



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΜΗ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΠΟΣΠΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΛΕΥΚΕΤΗ

Επιβλέπουσα : Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια της σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την εμπιστοσύνη της και την άψογη συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδια της. Επίσης, θα ήθελα να την ευχαριστήσω για τη σωστή καθοδήγηση αλλά και τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Ι. Γκόλια, Πρύτανη ΕΜΠ και Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και κ. Γ. Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους και για τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στη σχολή.

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, Διδάκτορα ΕΜΠ, για τις παρατηρήσεις και τις συμβουλές του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξη και την συμπαράστασή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

Λευκέτη Παπαχριστοπούλου

Διερεύνηση Οδηγικής Συμπεριφοράς κατά την Εμφάνιση Μη αναμενόμενων Συμβάντων Σε Συνθήκες Απόσπασης Προσοχής

ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ΛΕΥΚΕΤΗ

Επιβλέπουσα : Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Η απόσπαση της προσοχής κατά την οδήγηση ευθύνεται για μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο. Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η ανάλυση της επιρροής των χαρακτηριστικών των οδηγών και του οδικού περιβάλλοντος στη συμπεριφορά και στις αντιδράσεις των οδηγών σε συνθήκες απόσπασης προσοχής, κατά την εμφάνιση ενός μη αναμενόμενου συμβάντος. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, αναπτύχθηκαν δύο μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, που αποσκοπούσαν στον προσδιορισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά. Διαπιστώθηκε ότι η συμπεριφορά των οδηγών επηρεάζεται από την ηλικία, την οδηγική εμπειρία, τον τύπο απόσπασης της προσοχής, τη στάθμη του κυκλοφοριακού φόρτου και τη θέση του οχήματος στη λωρίδα. Το φύλο και το μορφωτικό επίπεδο δεν επηρεάζουν τη συμπεριφορά τους.

Λέξεις κλειδιά: Οδηγική συμπεριφορά, μη αναμενόμενο συμβάν, απόσπαση προσοχής, κινητό τηλέφωνο, οδική ασφάλεια

Modeling of Distracted Driving Behavior at the Emergence of Unexpected Events

PAPACHRISTOPOULOU LEFKETI

Supervisor: Eleni Vlahogianni, Assistant Professor N.T.U.A.

Abstract

Distracted driving is a primary cause of road accidents and road-related injuries. This Diploma Thesis aims to analyze the influence of the drivers' characteristics and the road environment on the drivers' behavior and their reaction upon an unexpected event under conditions of distracted driving. To achieve this goal, two multiple linear regression models were used to determine the factors that influence driver's behavior. Findings indicate that the drivers' age, driving experience, the type of distracting activity, the traffic load, and the position of the vehicle in the lane are determinants of their driving behaviour. On the contrary, other factors such as gender or educational level have not been found significant.

Key-words: driving behavior, unexpected incident, distracted driving, cell phone, road safety

Εκτενής Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η ανάλυση της επιρροής των χαρακτηριστικών των οδηγών και του οδικού περιβάλλοντος στη συμπεριφορά και στις αντιδράσεις των οδηγών σε συνθήκες απόσπασης προσοχής, κατά την εμφάνιση ενός μη αναμενόμενου συμβάντος. Πιο συγκεκριμένα, έγινε προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά και ποσοτικοποιήθηκε η επιρροή αυτή. Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν χαρακτηριστικά του οδηγού, αλλά και χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου. Ακόμα, εξετάστηκαν διαφορετικοί τύποι απόσπασης της προσοχής, όπως χρήση κινητού τηλεφώνου και συνομιλία με συνεπιβάτη.

Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης μεθοδολογικής προσέγγισης διεξήχθη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών με το αντικείμενο, σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για τις ανάγκες της Εργασίας, ώστε να δημιουργηθεί η σχετική βάση δεδομένων. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από τη διεξαγωγή πειράματος στον προσομοιωτή που βρίσκεται στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ο σχεδιασμός των διαδρομών του πειράματος έγινε για διαφορετικά οδικά περιβάλλοντα και διαφορετικούς τύπους απόσπασης της προσοχής του οδηγού, μελετώντας όλους τους πιθανούς συνδυασμούς. Στο πείραμα συμμετείχαν 95 οδηγοί, οι οποίοι οδήγησαν υπό διαφορετικές συνθήκες απόσπασης της προσοχής (κινητό τηλέφωνο, συνομιλία με συνεπιβάτη), εντός ή εκτός κατοικημένης περιοχής σε χαμηλό ή υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Επιπλέον, συμπληρώθηκαν ερωτηματολόγια, τα οποία παρείχαν στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στο πείραμα, όπως το φύλο, το μορφωτικό επίπεδο, η ηλικία και η εμπειρία των οδηγών.

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε η επεξεργασία τους προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη μεθοδολογία, αλλά και η κωδικοποίησή τους, ώστε να εισαχθούν στο στατιστικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R.

Για τη στατιστική ανάλυση αναπτύχθηκαν πρότυπα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για να προσδιοριστούν τα γενικά γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης, ενώ έγιναν και έλεγχοι για την αποδοχή των μοντέλων και την εξάλειψη στατιστικού λάθους. Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα περιλαμβάνουν περισσότερες από μια μετρήσεις για κάθε συμμετέχοντα, αναπτύχθηκε το γενικό μεικτό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης στο οποίο έχει ληφθεί υπόψιν ο αύξων αριθμός κάθε συμμετέχοντα.

Αρχικά, αναπτύχθηκε το μοντέλο με εξαρτημένη μεταβλητή τη μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, και ανεξάρτητες μεταβλητές τη νεαρή ηλικία, την εμπειρία, το χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και την πλευρική θέση του οχήματος στη λωρίδα κυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκε η επιρροή των μεταβλητών αυτών στη μεταβολή της ταχύτητας και, κατά προέκταση, στην οδηγική συμπεριφορά και στην αντίδραση των οδηγών σε κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν, σε ό,τι αφορά στην ταχύτητα του οχήματός τους. Μεγαλύτερη επιρροή στο συγκεκριμένο στατιστικό μοντέλο ασκεί η μεταβλητή του χαμηλού φόρτου κυκλοφορίας, καθώς σε συνθήκες χαμηλού φόρτου είναι δυνατό να αναπτυχθούν μεγαλύτερες ταχύτητες πριν το συμβάν και έτσι η μεταβολή της ταχύτητας να έχει μεγαλύτερο εύρος.

Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε το μοντέλο που έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τη μεταβολή των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος στη λωρίδα. Ανεξάρτητες μεταβλητές του είναι η απόσπαση της προσοχής του οδηγού με τη χρήση κινητού τηλεφώνου, η μη απόσπαση της προσοχής του οδηγού, η νεαρή ηλικία του. Η μεταβολή που εμφανίζει η ταχύτητα του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν αποτελεί επίσης ανεξάρτητη μεταβλητή που δημιουργεί το μοντέλο και μάλιστα, είναι η πλέον στατιστικά σημαντική.

Σημειώνεται πως η επιλογή των στατιστικών μοντέλων έγινε έπειτα από αρκετές δοκιμές συνδυασμών ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, ώστε να εξαχθούν μοντέλα των οποίων η ανάλυση θα οδηγούσε σε χρήσιμα και ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Η αναλύσεις που διεξήχθησαν οδήγησαν σε μια σειρά από γενικά συμπεράσματα τα οποία συνοψίζονται παρακάτω.

Η επιλογή της ανάλυσης των δεδομένων για 15 δευτερόλεπτα πριν και 15 δευτερόλεπτα μετά το μη αναμενόμενο συμβάν κρίθηκε επαρκής για τη μελέτη, καθώς αποτυπώνει ικανοποιητικά την οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων στο πείραμα.

