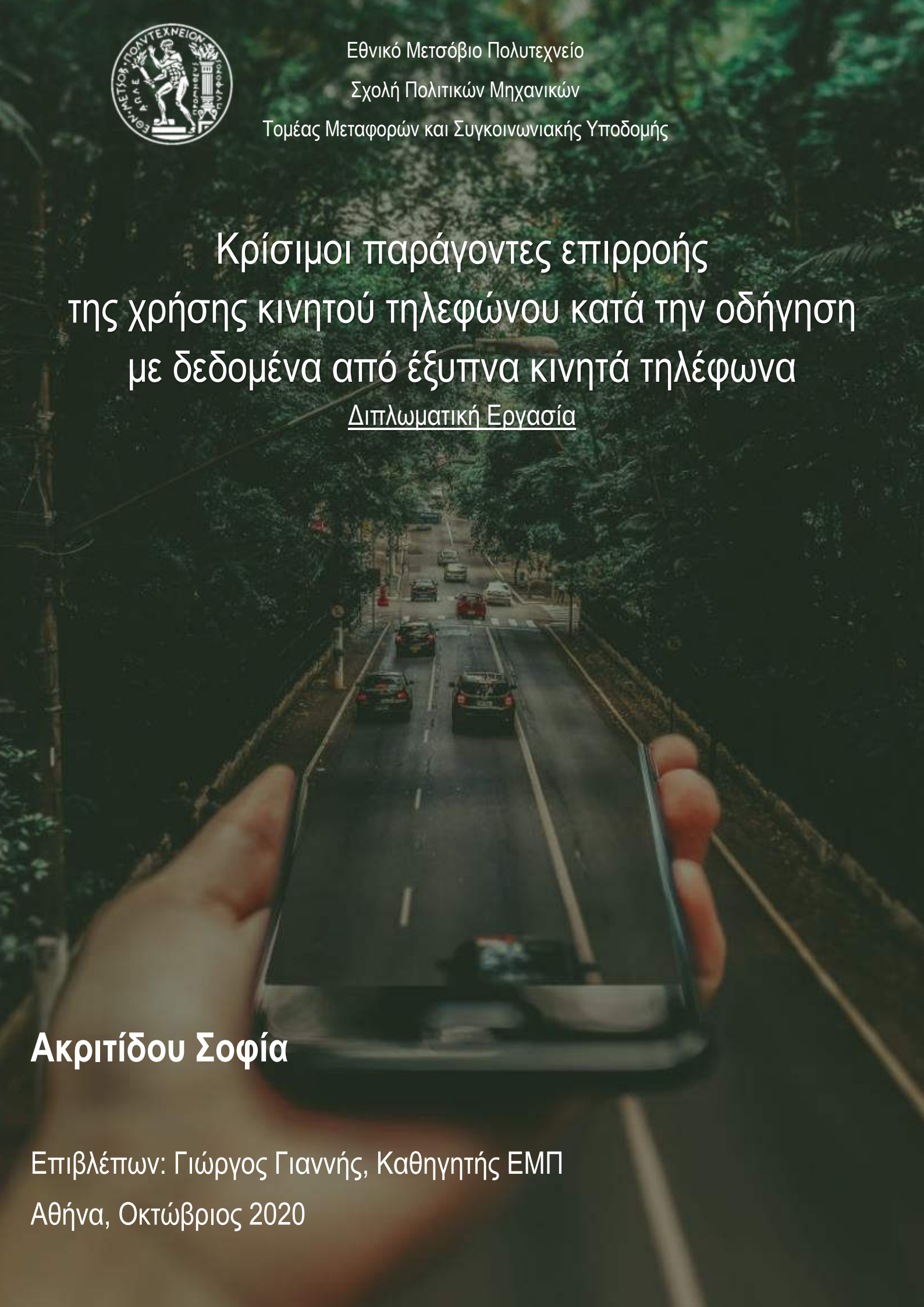
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής

Κρίσιμοι παράγοντες επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα

Διπλωματική Εργασία



Ακριτίδου Σοφία

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2020

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 στάδια της. Επιπλέον, οφείλω να τον ευχαριστήσω για την πολύτιμη καθοδήγηση αλλά και για τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω εξίσου θερμά την Αρμίρα Κονταξή, Υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., και τον Απόστολο Ζιακόπουλο, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ, για τις καθοριστικές συμβολές τους στην ολοκλήρωση της εργασίας, τις παρατηρήσεις και τις συμβουλές τους, την υπομονή τους καθώς και για το εξαιρετικό κλίμα συνεργασίας κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

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

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αγάπη και την ηθική, αλλά και οικονομική, υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και την αδερφή μου που ήταν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια. Επίσης, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για τις πολύ όμορφες αλλά και δύσκολες στιγμές των φοιτητικών μου χρόνων.

Αθήνα, Νοέμβριος 2020
Σοφία Ακριτίδου

Σύνοψη

Κρίσιμοι παράγοντες επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλέφωνα

Σοφία Ακριτίδου

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των κρίσιμων παραγόντων επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση αξιοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Για τον σκοπό αυτό αναλύεται ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων που συλλέχθηκε από περισσότερους από 200 οδηγούς, σε συνδυασμό με τις απαντήσεις ορισμένων από αυτούς σε ένα ερωτηματολόγιο, οι οποίοι συμμετείχαν σε πείραμα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα έξι μηνών. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των στατιστικών μεθόδων της παλινδρόμησης Poisson. Μέσω των μοντέλων παλινδρόμησης Poisson εξετάστηκε ο βαθμός και ο τρόπος με τον οποίο τα χαρακτηριστικά οδήγησης του οδηγού που καταγράφηκαν από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, επηρεάζουν και επομένως μπορούν να προβλέψουν το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. Αναπτύχθηκαν συνολικά τέσσερα μοντέλα πρόβλεψης του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης, ένα γενικό μοντέλο και τρία μοντέλα για κάθε τύπο οδικού δικτύου (αστικό, υπεραστικό, αυτοκινητόδρομο). Από την εφαρμογή των μοντέλων προέκυψε ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση είναι τέσσερις, το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας, η συνολική απόσταση διαδρομής, η μέση επιβράδυνση και η μέση ταχύτητα. Στο γενικό, το αστικό και το υπεραστικό μοντέλο, η μέση επιβράδυνση είχε τη πιο σημαντική επιρροή, ενώ για τον αυτοκινητόδρομο, κυριότερη παράμετρος ήταν η απόσταση της διαδρομής.

Λέξεις-Κλειδιά: Χρήση του κινητού τηλεφώνου, έξυπνα κινητά τηλέφωνα, ερωτηματολόγιο, μέση επιβράδυνση, οδική ασφάλεια, παλινδρόμηση Poisson

Abstract

Critical factors affecting mobile phone using while driving through the exploitation of data from smartphone sensors

Sofia Akritidou

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

The aim of this Diploma Thesis is to examine and model the critical factors of mobile phone use on driver behavior through the exploitation of data from smartphone sensors. To achieve this objective, data collected from more than 200 drivers who participated at a naturalistic driving experiment for six months are analyzed, combined with their answers to a questionnaire. Through Poisson regression models it was examined whether driving characteristics recorded by smartphone sensors affect and can therefore predict the percentage of mobile use while driving. Four statistical regression models forecasting the percentage of mobile using while driving were developed: one general model and three models for each road type (urban, rural, highway). The results revealed that the four parameters affecting the use of mobile phone while driving are four, the percentage of driving duration with speed above the speed limit, distance driving, average deceleration, and average speed. For the general, urban and rural models, the average deceleration had the most significant impact, whereas for the highway model, distance was the most significant parameter.

Keywords: mobile use, smartphones, questionnaire, average deceleration, road safety, Poisson regression

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε ο προσδιορισμός των **κρίσιμων παραγόντων επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση με χρήση δεδομένων από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.** Ειδικότερα, επιδιώκεται να βρεθούν ποια χαρακτηριστικά της οδήγησης, που καταγράφηκαν από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, μπορούν να προβλέψουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Επιπλέον, εξετάστηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης στου διάφορους τύπους οδού (αστική οδός, υπεραστική οδός, αυτοκινητόδρομος).

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν, αντλήθηκαν από την εφαρμογή της εταιρείας **OSeven** που είχαν καταγραφεί από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones). Δημιουργήθηκαν δύο ομάδες δεδομένων. Η πρώτη ομάδα δεδομένων αφορούσε στον τρόπο οδήγησης περισσότερων από διακοσίων (200) οδηγών, οι οποίοι πραγματοποίησαν χιλιάδες διαδρομές (49.019 συμβάντα) σε διάστημα έξι μηνών και σε όλους τους τύπους οδού. Για κάθε διαδρομή μετρήθηκαν διάφορα **κυκλοφοριακά μεγέθη**, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, το ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου και άλλα. Η δεύτερη ομάδα δεδομένων αποτελείται από ένα αναλυτικό ερωτηματολόγιο που είχε ερωτήσεις που αφορούσαν τον τρόπο οδήγησης, τη συμπεριφορά των οδηγών, καθώς και δημογραφικά χαρακτηριστικά τους και απαντήθηκε από 100 από τους παραπάνω οδηγούς. Τελικώς, για την ανάλυση διατηρήθηκαν τα δεδομένα των οδηγών που έκαναν περισσότερες από 10 διαδρομές και είχαν απαντήσει στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (89 οδηγοί).

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν, με τη μέθοδο της παλινδρόμησης Poisson, τέσσερα μαθηματικά μοντέλα, εκ των οποίων το γενικό μοντέλο αφορά στους κρίσιμους παράγοντες επιρροής της χρήσης του κινητού τηλεφώνου από τον τύπο της οδού ενώ τα άλλα τρία αφορούν τους κρίσιμους παράγοντες επιρροής της χρήσης του κινητού τηλεφώνου για αστικό, υπεραστικό περιβάλλον και για αυτοκινητόδρομο. Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Μοντέλα Πρόβλεψης των Κρίσιμων Παραγόντων Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου																
	Γενικό Μοντέλο				Μοντέλο σε Αστική Οδό				Μοντέλο σε Υπεραστική Οδό				Μοντέο σε Αυτοκινητόδρομο			
Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*
Intercept	-1.223	-	-	-	0.963	-	-	-	-0.411	-	-	-	-1.941	-	-	-
speeding_percentage	4.112	0.049	0.201	1	2.841	0.078	0.222	1	7.358	0.025	0.181	1	-	-	-	-
distance_total	0.032	9.500	0.308	1.532	-0.122	3.276	-0.4	-1.802	-	-	-	-	79.322	2.139	169.643	-18.243
dec_avg	-1.383	-1.633	2.259	11.239	-0.625	-1.699	1.062	4.784	-1.182	-1.273	1.505	8.315	-0.075	-0.148	0.011	-0.001
speed_avg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.820	11.341	-9.299	1
KM_AVG_DAY8	-	-	-	-	-0.355	-	-	-	-0.497	-	-	-	-	-	-	-
FAMIL_WITH_SMARTPHONES8	1.172	-	-	-	1.070	-	-	-	1.376	-	-	-	-	-	-	-
MBUNEVER	-2.433	-	-	-	-2.532	-	-	-	-2.556	-	-	-	-	-	-	-
MBUOFTEN	-0.729	-	-	-	-0.753	-	-	-	-0.558	-	-	-	-	-	-	-
MBUREARLY	-1.697	-	-	-	-1.769	-	-	-	-1.746	-	-	-	-	-	-	-
MBUSMT	-1.178	-	-	-	-1.151	-	-	-	-1.089	-	-	-	-	-	-	-
AGGRESSIVE8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.985	-	-	-
AIC	527.08				527.94				438.61				148.93			
McFadden	0.258				0.253				0.321				0.241			

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

- **Οι οδηγοί που πραγματοποιούν συχνές επιβραδύνσεις είναι εκείνοι που κάνουν σπανιότερη χρήση του κινητού τους τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης**. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο οδηγός βρίσκεται σε πιο σύνθετες συνθήκες οδήγησης, έχει μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών να διαχειριστεί και σε βρίσκεται περισσότερο σε κίνδυνο, οπότε δεν έχει την πολυτέλεια να κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου. Η επιρροή της παραμέτρου αυτής είναι όμοια σε όλους τους τύπους οδού.
- **Οι οδηγοί που δε συμμορφώνονται στα όρια ταχυτήτων είναι εκείνοι που δε συμμορφώνονται και στην απαγόρευση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου ενώ οδηγούν**. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην υπερεκτίμηση των δυνατοτήτων τους και ίσως στην εξοικείωσή τους με το οδικό περιβάλλον (αστικό, υπεραστικό). Η μεταβλητή αυτή επηρεάζει όλα τα μοντέλα εκτός από εκείνο του αυτοκινητοδρόμου, όπου εκεί τα όρια ταχυτήτων είναι αρκετά αυξημένα οπότε δεν υπερβαίνονται εύκολα.
- **Οι οδηγοί που διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις είναι και εκείνοι που κάνουν περισσότερη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης**. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι μεγαλύτερες αποστάσεις σημαίνουν περισσότερη ώρα οδήγησης και χρόνο στο δρόμο, άρα μεγαλύτερη ανάγκη για επικοινωνία. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται στο σύνολο των οδών και στους αυτοκινητοδρόμους, ενώ αντίθετα στην αστική οδό μειώνεται η χρήση του κινητού λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών (π.χ. ελιγμοί, πεζοί, φανάρια κτλ.).
- **Η αύξηση των ταχυτήτων οδήγησης λειτουργεί ανασταλτικά στη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης.** Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται στον αυτοκινητόδρομο όπου οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι αισθητά υψηλότερες από τους υπόλοιπους τύπους οδού (αστική, υπεραστική). Το πιο πιθανό ενδεχόμενο είναι ότι όσο μεγαλύτερες ταχύτητες αναπτύσσονται, τόσο πιο δύσκολες είναι οι συνθήκες οδήγησης και περισσότερη συγκέντρωση απαιτείται από τον οδηγό.

- **Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο για τη συχνότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης εξάγουν συμπεράσματα** που συμβαδίζουν με τη διεθνή βιβλιογραφία. Επιπλέον, αφορούν σε όλους τους τύπους οδού εκτός από τους αυτοκινητόδρομους.
- **Οι κατά δήλωση εξοικειωμένοι οδηγοί με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, νιώθουν μεγαλύτερη άνεση και σιγουριά για να κάνουν χρήση του κινητού τους τηλεφώνου ενώ οδηγούν**. Η εξοικείωση των οδηγών με τα κινητά τηλέφωνα αποτυπώνεται σε όλους τους τύπους οδού εκτός από τον αυτοκινητόδρομο, όπου οι υψηλές ταχύτητες και το σύνθετο περιβάλλον οδήγησης δεν ευνοούν τη χρήση του.
- **Όσο αυξάνεται ο κατά δήλωση αριθμός χιλιομέτρων που διανύεται καθημερινά τόσο μειώνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον**. Αυτό εξηγείται από τον μεγάλου όγκου πληροφοριών (π.χ. ελιγμοί, πεζοί, φανάρια κτλ.) και την μικρότερη εξοικείωση με το οδικό περιβάλλον, για τον αστικό και τον υπεραστικό τύπο οδού αντίστοιχα.

- **Οι κατά δήλωση επιθετικοί οδηγοί είναι εκείνοι που εμφανίζεται να κάνουν λιγότερη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης.** Αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες, πραγματοποιούν περισσότερους ελιγμούς και απότομες επιταχύνσεις, επομένως υιοθετούν έναν πιο σύνθετο τρόπο οδήγησης. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι άμεσα συνδεδεμένα με την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο για αυτό και επηρεάζεται μόνο το αντίστοιχο μοντέλο.

- **Το οδικό περιβάλλον του αυτοκινητοδρόμου φαίνεται πως παρουσιάζει ιδιαίτερη «συμπεριφορά» σε σχέση με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου**, για αυτό και οι μεταβλητές που το επηρεάζουν είναι διαφορετικές σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τύπους οδικού δικτύου.
- Τα **κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά** έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στα μοντέλα και είναι στατιστικά σημαντικότερα σε σχέση με τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου, γιατί αφορούν πραγματικές και όχι κατά δήλωση συνθήκες οδήγησης.
- Τέλος από την εκπόνηση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, 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 τη **χρήση του κινητού τηλεφώνου** κατά τη διάρκεια οδήγησης αλλά και για τη γενικότερη κυκλοφοριακή συμπεριφορά των οδηγών.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή ... 1

1.1. Γενική Ανασκόπηση ... 1

1.2. Στόχος Διπλωματικής Εργασίας ... 7

1.3. Μεθοδολογία ... 7

1.4. Δομή ... 9

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση ... 11

2.1. Εισαγωγή ... 11

2.2. Συναφείς Έρευνες ... 11

2.3. Συναφείς μεθοδολογίες ... 19

2.4. Σύνοψη ... 23

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο ... 24

3.1. Εισαγωγή ... 24

3.2. Βασικές Έννοιες Στατιστικής ... 24

3.3. Μαθηματικά Μοντέλα ... 26

3.3.1. Κατανομή Poisson ... 27

3.3.2. Παλινδρόμηση Poisson ... 27

3.4. Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου ... 29

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων ... 31

4.1. Εισαγωγή ... 31

4.2. Συλλογή Δεδομένων ... 31

4.2.1. OSeven ... 31

4.2.2. Ερωτηματολόγιο ... 38

4.3. Επεξεργασία Στοιχείων ... 42

4.3.1. Εισαγωγή Βάσης Δεδομένων στο Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης R ... 42

4.3.2. Προκαταρκτική Ανάλυση ... 43

5. Εφαρμογή μεθοδολογίας – Αποτελέσματα ... 47

5.1. Εισαγωγή ... 47

5.2. Έλεγχος Συσχέτισης ... 47

5.3. Ανάπτυξη Μοντέλων Παλινδρόμησης στο Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης R ... 48

5.4. Μοντέλο 1: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Γενικό Μοντέλο 49

5.4.1. Ανάπτυξη Μοντέλου ... 49

5.4.2. Ποιότητα Μοντέλου ... 50

5.4.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου ... 50

5.4.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 1 – Γενικό ... 51

5.4.5. Ανάλυση Ευαισθησίας ... 52

5.5. Μοντέλο 2: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Αυτοκινητόδρομος 54
5.5.1. Ανάπτυξη Μοντέλου 54
5.5.2. Ποιότητα Μοντέλου 55
5.5.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου 55
5.5.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 2 – Αυτοκινητόδρομος 56
5.5.5. Ανάλυση Ευαισθησίας 56

5.6. Μοντέλο 3: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Αστική Οδός 58
5.6.1. Ανάπτυξη Μοντέλου 58
5.6.2. Ποιότητα Μοντέλου 59
5.6.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου 59
5.6.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 3– Αστική Οδός 60
5.6.5. Ανάλυση Ευαισθησίας 60

5.7. Μοντέλο 4: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Υπεραστική Οδός 62
5.7.1. Ανάπτυξη Μοντέλου 62
5.7.2. Ποιότητα Μοντέλου 63
5.7.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου 63
5.7.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 4 – Υπεραστική Οδός 64
5.7.5. Ανάλυση Ευαισθησίας 64

6. Συμπεράσματα 66

6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων 66

6.2. Συνολικά Συμπεράσματα 68

6.3. Προτάσεις για Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας 70

6.4. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα 71

7. Βιβλιογραφία 72

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1.: Θάνατοι λόγω οδικών ατυχημάτων στην Ευρώπη από το 2001 σε σύγκριση με το στόχο για το 2020 2

Διάγραμμα 1.2.:Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις 28 χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης 3

Διάγραμμα 1.3.: Αριθμός νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού στην Ευρώπη..... 4

Διάγραμμα 1.4.: Οδικά τροχαία ατυχήματα και παθόντες, Ιανουάριος 2013 – Μάρτιος 2020..... 5

Διάγραμμα 1.5.: Σύνολο οδικών τροχαίων ατυχημάτων και νεκρών, 1991 – 2019 ..... 5*

Διάγραμμα 1.6.: Είδη θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα το 2018..... 6

Διάγραμμα 1.7.: Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας..... 8

Διάγραμμα 4.1.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου ανά τύπο οδού..... 43

Διάγραμμα 4.2.: Καθαρή διάρκεια οδήγησης ανά τύπο οδού 43

Διάγραμμα 4.8.: Ποσοσρό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με τη συνολική απόσταση οδήγησης 44

Διάγραμμα 4.7.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με την ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας 44

Διάγραμμα 4.6.:Συχνότητα του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου..... 44

Διάγραμμα 4.5.: Συνολική απόσταση που διανύθηκε ανά τύπο οδού..... 44

Διάγραμμα 4.4.: Ποσοστό υπέρβασης ορίου ταχύτητας ανά τύπο οδού 44

Διάγραμμα 4.3.: Μέση τιμή επιβράδυνσης ανά τύπο οδού 44

Διάγραμμα 4.12.: Αριθμός οδηγών ανά μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών (χιλιόμετρα) και φύλο 45

Διάγραμμα 4.11.: Αριθμός οδηγών ανά ηλικία και εξοικείωση με τη χρήση κινητού τηλεφώνου..... 45

Διάγραμμα4.10.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με τη μέση τιμή επιβράδυνσης..... 45

Διάγραμμα 4.9.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με την καθαρή διάρκεια οδήγησης 45

Διάγραμμα 4.13.: Αριθμός οδηγών ανά συχνότητα χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση και φύλο 45

Διάγραμμα 4.14.: Αριθμός οδηγών ανά ηλικία και συχνότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση 45

Διάγραμμα 5.1.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας και της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο..... 53

Διάγραμμα 5.2.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της συνολικής απόστασης διαδρομής και της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο 53

Διάγραμμα 5.3.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της μέσης επιβράδυνσης, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένων απαντήσεων από το ερωτηματολόγιο 53

Διάγραμμα 5.4.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της μέσης ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο και της επιθετικότητας του οδηγού 56

Διάγραμμα 5.5.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της απόστασης διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο και της επιθετικότητας του οδηγού..... 57

Διάγραμμα 5.6.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της επιβράδυνσης σε αυτοκινητόδρομο και της επιθετικότητας του οδηγού..... 57

Διάγραμμα 5.7.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε αστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και των χλμ./μέρα 60

Διάγραμμα 5.8.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της συνολικής απόστασης διαδρομής σε αστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένων απαντήσεων από το ερωτηματολόγιο 61

Διάγραμμα 5.9.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της επιβράδυνσης σε αστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και των χλμ./μέρα..... 61

Διάγραμμα 5.10.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε υπεραστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και των χλμ./μέρα..... 64

Διάγραμμα 5.11.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της επιβράδυνσης σε υπεραστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένων απαντήσεων από το ερωτηματολόγιο 65

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 4.1.: Ερωτηματολόγιο 41
Πίνακας 5.1.: Παράδειγμα συσχέτισης των μεταβλητών 48
Πίνακας 5.2.: Περίληψη Μοντέλου 1..... 49
Πίνακας 5.3.: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 1 49
Πίνακας 5.4.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο 52
Πίνακας 5.5.: Περίληψη Μοντέλου 2..... 54
Πίνακας 5.6.: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 2 55
Πίνακας 5.7.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο 56
Πίνακας 5.8.: Περίληψη Μοντέλου 3..... 58
Πίνακας 5.9: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 3 58
Πίνακας 5.10.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αστική οδό 60
Πίνακας 5.11.: Περίληψη Μοντέλου 4..... 62
Πίνακας 5.12.: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 4 62
Πίνακας 5.13.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για υπεραστική οδό..... 64
Πίνακας 6.1.: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων 67

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 3.1.: Επεξήγηση πιθανών τιμών συντελεστή συσχέτισης 26

Εικόνα 4.1: Σύστημα ροής δεδομένων OSeven..... 32

Εικόνα 4.2: Δείκτες κινδύνου οδήγησης 33

Εικόνα 4.3: Εφαρμογή στο κινητό τηλέφωνο και διαδικτυακή πλατφόρμα 34

Εικόνα 4.4.: Εντολές εισαγωγής δεδομένων στην R..... 42

Εικόνα 4.5.: Τμήμα τελικής συγχωνευμένης βάσης δεδομένων στην R 43

1. Εισαγωγή

1.1. Γενική Ανασκόπηση

Οι **οδικές μεταφορές** αποτελούν κλάδο ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη ζωή και δείκτη της εξέλιξης των κοινωνιών, καθώς συμβάλλουν στην αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου. Στη σύγχρονη εποχή, η περαιτέρω πρόοδος στον τομέα των μεταφορών, προσώπων και αγαθών, οφείλεται στη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη και στην οικονομική ευμάρεια των τελευταίων δεκαετιών. Το αναμφίβολα μεγάλο όφελος αυτής της τεχνολογικής εξέλιξης για τον άνθρωπο με τη χρήση των οχημάτων στη ζωή του επιφέρει και το οδυνηρό τίμημα για τον ίδιο μέσω των οδικών ατυχημάτων.

Τα **οδικά ατυχήματα** αποτελούν μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου παγκοσμίως**.** Εκτιμάται διεθνώς ότι χάνονται 1,35 εκατομμύρια ζωές ετησίως, ενώ προκαλούνται μη θανατηφόρα τραύματα σε μεταξύ 20 και 50 εκατομμύρια ανθρώπους, με πολλούς να υφίστανται αναπηρία ως αποτέλεσμα του τραυματισμού τους (WHO, 2018). Εκ των ανθρώπινων ζωών που χάνονται περισσότεροι από τους μισούς είναι «ευάλωτοι χρήστες του οδικού δικτύου»: πεζοί, ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές.

