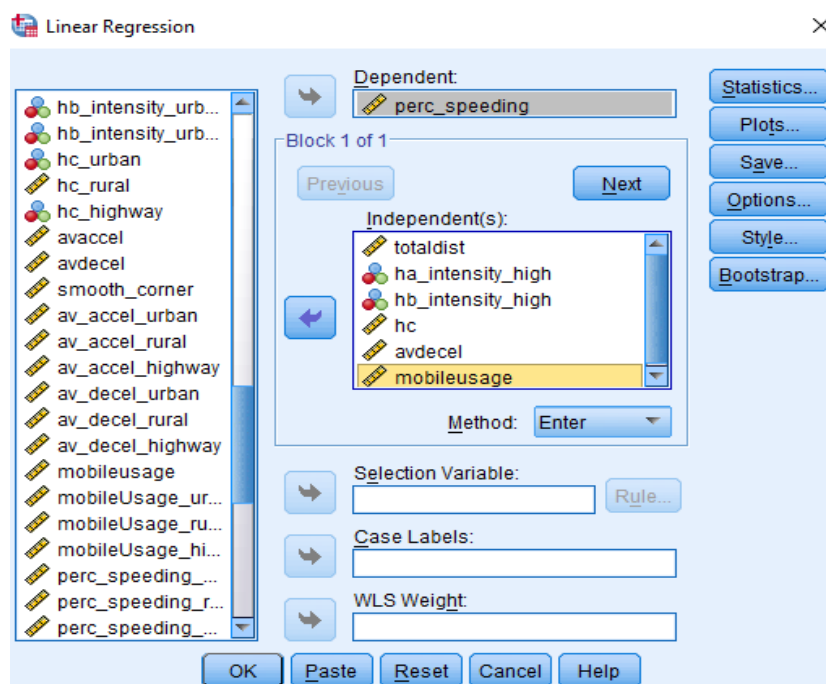
Για τη διερεύνηση της επιρροής των κρίσιμων παραμέτρων στο ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που είναι μεγαλύτερη του ορίου (*perc_speeding*), δοκιμάστηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Η επιλογή της μεθόδου, βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι η μεταβλητή η οποία εξετάζεται (εξαρτημένη) είναι συνεχής, και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθεί μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει τη κανονική. Από τη στιγμή που η εξαρτημένη μεταβλητή μας εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές, η μέθοδος που χρησιμοποιείται ονομάζεται πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (**multiple linear regression**). Τα βήματα που εφαρμόζονται μέσω του προγράμματος SPSS είναι τα εξής, όπως απεικονίζονται και στη σχετική εικόνα.

analyze → **regression** → **linear**

	No		userid	tripstarted	tripended	duration	time_urban
1	1	114FD62C-CD3	143	2016-09-20T13:11:08.008+0300	2016-09-20T13:19:21.000+0300	494	166
2	2	54D25C50-D90	146	2017-05-16T15:30:01.176+0300	2017-05-16T15:44:59.000+0300	899	899
3	3	3E364816-E60	4	2016-10-12T18:25:36.036+0300	2016-10-12T18:33:54.000+0300	499	443
4	4	6BCE3C54-FA	44	2017-09-27T13:15:31.091+0400	2017-09-27T13:34:11.000+0400	1121	354
5	5	EB4AA7B7-12	114	29:16:241+0300	2017-04-23T15:14:21.000+0300	2706	1569
6	6	88976A16-6937	114	11:32:694+0200	2017-01-01T14:19:47.000+0200	495	469
7	7	11ED7F7F-D8F	17	45:40:149+0200	2017-02-03T18:08:36.000+0200	1377	796
8	8	5E91F30B-047	109	43:23:165+0300	2017-08-08T09:48:35.000+0300	313	313
9	9	AD229796-D26	720	01:41:115+0300	2017-04-30T21:27:44.000+0300	5164	253
10	10	test_d1487080	12	49:07:000+0000	2017-02-14T13:35:48.000Z	2802	1589
11	11	2DB95FEC-BE	110	37:21:021+0300	2016-10-12T10:40:23.000+0300	183	183
12	12	42242EA1-BD3	707	41:34:185+0200	2017-03-07T07:43:04.000+0200	91	91
13	13	21955290-6E67	113	11:47:153+0200	2017-03-09T13:25:49.000+0200	843	843
14	14	8CEE129B-C8	109	25:37:876+0300	2017-04-29T09:29:46.000+0300	246	246
15	15	CFAABC5A-BE	10	35:33:091+0300	2017-05-17T18:38:02.000+0300	150	150
16	16	201A54C3-8C2	103	27:16:619+0300	2017-05-20T03:31:27.000+0300	251	251
17	17	86087ECF-A46	113	34:37:490+0300	2016-09-12T13:47:09.000+0300	752	578
18	18	FBDF3358-0F7	10	20:16:321+0300	2017-09-26T16:47:18.000+0300	896	260
19	19	F94BE1EC-0A	143	2016-09-15T18:06:19.019+0300	2016-09-15T18:11:55.000+0300	336	336
20	20	FB6059A9-901	9	2017-02-08T11:58:54.175+0200	2017-02-08T12:29:29.000+0200	1836	939
21	21	BA5A41BB-2D	146	2017-03-06T16:38:02.214+0200	2017-03-06T16:43:38.000+0200	337	337
22	22	1E31C01B-5C9C-4FC1-9EB1-B7B8662E2150	159	2017-05-09T04:20:12.180+0300	2017-05-09T04:22:52.000+0300	161	161

Εικόνα 5-4: Επιλογή εντολής γραμμικής παλινδρόμησης

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 μία μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται «Enter», που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που γράφονται εκεί. Σταδιακά εισάγονται πιθανές ανεξάρτητες (επεξηγηματικές) μεταβλητές έως ότου καταλήξουμε σε επιθυμητά αποτελέσματα.



Εικόνα 5-5: Επιλογή ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση

Σε αυτό το σημείο πρέπει σημειωθεί ότι τα τελικά μοντέλα που προέκυψαν ήταν αποτέλεσμα μιας σειράς δοκιμών, κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν αρκετά μαθηματικά μοντέλα που περιλάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν παραπάνω. Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων, όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (Θεωρητικό Υπόβαθρο) αλλά και με βάση τη λογική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Προτεραιότητα δίνεται βεβαίως στη περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης των δεδομένων εξόδου της ανάλυσης και κατ' επέκταση του μοντέλου.

Αναφέρεται ότι κάθε φορά που εξεταζόταν κάποιο στατιστικό πρότυπο, χρησιμοποιούνταν, αρχικά, όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές και στη συνέχεια απορρίπτονταν όσες είχαν t μικρότερο από 1,69. Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επιλέχθηκαν έπειτα από πολλές δοκιμές. Το πιο συχνό πρόβλημα που προέκυπτε ήταν η χαμηλή σημαντικότητα ($t < 1,69$).

Τα τελικά μοντέλα, που πληρούν όλους τους στατιστικούς ελέγχους παρουσιάζονται στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

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

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_n x_{ni} + \epsilon_i$$

Σύμφωνα με το Θεωρητικό Υπόβαθρο του κεφαλαίου 3, σε κάθε μοντέλο 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 δεν λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατόν 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) και ταυτόχρονα όχι πολύ υψηλός (μικρότερος του 0,85) καθώς πολύ υψηλό R² υποδηλώνει πως συσχετίζονται όμοια στοιχεία οπότε και δεν προκύπτουν ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Εκτός από τους στατιστικούς ελέγχους, ο απώτερος σκοπός κάθε μοντέλου είναι η ικανότητα του να προβλέπει με σχετική ακρίβεια το φαινόμενο το οποίο περιγράφει.

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

5.4 Μοντέλο 1 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας για όλους τους τύπους οδών.

5.4.1 Ανάπτυξη Μοντέλου

Μετά από πολλές δοκιμές διαφόρων συνδυασμών ανεξάρτητων μεταβλητών, ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστεί το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου ταχύτητας, προέκυψε ότι είναι εκείνο με ανεξάρτητες μεταβλητές τις:

- totaldist: συνολική απόσταση διαδρομής σε χιλιόμετρα (kms)
- ha_intensity_high: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως
- hb_intensity_high: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως
- hc: αριθμός απότομων στροφών
- avdecel: μέση επιβράδυνση (km/h/s)
- mobileusage: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης (driving_duration) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

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

		totaldist	ha_intensity_high	hb_intensity_high	hc	avdecel	mobileusage	perc_speeding
totaldist	Pearson Correlation	1	,137**	,176**	,237**	,271**	-,035**	,434**
ha_intensity_high	Pearson Correlation	,137**	1	,274**	,066**	-,223**	,019**	,230**
hb_intensity_high	Pearson Correlation	,176**	,274**	1	,055**	-,169**	,004	,242**
hc	Pearson Correlation	,237**	,066**	,055**	1	,037**	,036**	,073**
avdecel	Pearson Correlation	,271**	-,223**	-,169**	,037**	1	-,079**	,004
mobileusage	Pearson Correlation	-,035**	,019**	,004	,036**	-,079**	1	,014*
perc_speeding	Pearson Correlation	,434**	,230**	,242**	,073**	,004	,014*	1

Πίνακας 5-1: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 1

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,489 ^a	,239	,239	,110947476962

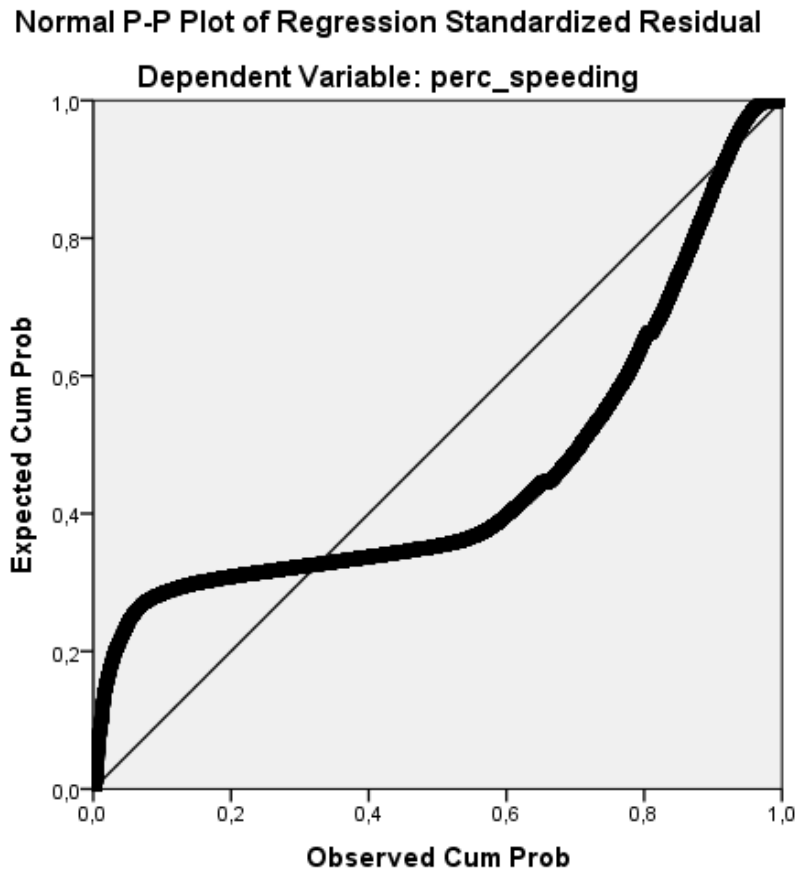
Πίνακας 5-2: Περίληψη Μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 1

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83,499	6	13,917	1130,567	,000 ^b
	Residual	265,919	21603	,012		
	Total	349,418	21609			

Πίνακας 5-3: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 1

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,021	,003		7,304	,000
	totaldist	,002	,000	,420	63,679	0,000
	ha_intensity_high	,031	,002	,128	20,179	,000
	hb_intensity_high	,054	,003	,125	19,794	,000
	hc	-,002	,000	-,041	-6,677	,000
	avdecel	-,016	,002	-,057	-8,674	,000
	mobileusage	,014	,004	,022	3,709	,000

Πίνακας 5-4: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 1



Διάγραμμα 5-1: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο γενικό μοντέλο

Μαθηματική σχέση:

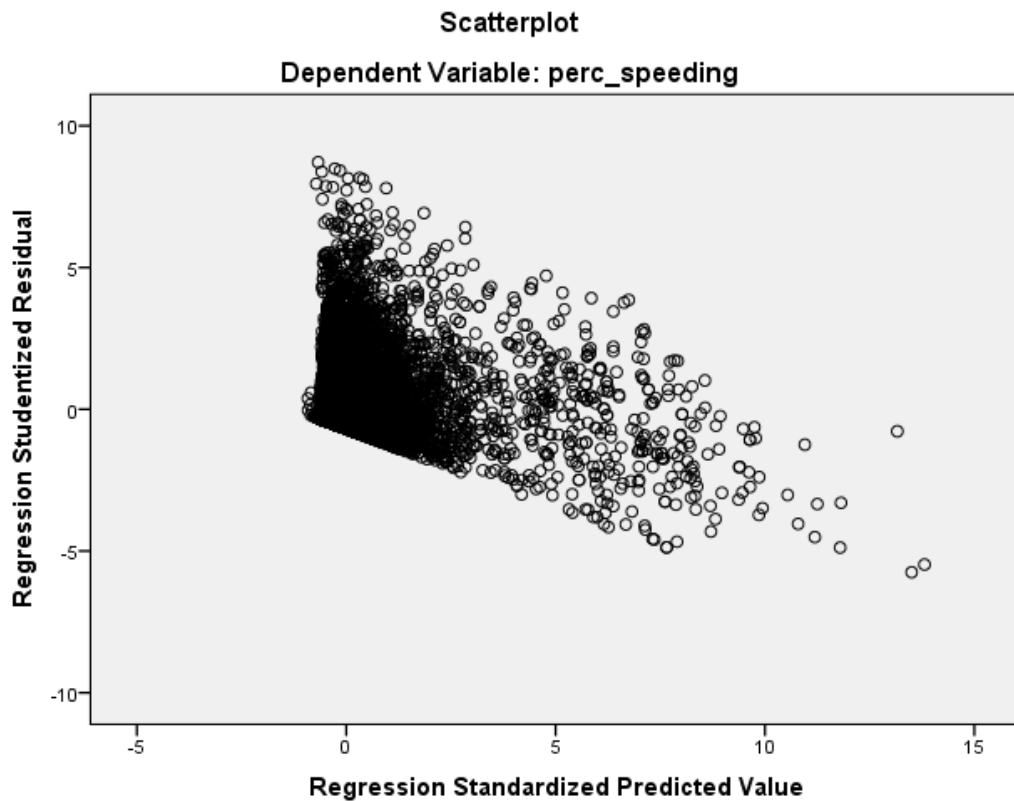
$$\text{perc_speeding} = 0,021 + 0,002 \cdot \text{totaldist} + 0,031 \cdot \text{ha_intensity_high} + 0,054 \cdot \text{hb_intensity_high} - 0,002 \cdot \text{hc} - 0,016 \cdot \text{avdecel} + 0,014 \cdot \text{mobileusage}$$

5.4.2 Ποιότητα Μοντέλου

Στο μοντέλο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι.