Τα στατιστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν είναι κατάλληλα για τις συγκεκριμένες αναλύσεις. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση για τις μεταβλητές, για να προσδιοριστεί η επίδραση της καθεμίας στα στατιστικά μοντέλα. Και στις δύο περιπτώσεις στατιστικών μοντέλων, επειδή υπήρχαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για τον κάθε οδηγό, αναπτύχθηκαν Μεικτά γραμμικά μοντέλα.

Από την διερεύνηση των παραμέτρων που προσδιορίζουν την οδηγική συμπεριφορά, προκύπτει ότι οι μεταβλητές που δημιουργούν τα γραμμικά μοντέλα θα πρέπει να είναι από διαφορετικές οικογένειες μεταβλητών και όχι

από την ίδια, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα η εξαρτώμενη μεταβλητή να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος.

Οι έλεγχοι για την καταλληλότητα των στατιστικών μοντέλων δεν εντόπισαν στατιστικά λάθη και τα μοντέλα έγιναν δεκτά για περαιτέρω ανάλυση.

Επετεύχθη ο στόχος της ισότητας των φύλων, καθώς στο πείραμα συμμετείχε περίπου ίσος αριθμός αντρών και γυναικών. Έτσι, η μεταβλητή του φύλου ήταν ανεπηρέαστη από άνισο αριθμό συμμετεχόντων. Ωστόσο, το φύλο δεν αποτέλεσε μεταβλητή στατιστικά σημαντική για κανένα από τα δύο μοντέλα. Συμπερασματικά, η οδηγική συμπεριφορά των οδηγών δεν επηρεάζεται από το φύλο τους.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των οδηγών που δεν επηρεάζει τη συμπεριφορά τους είναι το μορφωτικό τους επίπεδο. Η μεταβλητή της εκπαίδευσης δεν είναι στατιστικά σημαντική για τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν, επομένως η συμπεριφορά των οδηγών σε κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν δεν επηρεάζεται από τα χρόνια εκπαίδευσής τους.

Οι νεαροί οδηγοί από 18 έως 34 ετών επηρεάζονται λιγότερο από κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν σε συνθήκες απόσπασης της προσοχής. Εμφάνισαν μικρότερες μεταβολές ταχύτητας και τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος από τις υπόλοιπες ηλικιακές κατηγορίες.

Οι οδηγοί με περισσότερα χρόνια εμπειρίας δεν παρουσίασαν μεγάλες μεταβολές στην ταχύτητα και τις τυπικές αποκλίσεις της θέσης του οχήματός τους, ενώ οι λιγότερο έμπειροι οδηγοί παρουσίασαν περισσότερο ασταθή οδηγική συμπεριφορά.

Σχετικά με την απόσπαση του οδηγού, το μοντέλο μεταβολής τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος επηρέασαν και η χρήση κινητού τηλεφώνου και η μη απόσπαση της προσοχής του οδηγού. Αντίθετα, στο μοντέλο μεταβολής ταχύτητας καμία μορφή απόσπασης της προσοχής δεν είχε στατιστικά σημαντική επιρροή.

Ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος ασκεί την πλέον σημαντική επιρροή στο μοντέλο της μεταβολής ταχύτητας, καθώς χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος συνεπάγεται δυνατότητα ανάπτυξης μεγαλύτερων ταχυτήτων πριν το μη αναμενόμενο συμβάν, άρα και μεγαλύτερο εύρος μεταβολής ταχύτητας. Στο μοντέλο της μεταβολής τυπικών αποκλίσεων ο κυκλοφοριακός φόρτος δεν ασκεί στατιστικά σημαντική επιρροή.