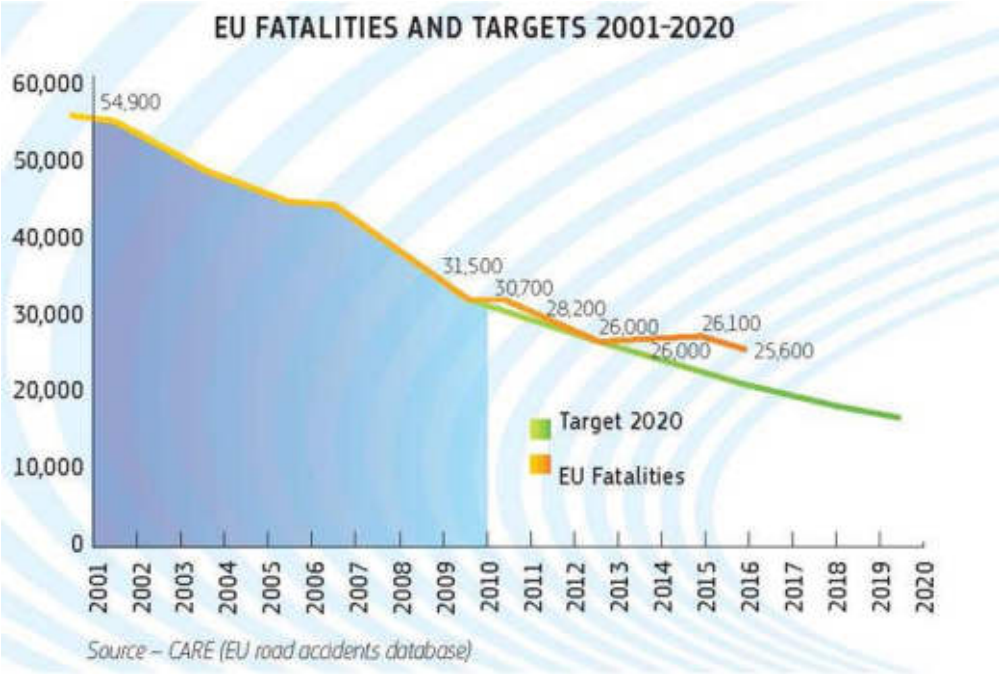
Δυστυχώς τα οδικά ατυχήματα έχουν καταστεί η κύρια αιτία θανάτου σε νεαρά άτομα από 15 έως 29 ετών (United Nations, 2015) και κατά συνέπεια οι απώλειες αυτές είναι περισσότερο οδυνηρές από οποιαδήποτε άλλη αιτία, καθώς τα θύματα είναι κατά κανόνα άτομα υγιή και δραστήρια. Οι τραυματισμοί από την οδική κυκλοφορία εκτιμάται ότι είναι η όγδοη αιτία θανάτου σε όλες τις ηλικιακές ομάδες παγκοσμίως, και προβλέπεται να γίνει η έβδομη κύρια αιτία θανάτου έως το 2030 (WHO, 2018). Τα οδικά ατυχήματα έχουν τεράστιο κοινωνικό και οικονομικό κόστος, γεγονός που καθιστά προτεραιότητα για κάθε χώρα τον περιορισμό τους. Η εξάλειψή τους αποτελεί αντικείμενο και της επιστήμης του συγκοινωνιολόγου μηχανικού και έχει ως στόχο την παροχή ασφαλών, γρήγορων, οικονομικών και άνετων μετακινήσεων.

Οι **Ευρωπαϊκές οδοί** είναι οι ασφαλέστερες στον κόσμο και η οδική ασφάλεια έχει βελτιωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, ο αριθμός των θανάτων και των τραυματισμών παραμένει πολύ υψηλός και η πρόοδος έχει επιβραδυνθεί. Σε σύγκριση με τα προηγούμενα χρόνια, λιγότερα άτομα έχασαν τη ζωή τους στους δρόμους της ΕΕ το 2019, σύμφωνα με προκαταρκτικά στοιχεία που δημοσιεύθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2020). Εκτιμάται ότι 22.800 άνθρωποι πέθαναν σε τροχαίο δυστύχημα πέρυσι, σχεδόν 7.000 λιγότεροι θάνατοι από ό, τι το 2010 - μείωση 23%. Σε σύγκριση με το 2018, ο αριθμός μειώθηκε κατά 2%. Με κατά μέσο όρο 51 θανάτους από τροχαία ανά 1 εκατομμύριο κατοίκους, η Ευρώπη παραμένει μακράν η ασφαλέστερη περιοχή στον κόσμο όσον αφορά την οδική ασφάλεια. Το 2020 εξακολουθεί να μπορεί να αποδειχθεί η χρονιά που θα κάνει τη διαφορά με πρώιμες ενδείξεις ότι ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων ενδέχεται να μειωθεί σημαντικά ενόψει των μέτρων που ελήφθησαν για την αντιμετώπιση του κοροναϊού, αλλά όχι αρκετά για την επίτευξη του στόχου.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω είναι επιτακτική ανάγκη να καταβληθούν νέες προσπάθειες από όλους τους φορείς για να καταστεί ασφαλέστερο το ευρωπαϊκό οδικό δίκτυο. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στρατηγικός στόχος της ΕΕ για μείωση στο μισό του αριθμού των θανάτων από τροχαία ατυχήματα από το 2010 έως το 2020, απαιτούνται πρόσθετες ενέργειες. Οι σημαντικές εξελίξεις όσον αφορά στην καινοτομία και στην τεχνολογία ενισχύουν τις δυνατότητες βελτίωσης της οδικής ασφάλειας στο μέλλον, ιδίως στον τομέα της αυτοματοποίησης των οχημάτων και της συνδεσιμότητας.

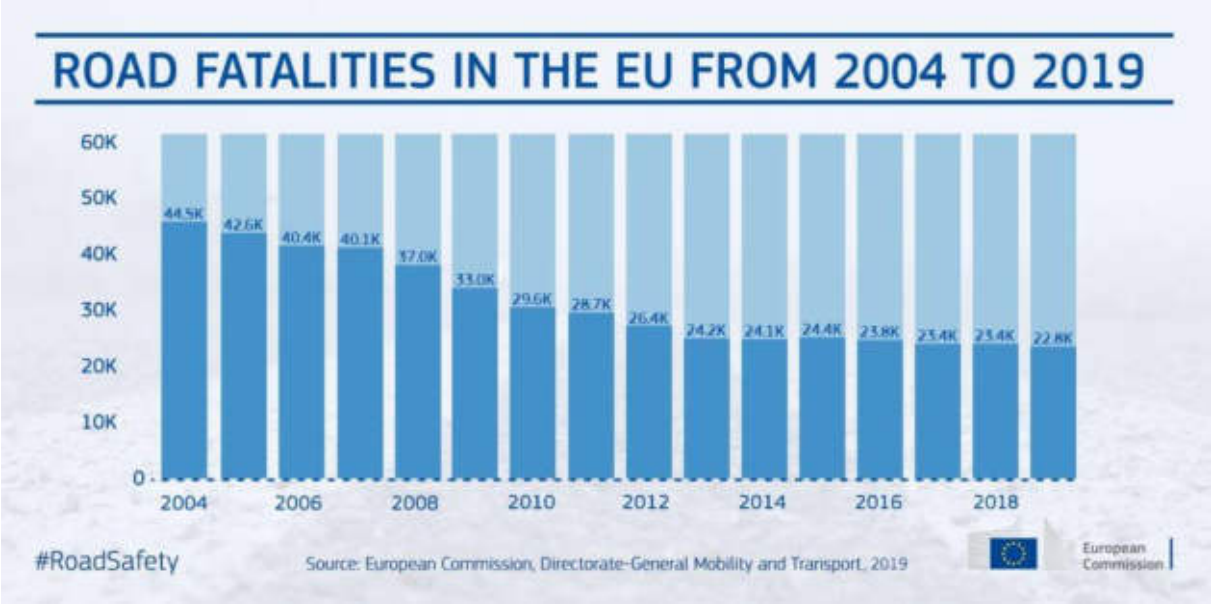
Όμως οι στόχοι που είχαν τεθεί για το έτος 2020 δεν επιτεύχθηκαν πλήρως. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με βάση τη διακήρυξη της Βαλέτας για την οδική ασφάλεια τον Μάρτιο 2017 (Valletta Declaration on Road Safety, 2017), επεξεργάζεται ένα νέο πλαίσιο και ανακοινώνει μια μεγάλη δέσμη μέτρων που θα συμβάλλουν στην οδική ασφάλεια για την περίοδο 2020 – 2030, συμπεριλαμβανομένων νέων στόχων για τη μείωση κατά το ήμισυ των θανάτων και των σοβαρών τραυματισμών από τροχαία συμβάντα. Αυτά τα μέτρα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν αναθεώρηση των ευρωπαϊκών κανόνων για την ασφάλεια των οχημάτων και για τη διαχείριση της ασφάλειας των υποδομών, καθώς και μια πρωτοβουλία για την ασφαλή μετάβαση στη συνεργατική, συνδεδεμένη και αυτόνομη κινητικότητα. Με τα νέα μέτρα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πιστεύει πως 25.000 θάνατοι θα μπορούσαν να αποτραπούν μέσα στα επόμενα 15 χρόνια.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εκτίμηση της μείωσης των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων στην Ευρώπη από το 2001 έως το 2020:



Διάγραμμα 1.1.: Θάνατοι λόγω οδικών ατυχημάτων στην Ευρώπη από το 2001 σε σύγκριση με το στόχο για το 2020
Πηγή: European Commission, 2020

Στο διάγραμμα 1.2 απεικονίζονται οι θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις 28 χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά το 2005 και το 2016. Η Ολλανδία κατέχει τη θέση με τους λιγότερους θανάτους και η Λιθουανία τη θέση με τους περισσότερους θανάτους.



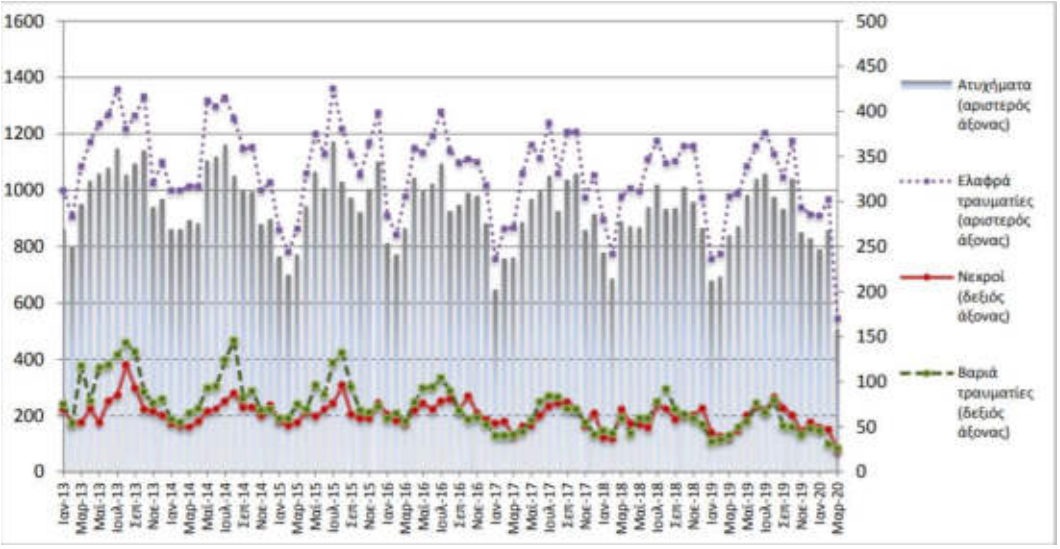
Διάγραμμα 1.2.:Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για τις 28 χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης
Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018

Ειδικότερα για την **Ελλάδα**, **οι νεκροί εμφάνισαν σημαντική μείωση** της τάξεως του 10% που οφείλεται όχι μόνο στις συνεχιζόμενες συνέπειες της οικονομικής κρίσης αλλά και στα πεντακόσια (500) νέα χιλιόμετρα αυτοκινητόδρομων, που δόθηκαν στην κυκλοφορία στις αρχές του 2017 και αντικατέστησαν ιδιαίτερα επικίνδυνα οδικά τμήματα του οδικού δικτύου. Η Ελλάδα την τελευταία δεκαετία εμφανίζει την υψηλότερη μείωση του αριθμού των νεκρών στα οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη (51%) παρόλα αυτά με 64 νεκρούς ανά εκ. πληθυσμού βρίσκεται στην 22η θέση ανάμεσα στα 28 κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (NRSO, 2019) και απέχει από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο των 50 νεκρών ανά εκ. πληθυσμού, και ακόμα περισσότερο από τα κράτη με τις καλύτερες επιδόσεις (25 νεκροί ανά εκ. πληθυσμού). Όσον αφορά στο έτος 2019 ο αριθμός των νεκρών στα οδικά ατυχήματα παρέμεινε σταθερός σε σύγκριση με την προηγούμενη χρονιά (μείωση 1%), ενώ στη Ευρώπη υπήρξε μείωση της τάξεως του 2%.

Διάγραμμα 1.3.: Αριθμός νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού στην Ευρώπη
Πηγή: (NRSO, 2020)

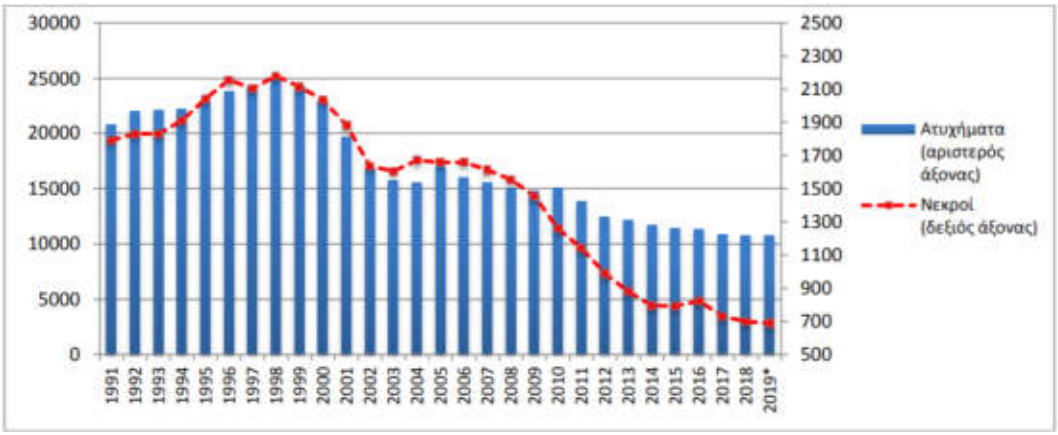
Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) τον Μαρτίου 2020, τα οδικά ατυχήματα που συνέβησαν σε ολόκληρη τη χώρα και προκάλεσαν το θάνατο ή τον τραυματισμό ανθρώπων, μειώθηκαν κατά 39,6% σε σύγκριση με τον αντίστοιχο μήνα του 2019 (507 τον Μάρτιο του 2020, έναντι 839 τον Μάρτιο του 2019). Από τα παθόντα πρόσωπα των οδικών τροχαίων ατυχημάτων, καταγράφηκαν 24 νεκροί, 26 βαριά τραυματίες και 545 ελαφρά τραυματίες, έναντι 39 νεκρών, 40 βαριά τραυματιών και 977 ελαφρά τραυματιών τον Μάρτιο του 2019, παρουσιάζοντας μείωση κατά 38,5% σε νεκρούς, κατά 35,0% σε βαριά τραυματίες και κατά 44,2% σε ελαφρά τραυματίες.

Στο διάγραμμα απεικονίζεται ο αριθμός των ατυχημάτων (νεκροί και τραυματίες) όπως εξελίχθηκε από τον Ιανουάριο του 2013 έως τον Μάρτιο του 2020, στο οποίο διαπιστώνεται μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων με το πέρασμα του χρόνου.



Διάγραμμα 1.4.: Οδικά τροχαία ατυχήματα και παθόντες, Ιανουάριος 2013 – Μάρτιος 2020
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Ακόμα πιο μακροσκοπικά, η Ελλάδα συνολικά παρουσιάζει **σημαντική πτωτική τάση** στα ατυχήματα από το 1991 έως το 2019, όπως παρουσιάζεται και στο διάγραμμα, οδεύοντας προς τον στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ουσιαστική μείωση των οδικών ατυχημάτων έως το 2020.



*Διάγραμμα 1.5.: Σύνολο οδικών τροχαίων ατυχημάτων και νεκρών, 1991 – 2019**
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Στα παρακάτω διάγραμμα 1.6 απεικονίζονται τα κυριότερα είδη και αιτίες θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα για το έτος 2018. Όπως διαπιστώνουμε οι συγκρούσεις και οι εκτροπές είναι οι κυριότεροι τύποι ατυχημάτων μεταξύ οχημάτων που οδηγούν σε θάνατο.

Διάγραμμα 1.6.: Είδη θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα το 2018
Πηγή: Ελληνική Αστυνομία

Οι **τρεις βασικοί παράγοντες ενός οδικού ατυχήματος** (NRSO, 2019) είναι ο χρήστης της οδού, το οδικό περιβάλλον και το όχημα, με τη συμπεριφορά του οδηγού να αποτελεί την κύρια αιτία για ποσοστό 65 - 95% των οδικών ατυχημάτων. Η συμπεριφορά του οδηγού περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που μπορούν να αποτελούν αιτίες οδικών ατυχημάτων όπως:

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

Οι **κρίσιμοι παράγοντες πρόκλησης οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα**, κατά σειρά σημασίας είναι (NRSO, 2019) :

- οι υψηλές ταχύτητες και η επιθετική οδήγηση,
- τα υψηλά ποσοστά κυκλοφορίας μοτοσικλετιστών,
- τα χαμηλά ποσοστά χρήσης ζώνης και κράνους, ιδίως στους συνεπιβάτες,
- η ανοργάνωτη - απροστάτευτη κυκλοφορία ευάλωτων χρηστών της οδού,
- η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και με χρήση κινητού τηλεφώνου.

Τέλος, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η πιθανότητα εμπλοκής σε οδικό ατύχημα αυξάνεται σημαντικά όταν υπάρχει απόσπαση της προσοχής του οδηγού. Συνεπώς, αξίζει να μελετηθεί στη σύγχρονη κοινωνία η απόσπαση του οδηγού από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης. Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγοί που κάνουν χρήση του κινητού τηλεφώνου δεν έχουν καλή αντίληψη του τι συμβαίνει στο δρόμο, δεν προσέχουν τις πινακίδες, δε διατηρούν την κατάλληλη θέση στη λωρίδα κυκλοφορίας και σταθερή ταχύτητα κτλ. Με αποτέλεσμα να έχουν μεγάλο χρόνο αντίδρασης σε περίπτωση συμβάντος και συνεπώς υψηλή πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα.

1.2. Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι **η διερεύνηση των κρίσιμων παραγόντων επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση αξιοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων.**

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει δύο επιμέρους στόχους. Καταρχάς, επιδιώκεται να εξεταστεί κατά πόσο χαρακτηριστικά οδήγησης που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων όπως η ταχύτητα, η επιβράδυνση, η περίοδος οδήγησης κατά τη διάρκεια της ημέρας, η απόσταση επηρεάζουν και επομένως μπορούν **να προβλέψουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου** κατά την οδήγηση.

Ως δεύτερος επιμέρους στόχος, εξετάζεται η δυνατότητα **πρόβλεψης** της χρήσης ή μη του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση σε διαφορετικούς τύπους οδών και η περαιτέρω σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Για τον σκοπό αυτό αναλύθηκε ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων παραπάνω από 200 οδηγών σε συνδυασμό με τις απαντήσεις τους σε ένα ερωτηματολόγιο και στη συνέχεια **αναπτύχθηκαν μαθηματικά στατιστικά μοντέλα** τα οποία θα επεξηγούν τα παραπάνω ζητήματα και θα προβλέπουν τη σχέση μεταξύ χαρακτηριστικών οδήγησης και χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο τα χαρακτηριστικά οδήγησης του οδηγού, επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. Κατά συνέπεια, θα προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά εκείνα, τα οποία διαχωρίζουν τους οδηγούς που ακολουθούν έναν τρόπο οδήγησης που ευνοεί τη χρήση κινητού τηλεφώνου, αυξάνοντας την πιθανότητα να συντελέσουν στην πρόκληση οδικού ατυχήματος, σε σχέση με τους πιο συνετούς οδηγούς. Τα συμπεράσματα της εργασίας αναμένεται να αποφέρουν **πολλαπλά και σημαντικά οφέλη** στην κοινωνία, εφόσον θα είναι δυνατό να αξιοποιηθούν τόσο ατομικά από τους οδηγούς όσο και από τις βιομηχανίες αυτοκινήτων και ασφαλειών αλλά και από τις Αρχές για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας με επεμβάσεις στη συμπεριφορά του οδηγού, στην 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 οριστικοποιήθηκε το θέμα της παρούσας εργασίας καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση** τόσο σε ελληνική όσο και σε διεθνή βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω της διαδικασίας αυτής 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 να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

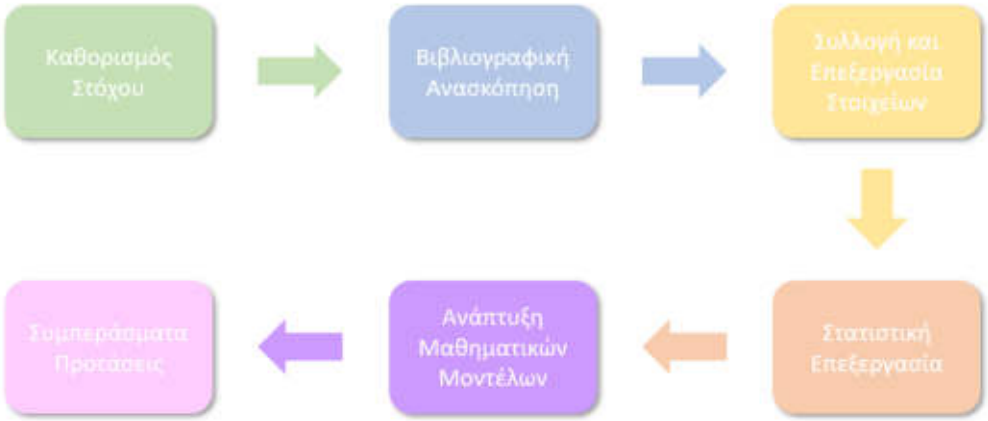
Αφού μελετήθηκαν τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η εύρεση του **τρόπου συλλογής στοιχείων**. Εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων,

μέσα από την εξατομικευμένη καταγραφή της συμπεριφοράς του οδηγού σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Περισσότεροι από εκατό οδηγοί συμμετείχαν στο πείραμα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες (smartphone naturalistic driving experiment) σε χρονικό διάστημα 6 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. Επιπλέον, 100 από αυτούς τους οδηγούς απάντησαν και σε ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις σχετικές με το θέμα. Τελικά διατηρήθηκαν οι διαδρομές των οδηγών που είχαν απαντήσει και τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η επιλογή της μεθόδου στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων του ερωτηματολογίου σε ηλεκτρονική βάση (Microsoft Excel). Έπειτα από την κατάλληλη επεξεργασία των δύο βάσεων μέχρι να αποκτήσουν την τελική μορφή τους, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή τους στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, τη γλώσσα προγραμματισμού (R). Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η **ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων** παλινδρόμησης Poisson, που περιέγραφαν σε αποδεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης την επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εκάστοτε εξαρτημένη.

Μετά την **αξιολόγηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων**, εξήχθησαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για την περιγραφή του βαθμού επιρροής των χαρακτηριστικών-συνηθειών της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς του οδηγού σε σχέση με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Έτσι, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα καθώς και διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

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



Διάγραμμα 1.7.: Διάγραμμα ροής σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4. Δομή

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής αναφοράς του περιεχομένου του εκάστοτε κεφαλαίου της.

Το **πρώτο κεφάλαιο** είναι **εισαγωγικό** και περιλαμβάνει μια γενική ανασκόπηση όπου παρουσιάζεται το πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας και αναφέρονται τα πιο πρόσφατα δεδομένα της οδικής ασφάλειας. Έπειτα, αναφέρονται τα δεδομένα και τα στατιστικά στοιχεία ατυχημάτων όπως έχουν προκύψει ως σήμερα, τόσο για την Ευρώπη όσο και για την Ελλάδα.. Τέλος παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε με την παρουσίαση του αντίστοιχου διαγράμματος ροής και περιγράφεται συνοπτικά η δομή της παρούσας εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από εκτενή **βιβλιογραφική ανασκόπηση** ερευνών με αντικείμενο την απόσπαση προσοχής από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, καθώς επίσης και ερευνών με συναφή μεθοδολογία συλλογής στοιχείων από πειράματα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται σύνοψη των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν και παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, αποτελεί το **θεωρητικό υπόβαθρο** στο οποίο βασίζεται η ανάλυση των στοιχείων. Αρχικά, επεξηγείται ο λόγος επιλογής της στατιστικής ανάλυσης που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί με βάση τα χαρακτηριστικά της και περιγράφονται οι μαθηματικές και στατιστικές έννοιες για την καλύτερη κατανόηση και επεξήγηση του μοντέλου που επιλέχθηκε. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μία σύντομη παράθεση των βημάτων που ακολουθούνται για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Το **τέταρτο κεφάλαιο** αφορά τη διαδικασία **συλλογής και επεξεργασίας** των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Αρχικά πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στην πηγή προέλευσης των δεδομένων, από το πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης που πραγματοποιήθηκε (OSeven) και παράθεση του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα. Κατόπιν, παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η επεξεργασία τους στο Microsoft Excel ώστε να αποκτήσουν την τελική μορφή τους. Ακολουθεί ο τρόπος κωδικοποίησης τους προκειμένου να εισαχθούν στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης R.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο**, παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία και μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την παραγωγή των μοντέλων και την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου κι εξόδου, με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων για την αποδοχή των μοντέλων και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Πραγματοποιείται σύγκριση των μοντέλων που αφορούν την οδήγηση κατά τους διάφορους τύπους οδών και αναλύονται οι συσχετίσεις των επιμέρους μεταβλητών, ενώ τα τελικά μοντέλα συνοδεύονται και από διαγράμματα ευαισθησίας για την καλύτερη κατανόησή τους.