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι καλός, ίσος με 0,239.
- Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος του 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- Ο σταθερός όρος β_0 είναι μικρός.
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους, μπορούν να ερμηνευτούν λογικά.

Ένας ακόμη έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος ZPRED (Standardized Predicted Values), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου, και ο άξονας Y το μέγεθος SRESID (Studentized Residuals), δηλαδή τα τυπικά σφάλματα.



Διάγραμμα 5-2: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο γενικό μοντέλο

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών των σφαλμάτων. Επιπρόσθετα φαίνεται ότι η διασπορά των σφαλμάτων γύρω από το μηδέν δεν είναι σταθερή και κατά συνέπεια η κατά προσέγγιση τιμή του μέσου όρου δεν είναι μηδενική. 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.

5.4.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου, προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η απόσταση που διανύεται, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας αυξάνεται κατά 0,002 μονάδες. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη συνολική απόσταση σε χιλιόμετρα διανύεται στις διαδρομές-ταξίδια, τόσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι μεγαλύτερες αποστάσεις σημαίνουν περισσότερη οδήγηση στο υπεραστικό οδικό δίκτυο καθώς και στον αυτοκινητόδρομο, όπου οι ταχύτητες κυκλοφορίας που αναπτύσσονται είναι υψηλότερες.

- Για μια επιπλέον απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως, αυξάνεται το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας κατά 0,031 μονάδες. Αυτό ενδεχομένως συμβαίνει γιατί για να επιταχύνει ο οδηγός πατάει το γκάζι περισσότερο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα και κατ' επέκταση το ποσοστό της διάρκειας κατά την οδήγηση με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου.
- Για μια επιπλέον απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως, αυξάνεται το ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητα κατά 0,054 μονάδες. Πιθανόν αυτό να οφείλεται στην επιθετική συμπεριφορά οδήγησης κατά την οποία οι οδηγοί επιταχύνουν πολύ όπου έχουν την ευχέρεια, υπερβαίνοντας συχνά τα όρια και κάποια στιγμή λόγων ιδιαίτερων συνθηκών στην οδό αναγκάζονται να μειώσουν απότομα τη ταχύτητα τους.
- Για μια επιπλέον απότομη στροφή μειώνεται το ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας κατά 0,002 μονάδες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι προκειμένου οι οδηγοί να πραγματοποιήσουν απότομα έναν ελιγμό με ασφάλεια, μειώνουν τη ταχύτητα τους και κατά συνέπεια το ποσοστό της διάρκειας της οδήγησης τους με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου ελαττώνεται.
- Για αύξηση της μέσης επιβράδυνσης κατά μία μονάδα (km/h/s), μειώνεται το ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου κατά 0,016 μονάδες. Αυτό φαίνεται λογικό, αφού αυξανόμενης της μέσης επιβράδυνσης ελαττώνεται και η μέση ταχύτητα άρα και το ποσοστό της διάρκειας οδήγησης όπου η ταχύτητα υπερβαίνει το όριο ταχύτητας.
- Για 1% αύξηση του χρόνου καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση κινητού τηλεφώνου, αυξάνεται το ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου κατά 0,014 μονάδες. Αυτό, είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στην απόσπαση προσοχής του οδηγού. Λόγω του ότι ο οδηγός είναι συγκεντρωμένος στο τηλέφωνο και όχι στην οδήγηση, μπορεί να αναπτύσσει ταχύτητες που εν αγνοία του υπερβαίνουν τα όρια.

5.4.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο γενικό μοντέλο

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σημαντικός ο υπολογισμός του βαθμού επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών του παραπάνω μοντέλου στην εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή αυτή του δείκτη συνολικής επίδοσης. Ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών 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 περισσοτέρων ανεξάρτητων μεταβλητών (X_i). Η ελαστικότητα είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών των μοντέλων, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε

συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών, είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η επιρροή των μεταβλητών ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η κατά 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου, που αναπτύχθηκε, υπολογίστηκε σύμφωνα με τη σχέση:

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

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές ακολούθησε τη 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 ανωτέρων τιμών.

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

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	perc_speeding			
	βi	t	Σχετική Επιρροή	
			ei	ei*
totaldist	0,002	63,679	0,626	9,468
ha_intensity_high	0,031	20,179	0,809	12,235
hb_intensity_high	0,054	19,794	1,006	15,219
hc	-0,002	-6,677	-0,167	-2,519
avdecel	-0,016	-8,674	0,676	10,218
mobileusage	0,014	3,709	0,066	1,000

Πίνακας 5-5: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* 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 μοντέλο, για το δείκτη συνολικής επίδοσης** παρατηρούνται τα εξής:

- ✓ Η επιρροή της μεταβλητής «**hb_intensity_high**: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση και με τις άλλες πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της μεταβλητής στο δείκτη συνολικής επίδοσης. Η τιμή της επιρροής είναι 1,006.
- ✓ Η μεταβλητή «**mobileusage**: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 15,2 φορές λιγότερο.
- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**ha_intensity_high**: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως» και «**avdecel**: μέση επιβράδυνση » είναι οι αμέσως μεγαλύτερες μετά την μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή. Οι τιμές των επιρροών είναι 0,809 για τη μεταβλητή «ha_intensity_high» και 0,676 για τη μεταβλητή «avdecel».
- ✓ Η επιρροές των μεταβλητών «**totaldist**: συνολική απόσταση διαδρομής» και «**hc**: αριθμός απότομων στροφών» είναι 9,4 και 2,5 φορές αντίστοιχα, μεγαλύτερες από την επιρροή της μεταβλητής «mobileusage».

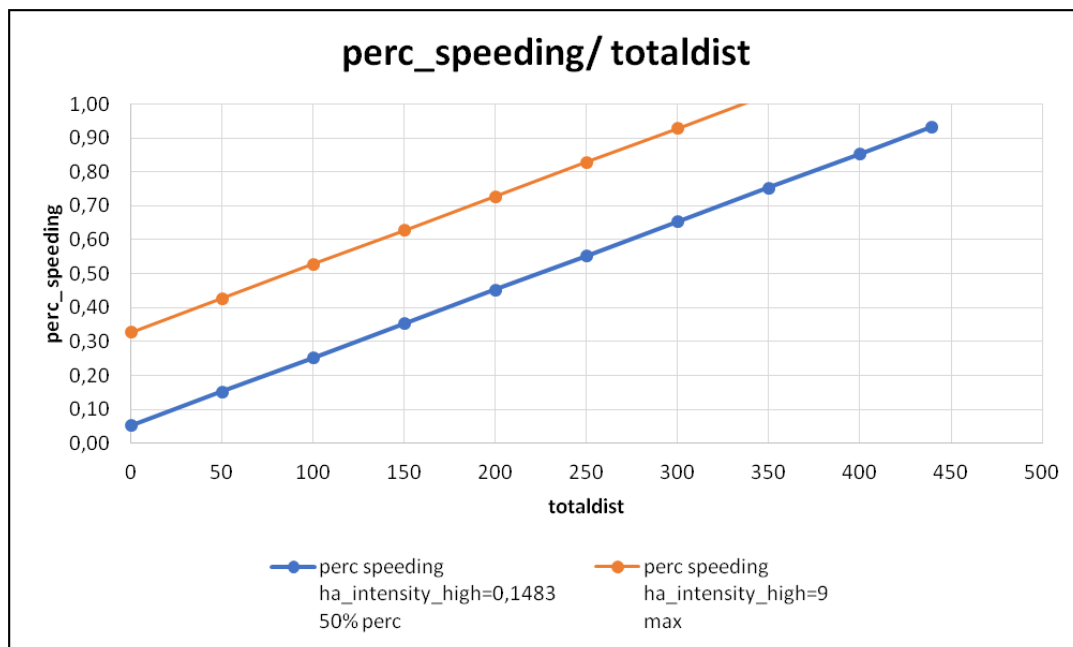
5.4.5 Ανάλυση Ευαισθησίας

Με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, αναπτύχθηκαν τα διαγράμματα ευαισθησίας. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής (ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας) όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές.

Στη συνέχεια θα απεικονιστούν τα διαγράμματα μόνο για το γενικό μοντέλο πρόβλεψης του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από όριο ταχύτητας, ανεξάρτητα από τον τύπο της οδού. Για τα υπόλοιπα μοντέλα ισχύουν περίπου τα ίδια και για αυτό δεν εμπεριέχονται στη Διπλωματική Εργασία.

❖ Διάγραμμα 5.3: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς συνολική απόσταση διαδρομής για:

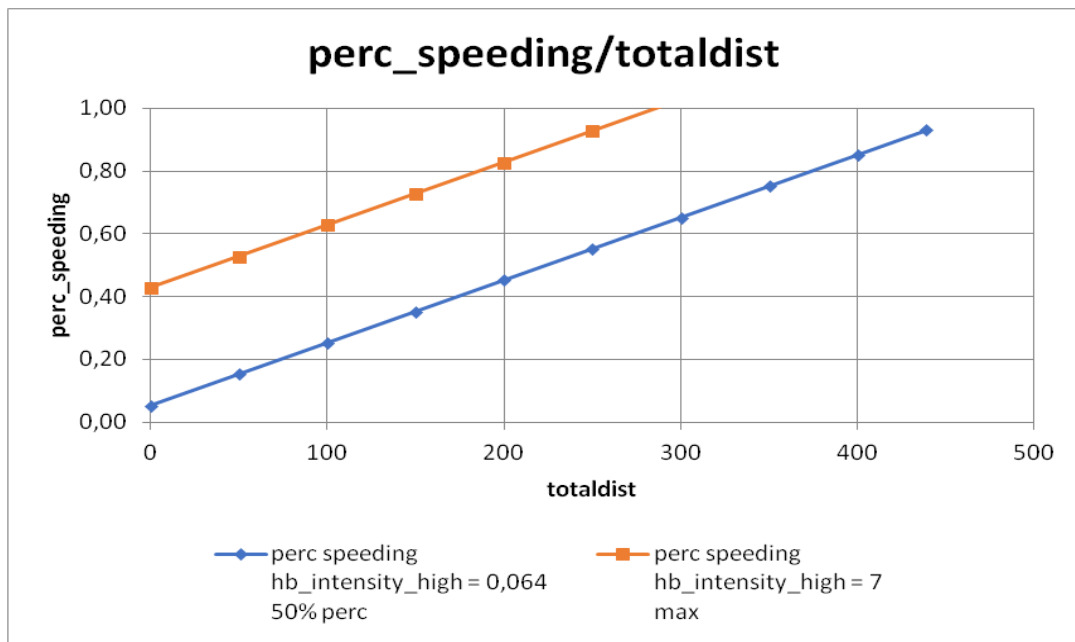
- ✓ $ha_intensity_high = 0,1483$ (50%perc) και $ha_intensity_high = 9$ (max)
- ✓ $hb_intensity_high = 0,064$
- ✓ $hc = 0,743$
- ✓ $avdecel = -1,538$
- ✓ $mobileusage = 0,097$



Διάγραμμα 5-3: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς συνολική απόσταση διαδρομής για $ha_intensity_high = 0,1483$ και $ha_intensity_high = 9$

❖ Διάγραμμα 5.4: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς συνολική απόσταση διαδρομής για:

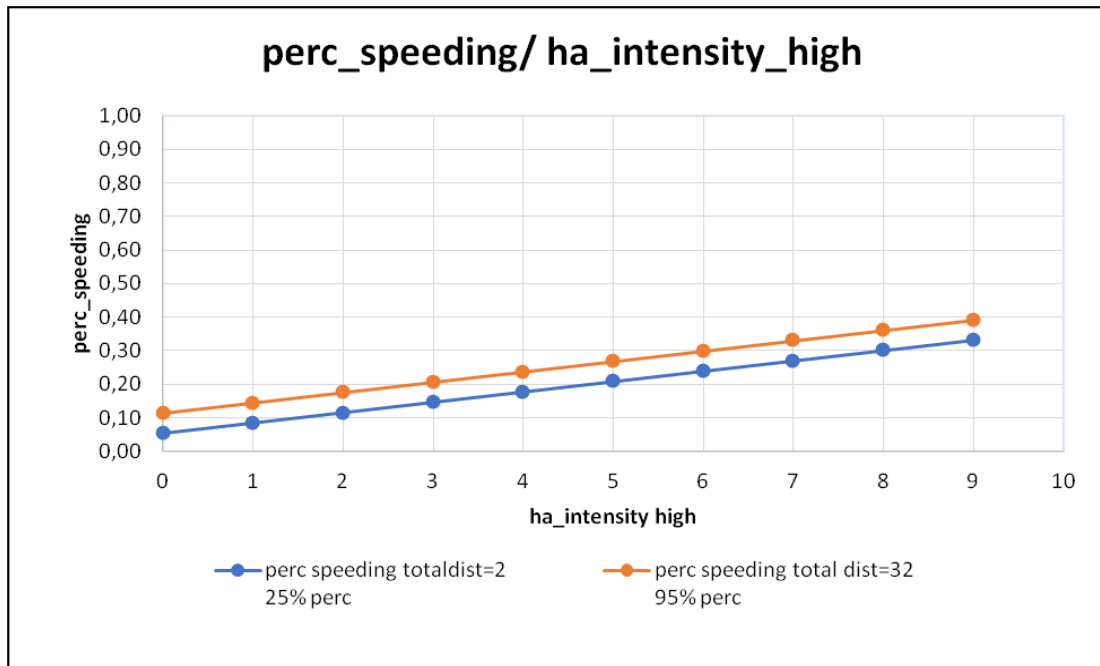
- ✓ $ha_intensity_high = 0,1483$
- ✓ $hb_intensity_high = 0,064$ (50%perc) και $hb_intensity_high = 7$ (max)
- ✓ $hc = 0,743$
- ✓ $avdecel = -1,538$
- ✓ $mobileusage = 0,097$