Τα αποτελέσματα, τα οποία συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία καταδεικνύουν την καταλληλότητα της μεθόδου ανάλυσης για την διερεύνηση της οδηγικής συμπεριφοράς όταν συμβαίνει κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου επιτρέπει την εφαρμογή της σε έρευνες

με παρόμοιο αντικείμενο έπειτα από κατάλληλη προσαρμογή των συνθηκών και την κατάλληλη επιλογή μεταβλητών.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	9
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1 Οδηγική Συμπεριφορά και Οδική Ασφάλεια	13
1.1.2 Απόσπαση της προσοχής.....	15
1.2 Σκοπός	16
1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας	17
2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	20
2.1 Εισαγωγή	20
2.2 Συναφείς έρευνες.....	20
2.3 Σύνοψη Βιβλιογραφίας	25
3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	29
3.1 Διατύπωση Προβλήματος και Ροή Εργασιών.....	29
3.2 Το Πείραμα.....	31
3.3 Διαθέσιμα Δεδομένα.....	31
3.3.1 Μεταβλητές Μικροσκοπικής Ανάλυσης Κυκλοφορίας	31
3.3.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά οδικού περιβάλλοντος	33
3.4 Θεωρητικό Υπόβαθρο	34
3.4.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	34
3.4.2 Γενικά Μεικτά Γραμμικά Πρότυπα Παλινδρόμησης.....	36
3.4.3 Κριτήρια Αποδοχής και Στατιστικοί Έλεγχοι.....	36
4.ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	40
4.1 Περιγραφή πειράματος.....	40
4.2 Δείγμα.....	47

4.3 Βάση δεδομένων	50
5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	52
5.1 Εισαγωγή	52
5.2 Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών.....	52
5.3 Γραμμικά Μοντέλα Παλινδρόμησης.....	53
5.3.1 Μεταβολή μέσης ταχύτητας	54
5.3.2 Διαφορά τυπικής απόκλισης θέσης οχήματος.....	56
5.4 Σχετική επιρροή μεταβλητών.....	58
5.5 Ευαισθησία μεταβλητών	60
6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	65
6.1 Εισαγωγή	65
6.2 Βασικά Συμπεράσματα.....	66
6.3 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα	69
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2. 1: Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	26
Πίνακας 3. 1 Διαθέσιμα δεδομένα από προσομοιωτή.....	32
Πίνακας 3. 2 Μεταβλητές σχετικές με τα χαρακτηριστικά των χρηστών και του οδικού δικτύου	33
Πίνακας 4. 1 Χαρακτηριστικά του δείγματος	48
Πίνακας 5. 1 Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών	52
Πίνακας 5. 2 Αποτελέσματα γενικού γραμμικού μοντέλου μεταβολής της ταχύτητας.....	54
Πίνακας 5. 3 Αποτελέσματα γενικού μεικτού γραμμικού μοντέλου μεταβολής ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν.....	55
Πίνακας 5. 4 Αποτελέσματα γενικού γραμμικού μοντέλου διαφοράς τυπικής απόκλισης θέσης οχήματος	56
Πίνακας 5. 5 Αποτελέσματα μεικτού γενικού γραμμικού μοντέλου διαφοράς τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος	57

Πίνακας 5. 6 Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διαφοράς ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το συμβάν	59
Πίνακας 5. 7 Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διαφοράς της διακύμανσης της θέσης του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν	60
Πίνακας 6. 1 Επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών στα στατιστικά μοντέλα	66

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. 1: Αίτια θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων(Α' εξάμηνο 2017)	15
Διάγραμμα 3. 1 Διάγραμμα ροής εργασιών	30
Διάγραμμα 4. 1 Ηλικιακή κατανομή συμμετεχόντων	48
Διάγραμμα 4. 2 Διάγραμμα εμπειρίας και εκπαίδευσης συμμετεχόντων ανά ηλικιακή κατηγορία.....	49
Διάγραμμα 4. 3 Διάγραμμα αριθμού συμμετεχόντων και αριθμού δοκιμής	49
Διάγραμμα 5. 1 Διαγράμματα μοντέλου μεταβολής ταχύτητας.....	55
Διάγραμμα 5. 2 Διαγράμματα μοντέλου διαφοράς τυπικών αποκλίσεων θέσης οχήματος στο δρόμο.....	57
Διάγραμμα 5. 3 Διαφορά μέσης ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς την αντίστοιχη θέση του οχήματος.....	61
Διάγραμμα 5. 4 Διαφορά μέσης ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς την αντίστοιχη θέση του οχήματος.....	62
Διάγραμμα 5. 5 Μεταβολή τυπικής απόκλισης πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς τη διαφορά της ταχύτητας.....	63
Διάγραμμα 5. 6 Μεταβολή τυπικής απόκλισης πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς τη διαφορά της ταχύτητας.....	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