Το **έκτο κεφάλαιο**, περιλαμβάνει τα **συμπεράσματα** που προέκυψαν από την ερμηνεία των τελικών μαθηματικών μοντέλων. Στην αρχή του κεφαλαίου πραγματοποιείται μία σύνοψη των κυριότερων σημείων της παρούσας εργασίας, ενώ στη συνέχεια διατυπώνονται τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν. Μέσω αυτών επιχειρείται να δοθεί απάντηση στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Επιπλέον, καταγράφονται προτάσεις τόσο σχετικά με την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όσο και σχετικά με τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και περαιτέρω έρευνες, σχετικές με το αντικείμενο της εργασίας αυτής.

Στο **έβδομο κεφάλαιο** παρατίθεται ο κατάλογος των **βιβλιογραφικών αναφορών** που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. 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 στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, που έχουν πραγματοποιηθεί είτε στην Ελλάδα είτε στο εξωτερικό, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με αυτή τη Διπλωματική Εργασία. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην απόσπαση της προσοχής λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου και στην επιθετική οδήγηση καθώς και σε μεθοδολογίες συλλογής στοιχείων παρόμοιες με αυτές που εφαρμόστηκαν για τη συγκεκριμένη Εργασία. Για κάθε επιστημονική εργασία παρατίθεται σύνοψή της που περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματά της με έμφαση σε εκείνα που σχετίζονται με την 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

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα βασικά σημεία ερευνών οι οποίες σχετίζονται με την **επιρροή του κινητού στην οδική συμπεριφορά και οδική ασφάλεια** καθώς και με τις αιτίες χρήσης του κινητού τηλεφώνου. Οι έρευνες αυτές βασίζονται είτε σε προσωπικές εκτιμήσεις των ίδιων των οδηγών μέσω ερωτηματολογίων, είτε στην 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. Πολύ-επίπεδη ανάλυση οδηγικής συμπεριφοράς με έμφαση στη χρήση κινητού τηλεφώνου με δεδομένα πειράματος σε προσομοιωτή οδήγησης (Panagiotis Papantoniou, 2017)

Σκοπός:

Η παρούσα έρευνα έχει ως **στόχο τόσο τη διερεύνηση της οδηγικής συμπεριφοράς πριν κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν όσο και την αλλαγή της οδηγικής συμπεριφοράς μετά από κάποιο συμβάν σε προσομοιωμένη οδήγηση.**

Μεθοδολογία:

Ενενήντα πέντε (95) συμμετέχοντες οδήγησαν υπό διαφορετικές συνθήκες απόσπασης της προσοχής (κινητό τηλέφωνο, συνομιλία με συνεπιβάτη), εντός/εκτός κατοικημένης περιοχής σε χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Με την αξιοποίηση των δεδομένων του πειράματος στον **προσομοιωτή**, δημιουργείται μια νέα μικροσκοπική βάση δεδομένων με τον κατάλληλο μετασχηματισμό. Η νέα αυτή βάση, στην οποία κάθε γραμμή αφορά ένα μη αναμενόμενο συμβάν, περιλαμβάνει 925 γραμμές και 84 στήλες και περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που καταγράφει ο προσομοιωτής για χρονικό διάστημα 15 δευτερολέπτων πριν το μη αναμενόμενο συμβάν και χρονικό διάστημα 15 δευτερολέπτων μετά το συμβάν. Επιπλέον, αναπτύχθηκε μια σύνθετη μεθοδολογική διαδικασία που περιλαμβάνει διαφορετικές στατικές μεθόδους όπως περιγραφικές

αναλύσεις, **ανάπτυξη μεικτών γραμμικών μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης** και ανάπτυξη δομικών μοντέλων εξισώσεων τα οποία αποτελούν το κύριο μεθοδολογικό στόχο.

Αποτελέσματα:

Η επιρροή της **χρήσης του κινητού** τηλεφώνου αποδεικνύεται ότι έχει **αρνητική επιρροή** στην οδηγική συμπεριφορά σε κανονική οδήγηση πριν κάποιο συμβάν, δεν επηρεάζει όμως την αλλαγή της συμπεριφοράς του οδηγού μετά το συμβάν. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει τη στρατηγική που ακολουθούν οι οδηγοί μετά από κάποιο απρόοπτο συμβάν, δεδομένου ότι αλλάζουν σημαντικά την οδήγηση τους ακολουθώντας μια **αντισταθμιστική συμπεριφορά** κα μια ήπια οδήγηση με πιο χαμηλή ταχύτητα και μικρότερη διακύμανση της θέσης του οχήματος στο δρόμο. Παράλληλα, το **φύλο, η ηλικία και η οδηγική εμπειρία** έχουν στατιστικά σημαντική **επιρροή** στην οδηγική συμπεριφορά επιβεβαιώνοντας το γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά του οδηγού παίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο στην οδηγική επίδοση. Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσιάζει το γεγονός ότι στο μοντέλο που αφορά την αλλαγή της συμπεριφοράς **μετά το μη αναμενόμενο συμβάν** τόσο το φύλο όσο και η οδηγική εμπειρία δεν έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή υποδεικνύοντας ότι η αλλαγή στη συμπεριφορά λαμβάνει χώρα **ανεξαρτήτως φύλου και εμπειρίας οδηγού**.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι διαφορετικές οι παράμετροι που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά από εκείνες που επηρεάζουν την αλλαγή στη συμπεριφορά που συντελείται μετά από ένα μη αναμενόμενο συμβάν, κάτι το οποίο ποσοτικοποιείται για πρώτη φορά μέσα από την παρούσα έρευνα και μπορεί να αποτελέσει οδηγό για περαιτέρω διερεύνηση των αλλαγών που λαμβάνουν χώρα μετά από ένα μη αναμενόμενο συμβάν.

2.2.2. Drivers' gap acceptance behaviours at intersections: A driving simulator study to understand the impact of mobile phone visual-manual interactions (Xiaomeng Li, et al., 2020)

Σκοπός:

Η χρήση του κινητού τηλεφώνου θεωρείται συχνά κύρια αιτία απόσπασης της προσοχής των οδηγών**. Στόχος είναι να διερευνηθεί η επίδραση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στη διατήρηση του κατάλληλου κενού από το μπροστινό όχημα για ελιγμούς στις διασταυρώσεις.**

Μεθοδολογία:

Κατά τη μελέτη εξετάστηκαν διαφορετικές χρήσης του κινητού τηλεφώνου, τύποι διασταυρώσεων, μέγεθος κατάλληλου κενού καθώς και τα χαρακτηριστικά του οδηγού. Συνολικά σαράντα ένα (41) νόμιμοι οδηγοί (23 άντρες, 18 γυναίκες) με ηλικίες που κυμαίνονταν από 18 εώς 61 χρονών, οδήγησαν σε προηγμένο **προσομοιωτή οδήγησης** σε τρεις (3) συνθήκες χρήσης τηλεφώνου: α) βασική γραμμή (χωρίς χρήση τηλεφώνου), β) χρήση του τηλεφώνου κάτω από το τιμόνι (μυστικό), γ) χρήση του τηλεφώνου πάνω από το τιμόνι (εμφανές). Οι οδηγοί οδήγησαν τον προσομοιωτή τρείς (3) φορές, βίωσαν δύο (2) τύπους διασταυρώσεων ((α) ευθεία, (β) αριστερά) και δύο (2) κενά διαστήματα ((α) 4 δευτερόλεπτα, (β) 7 δευτερόλεπτα) κατά τη διάρκεια κάθε οδήγησης. Για την αξιολόγηση του χρόνου ολοκλήρωσης των διασταυρώσεων των οδηγών, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο διάρκειας παραμετρικού επιταχυνόμενου χρόνου αστοχίας (AFT).

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν σημαντική διαφορά στη συμπεριφορά αποδοχής του κατάλληλου κενού μεταξύ των δύο θέσεων χρήσης του τηλεφώνου. Η **απόσπαση της προσοχής δεν επηρέασε** την απόφαση **αποδοχής του κατάλληλου κενού** από τους οδηγούς, αλλά **αύξησε το χρόνο διάσχισης των διασταυρώσεων** κατά περισσότερο από 10% σε σύγκριση με τη βασική γραμμή. Εκτός αυτού, οι οδηγοί συμπεριφέρθηκαν συντηρητικά σε διασταυρώσεις κατά τη χρήση κινητού τηλεφώνου, όπως η υιοθέτηση μεγαλύτερης επιβράδυνσης, η αναμονή μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος, η διατήρηση μεγαλύτερης απόστασης από το μπροστινό όχημα κτλ.. Ωστόσο, αυτές οι αντισταθμιστικές συμπεριφορές δεν βοηθούσαν στη βελτίωση της κυκλοφοριακής κατάστασης όσον αφορά την ασφάλεια και την αποδοτικότητα**.** Ο τύπος διασταύρωσης και το μέγεθος του κενού ήταν και οι δύο σημαντικοί παράγοντες της απόφασης του κατάλληλου κενού και του χρόνου διάσχισης. Επιπλέον, οι **νεότεροι οδηγοί** ήταν πιο πιθανό να **δεχτούν ένα κενό από τους παλαιότερους οδηγούς** και οι **γυναίκες** οδηγοί χρειάστηκαν **περισσότερο χρόνο για να διασχίσουν τη διασταύρωση από τους άνδρες.**

2.2.3. Mobile phone use during driving: Effects on speed and effectiveness of driver compensatory behavior (Pushpa Choudhary, et al.,2017)

Σκοπός:

Στόχος της μελέτη **είναι η ανάλυση και μοντελοποίηση των συνεπειών της συνομιλίας και της γραφής** (κάθε ένα με δύο επίπεδα δυσκολίας) **στην οδηγική απόδοση** των Ινδών οδηγών όσον αφορά τη μέση ταχύτητά τους και την αποφυγή ατυχημάτων και η διερεύνηση περαιτέρω με τη σχέση μεταξύ της στρατηγικής μείωσης ταχύτητας των οδηγών και της αντίστοιχης συχνότητας ατυχημάτων τους.

Μεθοδολογία:

Στον **προσομοιωτή** συμμετείχαν 100 οδηγοί τριών διαφορετικών ηλικιακών ομάδων (νέοι, μέσοι και ηλικιωμένοι). Δύο ξαφνικά γεγονότα του ινδικού πλαισίου: απροσδόκητη διέλευση πεζών και σύνδεση των σταθμευμένων οχημάτων από την οδική πλευρά, προσομοιώθηκαν για την εκτίμηση των πιθανών ατυχημάτων. Η προσέγγιση **γενικευμένων γραμμικών μικτών μοντέλων** χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη μοντέλων **γραμμικής παλινδρόμησης** για μοντέλα μέσης ταχύτητας και **δυαδικής λογικής παλινδρόμησης** για πιθανότητα ατυχήματος**.**

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα των μοντέλων έδειξαν ότι οι οδηγοί **αντιστάθμισαν** σημαντικά τον **αυξημένο φόρτο εργασίας μειώνοντας τη μέση ταχύτητά τους** κατά 2,62 m / s και 5,29 m / s παρουσία καθηκόντων συνομιλίας και γραπτών μηνυμάτων αντίστοιχα. Τα μοντέλα υλικοτεχνικής υποστήριξης για πιθανότητες ατυχημάτων έδειξαν ότι οι **πιθανότητες ατυχημάτων αυξήθηκαν κατά 3 και 4 φορές** αντίστοιχα όταν οι οδηγοί συνομιλούσαν ή στέλνονταν μηνύματα σε ένα τηλέφωνο κατά την οδήγηση. Επιπλέον, η σχέση μεταξύ των μοντέλων μείωσης της ταχύτητας και των αντίστοιχων συχνοτήτων ατυχημάτων έδειξε ότι όλοι οι οδηγοί αντισταθμίζονται διαφορετικά. Αλλά, μεταξύ όλων των οδηγών, μόνο λίγοι οδηγοί, οι οποίοι αποζημιώθηκαν μειώνοντας την ταχύτητα κατά 30% ή περισσότερο, κατάφεραν να αντισταθμίσουν πλήρως τον αυξημένο κίνδυνο ατυχήματος που συνδέεται με τη χρήση του τηλεφώνου.

2.2.4. Analysis of driver behaviour through smartphone data: The case of mobile phone use while driving (Eleonora Papadimitriou, et al., 2017)

Σκοπός:

Στόχος είναι η διερεύνηση και η προτυποποίηση της επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου στη συμπεριφορά του οδηγού αξιοποιώντας λεπτομερή **δεδομένα** από **αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων**.

Μεθοδολογία:

Τα στοιχεία συλλέχθηκαν από 100 οδηγούς (18.850 ταξίδια) οι οποίοι συμμετείχαν σε **πείραμα οδήγησης** σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα τεσσάρων μηνών.
Τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία από τους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης που αποδίδουν την έκθεση (π.χ. απόσταση που διανύθηκε ανά τύπο δρόμου και ώρα της ημέρας) και δείκτες συμπεριφοράς (π.χ. ταχύτητα, ταχύτητα και επιτάχυνση, σκληρή πέδηση, σκληρό ελιγμό, χρήση κινητού τηλεφώνου κλπ.).
Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των **στατιστικών μεθόδων της μεικτής γραμμικής και δυαδικής λογιστικής παλινδρόμησης**. Μέσω των μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης εξετάστηκε κατά πόσο χαρακτηριστικά οδήγησης που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων επηρεάζουν και επομένως μπορούν να προβλέψουν τα απότομα συμβάντα κατά την οδήγηση, ενώ τα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης αξιοποιήθηκαν για την πρόβλεψη της χρήσης ή μη του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση μέσα από την καταγραφή μεγεθών σχετικών με την οδήγηση.

Αποτελέσματα

Προέκυψε ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν τα απότομα συμβάντα είναι πέντε, με κυριότερο τη μέση ταχύτητα οδήγησης, ενώ οι αντίστοιχοι παράγοντες που επηρεάζουν την **πιθανότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου** στην οδήγηση είναι έξι, με κυριότερο εκείνον της **μέσης στροφικής ταχύτητας**.
Η χρήση κινητού τηλεφώνου σχετίζεται με **μεγαλύτερα ταξίδια**, **χαμηλότερες ταχύτητες**, **ομαλότερη οδήγηση**. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια από το μοντέλο σε περισσότερο από το 70% των περιπτώσεων.

2.2.5. Driving behaviour while self-regulating mobile phone interactions: A human-machine system approach (Oscar Oviedo-Trespalacios, et al., 2018)

Σκοπός:

Η απόσπαση από το κινητό τηλέφωνο είναι ένα επαναλαμβανόμενο ζήτημα στην οδική ασφάλεια παγκοσμίως. **Στόχος** αυτής της έρευνας είναι να διερευνήσει τη **σχέση μεταξύ της αυτορρυθμιζόμενης δευτεροβάθμιας απόδοσης και της οδήγησης.**

Μεθοδολογία:

Με ένα πείραμα **προσομοιωτή οδήγησης**, στο οποίο οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να εκτελούν τα δευτερεύοντα καθήκοντά τους όποτε το κρίνουν κατάλληλο, από την οδηγική συμπεριφορά 35 οδηγών (62% άντρες), ηλικίας 18-29 ετών, παρατηρήθηκαν κάτω από τρεις τηλεφωνικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένης της μη απόσπασης της προσοχής (χωρίς χρήση τηλεφώνου), της αλληλεπίδρασης με hands-free (χωρίς χρήσης χεριών) και της οπτικής-χειρωνακτικής αλληλεπίδρασης στον προσομοιωτή οδήγησης CARRS-Q. Ο διαμήκης και πλευρικός έλεγχος του οχήματος από τους οδηγούς παρατηρήθηκε σε διάφορες συνθήκες οδικής κυκλοφορίας, στη συνέχεια μοντελοποιήθηκε με **γενικευμένες εξισώσεις εκτιμήσεων** (GEE), με ανταλλάξιμη δομή συσχέτισης για την ετερογένεια που προκύπτει από πολλαπλές παρατηρήσεις από τον ίδιο οδηγό.

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η έκταση της εμπλοκής στη δευτερεύουσα εργασία επηρεάζει τόσο τον διαμήκη όσο και τον πλευρικό έλεγχο των οχημάτων. Οι **οδηγοί** που συμμετείχαν σε μεγάλο αριθμό αλληλεπιδράσεων **hands-free** βρέθηκαν να επιλέγουν **χαμηλότερη ταχύτητα οδήγησης**. Αντίθετα, οι μακρύτερες **οπτικές-χειρωνακτικές** αλληλεπιδράσεις έχουν ως αποτέλεσμα **υψηλότερη ταχύτητα οδήγησης** μεταξύ των οδηγών που αυτορυθμίζουν τη δευτερεύουσα εργασία τους. Όσον αφορά τις συνθήκες οδικής κυκλοφορίας, οι οδηγοί που αποσπούνται από τις αυτορυθμιζόμενες δευτερεύουσες εργασίες τους έχουν βρεθεί να επιλέγουν χαμηλότερες ταχύτητες κατά μήκος της καμπύλης s, σε σύγκριση με τα ευθεία τμήματα και τους αυτοκινητοδρόμους. Συνοπτικά, η εφαρμοσμένη προσέγγιση του συστήματος ανθρώπινων μηχανών υποδηλώνει ότι οι απαιτήσεις της οδικής κυκλοφορίας διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο τόσο στη δευτερεύουσα διαχείριση εργασιών όσο και στην απόδοση οδήγησης**.**

2.2.6. The impact of mobile phone distraction on the braking behaviour of young drivers: A hazard-based duration model (Md. Mazharul Haque, et al., 2015)

Σκοπός:

Το φρενάρισμα είναι ένα κρίσιμο έργο της οδήγησης με άμεσο κίνδυνο σύγκρουσης, ενώ η υπερβολική και η ακατάλληλη πέδηση μπορούν να οδηγήσουν σε συγκρούσεις. Ο **στόχος αυτής της μελέτης είναι να συγκριθεί το προφίλ πέδησης των νέων οδηγών που η προσοχή τους έχει αποσπαστεί από συνομιλίες στο κινητό τηλέφωνο σε σχέση με την πέδηση χωρίς απόσπαση προσοχής**. Ειδικότερα, η συμπεριφορά πέδησης των οδηγών για έναν πεζό που εισέρχεται σε μια διάβαση εξετάσθηκε με τη χρήση του **σύνθετου προσομοιωτή οδήγησης Cars-Q.**

Μεθοδολογία:

Τριάντα-δύο οδηγοί με άδεια οδήγησαν τον **προσομοιωτή** σε **τρεις συνθήκες τηλεφώνου**: βασική γραμμή (δεν υπάρχει τηλεφωνική συνομιλία), hands-free, και με κανονική χρήση τηλεφώνου. Επιπρόσθετα με την οδήγηση του προσομοιωτή, κάθε συμμετέχων συμπλήρωσε **ερωτηματολόγια** που σχετίζονται με τα δημογραφικά στοιχεία του οδηγού, το ιστορικό οδήγησης, τη χρήση των κινητών τηλεφώνων κατά την οδήγηση, και γενικά την ιστορία χρήσης κινητού τηλεφώνου στην οδήγηση. Οι οδηγοί ήταν 18-26 ετών και χωρίστηκαν ομοιόμορφα κατά φύλο. Ένα **γραμμικό μεικτό μοντέλο ανάλυσης** των προφίλ πεδήσεως κατά μήκος του οδοστρώματος πριν από την διάβαση πεζών αποκάλυψε συγκριτικά αυξημένες επιβραδύνσεις για τους οδηγούς με αποσπασμένη προσοχή, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της αρχικής επιβράδυνσης στα 20 kph. Ο αρχικός χρόνος επιβράδυνσης στα 20 kph των οδηγών μοντελοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα παραμετρικό μοντέλο (AFT) με κατανομή Weibull με σύμπλεγμα ετερογένειας για τα επαναλαμβανόμενα μέτρα σχεδιασμού του πειράματος.

Αποτελέσματα:

Οι παράγοντες που βρέθηκε ότι επηρεάζουν σημαντικά το έργο πέδησης περιλάμβαναν δυναμικές μεταβλητές του οχήματος όπως η αρχική ταχύτητα και η μέγιστη επιβράδυνση, η κατάσταση του τηλεφώνου και ειδικές μεταβλητές για τον οδηγό όπως ο τύπος άδειας, το ιστορικό συμμετοχής σε συντριβή, και η αυτοαναφερόμενη εμπειρία του οδηγού από τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. Συμπερασματικά, οι οδηγοί με αποσπασμένη προσοχή εμφανίζονται κατά μέσο όρο να μειώνουν την ταχύτητα του οχήματός τους πιο γρήγορα και πιο απότομα από ό, τι οι οδηγοί χωρίς απόσπαση προσοχής, γεγονός που αποκαλύπτει ίσως **την αντιστάθμιση των κινδύνων** που προσπαθούν να επιτύχουν με αυτόν τον τρόπο. Το φρενάρισμα φαίνεται να είναι πιο επιθετικό για τους αποσπασμένους οδηγούς με προσωρινή άδεια σε σύγκριση με τους οδηγούς με ανοικτές άδειες. **Απότομη ή υπερβολική πέδηση από αποσπασμένους οδηγούς** θα μπορούσε να δημιουργήσει σημαντικές ανησυχίες για την ασφάλεια σε οχήματα που ακολουθούν σε ένα ρεύμα κυκλοφορίας.

2.2.7. Mobile phone related crashes among motorcycle taxi drivers (Long T. Truong, et al., 2019)

Σκοπός:

Η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση μιας μοτοσυκλέτας είναι ένα αναδυόμενο ζήτημα ασφάλειας, ιδιαίτερα μεταξύ των οδηγών ταξί με μοτοσικλέτα. Το παρόν έγγραφο **διερευνά τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης, συντριβών και συγκρούσεων που σχετίζονται με κινητά τηλέφωνα μεταξύ των οδηγών ταξί, παραδοσιακών και υβριδικών μοτοσικλετών**, χρησιμοποιώντας δεδομένα από έρευνα στο Ανόι του Βιετνάμ.

Μεθοδολογία:

Μια έρευνα **ερωτηματολογίου** για τους οδηγούς ταξί των μοτοσικλετών (συμπεριλαμβανομένων των παραδοσιακών οδηγών ταξί και των υβριδικών) διεξήχθη στο Ανόι, Βιετνάμ. Από τους 549 ερωτηθέντες της έρευνας, μόνο 15 (2,7%) ήταν γυναίκες και όλοι τους ήταν οδηγοί ταξί. Όπως αναμενόταν, η πλειονότητα των ερωτηθέντων της έρευνας ήταν οδηγοί ποδηλάτου. Τα ποσοστά των παραδοσιακών οδηγοί ταξί, ποδηλάτων και υβριδικών ταξί ήταν 9,1%, 78,1% και 12,8% αντίστοιχα. Η **λογική και η αρνητική διωνυμική παλινδρόμηση** χρησιμοποιήθηκαν για να διερευνήσουν παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης και των συχνοτήτων συντριβής.

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι οδηγοί ταξί με μοτοσυκλέτες είχαν το υψηλότερο ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου (95,3%), ακολουθούμενος από υβριδικά (88,6%) και παραδοσιακούς οδηγούς ταξί (64%). Περίπου το 32,6%, το 19,3% και το 9,7% των οδηγών ταξί των μοτοσικλετών δήλωσαν ότι εμπλέκονται σε συντριβή, συντριβή τραυματισμών και συντριβή που σχετίζονται με κινητά τηλέφωνα αντιστοίχως. Οι συντριβές που σχετίζονται με το κινητό τηλέφωνο αντιπροσωπεύουν το 20,5% όλων των αναφερόμενων συνθηκών. Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης δείχνουν ότι οι οδηγοί ταξί ήταν πιο πιθανό να συμμετάσχουν σε συντριβή που σχετίζεται με κινητά τηλέφωνα. Τα **ταξίδια παράδοσης** διαπιστώθηκε ότι συνδέονται με **αυξήσεις στις συγκρούσεις**, ενώ **τα ταξίδια των επιβατών** βρέθηκαν να σχετίζονται με **μειώσεις στις συγκρούσεις.**

2.2.8. Driving and telephoning: Relative accident risk when using hand-held and hands-free mobile phones (Agathe Backer-Grøndahl, et al., 2010)

Σκοπός:

Η πειραματική έρευνα δείχνει ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση χειροτερεύει την οδήγηση και έχει θεωρηθεί σε μεγάλο βαθμό ότι αυτή η χειροτέρευση στην οδήγηση είναι αποτέλεσμα γνωστικής παρά φυσικής απόσπασης. Αυτή η αντίληψη υποστηρίζεται εν μέρει από εμπειρικά δεδομένα που δείχνουν ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων με ανοιχτή ακρόαση συνδέεται με χειρότερη οδήγηση εξίσου όπως και η κανονική χρήση χειρός του κινητού. Στην παρούσα έρευνα **εξετάζεται ο κίνδυνος ατυχήματος κατά την ανοιχτή ακρόαση ή την κανονική λειτουργία χειρός κινητού.**

Μεθοδολογία:

Για το σκοπό αυτό **εξετάστηκε ένα δείγμα** 4307 οδηγών που συμμετείχαν σε ατυχήματα το 2007. Επιπρόσθετα, δεδομένα από παρόμοια έρευνα του 1997 (N=5007) χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό να ληφθούν περισσότερες παρατηρήσεις. Ο σχετικός κίνδυνος εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας οιονεί επαγόμενη έκθεση σε ατυχήματα με περισσότερα του ενός οχήματα.

Αποτελέσματα:

Τα αποτελέσματα από τις δύο έρευνες έδειξαν σημαντική αύξηση του κινδύνου ατυχήματος για την ανοιχτή ακρόαση και για την κανονική χρήση χειρός και την ανοιχτή ακρόαση μαζί. Μη σημαντική τάση παρατηρήθηκε για αυξημένο κίνδυνο λόγω χρήσης ανοιχτής ακρόασης. Ωστόσο, χωριστές αναλύσεις από δεδομένα του 2007 σε στατιστικά σημαντικές εκτιμήσεις σχετικού κινδύνου για κανένα από τα δυο είδη χρήσης του τηλεφώνου. Οι χρήστες χειρός τηλεφώνου είχαν περισσότερη τάση να αποδίδουν τα ατυχήματα στα κινητά τηλέφωνα σε σχέση με τους χρήστες της ανοιχτής ακρόασης. Η έρευνα για τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση έδειξε αυξημένο κίνδυνο ατυχήματος όταν γίνεται χρήση κινητού τηλεφώνου ακριβώς πριν το ατύχημα. Επιπλέον, **δεν παρατηρήθηκε διαφορά στον κίνδυνο ανάμεσα στην κανονική χρήση χειρός και την ανοιχτή ακρόαση**. Τέλος, οι κανονικοί χρήστες χειρός τηλεφώνου που συμμετείχαν κατά λάθος στο ατύχημα τείνουν να αποδίδουν το ατύχημα στη χρήση του κινητού τηλεφώνου, σε σχέση με τους χρήστες ανοιχτής ακρόασης που συμμετείχαν κατά λάθος στο ατύχημα.