Διάγραμμα 5-4: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς συνολική απόσταση διαδρομής για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$

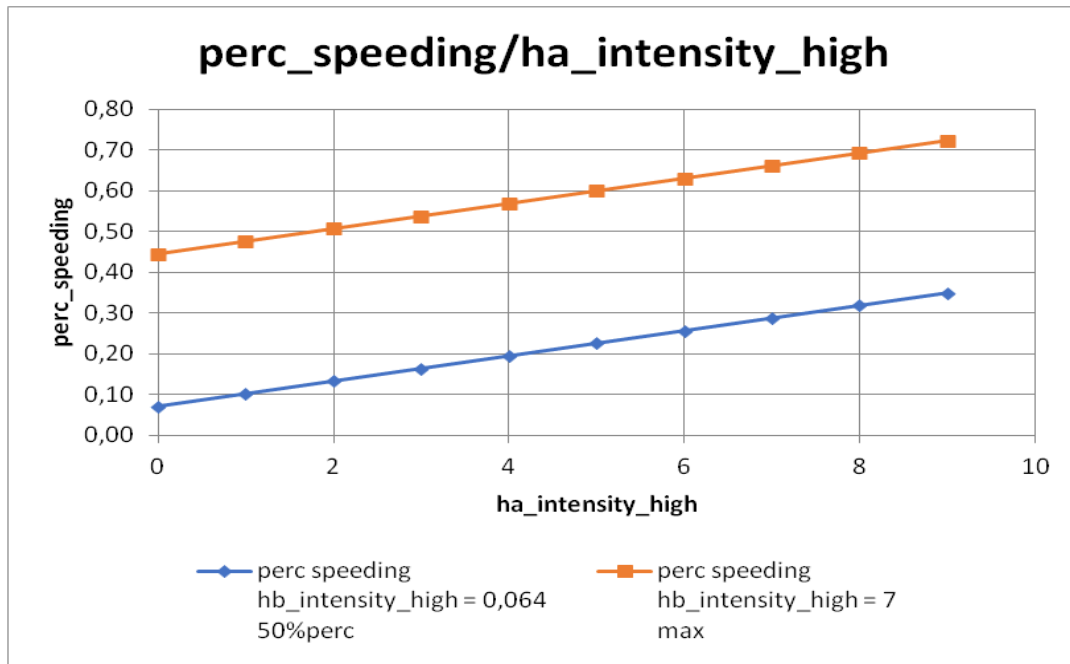
❖ Διάγραμμα 5.5: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως για:

- ✓ $totaldist = 2$ (25%perc) και $totaldist = 32$ (95%perc)
- ✓ $hb_intensity_high = 0,064$
- ✓ $hc = 0,743$
- ✓ $avdecel = -1,538$
- ✓ $mobileusage = 0,097$



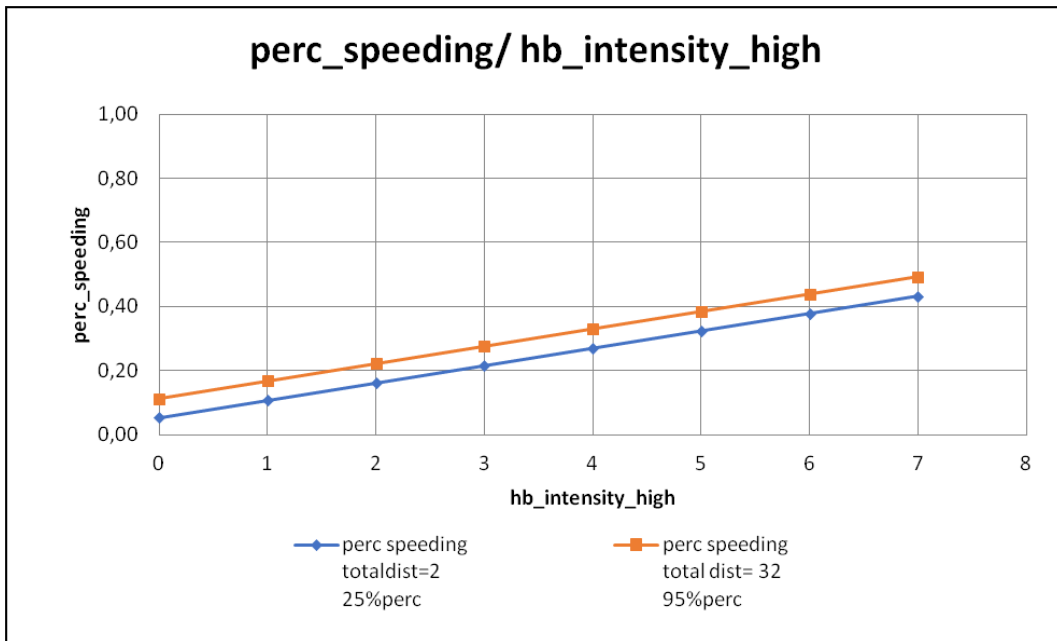
Διάγραμμα 5-5: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως για totaldist = 2 και totaldist = 32

- ❖ Διάγραμμα 5.6: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως για:
 - ✓ totaldist = 11,099
 - ✓ hb_intensity_high = 0,064 και hb_intensity_high = 7
 - ✓ hc = 0,743
 - ✓ avdecel = -1,538
 - ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-6: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$

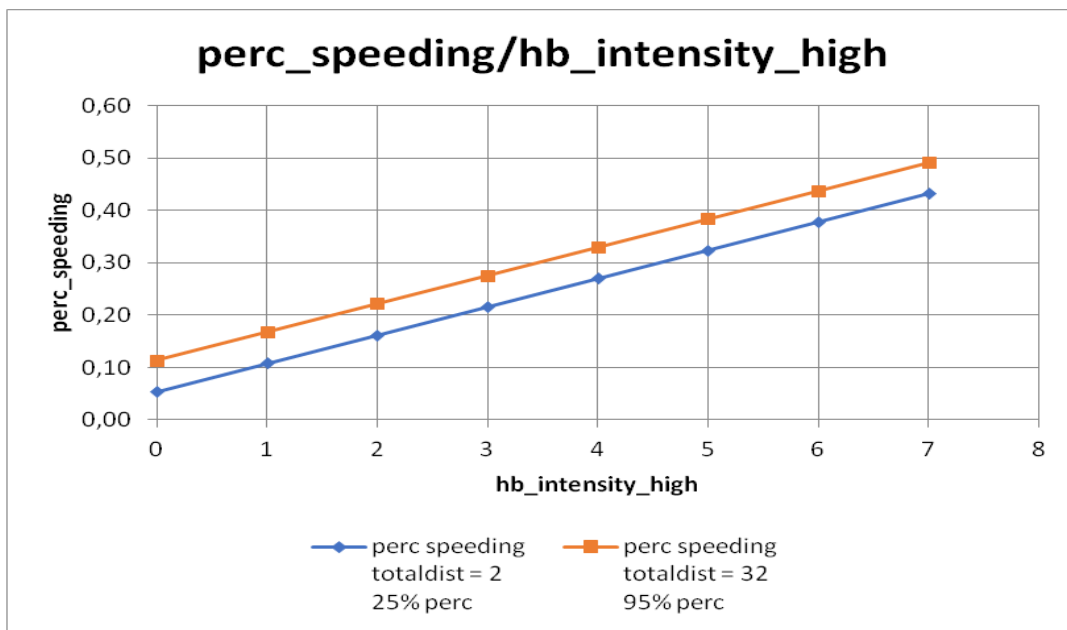
- ❖ Διάγραμμα 5.7: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως για:
 - ✓ totaldist = 2 και totaldist = 32
 - ✓ ha_intensity_high = 0,1483
 - ✓ hc = 0,743
 - ✓ avdecel = - 1,538
 - ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-7: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως για totaldist = 2 και totaldist = 32

❖ **Διάγραμμα 5.8:** Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως για:

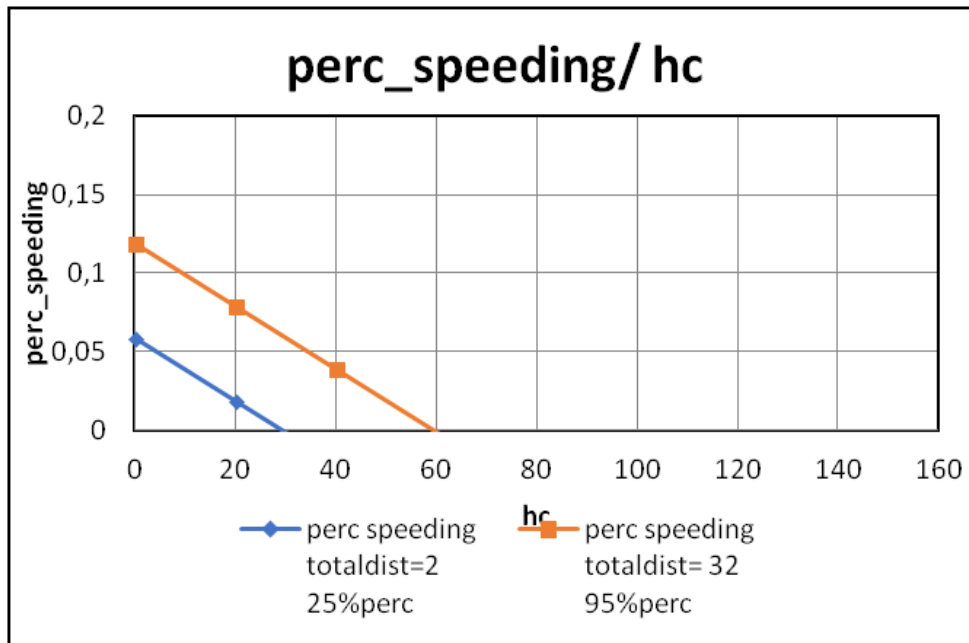
- ✓ totaldist = 2 και totaldist = 32
- ✓ ha_intensity_high = 0,1483
- ✓ hc = 0,743
- ✓ avdecel = -1,538
- ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-8: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως για totaldist = 2 και totaldist = 32

❖ Διάγραμμα 5.9: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων στροφών για:

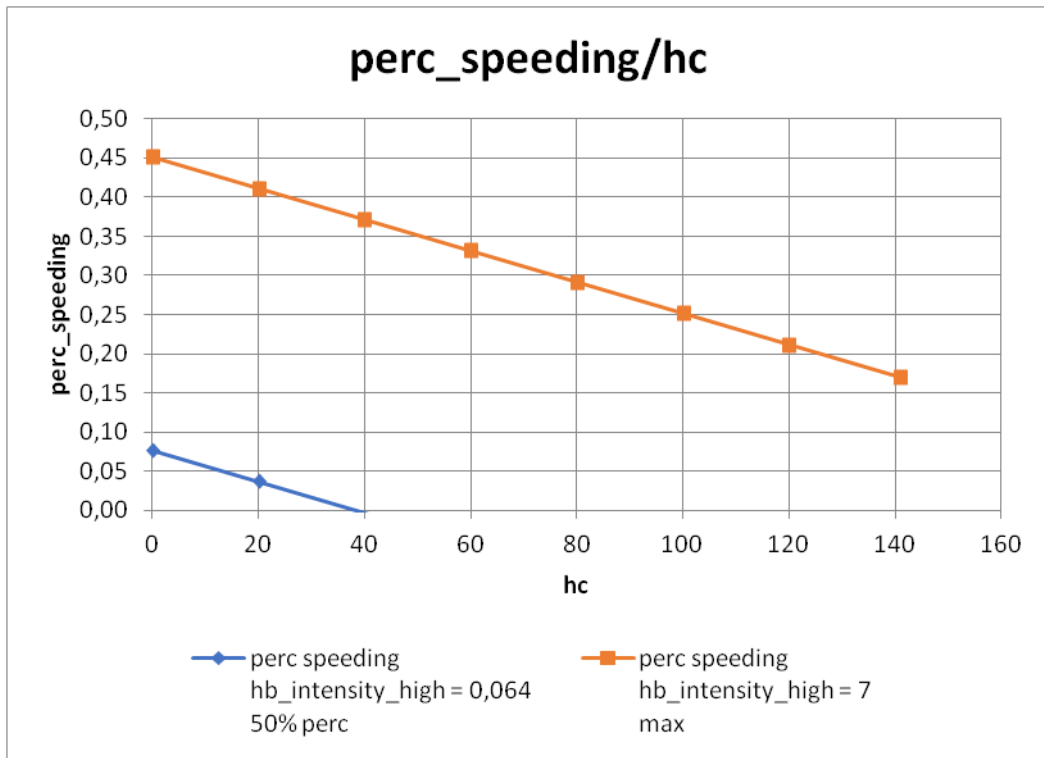
- ✓ totaldist = 2 και totaldist = 32
- ✓ ha_intensity_high = 0,1483
- ✓ hb_intensity_high = 0,064
- ✓ avdecel = -1.538
- ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-9: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων στροφών για totaldist = 2 και totaldist = 32