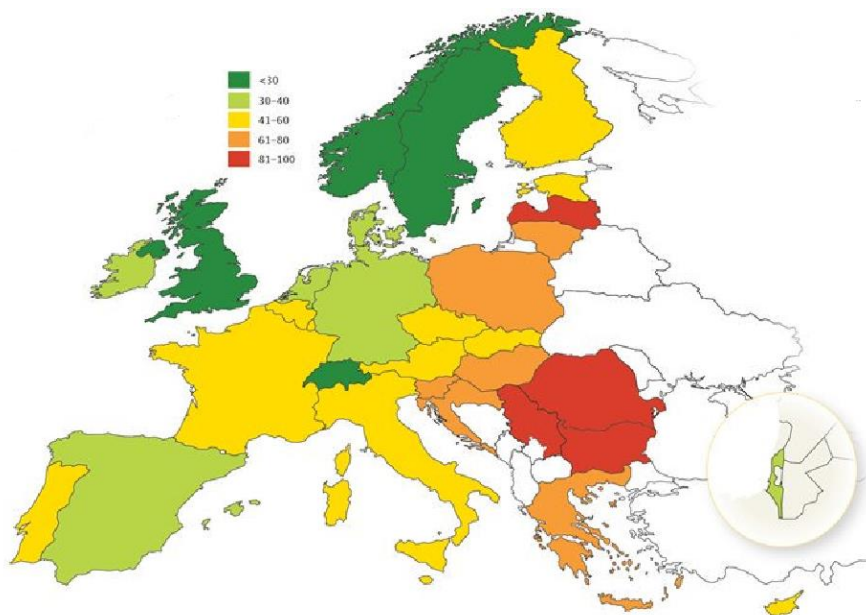
Εικόνα 1. 1: Θάνατοι από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων (Πηγή: European Transport Safety Council, 2017)	13
Εικόνα 1. 2: Αίτια θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων(Α' εξάμηνο 2017) (Πηγή: Ελληνική Αστυνομία, 2017)	15
Εικόνα 4. 1 Προσομοιωτής οδήγησης.....	41
Εικόνα 4. 2 Σενάρια οδήγησης στο πειραματικό περιβάλλον	43
Εικόνα 4. 3 Σενάριο εκτός πόλης	43
Εικόνα 4. 4 Σενάριο στο αστικό περιβάλλον	44
Εικόνα 4. 5 Μη αναμενόμενο συμβάν εκτός πόλης.....	45
Εικόνα 4. 6 Μη αναμενόμενο συμβάν εντός πόλης.....	45

Εικόνα 4. 7 Οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες	50
---	----

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οδηγική Συμπεριφορά και Οδική Ασφάλεια

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και του αριθμού των ατυχημάτων που κυκλοφορούν έχει καταστήσει τα οδικά ατυχήματα μια μεγάλη κοινωνική δαπάνη και μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου σε παγκόσμιο επίπεδο (Φραντζεσκάκης και Γκόλιας,1993). Παρά τις προσπάθειες για μείωση των οδικών ατυχημάτων, ετησίως εκτιμώνται 1,25 εκατομμύρια θάνατοι και 50 εκατομμύρια τραυματισμοί, ενώ αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου των νέων 15 έως 29 ετών στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζονται οι θάνατοι από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων στην Ευρώπη και ταξινομούνται οι ευρωπαϊκές χώρες με βάση τον αριθμό των νεκρών ανά εκατομμύριο πληθυσμού τους. Τα υψηλότερα ποσοστά θανάτων εμφανίζονται στη Σερβία, τη Βουλγαρία, την Λετονία, τη Ρουμανία αλλά και την Ελλάδα (European Transport Safety Council,2017).