2.3. Συναφείς μεθοδολογίες

2.3.1. Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure (Carlo Giacomo Prato, et al., 2010)

Σκοπός:

Οι αρχάριοι οδηγοί συχνά εμφανίζονται ευάλωτοι μπροστά στον κίνδυνο ατυχήματος, κάτι το οποίο μεταφράζεται σε μεγάλη συμμετοχή τους στον 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 την περίοδο των **πρώτων 12 μηνών μετά την απόκτηση της άδειας οδήγησης**. Για τους 3 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 σοβαρότητά τους (χαμηλή, μέση, υψηλή). Όλες αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονταν μέσω ασύρματων δικτύων σε έναν 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 στο προφίλ τους.

Αποτελέσματα:

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι **οι άνδρες οδηγοί είναι πιο επιρρεπείς στον 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 στην μείωση της επικινδυνότητας των νέων οδηγών παίζει και 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 προσεκτικοί** όταν οδηγούν μόνοι τους, ενώ αντίθετα όσοι δεν έχουν την συνεχή επίβλεψη των γονέων μέσω της ηλεκτρονικής εφαρμογής, δεν δείχνουν διάθεση να βελτιώσουν την τάση που έχουν για επικίνδυνη οδήγηση.

2.3.2. Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones (Rosolino Vaiana, et al., 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 την διαμήκη και πλευρική τους επιτάχυνση, μέσω χρήσης των συστημάτων GPS . Όπου απαιτείτο, η εφαρμογή θα εμφανίζει μια προειδοποίηση στους οδηγούς ώστε να συμμορφώσουν την συμπεριφορά τους στον δρόμο.

Μεθοδολογία:

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Τοποθετώντας σε έναν άξονα x, y τις επιταχύνσεις του οχήματος (πλευρική και διαμήκης 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 τον τύπο του αυτοκινήτου δημιουργήθηκε το **''Διάγραμμα Οδηγικής Συμπεριφοράς'' (Driving Style Diagram – DSD)**, το οποίο αποτελεί μία συσχέτιση όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με το ίδιο όχημα και το ίδιο smartphone και πήραν μέρος 5 οδηγοί με διαφορετικά οδηγικά χαρακτηριστικά. Η συμπεριφορά κάθε οδηγού εκτιμήθηκε με βάση το ποσοστό υπέρβασης **των ορίων επιτάχυνσης του DSD**.

Αποτελέσματα:

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

2.3.3. Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges (Dimitrios I. Tselentis, et al., 2017)

Σκοπός:

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 Payhow-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 διαφόρων 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 crosssubsidies, πράγμα που σημαίνει λιγότερο κόστος ασφάλισης για λιγότερο επικίνδυνους και εκτεθειμένους οδηγούς. Θα προβλέπει επίσης ένα ισχυρό κίνητρο για τους οδηγούς που βελτιώσουν την οδική συμπεριφορά τους, η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της έκθεσης στον κίνδυνο τόσο συνολικά όσο και ατομικά.

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

2.3.4. Development of a driving data recorder (Tohru Ohta, et al., 1994)

Σκοπός:

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

Μεθοδολογία:

Βασικά στοιχεία:

- Το DDR είναι αρκετά **μικρό** και ελαφρύ ώστε να μην δημιουργεί πρόβλημα στο όχημα.
- Είναι, επίσης, σχεδιασμένο ώστε να **μην καταναλώνει** μεγάλη ποσότητα **μπαταρίας** από το αυτοκίνητο.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για **9.000 ώρες** οδήγησης ή 100.000 χιλιόμετρα.
- Τα δεδομένα, τα οποία αποθηκεύονται αρχικά σε μία **κάρτα μνήμης,** μπορούν να αναλυθούν μέσω προσωπικού Η/Υ.

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

a. Σύστημα που βασίζεται στο χρόνο, όπου τα δεδομένα τοποθετούνται σε διαδοχική σειρά
b. Σύστημα που βασίζεται στη συχνότητα, όπου η τοποθέτηση των δεδομένων γίνεται με βάση είτε 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:

Εν κατακλείδι, 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 δυνατό να συσσωρευτούν **ποσοτικά στοιχεία οδήγησης τα οποία θα καταδεικνύουν το προφίλ του οδηγού.**

2.4. Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάστηκε και αναλύθηκε ένα ευρύ φάσμα ερευνών που σχετίζονται με την εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδηγού μέσω συστημάτων καταγραφής δεδομένων που βρίσκονται εντός του οχήματος, καθώς και τα αίτια χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση και κατά συνέπεια με την απόσπαση της προσοχής του οδηγού. Από τη σύνθεση των βασικών τους αποτελεσμάτων, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η χρήση του **κινητού τηλεφώνου** στην οδήγηση οδηγεί σε μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης, χαμηλότερες ταχύτητες, μεγαλύτερες αποστάσεις και χρόνους διαχωρισμού μεταξύ των οχημάτων. Ακόμα, οδηγεί σε μεγαλύτερη διακύμανση στη χρήση του πεντάλ του γκαζιού και σε πιο απότομα φρεναρίσματα. Τα παραπάνω φαινόμενα πιθανόν εξηγούνται από την προσπάθεια του οδηγού για **αντισταθμιστική συμπεριφορά.**
- Ο **φόρτος ενασχόλησης** κατά την οδήγηση αυξάνεται λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου.
- Η οδήγηση με **ανοιχτή ακρόαση** δεν δείχνει να είναι πιο ασφαλής σε σχέση με την κανονική χρήση χειρός του κινητού τηλεφώνου, ενώ αυτό που φαίνεται ότι επηρεάζει τελικώς περισσότερο την απόσπαση προσοχής του οδηγού ήταν **το περιεχόμενο και η δυσκολία της συζήτησης**.
- Η χρήση κινητού τηλεφώνου σχετίζεται με **μεγαλύτερα ταξίδια, χαμηλότερες ταχύτητες, ομαλότερη οδήγηση.**
- Οι **νέοι** οδηγοί προσαρμόζονται πιο εύκολα από τους μεγαλύτερους, όπως στην ανάγκη διατήρησης μεγαλύτερου κενού η οποία προκύπτει λόγω της απόσπασης από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου.
- Η **παρουσία επιβατών** συνδέθηκε με μείωση της επιθετικής οδήγησης, μείωση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου και επομένως λιγότερα ατυχήματα.
- Τα **συστήματα καταγραφής** της συμπεριφοράς των οδηγών φαίνεται να **βελτιώνουν τα επίπεδα 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. DDR).
- Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις περισσότερες έρευνες περιλάμβανε τη χρήση **προσομοιωτή**, προσομοιωτή σε συνδυασμό με **ερωτηματολόγια** ή **οδήγηση σε πραγματικές συνθήκες**.
- Τέλος, οι περισσότερες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί δεν εστιάζουν στα **χαρακτηριστικά εκείνα που οδηγούν στη χρήση του κινητού τηλεφώνου**, αλλά στο τι προκαλεί η χρήση του κινητού τηλεφώνου.

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και βασικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης. Ειδικότερα, γίνεται αναφορά στη μέθοδο ανάλυσης που αναπτύχθηκε για την ανάλυση των δεδομένων, δηλαδή στην παλινδρόμηση Poisson (Poisson regression). Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε βάσει του είδους της εξαρτημένης μεταβλητής (διακριτή). Συγκεκριμένα στο μοντέλο εξετάζεται η σχέση μεταξύ τόσο των χαρακτηριστικών οδήγησης όσο και των προσωπικών χαρακτηριστικών των οδηγών με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου (χρήση κινητού τηλεφώνου ανά δευτερόλεπτο). Στη συνέχεια, αναλύονται οι στατιστικοί έλεγχοι και τα κριτήρια αποδοχής ή απόρριψης ενός μοντέλου. Τέλος, παρατίθενται οι κύριες λειτουργίες του ειδικού λογισμικού επεξεργασίας το οποίο χρησιμοποιήθηκε.

3.2. Βασικές Έννοιες Στατιστικής

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

- **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables): Ορίζονται οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μίας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης. Τέτοιες για παράδειγμα είναι το επίπεδο μόρφωσης.
- **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables): Ορίζονται οι μεταβλητές οι οποίες εκφράζονται με αριθμούς που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης, όπως για παράδειγμα η ηλικία ή το πλήθος των ατόμων μιας οικογένειας. Επιπλέον οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις διακριτές και τις συνεχείς.
  - Μια μεταβλητή θεωρείται **διακριτή** όταν 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.
  - Μια μεταβλητή ορίζεται **συνεχής** όταν δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα, δηλαδή μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή σε ένα διάστημα τιμών. Για παράδειγμα τέτοια μεταβλητή μπορεί να θεωρηθούν τα λεπτά, τα δευτερόλεπτα, η ταχύτητα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

Μέτρα κεντρικής τάσης (measures of central tendency): ορίζεται το άθροισμα των τιμών δια το πλήθος των τιμών. Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος x1, x2, .., xν η μέση τιμή υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \ldots + x_\nu)}{\nu} = \frac{1}{\nu} * \sum_{i=1}^{\nu} x_i$$

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measures of variability): Διακύμανση ορίζεται ο «μέσος όρος των τετραγώνων διαφορών από το μέσο όρο». Η διακύμανση (Var) είναι ίση με 0 εάν όλες οι τιμές της μεταβλητής είναι ίσες. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών, τόσο μεγαλύτερη είναι η διακύμανση. Όταν η διακύμανση είναι μεγαλύτερη από την μέση τιμή, αυτό ονομάζεται υπερδιασπορά και είναι μεγαλύτερη από 1. Εάν είναι μικρότερη από 1 από αυτή είναι γνωστή ως υποδιαστολή Στην περίπτωση που τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα η διακύμανση συμβολίζεται με s^2 και ορίζεται ως:

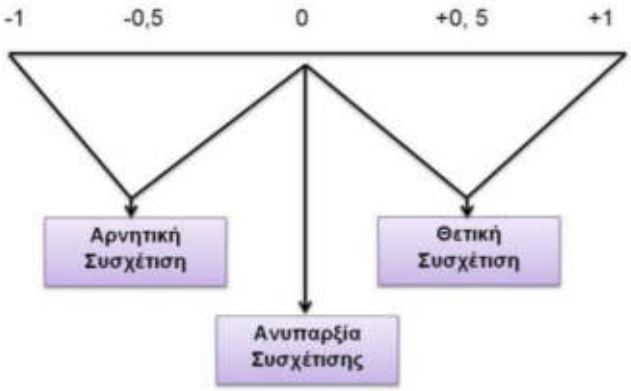
$$s^2 = \frac{1}{v-1}\sum_{i=1}^{v}(x_i - \bar{x})^2$$

Συσχέτιση μεταβλητών

Έστω x, y δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές. Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δύο μεταβλητών x και y, οι οποίες έχουν διασπορά σx^2 και σy^ 2 αντίστοιχα, και συνδιασπορά σxy= cov[x,y] καθορίζεται με το συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient) ρ, ο οποίος ορίζεται ως εξής: **ρ=(σχy/σχ)(1/σy).**

Ο **συντελεστής συσχέτισης ρ** εκφράζει τον βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από την μονάδα μέτρησης των x και y και παίρνει τιμές στο διάστημα [-1,1]. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των x και y. Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς σxy και των διασπορών σx, σy, από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της εκτιμήτριας r. Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην ανωτέρω εξίσωση της συνδιασποράς σxy και των διασπορών σx και σy, από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της **εκτιμήτριας r**:

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



Εικόνα 3.1.: Επεξήγηση πιθανών τιμών συντελεστή συσχέτισης
Πηγή: Σύγγραμμα «Εφαρμογή Μεθόδων Ανάλυσης στην Έρευνα Αγοράς» (Σιώμκος Γ., Βασιλακοπούλου Α., 2005)

3.3. Μαθηματικά Μοντέλα

Ο κλάδος της στατιστικής που εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, με στόχο την πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis) (Κούτρας, 2004). Η παλινδρόμηση στην οποία υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή ονομάζεται **απλή παλινδρόμηση**, ενώ αν υπάρχουν περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές καλείται **πολλαπλή παλινδρόμηση**. Ο όρος **εξαρτημένη** μεταβλητή αφορά εκείνη της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος **ανεξάρτητη** αποδίδεται στη μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μία στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Σημειώνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτή.

3.3.1. Κατανομή Poisson

Είναι γνωστό ότι η πιο κατάλληλη κατανομή για την 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 μ (μ >0), και γράφεται x~F(μ), όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

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

όπου x = 0,1,2,3…. και x! = x*(x-1)*…*3*2*1

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι E{x} = μ και σ2 {x} = μ 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 μ, 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 μία μεταβλητή, η οποία παρουσιάζει όμοιες ιδιότητες με την μεταβλητή του αριθμού των ατυχημάτων και γενικά υποστηρίζεται ότι τα οδικά ατυχήματα ακολουθούν συνήθως κατανομή Poisson ή κανονική κατανομή.

3.3.2. Παλινδρόμηση Poisson

Η γενική μαθηματική εξίσωση για την παλινδρόμηση Poisson είναι :

$log(y)=\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_p x_p$

Ακολουθεί η περιγραφή των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται:

- **y** είναι η μεταβλητή απόκρισης
- σταθερός όρος **α** 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
- **x** είναι η μεταβλητή πρόβλεψης

Η συνάρτηση που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του μοντέλου παλινδρόμησης Poisson είναι η συνάρτηση glm ().

Η βασική σύνταξη για τη συνάρτηση glm () στην παλινδρόμηση Poisson είναι:

glm (**formula**, **data**, **family**)

Ακολουθεί η περιγραφή των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στις παραπάνω συναρτήσεις:

- **formula** είναι το σύμβολο που παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών.
- **data** είναι το σύνολο δεδομένων που δίνει τις τιμές αυτών των μεταβλητών.
- **family** είναι αντικείμενο R για να καθορίσει τις λεπτομέρειες του μοντέλου. Η αξία του είναι «Poisson» για Logistic Regression.

Στα μοντέλα παλινδρόμησης Poisson, οι προγνωστικές ή οι επεξηγηματικές μεταβλητές μπορούν να έχουν ένα συνδυασμό και αριθμητικών ή κατηγορηματικών τιμών.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για την κατανομή Poisson και την παλινδρόμηση Poisson είναι η ισορροπία, που σημαίνει ότι η μέση τιμή και η διακύμανση της κατανομής είναι ίσες.

Η διακύμανση μετρά τη διάδοση των δεδομένων. Είναι ο «μέσος όρος των τετραγώνων διαφορών από το μέσο όρο». Η διακύμανση (Var) είναι ίση με 0 εάν όλες οι τιμές είναι ίδιες. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών, τόσο μεγαλύτερη είναι η διακύμανση. Το μέσο είναι ο μέσος όρος των τιμών ενός συνόλου δεδομένων. Ο μέσος όρος είναι το άθροισμα των τιμών δια του αριθμού των τιμών. Για την παλινδρόμηση Poisson, η μέση τιμή και η διακύμανση σχετίζονται με:

$$\text{var}(X) = \sigma^2 E(X)$$

Όπου σ^2 είναι η παράμετρος διασποράς. Δεδομένου ότι το var (X) = E (X) (διακύμανση = μέσος όρος) πρέπει να διατηρηθεί για να είναι πλήρως προσαρμοσμένο το μοντέλο Poisson, το σ^2 πρέπει να είναι ίσο με 1.

Όταν η διακύμανση είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή, αυτό ονομάζεται υπερδιασπορά και είναι μεγαλύτερη από 1. Εάν είναι μικρότερη από 1 από αυτή είναι γνωστή ως υποδιαστολή.

3.4. Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

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

- Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των πρόσημων 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 (xi) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά βi μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).
- Σημαντικός έλεγχος για την αξιολόγηση του μοντέλου είναι η **στατιστική σημαντικότητα** των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή η επιλογή των μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο έλεγχος στατιστικών υποθέσεων γίνεται μέσω του υπολογισμού 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 H0 έναντι της εναλλακτικής H1. Είναι μία σημαντική τιμή, διότι ποσοτικοποιεί τη στατιστική απόδειξη που υποστηρίζει την εναλλακτική υπόθεση. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η τιμή της πιθανότητας p, τόσο περισσότερες είναι οι αποδείξεις για την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης H0 έναντι της εναλλακτικής H1. Εάν η τιμή p είναι μικρότερη ή ίση του επιπέδου σημαντικότητας α, τότε η μηδενική υπόθεση H0 απορρίπτεται. Εάν το p είναι μικρότερο από 0,05 τότε, η μεταβλητή επηρεάζει τη μεταβλητή απόκρισης και πρέπει να συμπεριληφθεί στο τελικό μοντέλο, διαφορετικά δεν πρέπει. Στην R ο αριθμός των αστεριών προσδιορίζει τη σημαντικότητά της και βρίσκεται στο τέλος κάθε μεταβλητής.
- Ιδιαίτερα σημαντικός έλεγχος κρίνεται ο **έλεγχος διασποράς** του μοντέλου, δηλαδή εάν το μοντέλο έχει υπερβολική διασπορά ή υποδιασπορά. Αυτό πραγματοποιείται μέσω των ελέγχων **Null Deviance** και **Residual Deviance**. Η Null Deviance (μηδενική απόκλιση) δείχνει πόσο καλά προβλέπεται η μεταβλητή απόκρισης από ένα μοντέλο που περιλαμβάνει μόνο την αναχαίτιση (μεγάλο μέσο όρο) ενώ παραμένει με τη συμπερίληψη ανεξάρτητων μεταβλητών. Μεγαλύτερες τιμές σημαίνουν κακή εφαρμογή. Εάν το Residual Deviance είναι μεγαλύτερο από τους βαθμούς ελευθερίας, τότε υπάρχει υπερβολική διασπορά. Αυτό σημαίνει ότι οι εκτιμήσεις είναι σωστές, αλλά τα τυπικά σφάλματα (τυπική απόκλιση) είναι λανθασμένα και δεν λογίζονται από το μοντέλο.
- Όσον αφορά την **εκτίμηση του σφάλματος** πρόβλεψης χρησιμοποιείται ο δείκτης **AIC**. Είναι εκτιμητής σχετικής ποιότητας στατιστικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων. Το σφάλμα πρόβλεψης στο δείγμα είναι το αναμενόμενο σφάλμα στην πρόβλεψη της απόκρισης από δείγμα σε ένα εκπαιδευμένο δείγμα. Λαμβάνοντας υπόψη μια συλλογή μοντέλων για τα δεδομένα, η AIC εκτιμά την ποιότητα κάθε μοντέλου, σε σχέση με κάθε ένα από τα άλλα μοντέλα. Έτσι, το AIC παρέχει ένα μέσο για την επιλογή μοντέλου. Εάν το σφάλμα πρόβλεψης εκτός δείγματος αναμένεται να διαφέρει από το σφάλμα πρόβλεψης σε δείγμα, η εγκάρσια επικύρωση είναι μια καλύτερη εκτίμηση της ποιότητας του μοντέλου. Το AIC βασίζεται στη θεωρία της πληροφορίας. Όταν ένα στατιστικό μοντέλο χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της διαδικασίας που δημιούργησε τα δεδομένα, η αναπαράσταση σχεδόν ποτέ δεν θα είναι ακριβής. Οπότε ορισμένες πληροφορίες θα χαθούν χρησιμοποιώντας το μοντέλο που αντιπροσωπεύσει τη διαδικασία. Η AIC εκτιμά τη σχετική ποσότητα πληροφοριών που χάθηκαν από ένα δεδομένο μοντέλο: όσο λιγότερες πληροφορίες χάνει

ένα μοντέλο, τόσο υψηλότερη είναι η ποιότητα αυτού του μοντέλου. Κατά την εκτίμηση του όγκου των πληροφοριών που χάθηκαν από ένα μοντέλο, η AIC ασχολείται με την ανταλλαγή μεταξύ της καλής εφαρμογής του μοντέλου και της απλότητας του μοντέλου. Με άλλα λόγια, η AIC ασχολείται τόσο με τον κίνδυνο υπερφόρτωσης όσο και με τον κίνδυνο υποσυναρμολόγησης. Επομένως όσο πιο μικρό είναι το AIC του μοντέλου, τόσο καλύτερο είναι το μοντέλο αφού έχουν χαθεί λιγότερες πληροφορίες.

- Η ποιότητα του μοντέλου εξετάζεται με τον **συντελεστή προσαρμογής McFadden** ή pseudo-R^2. Ο συντελεστής McFadden χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο μοντέλο. Το τετράγωνο μέτρο R του McFadden ορίζεται ως:

$$R^2_{\text{McFadden}} = 1 - \frac{log(L_c)}{log(L_{\text{null}})}$$

Όπου,

L_c: δηλώνει την (μεγιστοποιημένη) τιμή πιθανότητας από το τρέχον προσαρμοσμένο μοντέλο

L_{null}: υποδηλώνει την αντίστοιχη τιμή, αλλά για το μηδενικό μοντέλο - το μοντέλο με μόνο ένα σημείο τομής και χωρίς συντεταγμένες.

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y (εξαρτημένη) που εξηγείται από την μεταβλητή X(ανεξάρτητη). Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του McFadden στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X. Ο συντελεστής McFadden έχει συγκριτική αξία, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του McFadden που είναι αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή McFadden. Γενικά επιδιώκονται τιμές του μεγαλύτερες ή ίσες του 0.25. Ο συντελεστής McFadden μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή.

- Για να πραγματοποιηθεί με επιτυχία η μέθοδος παλινδρόμησης Poisson (Poisson regression) **οι ανεξάρτητες μεταβλητές** του προβλήματος πρέπει να είναι μεταξύ τους **ασυσχέτιστες**. Αν δεν είναι ασυσχέτιστες, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η διαδικασία οδηγείται σε αποτυχία με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη μαθηματικού προτύπου.
- Τελευταίο κριτήριο αποδοχής ενός μοντέλου είναι η **ελαστικότητα**. Πρόκειται για έναν δείκτη που αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία** μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στην μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Η ελαστικότητα για γραμμικά μοντέλα δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$ei = (\Delta Yi/\Delta Xi)\ (Xi/Yi) = \beta\iota(Xi/Yi)$$

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία **συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων**, έτσι ώστε να δοθεί μία πλήρη εικόνα για την ποιότητα και αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Αρχικά παρουσιάζονται οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν με στόχο τον συνδυασμό των δεδομένων από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων μέσω της εφαρμογής της εταιρείας OSeven. Στη συνέχεια, αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Στο τέλος, παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό.

4.2. Συλλογή Δεδομένων

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε πως έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σχετικά με την απόσπαση προσοχής λόγω της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. 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, and Shouji Nakajima, 1994), μια συσκευή μικρών διαστάσεων που συνδεόταν με τη μηχανή του αυτοκινήτου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς προέρχονται από τη χρήση λεπτομερών **δεδομένων φυσικής οδήγησης που έχουν συλλεχθεί από το κινητό τηλέφωνο του οδηγού**. Επιπλέον, δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά των οδηγών προέρχονται από τη διεξαγωγή ερωτηματολογίου στους χρήστες.

4.2.1. OSeven

Εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων, μέσα από την εξατομικευμένη καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες συσκευών smartphone. Περισσότεροι από 100 οδηγοί συμμετείχαν στο πείραμα (smartphone naturalistic driving experiment) σε χρονικό διάστημα 6 μηνών και δημιουργήθηκε μια μεγάλη βάση δεδομένων με χιλιάδες (49.019) 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.

Η **OSeven** είναι μια πρωτοποριακή εταιρεία που ειδικεύεται στην ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς και τις λύσεις **τηλεματικής**. Μέσω της καινοτόμου εφαρμογής της στα έξυπνα κινητά τηλέφωνα, οι οδηγοί μπορούν να **παρακολουθούν την οδηγική τους συμπεριφορά**, να εντοπίζουν τα αδύνατα σημεία τους στην οδήγηση, να συγκρίνουν την απόδοσή τους με άλλους οδηγούς και να βελτιώνονται συνεχώς. Χρησιμοποιείται μια εξελιγμένη μηχανή καταγραφής που λαμβάνει τιμές από όλους τους διαφορετικούς αισθητήρες που υπάρχουν στο κινητό, επιτυγχάνοντας έναν βέλτιστο συνδυασμό ακρίβειας και κατανάλωσης μπαταρίας, ενώ ταυτόχρονα μετράει την απόσπαση προσοχής του οδηγού κατά την οδήγηση, μία από τις σημαντικότερες αιτίες των οδικών ατυχημάτων.