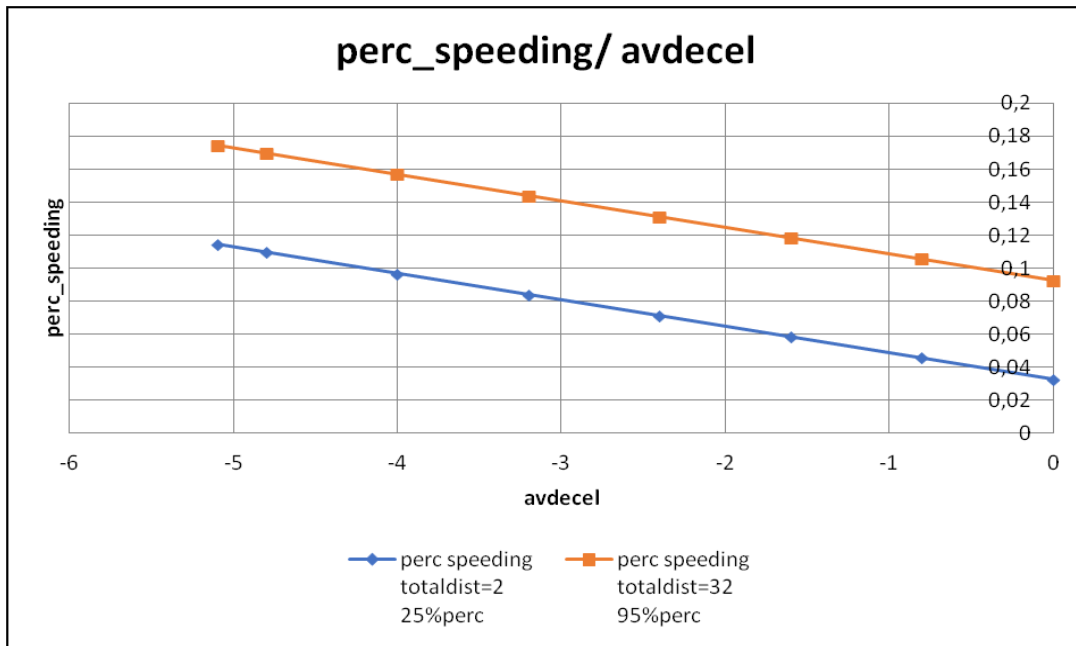
❖ Διάγραμμα 5.10: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων στροφών για:

- ✓ totaldist = 11,099
- ✓ ha_intensity_high = 0,1483
- ✓ hb_intensity_high = 0,064 και hb_intensity_high = 7
- ✓ avdecel = -1,538
- ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-10: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς αριθμό απότομων στροφών για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$

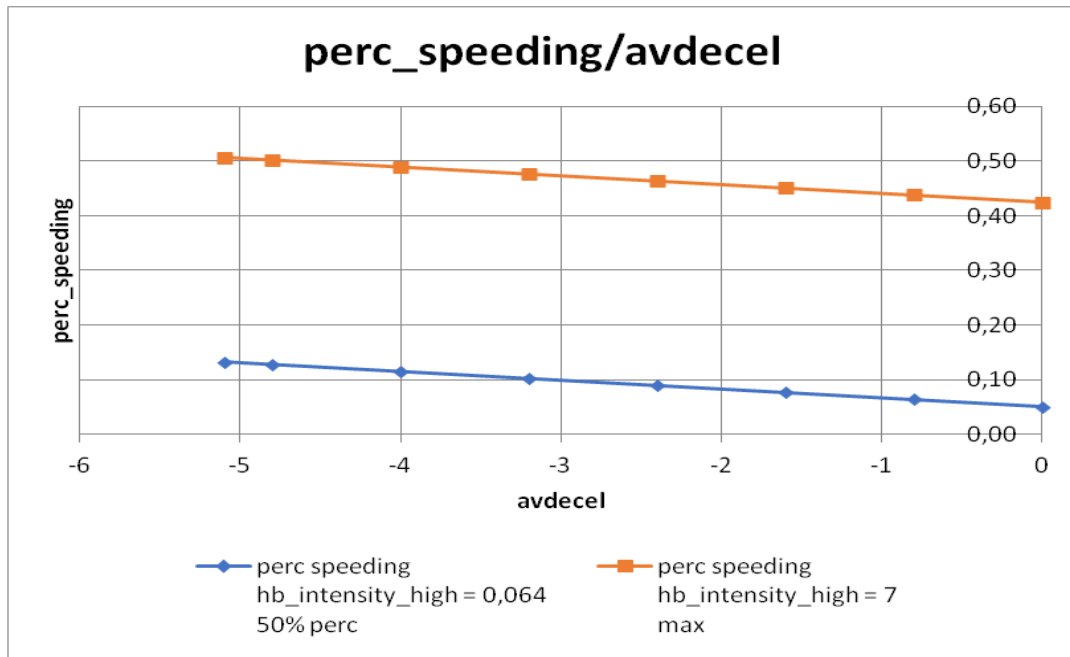
- ❖ Διάγραμμα 5.11: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς μέση επιβράδυνση για:
 - ✓ totaldist = 2 και totaldist = 32
 - ✓ ha_intensity_high = 0,1483
 - ✓ hb_intensity_high = 0,064
 - ✓ hc_0,743
 - ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-11: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς μέση επιβράδυνση για totaldist = 2 και totaldist = 32

❖ Διάγραμμα 5.12: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς μέση επιβράδυνση για:

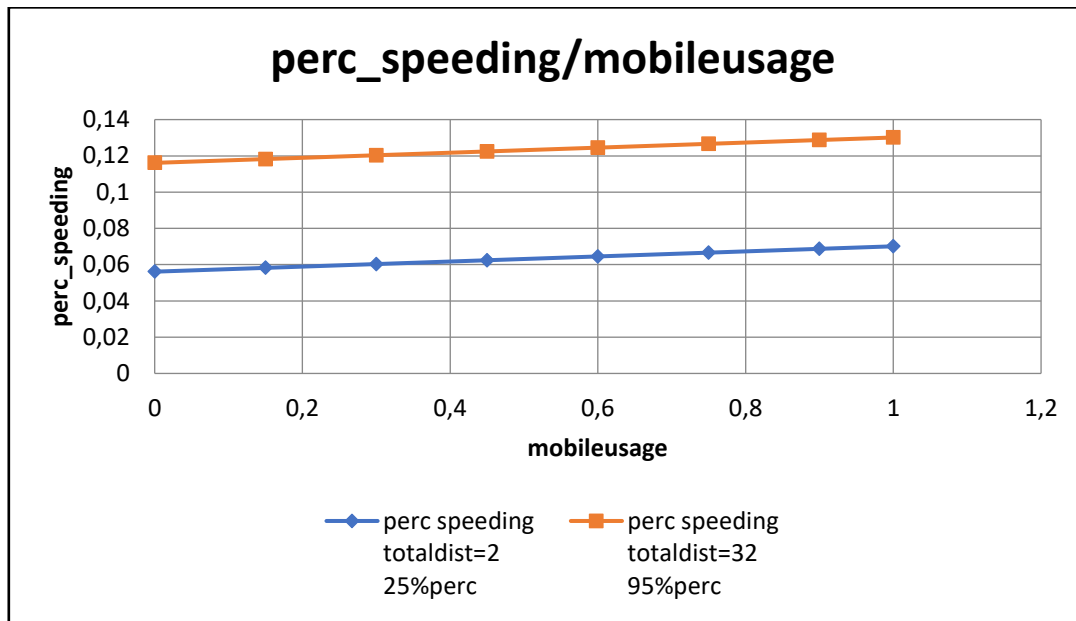
- ✓ totaldist = 11,099
- ✓ ha_intensity_high = 0,1483
- ✓ hb_intensity_high = 0,064 και hb_intensity_high = 7
- ✓ hc = 0,743
- ✓ mobileusage = 0,097



Διάγραμμα 5-12: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς μέση επιβράδυνση για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$

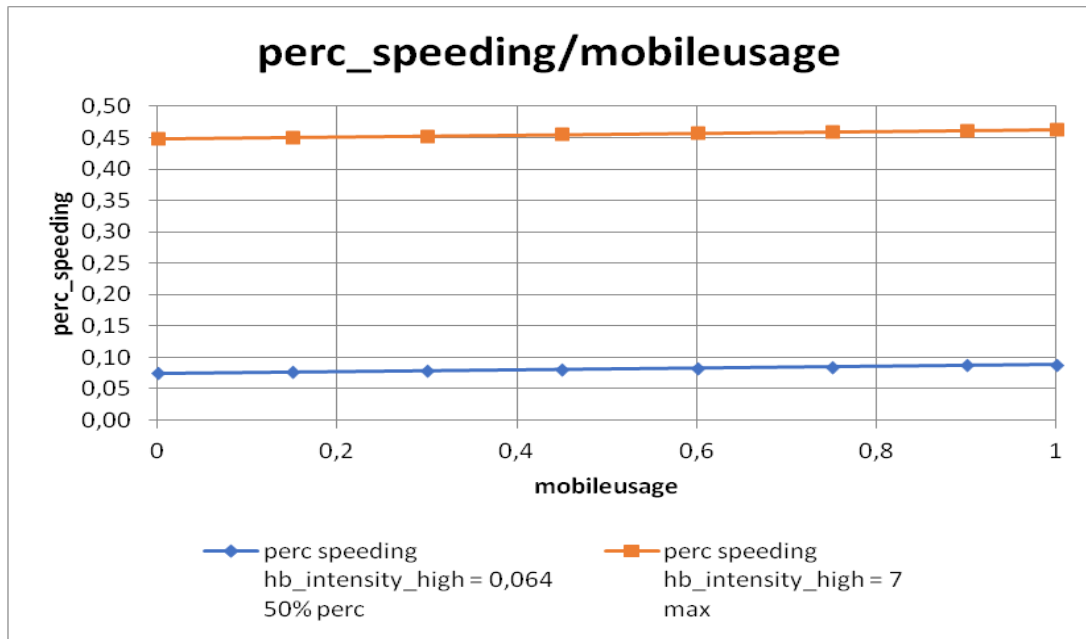
❖ Διάγραμμα 5.13: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου για:

- ✓ totaldist = 2 και totaldist = 32
- ✓ ha_intensity_high = 0,1483
- ✓ hb_intensity_high = 0,064
- ✓ hc = 0,743
- ✓ avdecel = -1,538



Διάγραμμα 5-13: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου για totaldist = 2 και totaldist = 32

- ❖ Διάγραμμα 5.14: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου για:
 - ✓ totaldist = 11,099
 - ✓ ha_intensity_high = 0,1483
 - ✓ hb_intensity_high = 0,064 και hb_intensity_high = 7
 - ✓ hc = 0,743
 - ✓ avdecel = -1,538



Διάγραμμα 5-14: Ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας προς ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου για $hb_intensity_high = 0,064$ και $hb_intensity_high = 7$

Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων:

Σε όλα τα διαγράμματα, όποια μεταβλητή και να μεταβληθεί από τις «totaldist» και «hb_intensity_high» προκύπτουν δύο καμπύλες παράλληλες. Για τα διαγράμματα **perc_speeding/totaldist**, **perc_speeding/ha_intensity_high**, **perc_speeding/hb_intensity_high** και **perc_speeding/mobileusage** οι δύο παράλληλες καμπύλες έχουν **αυξητική τάση**.

Η εξαρτημένη μεταβλητή «perc_speeding» παρουσιάζει **μεγαλύτερη ευαισθησία** στη μεταβολή των ανεξάρτητων μεταβλητών «totaldist» και «hb_intensity_high» σε σχέση με τις μεταβλητές «ha_intensity_high» και «mobileusage» εφόσον οι κλίσεις των ευθειών είναι εμφανώς μεγαλύτερες. Για τα διαγράμματα **perc_speeding/hc** και **perc_speeding/avdecel** οι δύο παράλληλες καμπύλες **έχουν πτωτική τάση**. Η εξαρτημένη μεταβλητή «perc_speeding» είναι ελαφρώς πιο ευαίσθητη στη μεταβολή της μεταβλητής «avdecel».

5.5 Μοντέλο 2.1 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε αστική οδό.