Εικόνα 1. 1: Θάνατοι από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων (Πηγή: European Transport Safety Council, 2017)

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται κατακόρυφη μείωση των νεκρών στο οδικό δίκτυο της Ελλάδας, με 75 νεκρούς ανά εκατομμύριο πληθυσμού, ωστόσο βρίσκεται ακόμη πολύ πάνω από το μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που

είναι 50 νεκροί ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Έτσι παραμένει επιτακτική ανάγκη η εντατική προσπάθεια για περαιτέρω βελτίωση της οδικής ασφάλειας και μείωση των οδικών ατυχημάτων σε εθνικό αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2017, European Commission, March 2015).

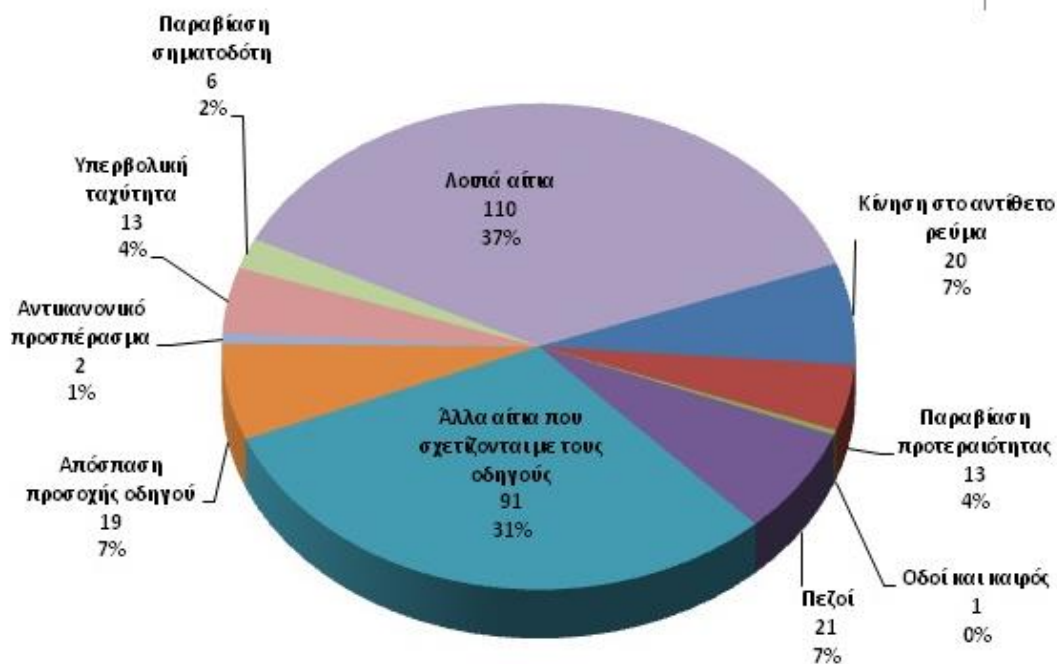
Οι βασικότερες γενεσιουργές αιτίες του υψηλού αριθμού οδικών ατυχημάτων στην Ελλάδα παρουσιάζονται παρακάτω, με σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας (Φραντζεσκάκης και Γκόλιας, 1993):

- Το όχημα (τεχνική διαμόρφωση και εξοπλισμός, ενεργητική και παθητική ασφάλεια),
- Η οδική υποδομή (γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κατασκευαστική διαμόρφωση, επίπεδο συντήρησης, εξοπλισμός, τοπικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, καιρικές συνθήκες),
- Ο χρήστης της οδού (εμπειρία, ψυχικές και κοινωνικές ιδιαιτερότητες, πρότυπα συμπεριφοράς).