Η **καταγραφή των δεδομένων** ξεκινάει αυτόματα όταν αναγνωρίζεται μια κατάσταση οδήγησης και σταματάει αυτόματα όταν αναγνωρίζεται κατάσταση μη οδήγησης. Η εγγραφή κατά τη διάρκεια της οδήγησης μένει σε αναμονή για πέντε λεπτά μετά τη διακοπή της κατάστασης της οδήγησης, για να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ο οδηγός συνεχίζει το ταξίδι του με στάση λίγων λεπτών. 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 που έχει αναπτυχθεί καταγράφει τη συμπεριφορά του χρήστη **χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες της συσκευής** (Επιταχυνσιόμετρου (Accelerometer), Γυροσκόπιο (Gyroscope), μαγνητόμετρο (Magnetometer), GPS (ταχύτητα, πορεία, γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος). Επίσης, χρησιμοποιείται μια ποικιλία APIs (Application Programming Interface) για να διαβαστούν τα δεδομένα των αισθητήρων που έχουν καταγραφεί και να αποθηκευτούν προσωρινά στη βάση δεδομένων του έξυπνου κινητού τηλεφώνου (smartphone) πριν μεταφερθούν στην κεντρική βάση δεδομένων. Μετά τη μετάδοση των δεδομένων στην κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος, όλες οι πληροφορίες διαγράφονται από το κινητό τηλέφωνο. Τα πρωτογενή δεδομένα είτε καταγράφονται από τους αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (Smartphone) είτε παρέχονται από iOS και Android με τη μορφή δεδομένων συγχώνευσης. Το βασικό πλαίσιο λειτουργίας της ροής δεδομένων φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:

Εικόνα 4.1: Σύστημα ροής δεδομένων OSeven
Πηγή: OSeven

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

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

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

Αφού τα δεδομένα αποθηκευτούν στον εξυπηρετητή για να πραγματοποιηθεί η **κεντρική επεξεργασία** και η μείωση της διάστασης των δεδομένων, μετατρέπονται τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σε σημαντικές συμπεριφορές και σε συναφείς με την οδική ασφάλεια παραμέτρους (δηλαδή χειρισμό και επεξεργασία μαζικών δεδομένων). Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τις δύο μεγάλες μεθόδους επεξεργασίας δεδομένων που περιλαμβάνουν δύο οικογένειες τεχνικών, **τεχνικές εξόρυξης μεγάλων δεδομένων** και **αλγόριθμους Machine Learning** (ML). Οι διαδικασίες που γίνονται είναι οι εξής:

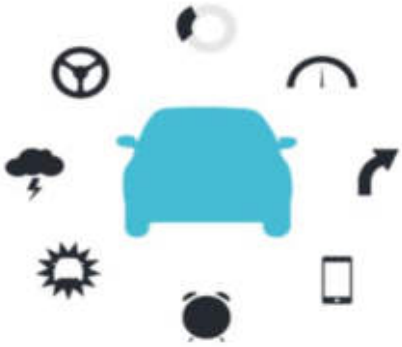
- Εξομάλυνση δεδομένων (όπου χρειάζεται)
- Εντοπισμός απότομων συμβάντων (απότομων επιταχύνσεων, φρεναρισμάτων και στροφών) και χρήσης κινητού τηλεφώνου (ομιλία, σύνταξη μηνυμάτων, πλοήγηση στο διαδίκτυο)
- Προσδιορισμός μέσου μεταφοράς(αυτοκίνητο, μοτοσικλέτα, μαζική μεταφορά)
- Προσδιορισμός τρόπου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

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

<u>Δείκτες έκθεσης κινδύνου</u>

- 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 4.2: 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)
- Οδηγική επιθετικότητα (π.χ. φρενάρισμα, επιτάχυνση)
- Απόσπαση λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου

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

Το τελικό βήμα της διαδικασίας επεξεργασίας των δεδομένων είναι η **ανάπτυξη του μοντέλου οδηγικής συμπεριφοράς**. Η βαθμολογία για κάθε ταξίδι και η συνολική βαθμολογία του οδηγού υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το εξελιγμένο μοντέλο βαθμολόγησης OSeven. 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.

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.

Εικόνα 4.3: Εφαρμογή στο κινητό τηλέφωνο και διαδικτυακή πλατφόρμα
Πηγή: OSeven

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

- name: ονομασία οδηγού στην εφαρμογή
- tripid: κωδική ονομασία διαδρομής
- userid: κωδική ονομασία οδηγού στην εφαρμογή
- label: είδος μεταφορικού μέσου (αυτοκίνητο ή μηχανή)
- driver_id: κωδική ονομασία οδηγού
- tripstarted: ημερομηνία και ώρα έναρξης της μετακίνησης
- distance_total: συνολική απόσταση διαδρομής σε χιλιόμετρα (km)
- duration: συνολική διάρκεια διαδρομής σε δευτερόλεπτα (s)
- duration _highway: συνολική διάρκεια διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο (s)
- duration _rural: συνολική διάρκεια διαδρομής σε υπεραστικό περιβάλλον (s)
- duration _urban: συνολική διάρκεια διαδρομής σε αστικό περιβάλλον (s)
- duration_driving: συνολική καθαρή διάρκεια οδήγησης σε δευτερόλεπτα (s)
- duration_driving_highway: συνολική καθαρή διάρκεια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο σε δευτερόλεπτα (s)
- duration_driving_rural: συνολική καθαρή διάρκεια οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον σε δευτερόλεπτα (s)
- duration_driving_urban: συνολική καθαρή διάρκεια οδήγησης σε αστικό περιβάλλον σε δευτερόλεπτα (s)
- distance_highway: απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο (km)
- distance_rural: απόσταση διαδρομής σε υπεραστικό περιβάλλον (km)
- distance_urban: απόσταση διαδρομής σε αστικό περιβάλλον (km)
- distance _30: απόσταση διαδρομής όταν η ταχύτητα είναι μέχρι 30km/h
- distance _3050: απόσταση διαδρομής όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 30-50 km/h
- distance _5090: απόσταση διαδρομής όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 50-90 km/h
- distance _90: απόσταση διαδρομής όταν η ταχύτητα είναι πάνω από 90 km/h
- speed_avg: μέση ταχύτητα (km/h)
- speed_highway_avg: μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (km/h)
- speed_rural_avg: μέση ταχύτητα σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h)
- speed_urban_avg: μέση ταχύτητα σε αστικό περιβάλλον (km/h)
- speeding_sq_avg: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας (^2)
- speeding_highway_sq_avg: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο (^2)
- speeding_rural_sq_avg: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον (^2)
- speeding_urban_sq_avg: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον (^2)
- speeding_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας
- speeding_highway_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο

- speeding_rural_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον
- speeding_urban_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον
- mbu: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης
- mbu_highway ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο
- mbu_rural: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον
- mbu_urban: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αστικό περιβάλλον
- acc_highway: επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- acc_rural: επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)
- acc_urban: επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)
- acc_avg: μέση επιτάχυνση (km/h/s)
- acc_highway_sq_avg: μέση ποσοστιαία επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο (^2)
- acc_ rural _sq_avg: μέση ποσοστιαία επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (^2)
- acc_ urban _sq_avg: μέση ποσοστιαία επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον (^2)
- acc_30_avg: μέση επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι μέχρι 30km/h
- acc_3050_avg: μέση επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 30-50 km/h
- acc_5090_avg: μέση επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 50-90 km/h
- acc_90_avg: μέση επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι πάνω από 90 km/h
- dec _highway: επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- dec _rural: επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)
- dec _urban: επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)
- dec_avg: μέση επιβράδυνση (km/h/s)
- dec_30_avg: μέση επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι μέχρι 30km/h
- dec_3050_avg: μέση επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 30-50 km/h
- dec_5090_avg: μέση επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 50-90 km/h
- dec_90_avg: μέση επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι πάνω από 90 km/h
- dec_highway_sq_avg: μέση ποσοστιαία επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (^2)
- dec_ rural _sq_avg: μέση ποσοστιαία επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (^2)
- dec_ urban _sq_avg: μέση ποσοστιαία επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον (^2)
- harsh_acc: απότομη επιτάχυνση (απόλυτος αριθμός)
- harsh_acc _30: απότομη επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι μέχρι 30km/h
- harsh_acc _3050: απότομη επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 30-50 km/h
- harsh_acc _5090: απότομη επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 50-90 km/h
- harsh_acc _90: απότομη επιτάχυνση όταν η ταχύτητα είναι πάνω από 90 km/h
- harsh_acc _highway: απότομη επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_acc _rural: απότομη επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_acc _urban: απότομη επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον
- harsh_acc__intensity_highway_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_acc__intensity_highway _medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αυτοκινητόδρομο

- harsh_acc__intensity_highway _low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_acc _intensity_rural_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_acc _intensity_rural_medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_acc _intensity_rural_low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_acc _intensity_urban_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αστικό περιβάλλον
- harsh_acc _intensity_urban_medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αστικό περιβάλλον
- harsh_acc _intensity_urban_low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αστικό περιβάλλον
- harsh_brk: απότομο φρενάρισμα/επιβράδυνση (απόλυτος αριθμός)
- harsh_brk _highway: απότομη επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_brk _rural: απότομη επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_brk _urban: απότομη επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον
- harsh_brk _30: απότομη επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι μέχρι 30km/h
- harsh_brk _3050: απότομη επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 30-50 km/h
- harsh_brk _5090: απότομη επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι μεταξύ 50-90 km/h
- harsh_brk _90: απότομη επιβράδυνση όταν η ταχύτητα είναι πάνω από 90 km/h
- harsh_brk _intensity_highway_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_brk _intensity_highway_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_brk _intensity_highway_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αυτοκινητόδρομο
- harsh_brk _intensity_rural_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_brk _intensity_rural_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_brk _intensity_rural_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε υπεραστικό περιβάλλον
- harsh_brk _intensity_urban_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αστικό περιβάλλον
- harsh_brk _intensity_urban_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αστικό περιβάλλον
- harsh_brk _intensity_urban_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αστικό περιβάλλον
- distance_risky_hours: οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00 (km)
- smooth_eco: οικολογική οδήγηση (όσο μεγαλύτερη η τιμή τόσο το καλύτερο)
- smooth_eco_highway: οικολογική οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο
- smooth_eco_rural: οικολογική οδήγηση σε υπεραστικό περιβάλλον
- smooth_eco_urban: οικολογική οδήγηση σε αστικό περιβάλλον
- peak hour: 0: πρωινές ώρες αιχμής (06:00-10:00), 1: απογευματινές ώρες αιχμής (16:00-20:00), 99: υπόλοιπες ώρες εκτός αιχμής
- week_day: ημέρα εβδομάδας (0: Δευτέρα, 1: Τρίτη κλπ.)
- work_weekend: 0: καθημερινή, 1: Σαββατοκύριακο

4.2.2. Ερωτηματολόγιο

Επιπλέον 100 από τους χρήστες που συμμετείχαν στο πείραμα με την OSeven απάντησαν και στις ερωτήσεις ενός **ερωτηματολογίου**, που αφορούσαν αποκλειστικά τη χρήση Ι.Χ. ως μέσο μετακίνησης. Το ερωτηματολόγιο χωριζόταν σε τέσσερις ενότητες: Α) οδηγική εμπειρία – μετακινήσεις, Β) όχημα, Γ) οδηγική συμπεριφορά και Δ) δημογραφικά στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγοί διέθεσαν πολύτιμες πληροφορίες όπως ηλικία, φύλο, πόσο συχνά χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια οδήγησης, μορφωτικό επίπεδο και άλλα που φαίνονται στον Πίνακα 4.1. που ακολουθεί. Πολλές από τις απαντήσεις που δόθηκαν υπέστησαν την κατάλληλη επεξεργασία ώστε οι απαντήσεις να έχουν συμβολική μορφή και να είναι ευκολότερη η εισαγωγή τους στην R.

BESMART

oseven

Ερωτηματολόγιο
Συμπεριφοράς Οδηγού Ι.Χ.

*Οι απαντήσεις σας στο παρόν ερωτηματολόγιο θα πρέπει να αφορούν αποκλειστικά τη χρήση του Ι.Χ. ως μέσο μετακίνησης

Α. ΟΔΗΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ – ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ

1. Email Συμμετέχοντα:

2. Πότε αποκτήσατε την άδεια οδήγησης του Ι.Χ. σας;

3. Πόσα χρόνια οδηγική εμπειρία έχετε, ανεξαρτήτως τύπου οχήματος;

4. Πόσες ημέρες την εβδομάδα χρησιμοποιείτε το Ι.Χ. σας;

1	2	3	4	5	6	7

5. Πόσα χιλιόμετρα περίπου οδηγείτε την εβδομάδα;

<20	20-50	50-100	100-150	150+

6. Πόσες διαδρομές πραγματοποιείτε κατά μέσο όρο την ημέρα ως οδηγός;

1	2	3	4	5+

7. Υποδείξτε το μέσο ημερήσιο μήκος των διαδρομών σας σε χιλιόμετρα:

1-2	3-5	6-9	10-15	16-29	30+

8. Πόσα χιλιόμετρα οδηγείτε περίπου τον χρόνο:

<5.000	5.000-10.000	10.000-15.000	15.000-20.000	>20.000

1

BESMART

Β. ΟΧΗΜΑ

9. Το όχημα που συνήθως χρησιμοποιείτε:

Ανήκει σε εσάς	Ανήκει σε άλλο μέλος της οικογένειας	Το νοικιάζετε	Είναι εταιρικό όχημα	Άλλο

10. Ποιος είναι ο κυβισμός του οχήματός σας;

<1001cc	1001-1200cc	1201-1400cc	1401-1600cc	1601-1800cc	1801-2000cc	>2000cc

11. Ποια είναι η ηλικία του οχήματός σας;

<5 ετών	5-10 ετών	10-15 ετών	>15 ετών

12. Ποια είναι η μέση κατανάλωση καυσίμου που παρατηρείτε κατά τις διαδρομές σας;

<5lt/100km	5-7lt/100km	7-9lt/100km	9-12lt/100km	12-15lt/100km	>15lt/100km

Γ. ΟΔΗΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

13. Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν το ιστορικό ατυχημάτων σας, ως οδηγός:

	Μέχρι σήμερα	**Τα τελευταία 3 χρόνια**
Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί (**είτε με δική σας υπαιτότητα είτε όχι**);		
Από αυτά, σε πόσα ατυχήματα με παθόντες έχετε εμπλακεί;		
Από αυτά, σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο έχετε εμπλακεί;		

	Μέχρι σήμερα	**Τα τελευταία 3 χρόνια**
Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί (**αποκλειστικά με δική σας υπαιτότητα**);		
Από αυτά, σε πόσα ατυχήματα με παθόντες έχετε εμπλακεί;		
Από αυτά, σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο έχετε εμπλακεί;		

14. Τα τελευταία τρία χρόνια, πόσες κλήσεις είχατε για παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας;

0	1	2	3	>3

2

15. Χαρακτηρίστε την οδηγική σας συμπεριφορά βάσει των παρακάτω δηλώσεων:

	Ποτέ	Σπάνια	Μερικές φορές	Συχνά	Πάντα
Υπερβαίνω τα όρια ταχύτητας					
Κάνω απότομα φρεναρίσματα					
Κάνω απότομες επιταχύνσεις					
Κάνω απότομες στροφές					
Κάνω χρήση του κινητού μου τηλεφώνου κατά την οδήγηση					

16. Πόσο σέβεστε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε σε:

	1 καθόλου	2	3	4	5 πάρα πολύ
Αυτοκινητόδρομο					
Επαρχιακή ή εθνική οδό					
Αστική οδό					

17. Χαρακτηρίστε τον εαυτό σας ως οδηγό;

	1 καθόλου	2	3	4	5 πάρα πολύ
Πόσο προσεκτικός/η οδηγός πιστεύετε ότι είστε;					
Πόσο επιθετικός/η οδηγός πιστεύετε ότι είστε;					

Δ. ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

18. Ποιο είναι το φύλο σας;

Άντρας	Γυναίκα	Άλλο

19. Ποια είναι η ηλικία σας;

18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	≥65

20. Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;

Ανύπαντρος/η	Παντρεμένος/η	Διαζευγμένος/η	Χήρος/α

BESMART

oseven

21. Από πόσα άτομα αποτελείται το νοικοκυριό σας;

22. Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό σας εισόδημα;

<10.000	10.000-20.000	20.000-30.000	>30.000	Δεν ξέρω/ Δεν απαντώ

23. Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;

Πρωταβάθμια	Δευτεροβάθμια	ΑΕΙ	Μεταπτυχιακό	Διδακτορικό	Άλλο

24. Βαθμολογήστε την εξοικείωση σας με τις εφαρμογές των Smartphones:

1 πολύ μικρή	2	3	4	5 πολύ μεγάλη

4

Πίνακας 4.1.: Ερωτηματολόγιο

4.3. Επεξεργασία Στοιχείων

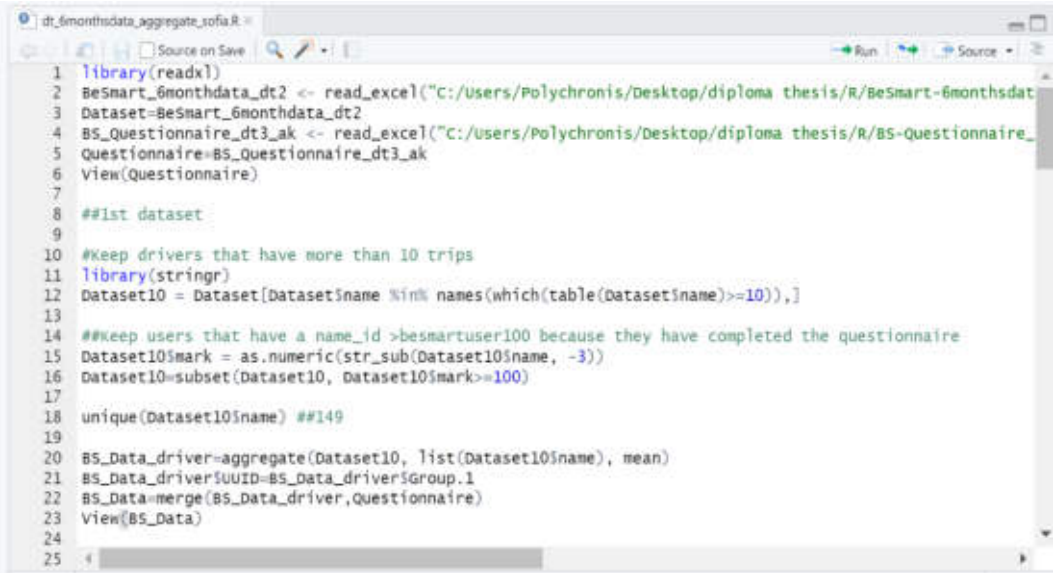
Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων που συλλέχθηκαν μέσω της πειραματικής διαδικασίας αλλά και των ερωτηματολογίων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται επιγραμματικά η διαδικασία εισαγωγής των μεταβλητών στο λογισμικό της στατιστικής ανάλυσης. Ακόμα, παρατίθενται ορισμένα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν στη φάση της προκαταρκτικής ανάλυσης με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων.

4.3.1. Εισαγωγή Βάσης Δεδομένων στο Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης R

Στη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, πραγματοποιείται αρχικά η εισαγωγή των 2 αρχείων Excel στο πρόγραμμα της στατιστικής ανάλυσης R μέσω της εντολής **read_excel**. Στη συνέχεια αφαιρούνται όσοι χρήστες είχαν κάνει είτε λιγότερα από δέκα ταξίδια είτε δεν είχαν απαντήσει το ερωτηματολόγιο, με τελικό στόχο να γίνει η συγχώνευση των δύο βάσεων δεδομένων. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη των παραπάνω είναι η **subset(x, subset)** και η **merge(y,z)** όπου:

- **x** είναι το αντικείμενο που θα υποδιαμορφωθεί
- **subset** είναι λογική έκφραση που δείχνει στοιχεία ή σειρές για διατήρηση
- **y, z** είναι οι βάσεις- τα αρχεία Excel που θα ενοποιηθούν

Τέλος με την εντολή **view(data)** προβάλλεται ο τελικός πίνακας που προέκυψε μετά τη συγχώνευση, με βάση τον οποίο θα πραγματοποιηθεί στατιστική επεξεργασία και ανάλυση. Παρακάτω απεικονίζονται τα σημεία που αναφέρθηκαν προηγουμένως.



```
library(readxl)
BeSmart_6monthdata_dt2 <- read_excel("C:/Users/Polychronis/Desktop/diploma thesis/R/BeSmart-6monthsdat
Dataset=BeSmart_6monthdata_dt2
BS_Questionnaire_dt3_ak <- read_excel("C:/Users/Polychronis/Desktop/diploma thesis/R/BS-Questionnaire_
Questionnaire=BS_Questionnaire_dt3_ak
View(Questionnaire)

##1st dataset

#Keep drivers that have more than 10 trips
library(stringr)
Dataset10 = Dataset[Dataset$name %in% names(which(table(Dataset$name)>=10)),]

##Keep users that have a name_id >besmartuser100 because they have completed the questionnaire
Dataset10$mark = as.numeric(str_sub(Dataset10$name, -3))
Dataset10=subset(Dataset10, Dataset10$mark>=100)

unique(Dataset10$name) ##149

BS_Data_driver=aggregate(Dataset10, list(Dataset10$name), mean)
BS_Data_driver$UUID=BS_Data_driver$Group.1
BS_Data=merge(BS_Data_driver,Questionnaire)
View(BS_Data)
```

Εικόνα 4.4.: Εντολές εισαγωγής δεδομένων στην R

dt_6monthsdata_aggregate_sofia.R × | BS_Data ×

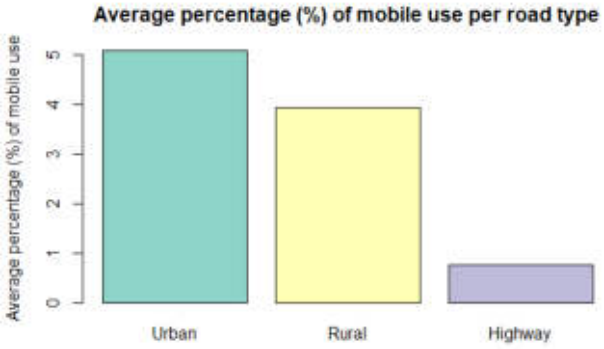
Filter | Cols: « < | 1 - 50 | > »

	UUID	Group.1	driver_id	env	speed_avg	speed_highway_avg	speed_rural_avg	speed_undefined_avg	speed_urban_avg	sp
1	besmartuser100	besmartuser100	15241	NA	46.68352	38.4871462	44.849497	0	35.47813	
2	besmartuser101	besmartuser101	15303	NA	42.21276	39.9331263	38.213439	0	32.10179	
3	besmartuser102	besmartuser102	15240	NA	50.25993	37.6840887	42.291245	0	36.60422	
4	besmartuser103	besmartuser103	15242	NA	39.53888	17.5621217	36.076304	0	27.11125	
5	besmartuser104	besmartuser104	15277	NA	43.28893	5.3189306	42.303686	0	35.51495	
6	besmartuser105	besmartuser105	15290	NA	31.00080	2.0655891	28.753582	0	27.18843	
7	besmartuser106	besmartuser106	15289	NA	34.99455	10.1787013	29.452909	0	30.75268	
8	besmartuser107	besmartuser107	15275	NA	32.78491	3.8391875	30.913027	0	30.08745	
9	besmartuser108	besmartuser108	15373	NA	35.49083	9.4154198	35.834132	0	29.82649	
10	besmartuser109	besmartuser109	15881	NA	34.35620	3.2692282	37.579610	0	26.87091	
11	besmartuser110	besmartuser110	15278	NA	34.25958	3.8047483	23.150518	0	27.81355	
12	besmartuser111	besmartuser111	15793	NA	33.95730	0.0000000	24.607073	0	29.95559	
13	besmartuser114	besmartuser114	15293	NA	34.68175	2.5183016	25.821408	0	32.03721	
14	besmartuser116	besmartuser116	15294	NA	27.58004	2.3790688	19.016132	0	25.80210	
15	besmartuser117	besmartuser117	15274	NA	29.19746	1.0057971	27.900737	0	24.95512	
16	besmartuser119	besmartuser119	15357	NA	56.92342	66.2667956	22.986871	0	44.06712	
17	besmartuser123	besmartuser123	15291	NA	26.54039	1.4374870	17.453534	0	24.90683	

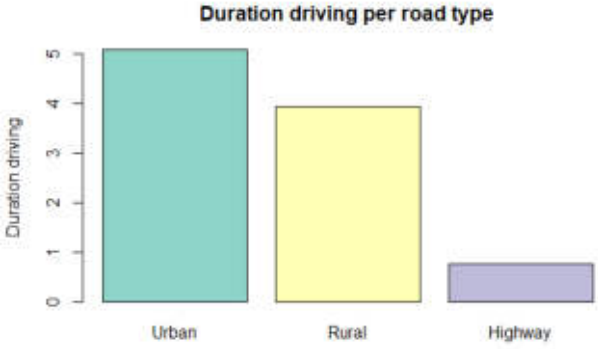
Εικόνα 4.5.: Τμήμα τελικής συγχωνευμένης βάσης δεδομένων στην R

4.3.2. Προκαταρκτική Ανάλυση

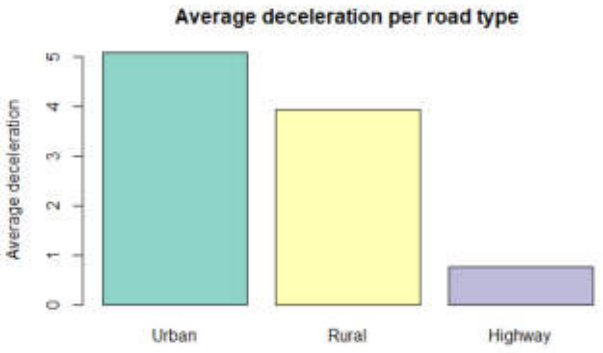
Μετά την υλοποίηση των ανωτέρων βημάτων δημιουργήθηκαν διαγράμματα που αποτελούν μια προκαταρκτική ανάλυση που συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα από αυτά.