5.5.1 Ανάπτυξη Μοντέλου

Μετά από πολλές δοκιμές, ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστεί το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον, προέκυψε ότι είναι εκείνο με ανεξάρτητες μεταβλητές:

- distance_urban: απόσταση διαδρομής σε αστικό περιβάλλον (km)
- ha_intensity_urban_high: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον
- hb_intensity_urban_high: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον
- hc_urban: αριθμός απότομων στροφών σε αστικό περιβάλλον
- av_decel_urban: μέση επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)
- mobileUsage_urban: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αστικό περιβάλλον (driving_duration_urban) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

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

		distance_urban	ha_intensity_urban_high	hb_intensity_urban_high	hc_urban	av_decel_urban	mobileUsage_urban	perc_speeding_urban
distance_urban	Pearson Correlation	1	,147**	,161**	,291**	,108**	-,066**	,386**
ha_intensity_urban_high	Pearson Correlation	,147**	1	,220**	,066**	-,218**	,009	,142**
hb_intensity_urban_high	Pearson Correlation	,161**	,220**	1	,058**	-,192**	,007	,188**
hc_urban	Pearson Correlation	,291**	,066**	,058**	1	-,059**	,034**	,068**
av_decel_urban	Pearson Correlation	,108**	-,218**	-,192**	-,059**	1	-,111**	-,129**
mobileUsage_urban	Pearson Correlation	-,066**	,009	,007	,034**	-,111**	1	,026**
perc_speeding_urban	Pearson Correlation	,386**	,142**	,188**	,068**	-,129**	,026**	1

Πίνακας 5-6: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 2.1

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,440 ^a	,193	,193	,137451995250

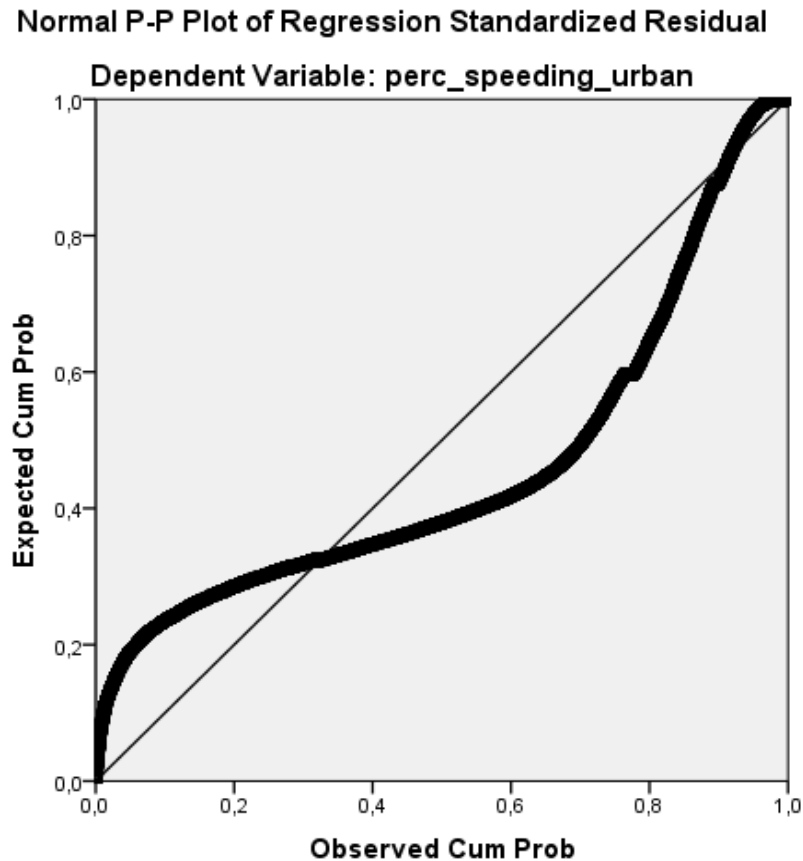
Πίνακας 5-7: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.1

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	97,752	6	16,292	862,324	,000 ^b
	Residual	408,147	21603	,019		
	Total	505,898	21609			

Πίνακας 5-8: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2.1

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,034	,003		-10,466	,000
	distance_urban	,014	,000	,404	60,955	0,000
	ha_intensity_urban_high	,014	,003	,035	5,451	,000
	hb_intensity_urban_high	,070	,005	,090	14,091	,000
	hc_urban	-,009	,001	-,067	-10,432	,000
	av_decel_urban	-,041	,002	-,147	-22,659	,000
	mobileUsage_urban	,026	,004	,038	6,159	,000

Πίνακας 5-9: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the equation) – Μοντέλο 2.1



Διάγραμμα 5-15: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο μοντέλο για αστική οδό

Μαθηματική σχέση:

$$\text{perc_speeding_urban} = -0,034 + 0,014 \cdot \text{distance_urban} + 0,014 \cdot \text{ha_intensity_urban_high} + 0,070 \cdot \text{hb_intensity_urban_high} - 0,009 \cdot \text{hc_urban} - 0,041 \cdot \text{av_decel_urban} + 0,026 \cdot \text{mobileUsage_urban}$$

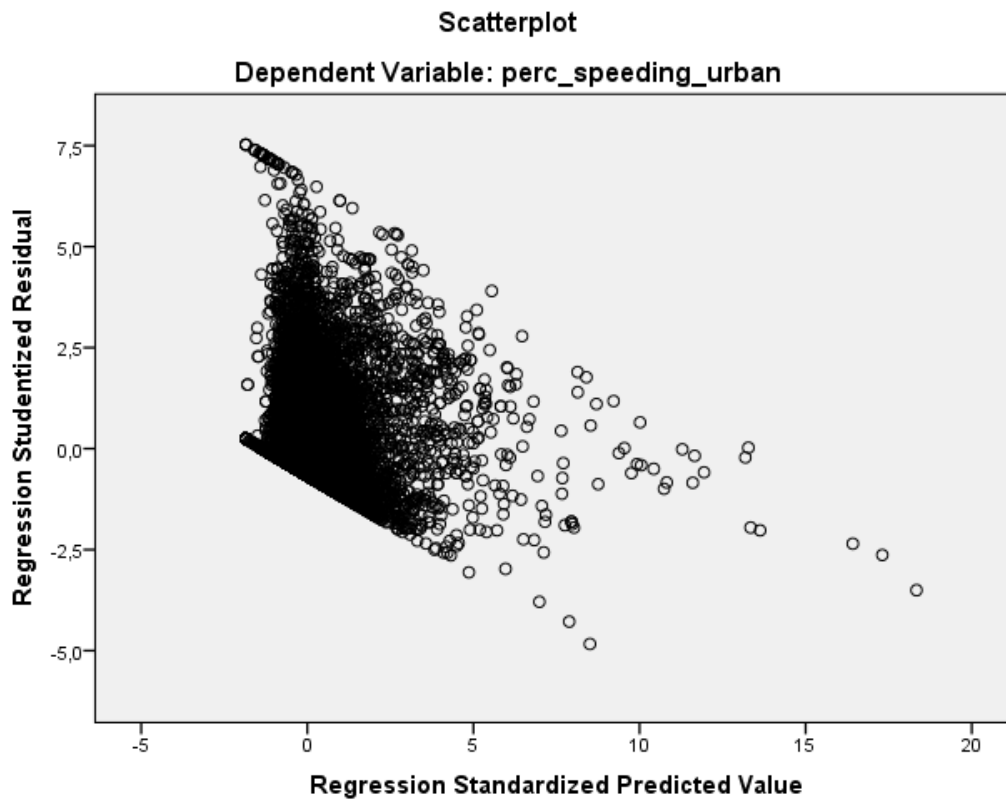
5.5.2 Ποιότητα Μοντέλου

Στο μοντέλο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι.

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι καλός, ίσος με 0,193.
- Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος του 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- Ο σταθερός όρος β_0 είναι μικρός
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο και τα πρόσημα τους, εξηγούνται λογικά.

Ένας ακόμη έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος ZPRED (Standardized Predicted Values), δηλαδή τις

προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου, και ο άξονας Y το μέγεθος SRESID (Studentized Residuals), δηλαδή τα τυπικά σφάλματα.



Διάγραμμα 5-16: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο για αστική οδό

5.5.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου, προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η απόσταση που διανύεται σε αστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο για αστική οδό αυξάνεται κατά 0,014 μονάδες. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύεται σε αστικό περιβάλλον, τόσο αυξάνεται η διάρκεια κατά την οδήγηση που η ταχύτητα υπερβαίνει το όριο.
- Για μία επιπλέον απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το επιτρεπτό όριο για αστική οδό, αυξάνεται κατά 0,014 μονάδες. Αυτό εξηγείται λογικά αφού όσες πιο πολλές φορές επιταχύνει απότομα ο οδηγός, τόσο πιο συχνά αυξάνεται η ταχύτητα με αποτέλεσμα κάποιες φορές να υπερβαίνει το όριο.

- Για μία επιπλέον απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου για αστική οδό αυξάνεται κατά 0,070 μονάδες. Οι οδηγοί που έχουν τη τάση να οδηγούν νευρικά, αυξομειώνοντας απότομα τη ταχύτητα του οχήματος, συχνά υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας.
- Για μία επιπλέον απότομη στροφή σε αστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο για αστική οδό, μειώνεται κατά 0,009 μονάδες. Όταν το όχημα στρίβει, αυτόματα ο οδηγός μειώνει τη ταχύτητα για να μπορέσει να πραγματοποιήσει τη στροφή.
- Για αύξηση της μέσης επιβράδυνσης σε αστικό περιβάλλον κατά μία μονάδα (km/h/s), παρατηρείται μείωση του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα πάνω από το όριο ταχύτητας για αστική οδό κατά 0,041 μονάδες. Όσο μεγαλύτερη είναι η μέση επιβράδυνση, τόσο μειώνεται η πιθανότητα η ταχύτητα να υπερβαίνει το όριο.
- Για 1% αύξηση του χρόνου της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αστικό περιβάλλον όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου, παρατηρείται αύξηση του ποσοστού καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο κατά 0,026 μονάδες. Η απόσπαση της προσοχής του οδηγού είναι βασική αιτία αυτού του φαινομένου.

5.5.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	perc_speeding_urban			
	βi	t	Σχετική Επιρροή	
			ei	ei*
distance_urban	0,014	60,955	1,629	14,808
ha_intensity_urban_high	0,014	5,451	0,297	2,700
hb_intensity_urban_high	0,07	14,091	0,963	8,755
hc_urban	-0,009	-10,432	-0,406	-3,688
av_decel_urban	-0,041	-22,659	1,426	12,963
mobileUsage_urban	0,026	6,159	0,110	1,000

Πίνακας 5-10: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αστική οδό

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* 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 μοντέλο, για το δείκτη συνολικής επίδοσης** παρατηρούνται τα εξής:

- ✓ Η επιρροή της μεταβλητής «**distance_urban**: απόσταση διαδρομής σε αστικό περιβάλλον» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της μεταβλητής στο δείκτη συνολικής επίδοσης. Η τιμή της επιρροής είναι 1,629.
- ✓ Η μεταβλητή «**mobileUsage_urban**: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αστικό περιβάλλον όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 14,8 φορές λιγότερο.
- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**av_decel_urban**: μέση επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον» και «**hb_intensity_urban_high**: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον» είναι οι αμέσως μεγαλύτερες μετά τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή. Οι τιμές των επιρροών είναι 1,426 για τη μεταβλητή «av_decel_urban» και 0,963 για τη μεταβλητή «hb_intensity_urban_high».

- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**hc_urban**: αριθμός απότομων στροφών σε αστικό περιβάλλον» και «**ha_intensity_urban_high**: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως σε αστικό περιβάλλον» είναι 3,6 και 2,7 φορές αντίστοιχα, μεγαλύτερες από την επιρροή της μεταβλητής «**mobileUsage_urban**».

5.6 Μοντέλο 2.2 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε υπεραστική οδό.

5.6.1 Ανάπτυξη Μοντέλου

Μετά από πολλές δοκιμές, ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστεί το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον, προέκυψε ότι είναι αυτό με ανεξάρτητες μεταβλητές:

- **distance_rural**: απόσταση διαδρομής σε υπεραστικό περιβάλλον (km)
- **ha_intensity_rural_high**: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον
- **hb_intensity_rural_high**: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον
- **hc_rural**: αριθμός απότομων στροφών σε υπεραστικό περιβάλλον
- **av_decel_rural**: μέση επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)
- **mobileUsage_rural**: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον (**driving_duration_rural**) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

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

		Correlations						
		distance_rural	ha_intensity_rural_high	hb_intensity_rural_high	hc_rural	av_decel_rural	mobileUsage_rural	perc_speeding_rural
distance_rural	Pearson Correlation	1	,153**	,127**	,410**	-,150**	,070**	,401**
ha_intensity_rural_high	Pearson Correlation	,153**	1	,250**	,070**	-,219**	,056**	,138**
hb_intensity_rural_high	Pearson Correlation	,127**	,250**	1	,037**	-,194**	,031**	,121**
hc_rural	Pearson Correlation	,410**	,070**	,037**	1	-,078**	,086**	,043**
av_decel_rural	Pearson Correlation	-,150**	-,219**	-,194**	-,078**	1	-,231**	-,181**
mobileUsage_rural	Pearson Correlation	,070**	,056**	,031**	,086**	-,231**	1	,086**
perc_speeding_rural	Pearson Correlation	,401**	,138**	,121**	,043**	-,181**	,086**	1

Πίνακας 5-11: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 2.2

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,447 ^a	,200	,199	,133508526560

Πίνακας 5-12: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.2

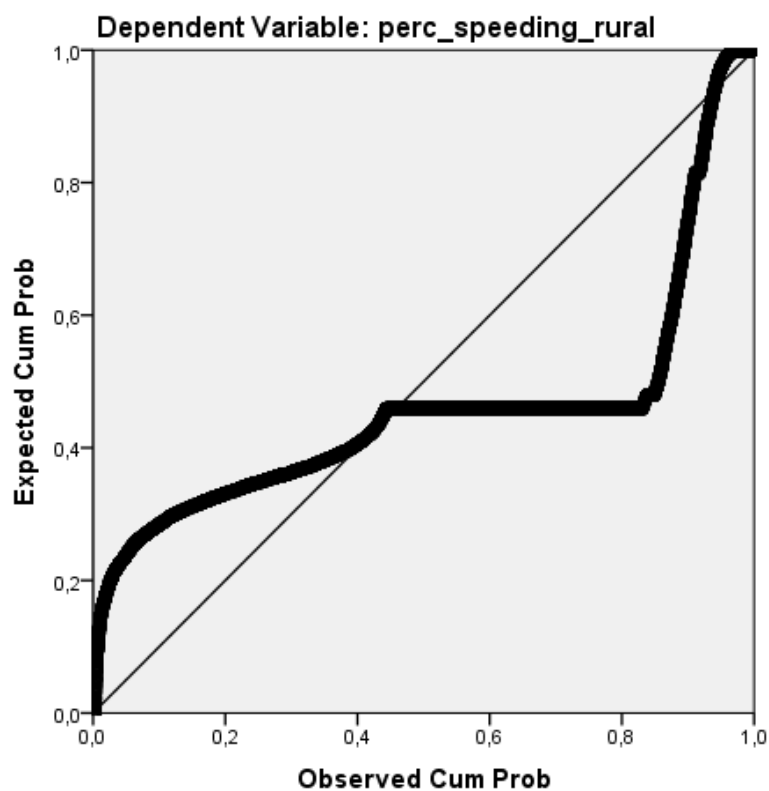
ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	95,995	6	15,999	897,596	,000 ^b
	Residual	385,063	21603	,018		
	Total	481,059	21609			