Μάλιστα, ο ανθρώπινος παράγοντας ευθύνεται για την συντριπτική πλειοψηφία των οδικών ατυχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο άνθρωπος υπήρξε ο μοναδικός υπεύθυνος στο 65% των περιπτώσεων, ενώ στο 95% των περιπτώσεων υπεύθυνος ήταν ο άνθρωπος σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, σύμφωνα με μελέτες (Sabey and Taylor, 1980). Συμπερασματικά, ο οδηγός είναι ο βασικότερος παράγοντας των ατυχημάτων και τα λάθη του, που προέρχονται συνήθως από κακή εκτίμηση της κατάστασης, μπορούν να αποβούν μοιραία.

Ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί τον πιο σύνθετο παράγοντα στη μελέτη της οδικής ασφάλειας και η μελέτη των κυριότερων χαρακτηριστικών των οδηγών κρίνεται αναγκαία. Η ηλικία, το φύλο, η εμπειρία, το μορφωτικό επίπεδο, η προσωπικότητα (εμπιστοσύνη στις ικανότητες, επιθετικότητα, εγωκεντρισμός) και η αντιληπτή ικανότητα οδήγησης είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα και γενικότερα την οδική ασφάλεια (Φραντζεσκάκης και Γκόλιας, 1993).

Στο Διάγραμμα πίτας 1.1 παρουσιάζονται αναλυτικά οι παράγοντες που οδηγούν σε θανατηφόρα ατυχήματα στην Ελλάδα και οφείλονται σε ανθρώπινη υπαιτιότητα, με ποσοστά που αναφέρονται στο πρώτο εξάμηνο του 2017. Διαπιστώνουμε ότι βασικό παράγοντα που οδηγεί σε θανατηφόρα ατυχήματα αποτελεί η απόσπαση της προσοχής, με ποσοστό 7%, καθώς ήταν το κύριο αίτιο για 19 θανατηφόρα οδικά ατυχήματα.



Διάγραμμα 1. 1: Αίτια θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων(Α' εξάμηνο 2017)
(Πηγή: Ελληνική Αστυνομία, 2017)

1.1.2 Απόσπαση της προσοχής

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του οργανισμού NHTSA των Η.Π.Α. (National Highway Traffic Safety Administration), σε απόσπαση προσοχής ή έλλειψη συγκέντρωσης του οδηγού λίγο πριν το ατύχημα οφείλεται τουλάχιστον το 25% των οδικών ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, η απόσπαση της προσοχής λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες των ατυχημάτων, αφού ο οδηγός αδυνατεί να ανταπεξέλθει ταυτόχρονα σε παραπάνω από μία ενέργειες (NHTSA, 2017).

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των χαρακτηριστικών της οδικής συμπεριφοράς και των επιδόσεων του οδηγού με την απόσπαση της προσοχής του είναι πιθανό να μας οδηγήσει σε σημαντικά συμπεράσματα και κατ'επέκταση στη μείωση των οδικών ατυχημάτων.

Είδη απόσπασης της προσοχής

Εκ φύσεως, η οδήγηση απαιτεί ένα μεγάλο ποσοστό της προσοχής του οδηγού. Ωστόσο, όσο ο οδηγός γίνεται περισσότερο έμπειρος και εξοικειωμένος με την οδήγηση, τόσο πιο πολλές ενέργειες ταυτόχρονα θεωρεί ότι είναι ασφαλές να υλοποιήσει. Βέβαια, η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται όσο αυξάνεται η απόσπαση της προσοχής, ανεξαρτήτως της εμπειρίας του

οδηγού. Για την καλύτερη κατανόηση της οδήγησης υπό απόσπαση της προσοχής, παρουσιάζονται παρακάτω τα τρία είδη της οδηγικής απόσπασης.