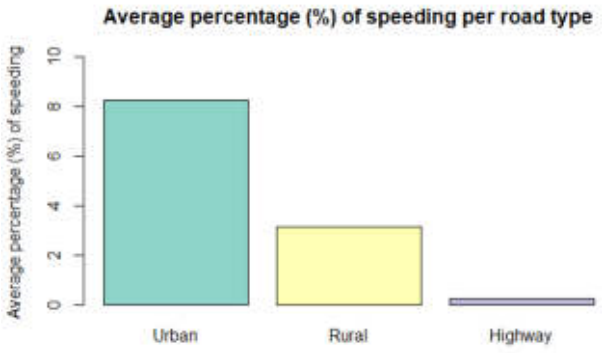
Διάγραμμα 4.1.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου ανά τύπο οδού



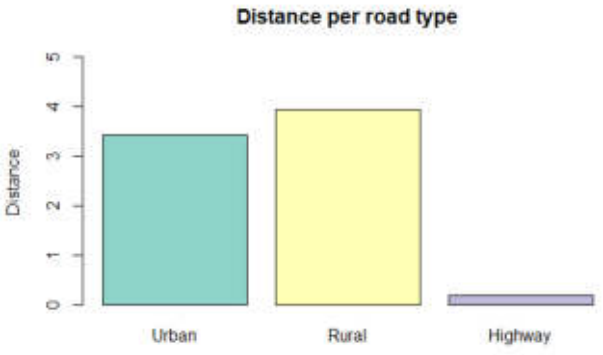
Διάγραμμα 4.2.: Καθαρή διάρκεια οδήγησης ανά τύπο οδού



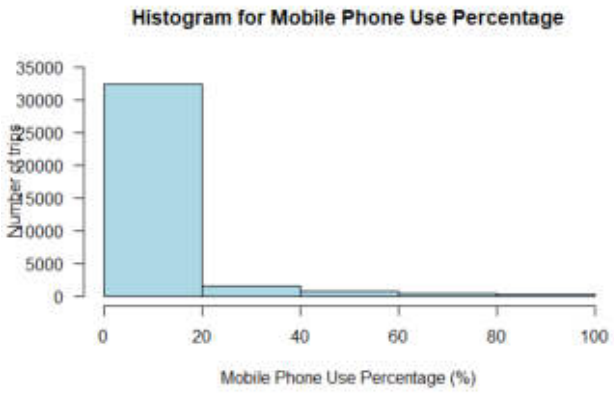
Διάγραμμα 4.3.: Μέση τιμή επιβράδυνσης ανά τύπο οδού



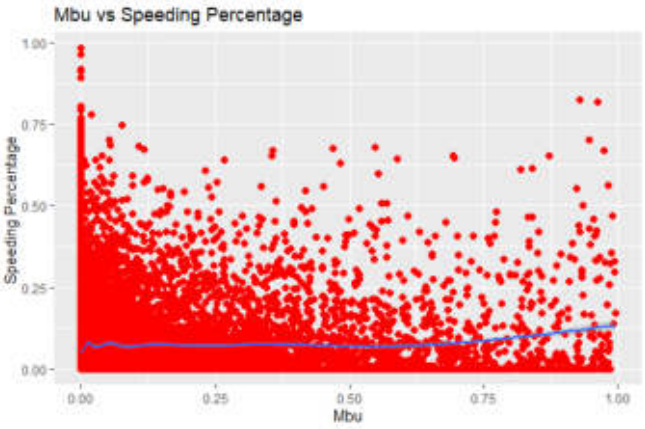
Διάγραμμα 4.4.: Ποσοστό υπέρβασης ορίου ταχύτητας ανά τύπο οδού



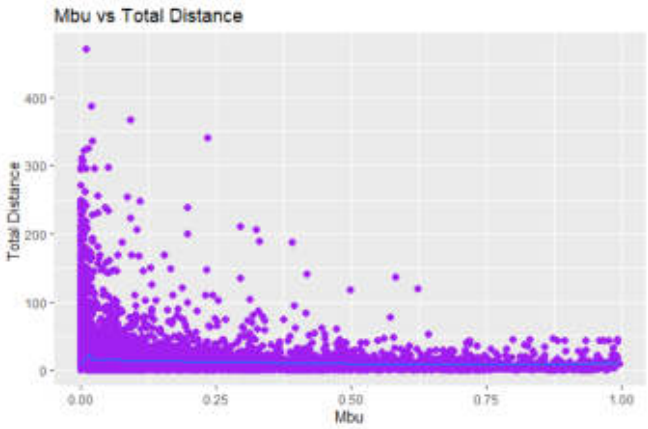
Διάγραμμα 4.5.: Συνολική απόσταση που διανύθηκε ανά τύπο οδού



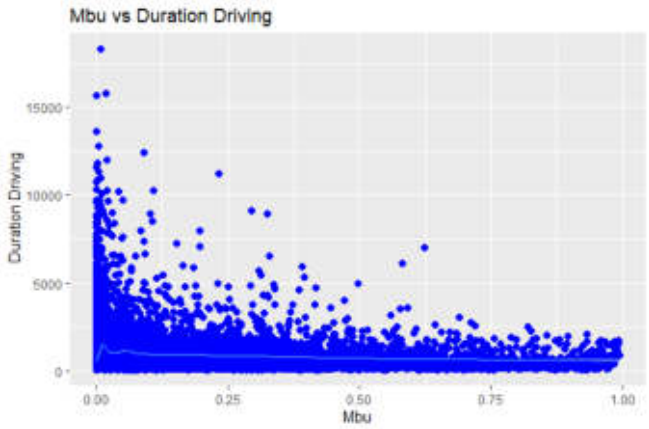
Διάγραμμα 4.6.:Συχνότητα του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου



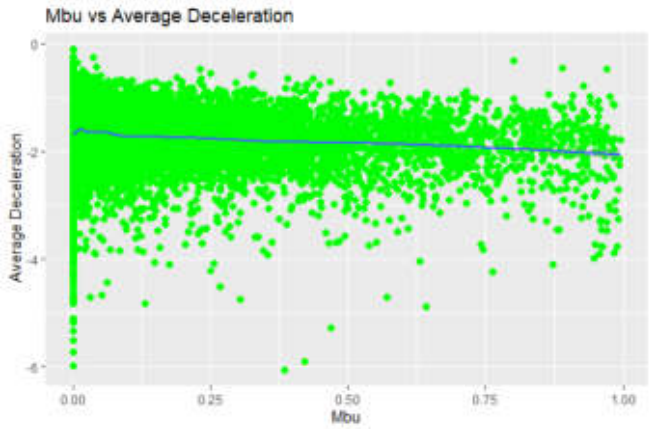
Διάγραμμα 4.7.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με την ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας



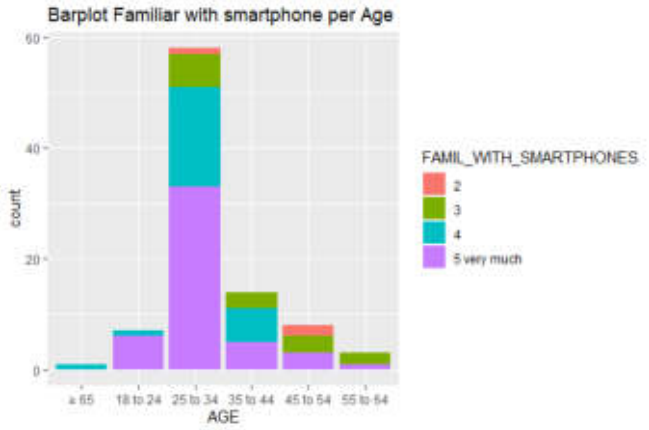
Διάγραμμα 4.8.: Ποσοσρό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με τη συνολική απόσταση οδήγησης



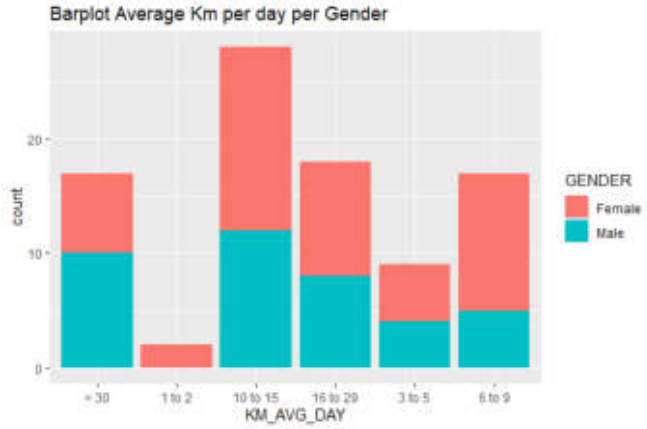
Διάγραμμα 4.9.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με την καθαρή διάρκεια οδήγησης



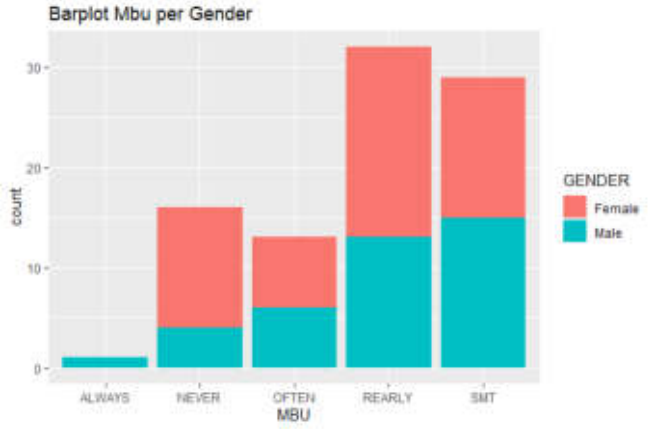
Διάγραμμα4.10.: Ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνάρτηση με τη μέση τιμή επιβράδυνσης



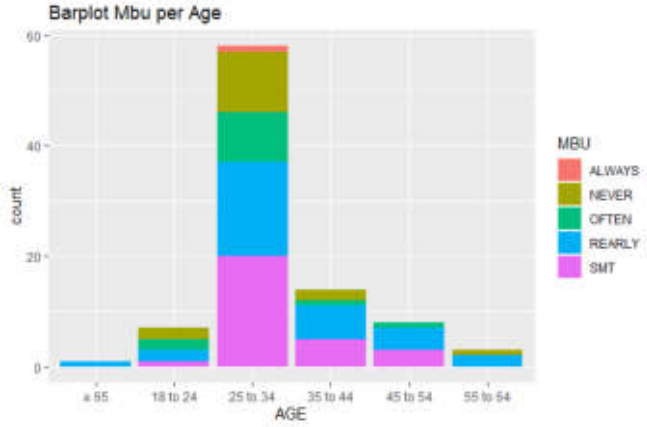
Διάγραμμα 4.11.: Αριθμός οδηγών ανά ηλικία και εξοικείωση με τη χρήση κινητού τηλεφώνου



Διάγραμμα 4.12.: Αριθμός οδηγών ανά μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών (χιλιόμετρα) και φύλο



Διάγραμμα 4.13.: Αριθμός οδηγών ανά συχνότητα χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση και φύλο



Διάγραμμα 4.14.: Αριθμός οδηγών ανά ηλικία και συχνότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση

Εξετάζοντας τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Το **υψηλότερο** ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου πραγματοποιείται σε **αστικό περιβάλλον.**
- **Μεγαλύτερη** καθαρή διάρκεια οδήγησης, μέση τιμή επιβράδυνσης και το **μεγαλύτερο** ποσοστό υπέρβασης ορίου ταχύτητας πραγματοποιείται σε **αστικό περιβάλλον**.
- Η συνολική απόσταση που διανύεται είναι **μεγαλύτερη** σε **υπεραστικές οδούς**.
- Στις περισσότερες διαδρομές του δείγματος (περίπου 32.500 από τις 49.019) παρατηρείται ότι το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κυμαίνεται από 0% - 20%, ενώ για ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου από 20% - 40% έχουν πραγματοποιηθεί λιγότερες από 2.500 διαδρομές.
- Όσο αυξάνεται η χρήση του κινητού τηλεφώνου το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σχεδόν **σταθεροποιείται** έως το **75%** περίπου. Από το **75%-100%** του ποσοστού **χρήσης του κινητού τηλεφώνου** παρουσιάζεται **μικρή αύξηση** του **ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας.**
- Όσο **αυξάνετα**ι το **ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου** η **συνολική απόσταση οδήγησης παραμένει σταθερή.**
- Όσον αφορά στην ηλικία, πιο **εξοικειωμένοι με τη χρήση κινητού τηλεφώνου** είναι οι χρήστες ηλικίας **25 έως 34 χρονών**. Αντίθετα, **λιγότερο εξοικειωμένοι** είναι οι χρήστες ηλικίας **άνω των 65 χρονών**.
- Επιπρόσθετα για την ηλικία και τη **χρήση του κινητού τηλεφώνου**, ο μεγαλύτερος αριθμός οδηγών που κατά δήλωση κάνουν **συνεχή** (ALWAYS) ή **μερικές φορές** (SMT) χρήση του κινητού τηλεφώνου είναι ηλικίας **25 μέχρι 34 χρονών**.
- Ως προς τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και το φύλο, οι **περισσότεροι άνδρες** οδηγοί κάνουν κατά δήλωση **χρήση του κινητού τηλεφώνου** κατά τη διάρκεια οδήγησης, σύμφωνα με τις απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο. Αντίθετα, οι **γυναίκες** δηλώνουν ότι κάνουν **σπάνια χρήση του κινητού ενώ οδηγούν**.
- Όσον αφορά στο φύλο και στο μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών, οι **άνδρες** δηλώνουν ότι διανύουν περισσότερα χιλιόμετρα ημερησίως, πιο συγκεκριμένα **περισσότερα από 30 χιλιόμετρα**. Αντίθετα οι κατά δήλωση μετακινήσεις των **γυναικών** προκύπτει ότι είναι σε **αποστάσεις εντός της πόλης**.

5. Εφαρμογή μεθοδολογίας – Αποτελέσματα

5.1. Εισαγωγή

Ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών και μεθοδολογιών, την παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων και την περιγραφή συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, έγινε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων, καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας.

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 **παλινδρόμηση Poisson** (poisson regression).

Ειδικότερα, 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

Σε πρώτη φάση, για τη δημιουργία μοντέλων για τη διερεύνηση της απόσπασης προσοχής από τη χρήση κινητού τηλεφώνου, εξετάστηκε 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 μεταβλητών. Στην πράξη θεωρεται μικρή συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών όταν η απόλυτη του δείκτη συσχέτισης κατά Pearson r είναι μικρότερη ή ίση με 0.5~0.6 ($r \leq 0.5$~0.6).

Για τον έλεγχο αυτό, στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης R υπάρχουν αρκετές εντολές οι οποίες μπορούν να υπολογίσουν την γραμμική συσχέτιση μεταξύ δύο ανεξάρτητων μεταβλητών. Από αυτές χρησιμοποιήθηκε η εντολή **cor(x, y, method=…)** όπου:

x,y= οι δύο μεταβλητές, για τις οποίες εξετάζεται η γραμμική συσχέτιση

method: είναι η μέθοδος ως προς την οποία εξετάζεται η γραμμική συσχέτιση, για παράδειγμα Pearson

Με αυτόν τον τρόπο υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών και στη συνέχεια έγινε η **επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών** με κριτήριο να **μην συσχετίζονται μεταξύ τους**, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο που θα αναλυθεί. Τέλος η επιλογή ορισμένων μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο (όπως το φύλο, η ηλικία) έγινε με την παραδοχή ότι είναι **σημαντικές** σύμφωνα με τη **διεθνή βιβλιογραφία** και επομένως αυτό το γεγονός τις καθιστά αδύνατον να παραληφθούν, καθώς συνήθως επηρεάζουν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Παρόμοια διαδικασία ανάλυσης συσχετίσεων ακολουθήθηκε και για τα υπόλοιπα μοντέλα.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα απόσπασμα του πίνακα συσχέτισης των μεταβλητών και επισημαίνονται με πορτοκαλί χρώμα ποιες από αυτές δεν μπορούν να μπουν μαζί στο ίδιο μοντέλο παλινδρόμησης.

Πίνακας 5.1.: Παράδειγμα συσχέτισης των μεταβλητών

Correlation Pearson							
	duration_driving	dec_avg	distance_total	speeding_percentage	speed_avg	acc_avg	duration
duration_driving	1	0.280	0.537	0.451	0.659	0.261	0.956
dec_avg	0.280	1	0.287	0.051	0.284	0.937	0.186
distance_total	0.537	0.287	1	0.467	0.753	0.284	0.821
speeding_percentage	0.451	0.051	0.467	1	0.707	0.093	0.329
speed_avg	0.659	0.284	0.753	0.707	1	0.314805	0.49494
acc_avg	0.261	0.937	0.284	0.093	0.315	1	0.142
duration	0.956	0.186	0.821	0.329	0.495	0.142	1

5.3. Ανάπτυξη Μοντέλων Παλινδρόμησης στο Ειδικό Λογισμικό Στατιστικής Ανάλυσης R

Ο προσδιορισμός των κατάλληλων μοντέλων πρόβλεψης τόσο των κρίσιμων παραγόντων επιρροής της χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε γενικό επίπεδο όσο και ανά κατηγορία οδού πραγματοποιήθηκε με την παλινδρόμηση Poisson. Η εφαρμογή της στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης R γίνεται με ορισμένες εντολές.

Για την παλινδρόμηση Poisson ορίζεται η εξαρτημένη μεταβλητή ως ακέραιος αριθμός. Στην προκειμένη περίπτωση αυτό δεν ίσχυε, διότι η χρήση του κινητού τηλεφώνου ήταν ποσοστιαίο μέγεθος, οπότε πολλαπλασιάστηκε η μεταβλητή επί 100 και στη συνέχεια έγινε στρογγυλοποίηση με την εντολή **round(x, digits)**, **όπου:**

- **x** είναι η μεταβλητή που θα στρογγυλοποιηθεί
- **digits** καθορίζει στα πόσα δεκαδικά θα γίνει η στρογγυλοποίηση

Στη συνέχεια θα εφαρμοσθούν οι εντολές **glm** (formula, data, family) και η **pR2 (ονομασία μοντέλου)**, οι οποίες ορίστηκαν λεπτομερώς στο τρίτο κεφάλαιο, ώστε να γίνει εξαγωγή και αξιολόγηση των στατιστικών αναλύσεων του μοντέλου.

5.4. Μοντέλο 1: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Γενικό Μοντέλο

5.4.1. Ανάπτυξη Μοντέλου

Έπειτα από πολλές δοκιμές ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- speeding_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας
- distance_total: συνολική απόσταση διαδρομής (km)
- dec_avg: μέση επιβράδυνση (km/h/s)
- FAMIL_WITH_SMARTPHONES: εξοικείωση με τις εφαρμογές των Smartphones
- MBU: χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης

Το συγκεκριμένο μοντέλο αναπτύχθηκε με την μέθοδο παλινδρόμησης Poisson και η μαθηματική σχέση που το περιγράφει είναι:

LOG (mbu) = -1.233 + 1.172 * FAMIL_WITH_SMARTPHONES8 - 2.433 * MBUNEVER - 0.729 * MBUOFTEN - 1.697 * MBUREARLY - 1.178 * MBUSMT + 4.112 * speeding_percentage + 0.032 * distance_total - 1.383 * dec_avg

Τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια:

Πίνακας 5.2.: Περίληψη Μοντέλου 1

Model Summary			
Null deviance	**Residual deviance**	**AIC**	**McFadden**
465.74 on 88 degrees of freedom	289.09 on 80 degrees of freedom	527.08	0.258

Πίνακας 5.3.: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 1

Model 1					
mbu					
Coefficients					
Variables	**Estimate**	**Std. Error**	**z value**	**Pr(>|z|)**	
Intercept	-1.223	0.737	-1.659	0.097	.
FAMIL_WITH_SMARTPHONES8	1.172	0.453	2.586	0.010	**
MBUNEVER	-2.433	0.388	-6.269	0.000	***
MBUOFTEN	-0.729	0.313	-2.331	0.020	*
MBUREARLY	-1.697	0.315	-5.381	0.000	***
MBUSMT	-1.178	0.311	-3.792	0.000	***
speeding_percentage	4.112	1.149	3.580	0.000	***
distance_total	0.032	0.008	3.929	0.000	***
dec_avg	-1.383	0.306	-4.522	0.000	***

5.4.2. Ποιότητα Μοντέλου

Για το παραπάνω μοντέλο ισχύουν τα εξής:

- Το **επίπεδο σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι μικρότερο από 0,05.
- Ο **δείκτης AIC** έχει μικρή τιμή.
- Ο **συντελεστής McFadden** είναι οριακά αποδεκτός αφού βρίσκεται κοντά στο 0,25.
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά.**

5.4.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου

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

- Για αύξηση του **ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** (speeding_percentage) κατά τη διάρκεια της οδήγησης κατά μία μονάδα, αυξάνεται το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά 4 μονάδες. Το πιο πιθανό ενδεχόμενο είναι ότι ο οδηγός που δε συμμορφώνεται στα όρια ταχύτητας, δε συμμορφώνεται και στο νόμο απαγόρευσης χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης. Αυτό ίσως να συμβαίνει επειδή υπερεκτιμά τις δυνατότητές του.
- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η **συνολική απόσταση διαδρομής** (distance_total), το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου αυξάνεται κατά 0.032 μονάδες. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι μεγαλύτερες αποστάσεις σημαίνουν περισσότερη ώρα οδήγησης και χρόνο στο δρόμο, άρα μεγαλύτερη ανάγκη για επικοινωνία.
- Η μεταβλητή **μέση επιβράδυνση** (dec_avg) έχει αρνητικό πρόσημο που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση επιβράδυνση που αναπτύσσει ο οδηγός, μειώνεται κατά 1.4 και η χρήση του κινητού τηλεφώνου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει διότι όσο συχνές επιβραδύνσεις πραγματοποιεί ο οδηγός, τόσο σε πιο σύνθετες συνθήκες οδηγεί, έχει μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών να διαχειριστεί και βρίσκεται περισσότερο σε κίνδυνο, οπότε δεν έχει την πολυτέλεια να κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου.

- Η μεταβλητή FAM_WITH_SMARTPHONES και πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί που έχουν αρκετά καλή **εξοικείωση με τις εφαρμογές των smartphones**, επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Όσο αυξάνεται κατά μία μονάδα αυτή η μεταβλητή, αυξάνεται και η εξαρτημένη μεταβλητή κατά 1.2. Αυτό εξηγείται διότι όσο πιο εξοικειωμένος είναι ο οδηγός με το κινητό τηλέφωνο, τόσο μεγαλύτερη σιγουριά νιώθει να το χρησιμοποιήσει ενώ οδηγεί.
- Όσον αφορά στη μεταβλητή MBU, δηλαδή την **κατά δήλωση χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης**, φαίνεται πως οι απαντήσεις των οδηγών στο ερωτηματολόγιο αληθεύουν καθώς όσο πιο σπάνια έχουν απαντήσει ότι χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο, τόσο μειώνεται και η πραγματική χρήση του κινητού τηλέφωνου. Ενώ όσο πιο συχνά, τόσο αυξάνεται και η πραγματική χρήση του κινητού τηλεφώνου αντίστοιχα.

5.4.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 1 – Γενικό

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σημαντικός ο υπολογισμός του βαθμού επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών του παραπάνω μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή αυτή του δείκτη συνολικής επίδοσης. **Ο βαθμός της 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 περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών (Xi).

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

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

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

Όπου,

- βi είναι ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής,
- Xi η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής
- Yi η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής

Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρων τιμών.

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.

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.

Στον παρακάτω 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.

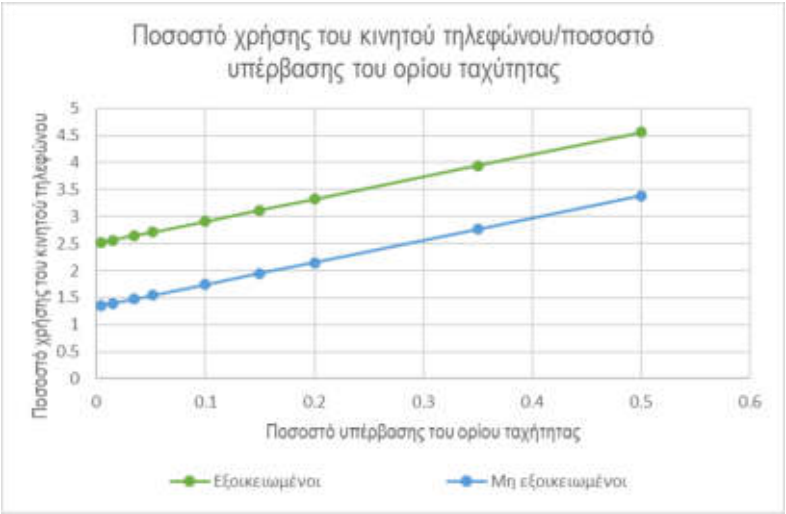
Πίνακας 5.4.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο

Model 1				
mbu				
Variables	**Συντελεστής βi**	**Μέση τιμή Μεταβλητής**	**Ελαστικότητα ei**	**Σχετική Επιρροή ei***
speeding_percentage	4.112	0.049	0.201	1
distance_total	0.032	9.500	0.308	1.532
dec_avg	-1.383	-1.633	2.259	11.239

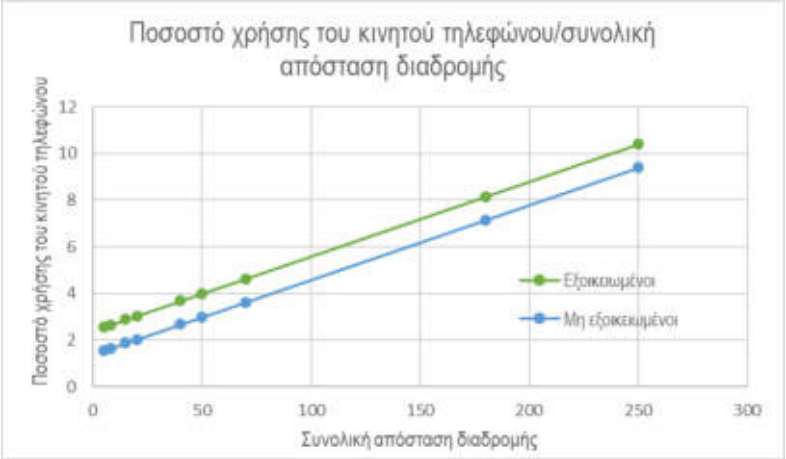
Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο **μοντέλο**, για το δείκτη συνολικής επίδοσης παρατηρείται ότι η **μέση επιβράδυνση** (dec_avg) έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο. Αντίθετα η μεταβλητή **ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** (speeding_percentage) εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Πιο συγκεκριμένα, σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 11,239 φορές λιγότερο. Η επιρροή της μεταβλητής **συνολική απόσταση** (distance_total) 1,532 φορές αντίστοιχα, μεγαλύτερη, κατά απόλυτη τιμή, από την επιρροή της μεταβλητής ποσοστό υπέρβασης ορίου ταχύτητας (speeding percentage).