Πίνακας 5-13: Ανάλυση διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2.2

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,014	,001		10,234	,000
	distance_rural	,006	,000	,432	63,515	0,000
	ha_intensity_rural_high	,026	,003	,048	7,441	,000
	hb_intensity_rural_high	,032	,005	,039	6,145	,000
	hc_rural	-,017	,001	-,150	-22,407	,000
	av_decel_rural	-,017	,001	-,101	-15,455	,000
	mobileUsage_rural	,036	,005	,042	6,666	,000

Πίνακας 5-14: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 2.2

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual



Διάγραμμα 5-17: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο μοντέλο για υπεραστική οδό

Μαθηματική σχέση:

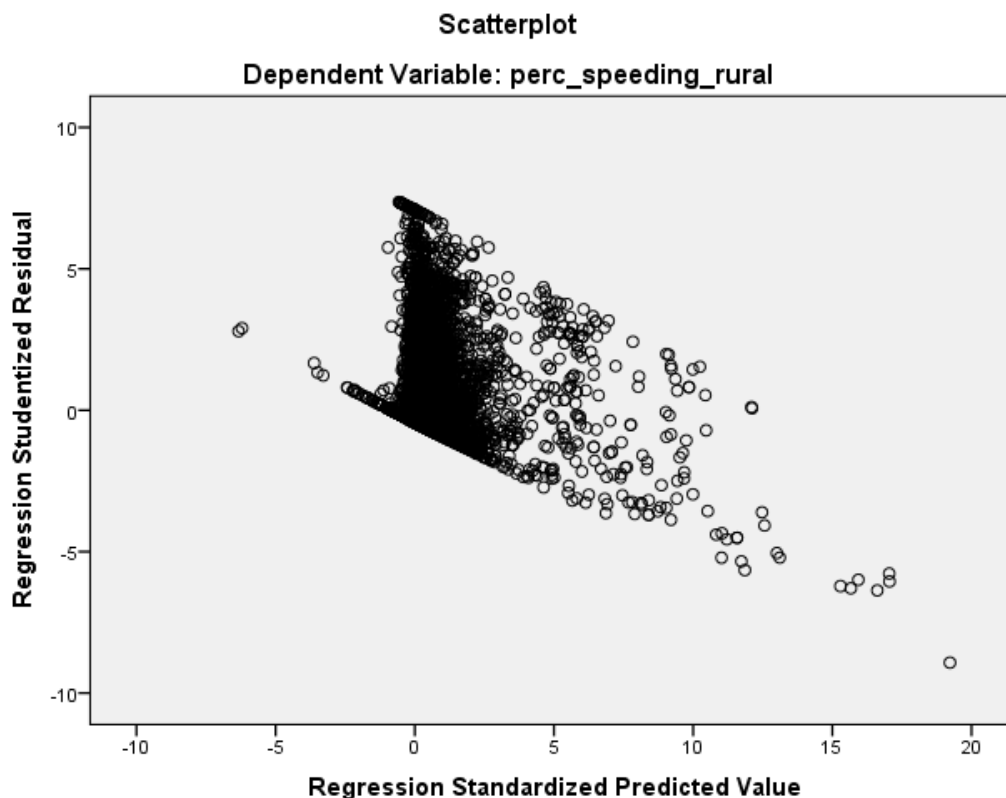
$$\text{perc_speeding_rural} = 0,014 + 0,006*\text{distance_rural} + 0,026*\text{ha_intensity_rural_high} + 0,032*\text{hb_intensity_rural_high} - 0,017*\text{hc_rural} - 0,017*\text{av_decel_rural} + 0,036*\text{mobileUsage_rural}$$

5.6.2 Ποιότητα Μοντέλου

Στο μοντέλο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι.

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι καλός , ίσος με 0,2.
- Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος του 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- Ο σταθερός όρος β_0 είναι μικρός
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο και τα πρόσημα τους, εξηγούνται λογικά.

Ένας ακόμη έλεγχος, είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος ZPRED (Standardized Predicted Values), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου, και ο άξονας Y το μέγεθος SRESID (Studentized Residuals), δηλαδή τα τυπικά σφάλματα.



Διάγραμμα 5-18: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο για υπεραστική οδό

5.6.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου, προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η απόσταση που διανύεται σε υπεραστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο για υπεραστική οδό αυξάνεται κατά 0,006 μονάδες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στις υπεραστικές οδούς αναπτύσσονται συχνά υψηλές ταχύτητες λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα υπέρβασης του ορίου ταχύτητας.
- Για μία επιπλέον απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο για υπεραστική οδό αυξάνεται κατά 0,026 μονάδες. Όσο περισσότερες απότομες επιταχύνσεις πραγματοποιούνται, τόσο αυξάνεται η ταχύτητα και άρα η πιθανότητα υπέρβασης του ορίου ταχύτητας.
- Για μία επιπλέον απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο για υπεραστική οδό, αυξάνεται κατά 0,032 μονάδες. Οι απότομες επιβραδύνσεις είναι αποτέλεσμα της επιθετικής οδήγησης που συνεπάγεται και ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων που υπερβαίνουν τα όρια.
- Για μία επιπλέον απότομη στροφή σε υπεραστικό περιβάλλον, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου για υπεραστική οδό μειώνεται κατά 0,017 μονάδες. Στις στροφές, αυτόματα οι οδηγοί ελαττώνουν τη ταχύτητα τους για να έχουν περισσότερο έλεγχο άρα κατά συνέπεια μειώνεται το ποσοστό της διάρκειας οδήγησης όπου πραγματοποιείται υπέρβαση του ορίου ταχύτητας.
- Για αύξηση της μέσης επιβράδυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον κατά μία μονάδα (km/h/s), το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου για υπεραστική οδό μειώνεται κατά 0,017 μονάδες. Η αύξηση της μέσης επιβράδυνσης μειώνει τη πιθανότητα υπέρβασης του ορίου ταχύτητας.
- Για αύξηση κατά 1% του χρόνου της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου, παρατηρείται αύξηση του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο για υπεραστική οδό κατά 0,036 μονάδες. Η χρήση του κινητού τηλεφώνου

αποσπάζει τη προσοχή του οδηγού από το δρόμο, με αποτέλεσμα ορισμένες φορές να υπερβαίνει τα όρια ταχύτητας.

5.6.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	perc_speeding_rural			
	βi	t	Σχετική Επιρροή	
			ei	ei*
distance_rural	0,006	63,515	1,385	9,819
ha_intensity_high_rural	0,026	7,441	0,630	4,465
hb_intensity_high_rural	0,032	6,145	0,539	3,818
hc_rural	-0,017	-22,407	-1,016	-7,201
av_decel_rural	-0,017	-15,455	0,500	3,541
mobileUsage_rural	0,036	6,666	0,141	1,000

Πίνακας 5-15: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για υπεραστική οδό

Από το παραπάνω πίνακα προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* 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 μοντέλο, για το δείκτης συνολικής επίδοσης παρατηρούνται τα εξής:

- ✓ Η επιρροή της μεταβλητής «**distance_rural**: απόσταση διαδρομής σε υπεραστικό περιβάλλον» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της μεταβλητής στο δείκτη συνολικής επίδοσης. Η τιμή της επιρροής είναι 1,385.
- ✓ Η μεταβλητή «**mobileUsage_rural**: ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 9,8 φορές λιγότερο.
- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**hc_rural**: αριθμός απότομων στροφών σε υπεραστικό περιβάλλον» και «**ha_intensity_rural_high**: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον» είναι οι αμέσως μεγαλύτερες μετά τη

μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή. Οι τιμές των επιρροών είναι 1,016 για τη μεταβλητή «hc_rural» και 0,630 για τη μεταβλητή «ha_intensity_rural_high».

- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**hb_intensity_rural_high**: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως σε υπεραστικό περιβάλλον» και «**av_decel_rural**: μέση επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον» είναι τρεις φορές μεγαλύτερες από την επιρροή της μεταβλητής «mobileUsage_rural».

5.7 Μοντέλο 2.3 – Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο.

5.7.1 Ανάπτυξη Μοντέλου

Μετά από πολλές δοκιμές, ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστεί το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο, προέκυψε ότι είναι αυτό με ανεξάρτητες μεταβλητές:

- distance_highway: απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο (km)
- ha_intensity_highway_high: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο
- hb_intensity_highway_high: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο
- hc_highway: αριθμός απότομων στροφών σε αυτοκινητόδρομο
- av_decel_highway: μέση επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- mobileUsage_highway: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο (driving_duration_highway) που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο

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

Correlations								
		distance_highway	ha_intensity_highway_high	hb_intensity_highway_high	hc_highway	av_decel_highway	mobileUsage_highway	perc_speeding_highway
distance_highway	Pearson Correlation	1	,303**	,372**	,132**	-,370**	,107**	,492**
ha_intensity_highway_high	Pearson Correlation	,303**	1	,306**	,020**	-,203**	,055**	,215**
hb_intensity_highway_high	Pearson Correlation	,372**	,306**	1	,048**	-,177**	,027**	,262**
hc_highway	Pearson Correlation	,132**	,020**	,048**	1	-,160**	,104**	,062**
av_decel_highway	Pearson Correlation	-,370**	-,203**	-,177**	-,160**	1	-,303**	-,367**
mobileUsage_highway	Pearson Correlation	,107**	,055**	,027**	,104**	-,303**	1	,181**
perc_speeding_highway	Pearson Correlation	,492**	,215**	,262**	,062**	-,367**	,181**	1

Πίνακας 5-16: Συσχετίσεις μεταβλητών – Μοντέλο 2.3

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,544 ^a	,296	,296	,072340712050

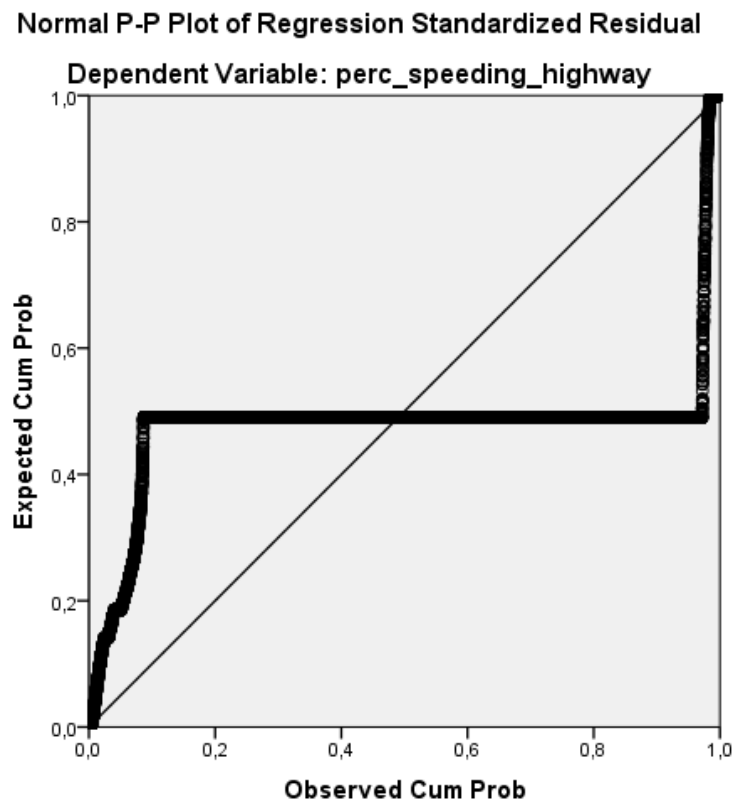
Πίνακας 5-17: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.3

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	47,490	6	7,915	1512,481	,000 ^b
	Residual	113,052	21603	,005		
	Total	160,543	21609			

Πίνακας 5-18: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,002	,001		3,382	,001
	distance_highway	,002	,000	,380	57,137	0,000
	ha_intensity_highway_high	,031	,005	,035	5,712	,000
	hb_intensity_highway_high	,096	,008	,076	12,028	,000
	hc_highway	-,033	,006	-,031	-5,283	,000
	av_decel_highway	-,057	,002	-,186	-28,715	,000
	mobileUsage_highway	,104	,008	,083	13,894	,000

Πίνακας 5-19: Μεταβλητές στην Εξίσωση (Variables in the equation) – Μοντέλο 2.3



Διάγραμμα 5-19: Έλεγχος κανονικότητας σφαλμάτων στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο

Μαθηματική Σχέση:

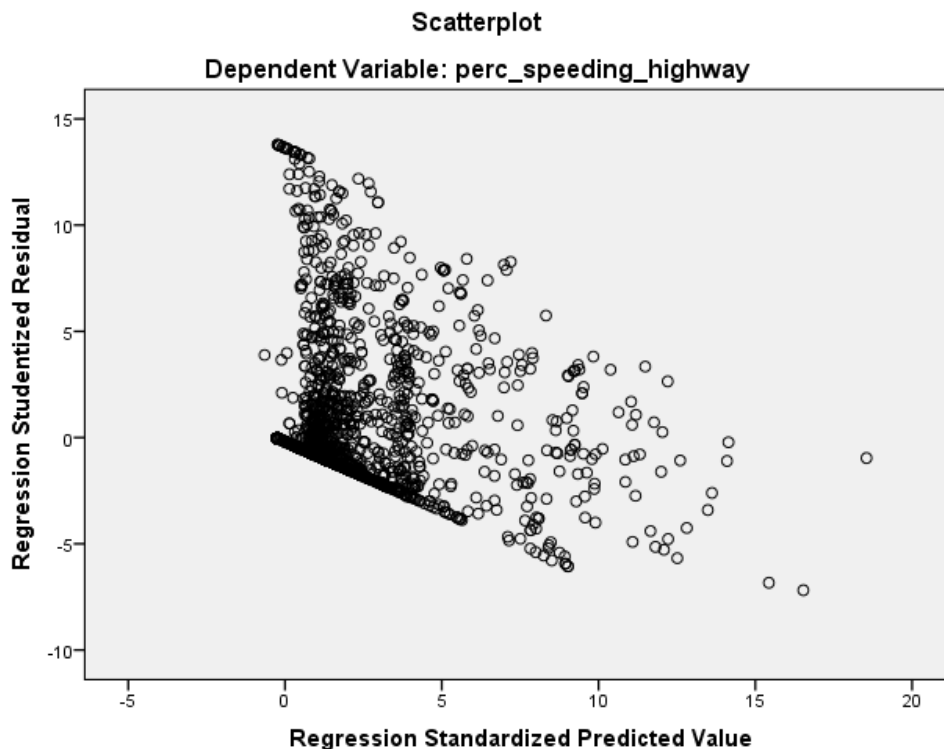
$$\text{perc_speeding_highway} = 0,002 + 0,002*\text{distance_highway} + 0,031*\text{ha_intensity_highway_high} + 0,096*\text{hb_intensity_highway_high} - 0,033*\text{hc_highway} - 0,057*\text{av_decel_highway} + 0,104*\text{mobileUsage_highway}$$

5.7.2 Ποιότητα Μοντέλου

Στο μοντέλο που προέκυψε τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι.