5.4.5. Ανάλυση Ευαισθησίας

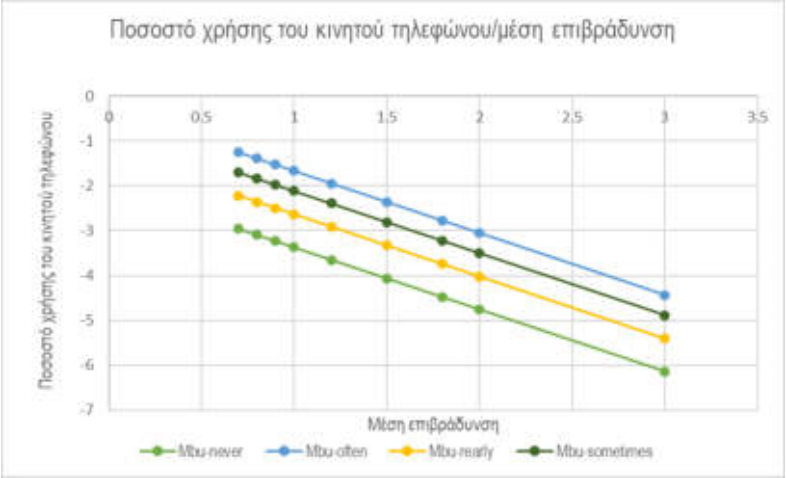
Με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο της παλινδρόμησης Poisson, αναπτύχθηκαν τα διαγράμματα ευαισθησίας. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής, συγκεκριμένα το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου, όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Επειδή όμως οι συνδυασμοί είναι πολλοί είτε λόγω των τιμών που μπορούν να δοθούν στις ανεξάρτητες μεταβλητές είτε λόγω των διαφορετικών απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί συνδυασμοί και κατ' επέκταση πολλά διαφορετικά διαγράμματα. Επομένως για το γενικό αλλά και για τα υπόλοιπα μοντέλα, θα παρουσιαστούν ενδεικτικά διαγράμματα με κάποια ενδιαφέροντα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 5.1.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας και της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο



Διάγραμμα 5.2.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της συνολικής απόστασης διαδρομής και της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο



Διάγραμμα 5.3.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της μέσης επιβράδυνσης, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένων απαντήσεων από το ερωτηματολόγιο

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η εξαρτημένη μεταβλητή παρουσιάζει **μεγαλύτερη ευαισθησία** στην μεταβολή της **συνολικής απόστασης διαδρομής**, αφού η κλίση του διαγράμματος είναι μεγαλύτερη και έχει ανοδική τάση. Επίσης από αυτό το διάγραμμα

διαπιστώνουμε ότι η **εξοικείωση με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου** έχει μικρή επιρροή στο ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου σε συνδυασμό με την απόσταση διαδρομής. Εξίσου αυξητική τάση έχει η συνεχής ανεξάρτητη μεταβλητή του **ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας**, καθώς όσο αυξάνεται αυτή αυξάνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου.

Όσον αφορά τη **μέση επιβράδυνση** εξάγεται ένα λογικό συμπέρασμα, ότι όσο αυξάνεται η μέση επιβράδυνση τόσο μειώνεται το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου. Επιπλέον, συμπεραίνουμε ότι όσο μικρότερη κατά δήλωση χρήση του κινητού τηλεφώνου γίνεται τόσο μειώνεται και το ποσοστό χρήσης του κινητού.

5.5. Μοντέλο 2: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Αυτοκινητόδρομος

5.5.1. Ανάπτυξη Μοντέλου

Μετά από πολλές δοκιμές ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου σε αυτοκινητόδρομο, προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- speed_highway_avg: μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (km/h)
- distance_highway: απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο (km)
- dec_highway: επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- AGGRESSIVE: επιθετικότητα οδηγού

Το συγκεκριμένο μοντέλο κατασκευάστηκε με την μέθοδο παλινδρόμησης Poisson και η μαθηματική σχέση που το περιγράφει είναι:

LOG (mbu_highway) = -1.941 - 0.985 * AGGRESSIVE8 - 0.058 * speed_highway_avg + 0.072 * distance_highway - 9.572 * dec_highway

Τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια:

Πίνακας 5.5.: Περίληψη Μοντέλου 2

Model Summary			
Null deviance	**Residual deviance**	**AIC**	**McFadden**
131.395 on 88 degrees of freedom	87.314 on 84 degrees of freedom	148.93	0.241

Πίνακας 5.6.: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 2

Model 2					
Type of road: mbu_highway					
Coefficients					
Variables	**Estimate**	**Std. Error**	**z value**	**Pr(>|z|)**	
Intercept	-1.941	0.343	-5.661	0.000	***
AGGRESSIVE8	-0.985	0.452	-2.180	0.029	*
speed_highway_avg	-0.058	0.021	-2.832	0.005	**
distance_highway	0.072	0.041	1.753	0.050	*
dec_highway	-9.572	1.635	-5.854	0.000	***

5.5.2. Ποιότητα Μοντέλου

Για το παραπάνω μοντέλο ισχύουν τα εξής:

- Το **επίπεδο σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι μικρότερο από 0,05.
- Ο **δείκτης AIC** έχει μικρή τιμή.
- Ο **συντελεστής McFadden** είναι οριακά αποδεκτός αφού βρίσκεται κοντά στο 0,25.
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά.**

5.5.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου

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

- Για αύξηση της **μέσης ταχύτητας** (speed_highway_avg) κατά την διάρκεια της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο κατά μία μονάδα, μειώνεται το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά 0.058 μονάδες. Το πιο πιθανό ενδεχόμενο είναι ότι όσο μεγαλύτερες ταχύτητες αναπτύσσονται, τόσο πιο δύσκολες είναι οι συνθήκες οδήγησης και περισσότερη συγκέντρωση απαιτείται από τον οδηγό. Επομένως μειώνεται το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου
- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η **απόσταση διαδρομής** (distance_highway) σε αυτοκινητόδρομο, το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου αυξάνεται κατά 0.072 μονάδες. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι μεγαλύτερες αποστάσεις σημαίνουν περισσότερη ώρα οδήγησης και χρόνο στο δρόμο, άρα μεγαλύτερη ανάγκη για επικοινωνία.
- Η μεταβλητή **επιβράδυνση** σε αυτοκινητόδρομο (dec_highway) έχει αρνητικό πρόσημο που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η επιβράδυνση που αναπτύσσει ο οδηγός, μειώνεται κατά 9.572 και η χρήση του κινητού τηλεφώνου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί όσο συχνές επιβραδύνσεις πραγματοποιεί ο οδηγός, τόσο σε πιο σύνθετες συνθήκες οδηγεί, μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών έχει να διαχειριστεί και σε κίνδυνο βρίσκεται, οπότε δεν έχει την πολυτέλεια να κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου.

- Επίσης η επιρροή της **επιθετικότητας** το οδηγού (AGGRESSIVE) στη χρήση του κινητού τηλεφώνου φαίνεται είναι σημαντική, καθώς όσο αυτή αυξάνεται κατά μία μονάδα το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου μειώνεται κατά 0.985 μονάδες. Η εξήγηση είναι ότι όσο πιο επιθετική οδήγηση υιοθετεί ο οδηγός τόσο μεγαλύτερες ταχύτητες αναπτύσσει και περισσότερους ελιγμούς πραγματοποιεί, άρα οι σύνθετες συνθήκες οδήγησης επιβαρύνουν το νοητικό φορτίο και κατά συνέπεια μειώνουν το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης.

5.5.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 2 – Αυτοκινητόδρομος

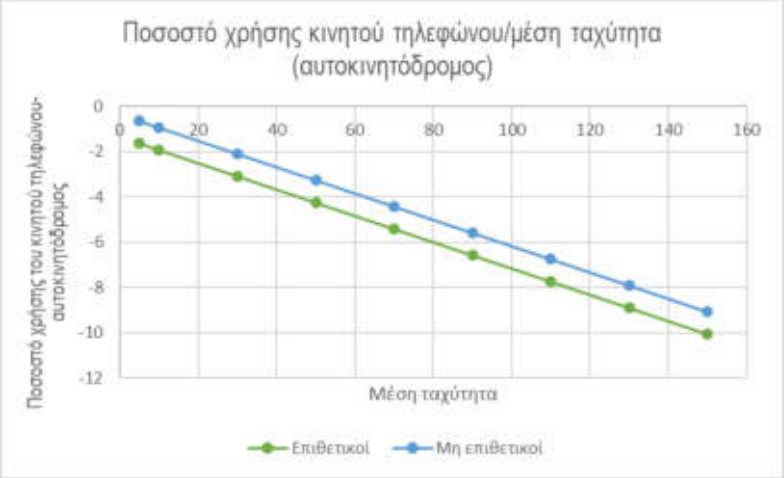
Με βάση την ίδια μεθοδολογία που τονίστηκε προηγουμένως, προκύπτει για το συγκεκριμένο μοντέλο στον παρακάτω πίνακα το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 5.7.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο

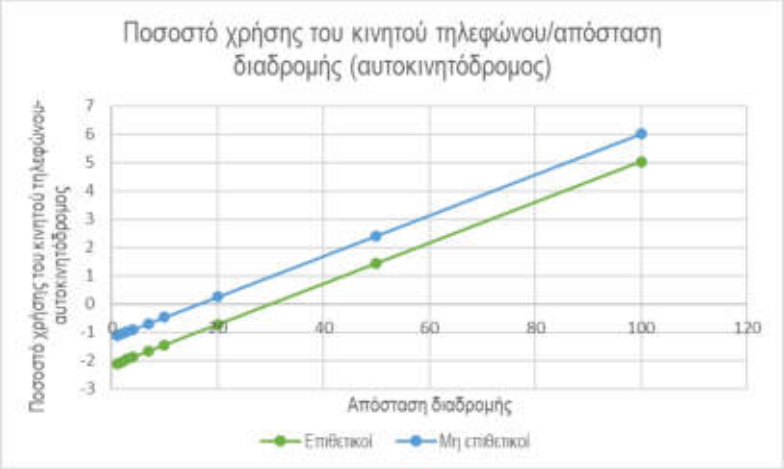
Model 2				
Type of road: HIGHWAY				
Variables	**Συντελεστής βi**	**Μέση τιμή Μεταβλητής**	**Ελαστικότητα ei**	**Σχετική Επιρροή ei***
speed_highway_avg	-0.820	11.341	-9.299	1
distance_highway	79.322	2.139	169.643	-18.243
dec_highway	-0.075	-0.148	0.011	-0.001

Από τις τέσσερις ανεξάρτητες συνεχείς μεταβλητές του μοντέλου, η μεταβλητη **απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο** (distance_highway) παρατηρείται ότι έχει μεγαλύτερη επιρροή συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει 18,243 φορές μεγαλύτερη επιρροή (κατά απόλυτη τιμή), σε σχέση με τη μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (speed_highway_avg), η οποία έχει την μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Επίσης η μεταβλητή **επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο** (dec_highway), είναι 0,001 φορές μεγαλύτερη, κατά απόλυτη τιμή, από την επιρροή της μεταβλητής μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (speed_highway_avg).

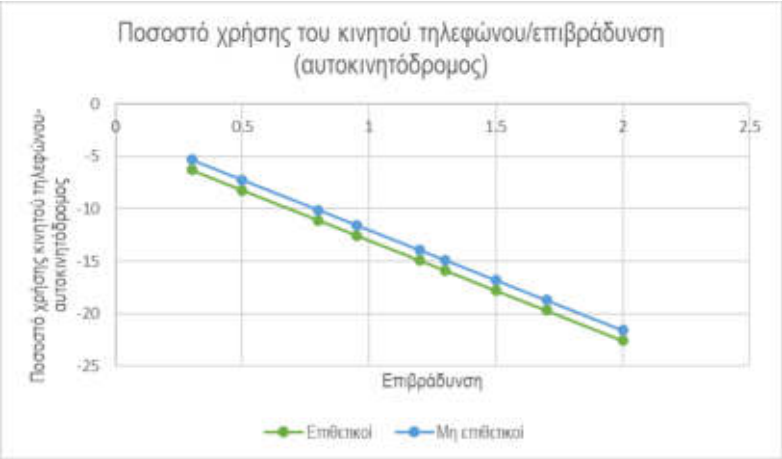
5.5.5. Ανάλυση Ευαισθησίας



Διάγραμμα 5.4.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της μέσης ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο και της επιθετικότητας του οδηγού



Διάγραμμα 5.5.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της απόστασης διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο και της επιθετικότητας του οδηγού



Διάγραμμα 5.6.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της επιβράδυνσης σε αυτοκινητόδρομο και της επιθετικότητας του οδηγού

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η εξαρτημένη μεταβλητή επηρεάζεται από τη **μέση ταχύτητας** σε αυτοκινητόδρομο και το διάγραμμα έχει πτωτική τάση. Επίσης όσο πιο επιθετικά οδηγούν τόσο μικρότερη είναι και το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου. Ίδιο ακριβώς συμπέρασμα προκύπτει και για της **επιβράδυνσης** σε αυτοκινητόδρομο.

Η συνεχής ανεξάρτητη μεταβλητή της **απόστασης διαδρομής** έχει αυξητική τάση καθώς όσο αυξάνεται αυτή αυξάνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου στον αυτοκινητόδρομο. Επιπλέον για τη μεταβλητή αυτή παρατηρείται ότι οι επιθετικοί οδηγοί κάνουν μικρότερη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης.

5.6. Μοντέλο 3: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Αστική Οδός

5.6.1. Ανάπτυξη Μοντέλου

Έπειτα από πολλές δοκιμές ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου σε αστικό οδικό δίκτυο, προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- speeding_urban_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον
- distance_urban: απόσταση διαδρομής σε αστικό περιβάλλον (km)
- dec_urban: επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)
- KM_AVG_DAY: μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών σε χιλιόμετρα
- FAMIL_WITH_SMARTPHONES: εξοικείωση με τις εφαρμογές των Smartphones
- MBU: χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης

Το συγκεκριμένο μοντέλο κατασκευάστηκε με την μέθοδο παλινδρόμησης Poisson και η μαθηματική σχέση που το περιγράφει είναι:

LOG (mbu_urban) = 0.963 -0.355 * KM_AVG_DAY8 + 1.070 * FAMIL_WITH_SMARTPHONES8 -2.532 * MBUNEVER -0.753 * MBUOFTEN - 1.769 * MBUREARLY -1.151 * MBUSMT + 2.841 * speeding_urban_percentage - 0.122 * distance_urban -0.625 * dec_urban

Τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια:

Πίνακας 5.8.: Περίληψη Μοντέλου 3

Model Summary			
Null deviance	**Residual deviance**	**AIC**	**McFadden**
451.77 on 88 degrees of freedom	288.91 on 79 degrees of freedom	527.94	0.253

Πίνακας 5.9: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 3

Μοντέλο 3					
Type of road: mbu_urban					
Coefficients					
Variables	**Estimate**	**Std. Error**	**z value**	**Pr(>|z|)**	
Intercept	0.963	0.787	1.224	0.221	
KM_AVG_DAY8	-0.355	0.121	-2.927	0.003	**
FAMIL_WITH_SMARTPHONES8	1.070	0.509	2.102	0.036	*
MBUNEVER	-2.532	0.393	-6.434	0.000	***
MBUOFTEN	-0.753	0.336	-2.245	0.025	*
MBUREARLY	-1.769	0.334	-5.296	0.000	***
MBUSMT	-1.151	0.327	-3.517	0.000	***
speeding_urban_percentage	2.841	0.778	3.649	0.000	***
distance_urban	-0.122	0.048	-2.55	0.011	*
dec_urban	-0.625	0.282	-2.214	0.027	*

5.6.2. Ποιότητα Μοντέλου

Για το παραπάνω μοντέλο ισχύουν τα εξής:

- Το **επίπεδο σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι μικρότερο από 0,05.
- Ο **δείκτης AIC** έχει μικρή τιμή.
- Ο **συντελεστής McFadden** είναι οριακά αποδεκτός αφού βρίσκεται κοντά στο 0,25.
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά.**

5.6.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου

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

- Για αύξηση του **ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** κατά τη διάρκεια της οδήγησης κατά μία μονάδα, αυξάνεται το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά 2.8 μονάδες Το πιο πιθανό ενδεχόμενο είναι ότι ο οδηγός που δε συμμορφώνεται στα όρια ταχύτητας, δε συμμορφώνεται και στο νόμο απαγόρευσης χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης. Αυτό ίσως να συμβαίνει επειδή υπερεκτιμά τις δυνατότητές του.
- Για κάθε χιλιόμετρο που αυξάνεται η **συνολική απόσταση διαδρομής**, το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου μειώνεται κατά 0.122 μονάδες. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι μεγαλύτερες αποστάσεις σε αστικό περιβάλλον σημαίνουν μεγαλύτερο πλήθος πληροφορίων (π.χ. ελιγμοί, πεζοί, σηματοδότηση, κτλ.) που πρέπει να διαχειριστεί ο οδηγός, άρα μείωση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου.
- Η μεταβλητή dec_urban έχει αρνητικό πρόσημο που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η **επιβράδυνση** που αναπτύσσει ο οδηγός, μειώνεται κατά 0.625 και η χρήση του κινητού τηλεφώνου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί όσο συχνές επιβραδύνσεις πραγματοποιεί ο οδηγός, τόσο σε πιο σύνθετες συνθήκες οδηγεί, μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών έχει να διαχειριστεί και βρίσκεται περισσότερο σε κίνδυνο, οπότε δεν έχει την πολυτέλεια να κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου.

- Επίσης η επιρροή της **κατά δήλωσης απόστασης** που διανύεται στη χρήση του κινητού τηλεφώνου φαίνεται από το κατά δήλωση μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών σε χιλιόμετρα KM_AVG_DAY_8. Πιο συγκεκριμένα, η μεταβλητή KM_AVG_DAY_8 έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με 0.355. Αυτό σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η ημερήσια απόσταση, ειδικότερα για αποστάσεις μεγαλύτερες των 15 χιλιομέτρων, η χρήση του κινητού τηλεφώνου μειώνεται. Η εξήγηση είναι ότι το περιβάλλον οδήγησης είναι πιο περίπλοκο, άρα μειώνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου.
- Η μεταβλητή FAM_WITH_SMARTPHONES και πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί που **κατά δήλωση έχουν αρκετά καλή εξοικείωση με τις εφαρμογές των smartphones**, επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Όσο αυξάνεται κατά μία μονάδα αυτή η μεταβλητή, αυξάνεται και η εξαρτημένη μεταβλητή κατά 1.070. Αυτό εξηγείται διότι όσο πιο εξοικειωμένος είναι ο οδηγός με το κινητό τηλέφωνο, τόσο μεγαλύτερη σιγουριά νιώθει να το χρησιμοποιήσει ενώ οδηγεί.
- Όσον αφορά στη μεταβλητή MBU, δηλαδή την **κατά δήλωση χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης**, φαίνεται πως οι απαντήσεις των οδηγών στο ερωτηματολόγιο αληθεύουν καθώς όσο πιο σπάνια έχουν απαντήσει ότι χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο, τόσο μειώνεται και η πραγματική χρήση του κινητού τηλέφωνου. Ενώ όσο πιο συχνά, τόσο αυξάνεται και η πραγματική χρήση του κινητού τηλεφώνου αντίστοιχα.

5.6.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 3– Αστική Οδός

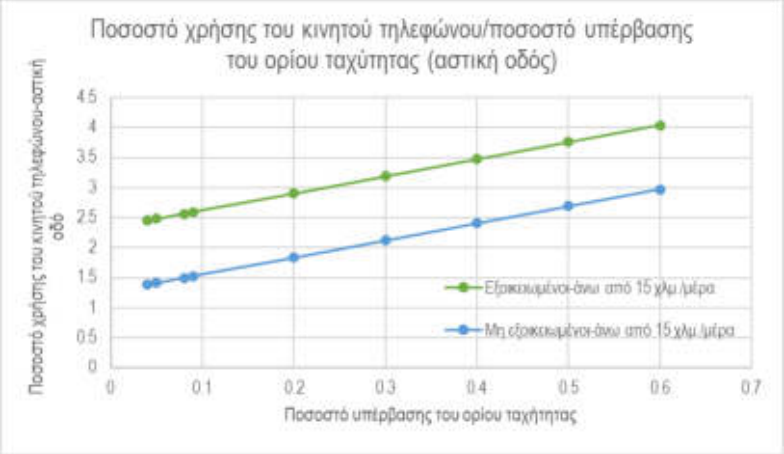
Με βάση την ίδια μεθοδολογία που τονίστηκε προηγουμένως, προκύπτει για το συγκεκριμένο μοντέλο στον παρακάτω πίνακα το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 5.10.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αστική οδό

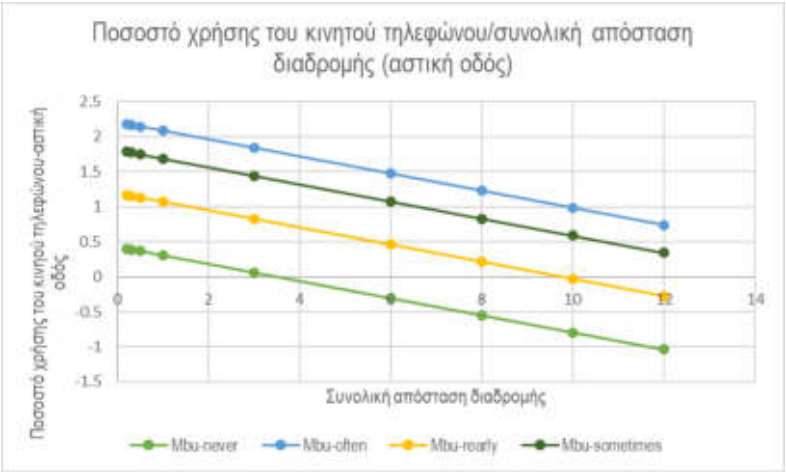
Μοντέλο 3				
Type of road: URBAN				
Variables	**Συντελεστής βi**	**Μέση τιμή Μεταβλητής**	**Ελαστικότητα ei**	**Σχετική Επιρροή ei***
speeding_urban_percentage	2.841	0.078	0.222	1
distance_urban	-0.122	3.276	-0.4	-1.802
dec_urban	-0.625	-1.699	1.062	4.784

Από τις τρεις ανεξάρτητες συνεχείς μεταβλητές του μοντέλου, η μεταβλητή **επιβράδυνση σε αστική οδό** (dec_urban) παρατηρείται ότι έχει μεγαλύτερη επιρροή συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει 4,784 φορές μεγαλύτερη επιρροή, σε σχέση με το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε αστική οδό (speeding_urban_percentage), η οποία έχει την μικρότερη επιρροή στο μοντέλο. Επίσης η μεταβλητή **συνολική απόσταση σε αστική οδό** (distance_urban), είναι 1,802 φορές μεγαλύτερη, κατά απόλυτη τιμή, από την επιρροή της μεταβλητής ποσοστό υπέρβασης ορίου ταχύτητας σε αστική οδό (speeding_urban_percentage).

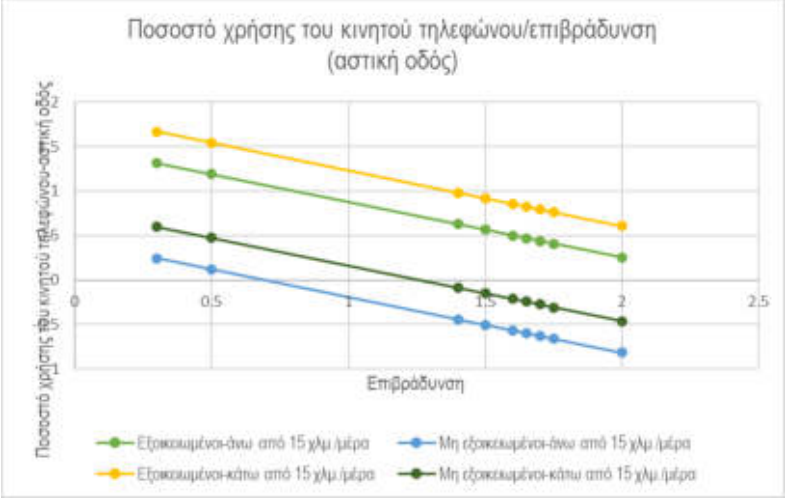
5.6.5. Ανάλυση Ευαισθησίας



Διάγραμμα 5.7.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε αστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και των χλμ./μέρα



Διάγραμμα 5.8.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της συνολικής απόστασης διαδρομής σε αστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένων απαντήσεων από το ερωτηματολόγιο



Διάγραμμα 5.9.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της επιβράδυνσης σε αστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και των χλμ./μέρα

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η εξαρτημένη μεταβλητή επηρεάζεται από το **ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** και εξαρτάται από την εξοικείωση των χρηστών με τα κινητά τηλέφωνα. Η γραμμή έχει αυξητική τάση και προκύπτουν λογικά συμπεράσματα.

Πτωτική τάση έχει και η **επιβράδυνση**, καθώς όσο αυξάνεται η επιβράδυνση τόσο μειώνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου. Στην περίπτωση αυτή η αύξηση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου από τους εξοικειωμένους χρήστες είναι αισθητά μεγαλύτερη, ενώ τα χιλιόμετρα που διανύονται επηρεάζουν λιγότερο.Επίσης η συνεχής ανεξάρτητη μεταβλητή της **συνολικής απόστασης διαδρομής** έχει πτωτική τάση καθώς όσο αυξάνεται αυτή μειώνεται η χρήση του κινητού τηλεφώνου στην αστική οδό. Επιπλέον για τις διάφορες απαντήσεις στο ερώτημα αν κάνουν χρήση του κινητού τηλεφώνου, οι απαντήσεις είναι σύμφωνες με αυτές του ερωτηματολογίου όπως φαίνεται και από τη σειρά των καμπύλων.

5.7. Μοντέλο 4: Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου – Υπεραστική Οδός

5.7.1. Ανάπτυξη Μοντέλου

Έπειτα από πολλές δοκιμές ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου σε υπεραστική οδό, προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή τη χρήση του κινητού τηλεφώνου και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- speeding_rural_percentage: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον
- dec_rural: επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)
- KM_AVG_DAY: μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών σε χιλιόμετρα
- FAMIL_WITH_SMARTPHONES: εξοικείωση με τις εφαρμογές των Smartphones
- MBU: χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης

Το συγκεκριμένο μοντέλο κατασκευάστηκε με την μέθοδο παλινδρόμησης Poisson και η μαθηματική σχέση που το περιγράφει είναι:

LOG (mbu_rural) = -0.411 -0.497 * KM_AVG_DAY8 + 1.376 * FAMIL_WITH_SMARTPHONES8 -2.556 * MBUNEVER -0.558 * MBUOFTEN - 1.746 * MBUREARLY -1.089 * MBUSMT + 7.358 * speeding_rural_percentage – 1.182 * dec_rural

Τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια:

Πίνακας 5.11.: Περίληψη Μοντέλου 4

Model Summary			
Null deviance	**Residual deviance**	**AIC**	**McFadden**
415.39 on 88 degrees of freedom	216.09 on 80 degrees of freedom	438.61	0.321

Πίνακας 5.12.: Μεταβλητές στην εξίσωση Μοντέλου 4

Μοντέλο 4					
Type of road: mbu_rural					
Coefficients					
Variables	**Estimate**	**Std. Error**	**z value**	**Pr(>|z|)**	
Intercept	-0.411	0.793	-0.518	0.605	
KM_AVG_DAY8	-0.497	0.129	-3.86	0.000	***
FAMIL_WITH_SMARTPHONES8	1.376	0.589	2.337	0.019	*
MBUNEVER	-2.556	0.449	-5.696	0.000	***
MBUOFTEN	-0.558	0.348	-1.601	0.011	*
MBUREARLY	-1.746	0.353	-4.951	0.000	***
MBUSMT	-1.089	0.342	-3.185	0.001	**
speeding_rural_percentage	7.358	1.459	5.045	0.000	***
dec_rural	-1.182	0.269	-4.398	0.000	***

5.7.2. Ποιότητα Μοντέλου

Για το παραπάνω μοντέλο ισχύουν τα εξής:

- Το **επίπεδο σημαντικότητας** των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι μικρότερο από 0,05.
- Ο **δείκτης AIC** έχει μικρή τιμή.
- Ο **συντελεστής McFadden** είναι οριακά αποδεκτός αφού βρίσκεται κοντά στο 0,25.
- Οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο μοντέλο και τα πρόσημά τους εξηγούνται **λογικά.**

5.7.3. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων Μοντέλου

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

- Για αύξηση του **ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** κατά την διάρκεια της οδήγησης κατά μία μονάδα, αυξάνεται το ποσοστό χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά 7.35 μονάδες. Το πιο πιθανό ενδεχόμενο είναι ότι ο οδηγός που δε συμμορφώνεται στα όρια ταχύτητας, δε συμμορφώνεται και στο νόμο απαγόρευσης χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης. Αυτό ίσως να συμβαίνει επειδή υπερεκτιμά τις δυνατότητές του.
- Η μεταβλητή dec_rural έχει αρνητικό πρόσημο που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η **επιβράδυνση** που αναπτύσσει ο οδηγός, μειώνεται κατά 1.2 και η χρήση του κινητού τηλεφώνου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί όσο συχνές επιβραδύνσεις πραγματοποιεί ο οδηγός, τόσο σε πιο σύνθετες συνθήκες οδηγεί, μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών έχει να διαχειριστεί και σε κίνδυνο βρίσκεται, οπότε δεν έχει την πολυτέλεια να κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου.

- Επίσης η επιρροή της **κατά δήλωσης απόστασης που διανύεται** στη χρήση του κινητού τηλεφώνου φαίνεται από το κατά δήλωση μέσο ημερήσιο μήκος διαδρομών σε χιλιόμετρα (KM_AVG_DAY_8). Πιο συγκεκριμένα, η μεταβλητή KM_AVG_DAY_8 έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με 0.497. Αυτό σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η κατά δήλωση ημερήσια απόσταση, ειδικότερα για αποστάσεις μεγαλύτερες των 15 χιλιομέτρων, η χρήση του κινητού τηλεφώνου μειώνεται. Η εξήγηση είναι ότι το περιβάλλον οδήγησης είναι πιο περίπλοκο, άρα μειώνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου.
- Η μεταβλητή **κατά δήλωση εξοικείωση με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου** (FAM_WITH_SMARTPHONES) και πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί που έχουν αρκετά καλή εξοικείωση με τις εφαρμογές των smartphones, επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Όσο αυξάνεται κατά μία μονάδα αυτή η μεταβλητή, αυξάνεται και η εξαρτημένη μεταβλητή κατά 1.4. Αυτό εξηγείται διότι όσο πιο εξοικειωμένος είναι ο οδηγός με το κινητό τηλέφωνο, τόσο μεγαλύτερη σιγουριά νιώθει να το χρησιμοποιήσει ενώ οδηγεί.
- Όσον αφορά στη μεταβλητή MBU, δηλαδή την **κατά δήλωση χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης**, φαίνεται πως οι απαντήσεις των οδηγών στο ερωτηματολόγιο αληθεύουν καθώς όσο πιο σπάνια έχουν απαντήσει ότι χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο, τόσο μειώνεται και η πραγματική χρήση του κινητού τηλέφωνου. Ενώ όσο πιο συχνά, τόσο αυξάνεται και η πραγματική χρήση του κινητού τηλεφώνου αντίστοιχα.

5.7.4. Σχετική Επιρροή Μεταβλητών στο Μοντέλο 4 – Υπεραστική Οδός

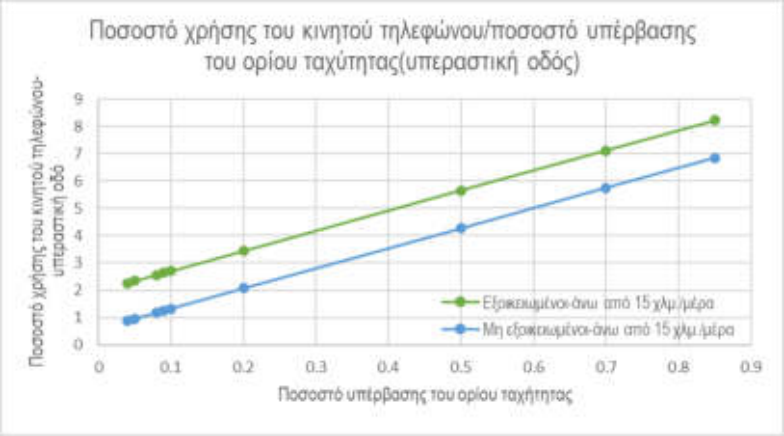
Με βάση την ίδια μεθοδολογία που τονίστηκε προηγουμένως, προκύπτει για το συγκεκριμένο μοντέλο στον παρακάτω πίνακα το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη ei* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 5.13.: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για υπεραστική οδό

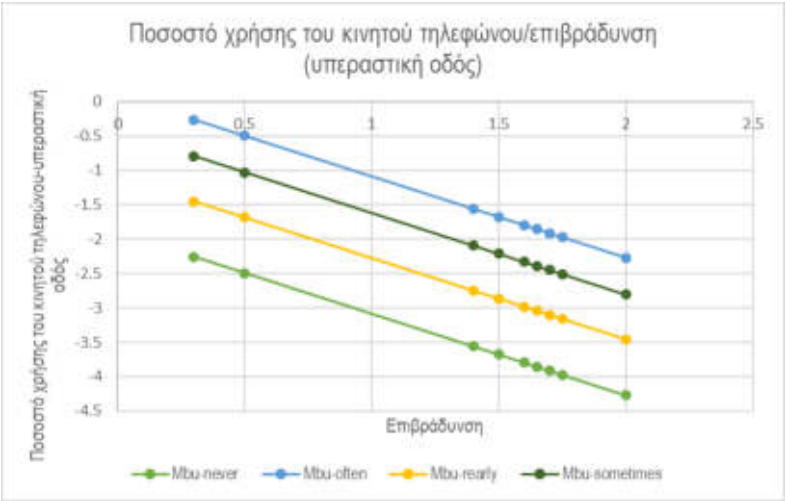
Μοντέλο 4				
Type of road: RURAL				
Variables	**Συντελεστής βi**	**Μέση τιμή Μεταβλητής**	**Ελαστικότητα ei**	**Σχετική Επιρροή ei***
speeding_rural_percentage	7.358	0.025	0.181	1
dec_rural	-1.182	-1.273	1.505	8.315

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο **μοντέλο**, για το δείκτη επίδοσης παρατηρείται ότι η **επιβράδυνση σε υπεραστική οδό** (dec_rural) έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει 8,315 φορές μεγαλύτερη επιρροή, σε σχέση με το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε υπεραστική οδό (speeding_rural_percentage), η οποία έχει την μικρότερη επιρροή στο μοντέλο με τιμή 1.

5.7.5. Ανάλυση Ευαισθησίας



Διάγραμμα 5.10.: Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας σε υπεραστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και των χλμ./μέρα



Διάγραμμα 5.11.:Μεταβολή του ποσοστού χρήσης του κινητού τηλεφώνου συναρτήσει της επιβράδυνσης σε υπεραστική οδό, της εξοικείωσης με το κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένων απαντήσεων από το ερωτηματολόγιο

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η εξαρτημένη μεταβλητή επηρεάζεται από το **ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτ**ητας και εξαρτάται από την εξοικείωση των χρηστών με τα κινητά τηλέφωνα. Η γραμμή έχει αυξητική τάση και προκύπτουν λογικά συμπεράσματα. Πτωτική τάση έχει και **επιβράδυνση**, καθώς όσο αυξάνεται η επιβράδυνση τόσο μειώνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου. Επιπλέον για τις διάφορες απαντήσεις στο ερώτημα αν κάνουν χρήση του κινητού τηλεφώνου, οι απαντήσεις είναι σύμφωνες με αυτές του ερωτηματολογίου όπως φαίνεται και από τη σειρά των καμπύλων.

6. Συμπεράσματα

6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε ο προσδιορισμός των **κρίσιμων παραγόντων επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση με χρήση δεδομένων από έξυπνα κινητά τηλέφωνα.** Ειδικότερα, επιδιώκεται να βρεθούν ποια χαρακτηριστικά της οδήγησης, που καταγράφηκαν από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων, μπορούν να προβλέψουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Επιπλέον, εξετάστηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης στου διάφορους τύπους οδού (αστική οδός, υπεραστική οδός, αυτοκινητόδρομος).

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν, αντλήθηκαν από την εφαρμογή της εταιρείας **OSeven** που είχαν καταγραφεί από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones). Δημιουργήθηκαν δύο ομάδες δεδομένων. Η πρώτη ομάδα δεδομένων αφορούσε στον τρόπο οδήγησης περισσότερων από διακοσίων (200) οδηγών, οι οποίοι πραγματοποίησαν χιλιάδες διαδρομές (49.019 συμβάντα) σε διάστημα έξι μηνών και σε όλους τους τύπους οδού. Για κάθε διαδρομή μετρήθηκαν διάφορα **κυκλοφοριακά μεγέθη**, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, το ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου και άλλα. Η δεύτερη ομάδα δεδομένων αποτελείται από ένα αναλυτικό ερωτηματολόγιο που είχε ερωτήσεις που αφορούσαν τον τρόπο οδήγησης, τη συμπεριφορά των οδηγών, καθώς και δημογραφικά χαρακτηριστικά τους και απαντήθηκε από 100 από τους παραπάνω οδηγούς. Τελικώς, για την ανάλυση διατηρήθηκαν τα δεδομένα των οδηγών που έκαναν περισσότερες από 10 διαδρομές και είχαν απαντήσει στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (89 οδηγοί).

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν, με τη μέθοδο της παλινδρόμησης Poisson, τέσσερα μαθηματικά μοντέλα, εκ των οποίων το γενικό μοντέλο αφορά στους κρίσιμους παράγοντες επιρροής της χρήσης του κινητού τηλεφώνου από τον τύπο της οδού ενώ τα άλλα τρία αφορούν τους κρίσιμους παράγοντες επιρροής της χρήσης του κινητού τηλεφώνου για αστικό, υπεραστικό περιβάλλον και για αυτοκινητόδρομο. Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1.: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων

Μοντέλα Πρόβλεψης των Κρίσιμων Παραγόντων Επιρροής της Χρήσης του Κινητού Τηλεφώνου																
	Γενικό Μοντέλο				Μοντέλο σε Αστική Οδό				Μοντέλο σε Υπεραστική Οδό				Μοντέο σε Αυτοκινητόδρομο			
Ανεξάρτητες μεταβλητές	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*	βi	Μέση τιμή	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei*
Intercept	-1.223	-	-	-	0.963	-	-	-	-0.411	-	-	-	-1.941	-	-	-
speeding_percentage	4.112	0.049	0.201	1	2.841	0.078	0.222	1	7.358	0.025	0.181	1	-	-	-	-
distance_total	0.032	9.500	0.308	1.532	-0.122	3.276	-0.4	-1.802	-	-	-	-	79.322	2.139	169.643	-18.243
dec_avg	-1.383	-1.633	2.259	11.239	-0.625	-1.699	1.062	4.784	-1.182	-1.273	1.505	8.315	-0.075	-0.148	0.011	-0.001
speed_avg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.820	11.341	-9.299	1
KM_AVG_DAY8	-	-	-	-	-0.355	-	-	-	-0.497	-	-	-	-	-	-	-
FAMIL_WITH_SMARTPHONES8	1.172	-	-	-	1.070	-	-	-	1.376	-	-	-	-	-	-	-
MBUNEVER	-2.433	-	-	-	-2.532	-	-	-	-2.556	-	-	-	-	-	-	-
MBUOFTEN	-0.729	-	-	-	-0.753	-	-	-	-0.558	-	-	-	-	-	-	-
MBUREARLY	-1.697	-	-	-	-1.769	-	-	-	-1.746	-	-	-	-	-	-	-
MBUSMT	-1.178	-	-	-	-1.151	-	-	-	-1.089	-	-	-	-	-	-	-
AGGRESSIVE8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.985	-	-	-
AIC	527.08				527.94				438.61				148.93			
McFadden	0.258				0.253				0.321				0.241			

6.2. Συνολικά Συμπεράσματα

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

- **Οι οδηγοί που πραγματοποιούν συχνές επιβραδύνσεις είναι εκείνοι που κάνουν σπανιότερη χρήση του κινητού τους τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης**. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο οδηγός βρίσκεται σε πιο σύνθετες συνθήκες οδήγησης, έχει μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών να διαχειριστεί και βρίσκεται περισσότερο σε κίνδυνο, οπότε δεν έχει την πολυτέλεια να κάνει χρήση του κινητού τηλεφώνου. Η επιρροή της παραμέτρου αυτής είναι όμοια σε όλους τους τύπους οδού.
- **Οι οδηγοί που δε συμμορφώνονται στα όρια ταχυτήτων είναι εκείνοι που δε συμμορφώνονται και στην απαγόρευση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου ενώ οδηγούν**. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην υπερεκτίμηση των δυνατοτήτων τους και ίσως στην εξοικείωσή τους με το οδικό περιβάλλον (αστικό, υπεραστικό). Η μεταβλητή αυτή επηρεάζει όλα τα μοντέλα εκτός από εκείνο του αυτοκινητοδρόμου, όπου εκεί τα όρια ταχυτήτων είναι αρκετά αυξημένα οπότε δεν υπερβαίνονται εύκολα.
- **Οι οδηγοί που διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις είναι και εκείνοι που κάνουν περισσότερη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης**. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι μεγαλύτερες αποστάσεις σημαίνουν περισσότερη ώρα οδήγησης και χρόνο στο δρόμο, άρα μεγαλύτερη ανάγκη για επικοινωνία. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται στο σύνολο των οδών και στους αυτοκινητοδρόμους, ενώ αντίθετα στην αστική οδό μειώνεται η χρήση του κινητού λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών (π.χ. ελιγμοί, πεζοί, φανάρια κτλ.).
- **Η αύξηση των ταχυτήτων οδήγησης λειτουργεί ανασταλτικά στη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης.** Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται στον αυτοκινητόδρομο όπου οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι αισθητά υψηλότερες από τους υπόλοιπους τύπους οδού (αστική, υπεραστική). Το πιο πιθανό ενδεχόμενο είναι ότι όσο μεγαλύτερες ταχύτητες αναπτύσσονται, τόσο πιο δύσκολες είναι οι συνθήκες οδήγησης και περισσότερη συγκέντρωση απαιτείται από τον οδηγό.

- **Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο για τη συχνότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης εξάγουν συμπεράσματα** που συμβαδίζουν με τη διεθνή βιβλιογραφία. Επιπλέον, αφορούν σε όλους τους τύπους οδού εκτός από τους αυτοκινητόδρομους.
- **Οι κατά δήλωση εξοικειωμένοι οδηγοί με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, νιώθουν μεγαλύτερη άνεση και σιγουριά για να κάνουν χρήση του κινητού τους τηλεφώνου ενώ οδηγούν**. Η εξοικείωση των οδηγών με τα κινητά τηλέφωνα αποτυπώνεται σε όλους τους τύπους οδού εκτός από τον αυτοκινητόδρομο, όπου οι υψηλές ταχύτητες και το σύνθετο περιβάλλον οδήγησης δεν ευνοούν τη χρήση του.
- **Όσο αυξάνεται ο κατά δήλωση αριθμός χιλιομέτρων που διανύεται καθημερινά τόσο μειώνεται και η χρήση του κινητού τηλεφώνου σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον**. Αυτό εξηγείται από τον μεγάλου όγκου πληροφοριών (π.χ. ελιγμοί, πεζοί, φανάρια κτλ.) και την μικρότερη εξοικείωση με το οδικό περιβάλλον, για τον αστικό και τον υπεραστικό τύπο οδού αντίστοιχα.

- **Οι κατά δήλωση επιθετικοί οδηγοί είναι εκείνοι που εμφανίζεται να κάνουν λιγότερη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης.** Αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες, πραγματοποιούν περισσότερους ελιγμούς και απότομες επιταχύνσεις, επομένως υιοθετούν έναν πιο σύνθετο τρόπο οδήγησης. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι άμεσα συνδεδεμένα με την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο για αυτό και επηρεάζεται μόνο το αντίστοιχο μοντέλο.

- **Το οδικό περιβάλλον του αυτοκινητοδρόμου φαίνεται πως παρουσιάζει ιδιαίτερη «συμπεριφορά» σε σχέση με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου**, για αυτό και οι μεταβλητές που το επηρεάζουν είναι διαφορετικές σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τύπους οδικού δικτύου.
- Τα **κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά** έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στα μοντέλα και είναι στατιστικά σημαντικότερα σε σχέση με τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου, γιατί αφορούν πραγματικές και όχι κατά δήλωση συνθήκες οδήγησης.
- Τέλος από την εκπόνηση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, 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 τη **χρήση του κινητού τηλεφώνου** κατά τη διάρκεια οδήγησης αλλά και για τη γενικότερη κυκλοφοριακή συμπεριφορά των οδηγών.

6.3. Προτάσεις για Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας

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

- Με την **αυστηρότερη και συχνότερη αστυνόμευση** θα καταστεί δυνατός ο περιορισμός της χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση και θα δημιουργηθούν ασφαλέστερες συνθήκες οδήγησης στους δρόμους τόσο για τους υπόλοιπους οδηγούς (ΙΧ, μοτοσικλετών, ποδηλάτων) όσο και για τους πεζούς. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν από τους φορείς αστυνόμευσης για την ανίχνευση της χρήσης του κινητού μέσα από την παρατήρηση διαφόρων οδηγικών μεγεθών.
- Απαιτείται ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης, μέσω **εκστρατειών ενημέρωσης** σε όλα τα μέσα ενημέρωσης και κυρίως στο διαδίκτυο που είναι το μέσο επικοινωνίας των νέων, ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της νοοτροπίας των οδηγών και να αναδειχθούν οι κίνδυνοι που εγκυμονεί η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση.
- 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 χρήσης του κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση.
- Οι ασφαλιστικές εταιρίες θα μπορούσαν να **επιβραβεύουν** τους οδηγούς που δεν οδηγούν επιθετικά και δεν εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα, με **μειωμένα ασφάλιστρα**. Αυτή η τακτική ενδεχομένως θα δώσει οικονομικό κίνητρο σε όλους τους οδηγούς με στόχο τη μείωση της απόσπασης προσοχής και την πιο προσεκτική οδήγηση.

6.4. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

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

- Η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών σε **μεγαλύτερο δείγμα** οδηγών και επομένως διαδρομών. 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.
- Όσον αφορά στη μεθοδολογία ανάλυσης ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η εφαρμογή **διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, όπως η ανάλυση όπως η ανάλυση με χρονοσειρές ή η ανάλυση ομαδοποίησης και η ανάλυση παραγόντων με σκοπό την ομαδοποίηση των οδηγών ανάλογα με τη συμπεριφορά τους.
- Ενδιαφέρον, επίσης, θα ήταν και έρευνες αντίστοιχες της παρούσας, οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε **διαφορετικές συνθήκες** κυκλοφορίας και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα σε οδούς με υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία, σε συνθήκες ημέρας/νύχτας, με διαφορετικά καιρικά φαινόμενα.
- Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια αντίστοιχη διερεύνηση για τους **οδηγούς μοτοσικλετών** για τους οποίους μάλιστα ο κίνδυνος από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου είναι πολλαπλάσιος καθώς αποτελούν πιο ευάλωτους χρήστες της οδού σε σχέση με τους οδηγούς Ι.Χ., αφού πραγματοποιούν περισσότερους ελιγμούς και τείνουν να κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες.
- Τέλος, 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.

7. Βιβλιογραφία

1. Panagiotis Papantoniou, (2017). Πολύ-επίπεδη ανάλυση οδηγικής συμπεριφοράς με έμφαση στη χρήση κινητού τηλεφώνου με δεδομένα πειράματος σε προσομοιωτή οδήγησης,
2. Xiaomeng Li, Oscar Oviedo -Trespalacios, Andry Rakotonirainy, (2020). Drivers' gap acceptance behaviours at intersections: A driving simulator study to understand the impact of mobile phone visual-manual interactions, Accident Analysis & Prevention, Volume 138, https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105486
3. Pushpa Choudhary, Nagendra R Velaga, (2017). Mobile phone use during driving: Effects on speed and effectiveness of driver compensatory behaviour, Accident Analysis & Prevention, Volume 106, Pages 370-378, https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.06.021
4. Eleonora Papadimitriou, Anastasia Argyropoulou, Dimitrios I.Tselentis, George Yannis, (2019). Analysis of driver behaviour through smartphone data: The case of mobile phone use while driving, Safety Science, Volume 119, Pages 91-97, https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.05.059
5. Oscar Oviedo-Trespalacios, Md. Mazharul Haque, Mark King, Sebastien Demmel, (2018). Driving behaviour while self-regulating mobile phone interactions: A human-machine system approach, Accident Analysis & Prevention, Volume 118, Pages 253-262, https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.020
6. Md. Mazharul Haque, SimonWashington, (2015). The impact of mobile phone distraction on the braking behaviour of young drivers: A hazard-based duration model, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 50, Pages 13-27, https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.07.011
7. Long T. Truong, Hang T.T. Nguyen, (2019). Mobile phone related crashes among motorcycle taxi drivers, Accident Analysis & Prevention, Volume 132, Pages 105-288, https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105288
8. Agathe Backer-Grøndahl, Fridulv Sagberg, (2011). Driving and telephoning: Relative accident risk when using hand-held and hands-free mobile phones, Safety Science, Volume 49, Pages 324-330, https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.09.009
9. Carlo Giacomo Prato, Tomer Toledo, Tsippy Lotan, Orit Taubman - Ben - Ari, (2010). Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure, Accident Analysis & Prevention, Volume 42, Pages 480-486, https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.09.011
10. Rosolino Vaiana, Teresa Iuele, Vittorio Astarita, Maria Vittoria Caruso, (2014). Driving Behavior and Traffic Safety: An Acceleration-Based Safety Evaluation Procedure for Smartphones, Accident Analysis & Prevention, Volume 144, Pages 105-657, https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105657
11. Dimitrios I. Tselentis, George Yannis, Eleni I. Vlahogianni, (2017). Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges, Accident Analysis & Prevention, Volume 98, Pages 139-148, https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.10.006
12. Tohru Ohta, Shouji Nakajima, (1994). Development of a driving data recorder, JSAE Review, Volume 15, Pages 255-258, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0389430494900469
13. OSeven Telematics, (2019), https://www.oseven.io
14. World Health Organization, (2019), https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries
15. European Commission, Annual Accident Report. European Commission, Directorate General for Transport, (2019), https://ec.europa.eu/transport/media/news/2020-06-11-road-safety-statistics-2019_el
16. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, (2019),

    https://www.nrso.ntua.gr

https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-cp329.pdf

https://www.nrso.ntua.gr/road-fatalities-per-million-population-european-union2009-2018/

https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-cp391.pdf

17. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, (2019) http://www.statistics.gr/statistics/-/publication/SDT03/
18. Λογαριθμική Κανονική Παλινδρόμηση (log- linear regression) https://methods.sagepub.com/book/learning-statistics-using-r/i2891.xml
19. Κατανομή και Παλινδρόμηση Poisson (Poisson regression) https://towardsdatascience.com/the-poisson-distribution-and-poisson-process-explained-4e2cb17d459
20. Ελληνική Αστυνομία, http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=81882&Itemid=73&lang=
21. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας (1994) "Οδική Ασφάλεια." Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
22. Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. Εισαγωγή στη θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική. Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1990.
23. Douglas Lind, William Marchal, Samuel Wathen, “Statistical Techniques in Business and Economics”, Seventeenth Edition, 2018