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι καλός, ίσος με 0,2.
- Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος του 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, επαληθεύεται.
- Ο σταθερός όρος β_0 είναι μικρός
- Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο και τα πρόσημα τους, εξηγούνται λογικά.

Ένας ακόμη έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος ZPRED (Standardized Predicted Values), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου, και ο άξονας Y το μέγεθος SRESID (Studentized Residuals), δηλαδή τα τυπικά σφάλματα.



Διάγραμμα 5-20: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο

5.7.3 Σχολιασμός ποιότητας μοντέλου

- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η απόσταση που διανύεται σε αυτοκινητόδρομο, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας για αυτοκινητόδρομο αυξάνεται κατά 0,002 μονάδες. Στον αυτοκινητόδρομο αναπτύσσονται γενικά υψηλές ταχύτητες, γεγονός που οδηγεί πολλές φορές στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας.
- Για μια επιπλέον απότομη επιτάχυνση υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο ταχύτητας για αυτοκινητόδρομο, αυξάνεται κατά 0,031 μονάδες. Όσες περισσότερες απότομες επιταχύνσεις πραγματοποιούνται, τόσο πιο συχνά αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες που υπερβαίνουν τα όρια.
- Για μια επιπλέον απότομη επιβράδυνση υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου ταχύτητας για αυτοκινητόδρομο, αυξάνεται κατά 0,096 μονάδες. Οι απότομες επιβραδύνσεις είναι αποτέλεσμα κάποιου επικείμενου κινδύνου που προκύπτει λόγω ανάπτυξης υψηλών ταχυτήτων που ενίοτε υπερβαίνουν τα όρια ταχύτητας.
- Για μια επιπλέον απότομη στροφή σε αυτοκινητόδρομο, το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας για αυτοκινητόδρομο μειώνεται κατά 0,033 μονάδες. Οι οδηγοί προκειμένου να πραγματοποιήσουν τον ελιγμό της στροφής με ασφάλεια, ελαττώνουν ταχύτητα, γεγονός που μειώνει το ποσοστό της διάρκειας της οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου.
- Για αύξηση της μέσης επιβράδυνσης σε αυτοκινητόδρομο κατά μία μονάδα (km/h/s), το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο ταχύτητας για αυτοκινητόδρομο, μειώνεται κατά 0,057 μονάδες. Όσο περισσότερο επιβραδύνουν οι οδηγοί τόσο μειώνεται το ποσοστό της διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο.
- Για αύξηση κατά 1% του χρόνου της καθαρής διάρκειας οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο, όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου, παρατηρείται αύξηση του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας για αυτοκινητόδρομο κατά 0,104 μονάδες. Όσο περισσότερο χρησιμοποιείται από τον οδηγό το κινητό τηλέφωνο κατά την οδήγηση, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να υπερβαίνει τα όρια ταχύτητας.

5.7.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	perc_speeding_highway			
	βi	t	Σχετική Επιρροή	
			ei	ei*
distance_highway	0,002	57,137	1,516	7,664
ha_intensity_highway_high	0,031	5,712	0,755	3,819
hb_intensity_highway_high	0,096	12,028	0,831	4,203
hc_highway	-0,033	-5,283	-0,812	-4,103
av_decel_highway	-0,057	-28,715	0,664	3,358
mobileUsage_highway	0,104	13,894	0,198	1,000

Πίνακας 5-20: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο

Από το παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* 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 μοντέλο, για το δείκτη της συνολικής επίδοσης** παρατηρούνται τα εξής:

- ✓ Η επιρροή της μεταβλητής «**distance_highway**: απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις άλλες πέντε ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της μεταβλητής στο δείκτη συνολικής επίδοσης. Η τιμή της επιρροής είναι 1,516.
- ✓ Η μεταβλητή «**mobileUsage_highway**: ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης στον αυτοκινητόδρομο που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα, σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 7,6 φορές λιγότερο.
- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**hb_intensity_highway_high**: αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο» και «**hc_highway**: αριθμός απότομων στροφών σε αυτοκινητόδρομο» είναι οι αμέσως μεγαλύτερες μετά τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή. Οι τιμές των επιρροών είναι 0,831 για τη μεταβλητή «hb_intensity_highway_high» και -0,812 για τη μεταβλητή «hc_highway».

- ✓ Οι επιρροές των μεταβλητών «**ha_intensity_highway_high**: αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως σε αυτοκινητόδρομο» και «**av_decel_highway**: μέση επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο» είναι 3,8 και 3,3 φορές αντίστοιχα, μεγαλύτερες από την επιρροή της μεταβλητής «mobileUsage_highway».

5.8 Συγκριτική ανάλυση μοντέλων

5.8.1 Ποιότητα μοντέλων

Η σύγκριση των μοντέλων, οδήγησε στις παρακάτω βασικές παρατηρήσεις:

- Όλα τα μοντέλα περιλαμβάνουν ως ανεξάρτητες μεταβλητές την **απόσταση διαδρομής**, τον αριθμό των **απότομων επιταχύνσεων**, **επιβραδύνσεων** και **στροφών**, την **μέση επιβράδυνση** καθώς και το **ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης κατά την οποία ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο**.
- Στο γενικό μοντέλο περιλαμβάνονται οι συνολικές μεταβλητές για όλους τους τύπους οδού, ενώ στα μοντέλα για κάθε τύπο οδού ξεχωριστά, οι μεταβλητές αφορούν στο αντίστοιχο οδικό περιβάλλον.
- Όλα τα αποτελέσματα των μοντέλων μπορούν να **ερμηνευθούν λογικά**, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- Τα τελικά μοντέλα που παρουσιάζονται παραπάνω είναι τα **βέλτιστα** ως αποτέλεσμα πολλαπλών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και συνεπώς προβλέπουν όσο το δυνατόν καλύτερα την εκάστοτε εξαρτημένη μεταβλητή.
- Όλοι οι στατιστικοί έλεγχοι ($\text{Sig} < 0.05$, $R^2 > 0,19$)
- Έγιναν **αποδεκτά** μοντέλα με επίπεδο σημαντικότητας κάτω από 0.01 ως αξιόπιστα.

6 Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί ως τώρα παγκοσμίως αναφορικά με τη μελέτη της συμπεριφοράς των οδηγών, η συλλογή των δεδομένων γινόταν είτε μέσω του συστήματος διαγνωστικών του οχήματος (OBD) είτε μέσω άλλων πολύπλοκων συνδυασμών οργάνων καταγραφής που συνδέονταν με το όχημα (naturalistic driving κλπ.) ή με προσομοιωτές οδήγησης και ερωτηματολόγια. Στη παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των οδηγών με **δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων** που αφορούν στον οδηγό και όχι στο όχημα. Επιπλέον επιχειρείται ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με επιπλέον μεταβλητές πέραν εκείνων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη πλειονότητα παρόμοιων ερευνών. **Αντικείμενο** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι ο προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Δεδομένου ότι η δυνατότητα αξιοποίησης των στοιχείων αυτών είναι σχετικά πρόσφατη, πρόκειται για ένα θέμα το οποίο δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα ούτε διεθνώς ούτε στην Ελλάδα, ωστόσο, όπως προκύπτει και από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, τα τελευταία χρόνια χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, παρατηρείται μια αυξανόμενη ενασχόληση της επιστημονικής κοινότητας γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα.

Τα δεδομένα που **συλλέγονται** από τους αισθητήρες, μεταφέρονται μέσω Wi-Fi ή 3G και **αποθηκεύονται** σε ειδικές μεγάλες βάσεις.

Τα δεδομένα που **αναλύθηκαν** αφορούσαν σε 21.610 μετακινήσεις, από 68 οδηγούς, οι οποίοι οδήγησαν από τον Αύγουστο του 2016 έως τον Οκτώβρη του 2017, οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, η οποία όμως καταγραφόταν και σε οποιοδήποτε τύπο οδού, όπου και αυτός καταγραφόταν με τη βοήθεια του GPS.

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τέσσερα μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **γραμμικής παλινδρόμησης**, όπως αυτά παρουσιάζονται στο πίνακα που ακολουθεί.

Επισημαίνεται ότι η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή (ποσοστό καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας) προσδιορίστηκε μέσω του μεγέθους της ελαστικότητας. Η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε για τη ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας															
	γενικό μοντέλο				αστικό περιβάλλον				υπεραστικό περιβάλλον				αυτοκινητόδρομος			
	βι	t-ratio	Σχετική επιρροή		βι	t-ratio	Σχετική επιρροή		βι	t-ratio	Σχετική επιρροή		βι	t-ratio	Σχετική επιρροή	
			ei	ei*			ei	ei*			ei	ei*			ei	ei*
Σταθερά	0,021	7,304			-0,034	-10,466			0,014	10,234			0,002	3,382		
Απόσταση διαδρομής	0,002	63,679	0,626	9,468	0,014	60,955	1,629	14,808	0,006	63,515	1,385	9,819	0,002	57,137	1,516	7,664
Αριθμός απότομων επιταχύνσεων υψηλής εντάσεως	0,031	20,179	0,809	12,235	0,014	5,451	0,297	2,700	0,026	7,441	0,630	4,465	0,031	5,712	0,755	3,819
Αριθμός απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως	0,054	19,794	1,006	15,219	0,07	14,091	0,963	8,755	0,032	6,145	0,539	3,818	0,096	12,028	0,831	4,203
Αριθμός απότομων στροφών	-0,002	-6,677	-0,167	-2,519	-0,009	-10,432	-0,406	-3,688	-0,017	-22,407	-1,016	-7,201	-0,033	-5,283	-0,812	-4,103
Μέση επιβράδυνση	-0,016	-8,674	0,676	10,218	-0,041	-22,659	1,426	12,963	-0,017	-15,455	0,500	3,541	-0,057	-28,715	0,664	3,358
Ποσοστό χρόνου χρήσης κινητού τηλεφώνου	0,014	3,709	0,066	1,000	0,026	6,159	0,110	1,000	0,036	6,666	0,141	1,000	0,104	13,894	0,198	1,000
Συντελεστής Συσχέτισης	0,239				0,193				0,200				0,296			

Πίνακας 6-1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων

Σε όλα τα μοντέλα οι μεταβλητές αφορούν στο αντίστοιχο οδικό περιβάλλον.

6.2 Συμπεράσματα

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

Από την ανάλυση διαπιστώθηκε ότι είναι **δυνατή η πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας** εάν είναι γνωστά ορισμένα μεγέθη, όπως η απόσταση της διαδρομής, ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως και απότομων στροφών, η μέση επιβράδυνση και το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου ο οδηγός κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου. Πιο συγκεκριμένα:

- Η πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης όπου η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας πραγματοποιείται με **μεγαλύτερη ακρίβεια** κατά σειρά πρώτα για την οδήγηση σε **αυτοκινητόδρομο** και στη συνέχεια για το σύνολο των οδικών δικτύων, το υπεραστικό δίκτυο και τέλος το αστικό δίκτυο. Αυτό είναι πιθανό να συμβαίνει λόγω της ομαλοποιημένης κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου, όπου δεν πραγματοποιούνται πολλά απότομα συμβάντα και η ταχύτητα παρουσιάζει λιγότερες διακυμάνσεις συγκριτικά με τους άλλους τύπους οδικών δικτύων.
- Το μέγεθος που επηρεάζει περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες τη δυνατότητα πρόβλεψης του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας συνολικά για **όλους τους τύπους οδού** είναι ο αριθμός των **απότομων επιβραδύνσεων υψηλής εντάσεως**. Ενδεχομένως, οι απότομες επιβραδύνσεις αποτελούν καθοριστικό παράγοντα λόγω της άμεσης σχέσης τους με την επιθετική οδήγηση, κατά την οποία οι οδηγοί τείνουν να επιταχύνουν πολύ όταν τους παρουσιαστεί ο χώρος και κατά συνέπεια, όταν συναντήσουν τα προπορευόμενα οχήματα τα οποία κινούνται με χαμηλότερη ταχύτητα, αναγκάζονται να επιβραδύνουν απότομα.
- Η **χιλιομετρική απόσταση** που διανύεται σε **αστικό** και **υπεραστικό** περιβάλλον καθώς και σε **αυτοκινητόδρομο**, είναι καθοριστική για τη πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο καθώς εμπεριέχεται σε όλα τα μοντέλα για συγκεκριμένο τύπο οδού και είναι η μεταβλητή με τη **μεγαλύτερη επιρροή**. Όσο μεγαλύτερη απόσταση διανύεται, τόσο μεγαλύτερο είναι ποσοστό χρόνου οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι οδηγοί εξοικειώνονται με τις συνθήκες του οδικού περιβάλλοντος και προκειμένου να διανύσουν γρηγορότερα την απόσταση και

φτάσουν πιο σύντομα στο προορισμό τους, επιταχύνουν όπου τους παρουσιάζεται η ευκαιρία.

- Οι **απότομοι ελιγμοί για στροφή** φαίνεται να έχουν χαμηλή επιρροή στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας στο σύνολο των οδικών δικτύων και στο αστικό δίκτυο σε αντίθεση με το **υπεραστικό** δίκτυο και τον **αυτοκινητόδρομο**, όπου είναι η δεύτερη και η τρίτη μεταβλητή αντίστοιχα, με τη μεγαλύτερη επιρροή στο ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο. Όσο πιο πολλές απότομες στροφές πραγματοποιούνται τόσο μειώνεται το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου. Αυτό φαίνεται λογικό-, αφού οι οδηγοί αναγκάζονται να ελαττώσουν ταχύτητα προκειμένου να στρίψουν το όχημα με ασφάλεια.
- Εξετάζοντας τους ελιγμούς σχετικά με τις **απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις υψηλής εντάσεως**, το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με την επιθετική οδήγηση και τις απότομες εναλλαγές ταχύτητας και φυσικά με την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, τόσο για το σύνολο των οδών όσο και για κάθε τύπο οδού ξεχωριστά. Δηλαδή όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των απότομων ελιγμών που πραγματοποιούνται κατά την οδήγηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια οδήγησης με ταχύτητα που υπερβαίνει το όριο.
- Η **μέση επιβράδυνση** παρουσιάζει σχετικά υψηλή επιρροή στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας στα μοντέλα για το **σύνολο των οδών** και για **αστικό** περιβάλλον, ενώ δε φαίνεται να έχει σημαντική επιρροή στη πρόβλεψη του χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας για το υπεραστικό δίκτυο και τον αυτοκινητόδρομο. Όσο η μέση επιβράδυνση απομακρύνεται από το μηδέν, τόσο αυξάνεται το ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας, ενώ αντίθετα όσο τείνει προς το μηδέν, το ποσοστό αυτό μειώνεται. Αυτό φαίνεται λογικό, αφού τιμές της μέσης επιβράδυνσης κοντά στο μηδέν σημαίνουν ήπια μείωση της ταχύτητας κατά μέσο όρο σε μια διαδρομή και κατ' επέκταση ανάπτυξη ταχυτήτων που δεν υπερβαίνουν τα όρια και δεν απαιτούν πιθανές απότομες επιβραδύνσεις.
- Το **ποσοστό της καθαρής διάρκειας οδήγησης που ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό τηλέφωνο** επηρεάζει τη πρόβλεψη του ποσοστού της καθαρής διάρκειας οδήγησης που η ταχύτητα υπερβαίνει το όριο, ωστόσο αποτελεί τη μεταβλητή με τη χαμηλότερη σχετική επιρροή σε όλα τα μοντέλα, τόσο για το σύνολο όσο και για κάθε τύπο οδού ξεχωριστά. Όσο αυξάνεται το ποσοστό χρόνου χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση τόσο

αυξάνεται και το ποσοστό χρόνου υπέρβασης του ορίου ταχύτητας και αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στην απόσπαση προσοχής του οδηγού ο οποίος αφαιρείται και εν άγνοια του πιθανόν να μη τηρεί τα όρια ταχύτητας.

- Από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας αυτής, προκύπτει ότι τα δεδομένα που συλλέγονται από τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα περιέχουν ιδιαίτερα σημαντικές πληροφορίες οι οποίες, μετά από κατάλληλη επεξεργασία και ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, μπορούν να χρησιμεύσουν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τις κρίσιμες **παραμέτρους** που **επηρεάζουν** την **υπέρβαση των ορίων ταχύτητας** αλλά και για τη γενικότερη κυκλοφοριακή συμπεριφορά των οδηγών.

6.3 Προτάσεις για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της Εργασίας αυτής, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλλουν στη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας καθώς και στη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας.

- ✓ Με την **αυστηρότερη** και **συχνότερη αστυνόμευση** θα καταστεί δυνατός ο περιορισμός της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας και θα δημιουργηθούν ασφαλέστερες συνθήκες οδήγησης στους δρόμους τόσο για τους υπολοίπους οδηγούς (ΙΧ, μοτοσυκλετών, ποδηλάτων) όσο και για τους πεζούς. Θα πρέπει να **ελέγχεται ηλεκτρονικά** η ταχύτητα των οχημάτων (ιδίως στις οδούς ταχείας κυκλοφορίας) μέσω ειδικών συσκευών, ώστε να γνωρίζουν οι φορείς αστυνόμευσης ποιος υπερβαίνει τα νομοθετημένα όρια και να προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες. Τα αποτελέσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν για τον εντοπισμό των οδηγών που υπερβαίνουν τα όρια μέσα από τη παρατήρηση διαφόρων οδηγικών μεγεθών.
- ✓ Απαιτείται ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης, μέσω **εκστρατειών ενημέρωσης** σε όλα τα μέσα ενημέρωσης και στο διαδίκτυο, ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της νοοτροπίας των οδηγών και να αναδειχθούν οι κίνδυνοι που εγκυμονούν από την επικίνδυνη οδήγηση και την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας.
- ✓ Ακόμα, θα πρέπει να υπάρξει συντονισμένη αντιμετώπιση του προβλήματος και από την Πολιτεία αλλά και πολύ περισσότερο από τους **εκπαιδευτικούς φορείς**, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το υπόβαθρο για τη δημιουργία υπεύθυνων και υποδειγματικών οδηγών από μικρή ηλικία. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων αλλά και η ένταξη μαθημάτων οδικής ασφάλειας στο

πλαίσιο των σχολικών δραστηριοτήτων με ειδική αναφορά στους κινδύνους της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας.

- ✓ Τέλος, οι ασφαλιστικές εταιρείες θα μπορούσαν να επιβραβεύουν τους προσεκτικούς οδηγούς με **μειωμένα ασφάλιστρα** για όσους παρουσιάζουν καλή οδηγική συμπεριφορά. Αυτή η τακτική, ενδεχομένως θα δώσει οικονομικό κίνητρο σε όλους τους οδηγούς με στόχο την μείωση της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας και συνεπώς τη μείωση των ατυχημάτων.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

6.4.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα με πρόσθετες παραμέτρους

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση κάποιων επιπλέον ανεξάρτητων μεταβλητών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αυτές που κρίνονται πιο σημαντικές:

- ✓ Αρχικά, η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών σε **μεγαλύτερο δείγμα** οδηγών, θα παρουσίαζε αρκετό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα, όσο περισσότεροι οδηγοί συμμετέχουν στο πείραμα, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν, και ίσως αυτό να έδινε τη δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλων με ισχυρότερη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.
- ✓ Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε μια ανάλυση η οποία θα στηριζόταν σε ακόμα **περισσότερα δεδομένα**, όπως το φύλλο των οδηγών, η ηλικία, η ψυχολογική τους κατάσταση και τα χαρακτηριστικά του οχήματος (κινητήριος δύναμη, ίπποι, ηλικία κλπ.). Αυτά τα επιπλέον στοιχεία φαίνεται ότι θα οδηγήσουν σε πολύ πιο αξιόπιστα και αντικειμενικά μοντέλα.
- ✓ Ενδιαφέρουσες, επίσης, θα ήταν και έρευνες αντίστοιχες της παρούσας, οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε **διαφορετικές συνθήκες** κυκλοφορίας και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα (υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία, ημέρα/νύχτα, διάφορες καιρικές συνθήκες κ.α.), αλλά και διάφορες ομάδες οδηγών (νέοι, ηλικιωμένοι, κλπ.).
- ✓ Χρήσιμο θα ήταν να διερευνηθεί η επιρροή που έχει στη συμπεριφορά του οδηγού, η παρουσία ή μη **συνοδηγού** και άλλων ατόμων (ειδικότερα παιδιών) εντός οχήματος, η χρήση ή μη **ζώνης ασφαλείας** καθώς και η κατανάλωση **αλκοόλ** πριν χρησιμοποιήσει το όχημα του.
- ✓ Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια αντίστοιχη διερεύνηση για τους **οδηγούς μοτοσυκλετών** για τους οποίους μάλιστα ο κίνδυνος από την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας είναι πολλαπλάσιος καθώς αποτελούν πιο ευάλωτους χρήστες της οδού σε σχέση με τους οδηγούς Ι.Χ.

6.4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα με άλλες μεθόδους ανάλυσης

Προκειμένου να επεξεργαστούν στατιστικά τα συλλεχθέντα στοιχεία και αναπτυχθούν τα τελικά μαθηματικά μοντέλα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης και συγκεκριμένα αυτή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ωστόσο, εξαιτίας του ότι στα μοντέλα προβλέπεται το ποσοστό της διάρκειας υπέρβασης των ορίων ταχύτητας, αυτή η μέθοδος ενέχει το κίνδυνο να προβλέπει αρνητικά ποσοστά η ποσοστά μεγαλύτερα της μονάδας πράγμα το οποίο δεν είναι εφικτό. Αυτό παρατηρήθηκε τόσο στα διαγράμματα ευαισθησίας της εξαρτημένης μεταβλητής στην εκάστοτε ανεξάρτητη όσο και στα διαγράμματα ελέγχου της κανονικότητας καθώς και συσχέτισης και διασποράς των σφαλμάτων, όπου οι έλεγχοι του σφάλματος δεν ήταν πλήρως ικανοποιητικοί, ώστε να μην επηρεάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου.

Προκειμένου να αναπτυχθούν ακριβέστερα μοντέλα για τη συγκεκριμένη εξαρτημένη μεταβλητή, θα ήταν χρήσιμη η ανάλυση των δεδομένων με τη μέθοδο της λογιστικής παλινδρόμησης. Επιπρόσθετα, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η εφαρμογή **διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, όπως η ανάλυση ομαδοποίησης και η ανάλυση παραγόντων με σκοπό την ομαδοποίηση των οδηγών ανάλογα με τη συμπεριφορά τους.

7 Βιβλιογραφία

1. Yannis G., Louca G., Vardaki S., Kanellaidis G. “Why do drivers exceed speed limits”, *European Transport Research Review*, Vol. 5, Issue 3, pp. 165-177, 2013.
2. Chien–Ming Tseng, Ming-Shan Yeh, Li-Yung Tseng, et. al. “A comprehensive analysis of factors leading to speeding offenses among large – truck drivers”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, Volume 38, pages 171-181, 2016.
3. Eyal Peer. “Speeding and the time-shaving bias: How drivers’ estimations of time saved in higher speed affects their choice of speed”, *Accident Analysis and Prevention*, Volume 42, Issue 6, Pages 1978-1982, 2010.
4. Alexandra Gheorghiu, Patricia Delhomme, Marie Line Felonneau. “Peer pressure and risk taking in young drivers’ speeding behavior”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, Volume 35, pages 101-111, 2015.
5. Chien–Ming Tseng. “Speeding violations related to a driver’s social-economic demographics and the most frequent driving purpose in Taiwan’s male population”, *Safety Science*, Volume 57, Pages 236-242, 2013.
6. Carlo Giacomo PRATO, Tomer Toledo, et. al. “Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure.” *Accident Analysis and Prevention*, pp: 480-486 , 2010.
7. Rosolino Vaiana, Vittorio Astarita, et. al. “Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones.” *Modern Applied Science*, pages: 88-96, 2014.
8. Tohru Ohta and Shouji Nakajima. “Development of a driving data recorder.” *JSAE Review*, pages: 255-258, 1994.
9. Tomer Toledo, Oren Musicant and Tsippy Lotan. “In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers’ behavior.” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, pages 320-331, 2008.
10. Jorge Zaldivar, Juan-Carlos Cano et. al. “Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones.” *Local Computer Networks (LCN)*, 2011.
11. Tselentis D.I., Yannis G., Vlahogianni E.I.. “Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges.” *Accident Analysis & Prevention*, pages: 139-148, 2017.
12. World Health Organization, “Global Status Report on Road Safety”, 2018 https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/ (ανάκτηση: 25/11/2018)

13. World Health Organisation, “Road Traffic Injuries”, 2018
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> (ανάκτηση: 25/11/2018)
14. Thomas A. Dingus, Feng Guo, Suzie Lee, Jonathan F. Antin, Miguel Perez, Mindy Buchanan-King and Jonathan Hankey. “Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2016.
15. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2017, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-2761_en.htm
(ανάκτηση: 27/11/2018)
16. NTUA Road Safety Observatory (NRSO), 2017, www.nrso.ntua.gr/european-commission-road-safety-2016-encouraging-results-2017/ (ανάκτηση: 27/11/2018)
17. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ),
<http://www.statistics.gr/documents/20181/eef47aa7-2e18-463a-89cc-7133bf79f41b>
(ανάκτηση: 29/11/2018)
18. Ελληνική Αστυνομία,
http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=74456&Itemid=86&lang= (ανάκτηση: 29/11/2018)
19. www.aodos.gr
https://www.aodos.gr/symboules_symboules/arthro/yperboliki_taxytita-15424038/
(ανάκτηση: 29/11/2018)
20. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι.Κ., “Οδική Ασφάλεια” , Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994
21. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι.Κ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ.Χ., “Κυκλοφοριακή Τεχνική” , Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2009
22. Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι., “Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1999
23. Wikipedia, [el.wikipedia.org/wiki/Παλινδρόμηση_\(στατιστική\)](http://el.wikipedia.org/wiki/Παλινδρόμηση_(στατιστική)) (ανάκτηση: 2/12/2018)
24. Oseven, 2017, (www.oseven.io) (ανάκτηση: 10/12/2018)