οπτική απόσπαση

Οτιδήποτε απομακρύνει τα μάτια του οδηγού από το οδικό περιβάλλον, για παράδειγμα η αλλαγή σταθμού στο ραδιόφωνο, η εισαγωγή διεύθυνσης στο σύστημα πλοήγησης, η ρύθμιση της θερμοκρασίας του αυτοκινήτου, ακόμα και η εφαρμογή καλλυντικών.

σωματική απόσπαση(χειρωνακτική)

Οποιαδήποτε ενέργεια απομακρύνει το ένα ή τα δύο χέρια του οδηγού από το τιμόνι, όπως είναι το φαγητό, το κάπνισμα, η ρύθμιση του παιδικού καθίσματος, το ψάξιμο μέσα στην τσάντα ή στο πορτοφόλι.

γνωστική απόσπαση (αντίληψης)

Οτιδήποτε παρασύρει τη σκέψη του οδηγού σε κάτι άλλο εκτός της οδήγησης. Τέτοιες ενέργειες μπορεί να είναι η συνομιλία με κάποιον συνοδηγό, η οργή σχετικά με κάποιο συμβάν που συνέβη κατά τη διάρκεια της οδήγησης, ή η οδήγηση υπό την επήρεια ναρκωτικών ή αλκοόλ.

Είναι φανερό πώς κάποιες ενέργειες εμπίπτουν σε περισσότερες από μια κατηγορίας, αν όχι σε όλες ταυτόχρονα. Αυτές οι ενέργειες είναι οι πλέον επικίνδυνες, καθώς τείνουν να αποσπούν την προσοχή από την οδήγηση περισσότερο από ενέργειες που εμπίπτουν σε μία μόνο κατηγορία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αποστολή γραπτών μηνυμάτων, καθώς εμπίπτει και στις τρεις κατηγορίες.

Η απόσπαση της προσοχής, με τη συχνότητα που εμφανίζεται, πλέον μπορεί να θεωρηθεί κομμάτι της καθημερινής οδήγησης. Χαρακτηριστικά, περίπου 600.000 οδηγοί χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, ενώ το 2015 3.477 άνθρωποι σκοτώθηκαν σε ατυχήματα που οφείλονταν σε απόσπαση προσοχής (NHTSA, 2015).

1.2 Σκοπός

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η ανάλυση της επιρροής των χαρακτηριστικών των οδηγών και του οδικού περιβάλλοντος στη συμπεριφορά και στις αντιδράσεις των οδηγών σε συνθήκες απόσπασης προσοχής, κατά την εμφάνιση ενός μη αναμενόμενου συμβάντος. Πιο αναλυτικά, θα εξετασθεί η επιρροή μεταβλητών, όπως τα χαρακτηριστικά του

οδηγού και του οδικού δικτύου (όπως είναι το φύλο, η ηλικία, η στάθμη κυκλοφοριακού φόρτου, κτλ), η συμπεριφορά και οι αντιδράσεις του οδηγού κατά την οδήγηση, όταν συμβαίνει κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν. Όσον αφορά στις συνθήκες απόσπασης της προσοχής του οδηγού, εξετάζονται οι περιπτώσεις της μη απόσπασης, της απόσπασης λόγω συνομιλίας με συνεπιβάτη και η απόσπαση λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου και ο τρόπος που αλληλεπιδρούν με τα χαρακτηριστικά οδήγησης (για παράδειγμα η ταχύτητα κτλ) των συμμετεχόντων. Για το σκοπό αυτό θα αναπτυχθούν κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα, που θα περιγράφουν και θα ποσοτικοποιούν επαρκώς την επιρροή των παραμέτρων στην οδηγική συμπεριφορά.

Εκτιμάται πως τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με το τέλος της διπλωματικής εργασίας θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο χαρακτηριστικά του οδηγού και του οδικού περιβάλλοντος επηρεάζουν τον τρόπο οδήγησης και τις αντιδράσεις όταν συμβαίνει κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν. Με τον τρόπο αυτό θα προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά που διαχωρίζουν εκείνους που επηρεάζονται και αντιδρούν σε μεγαλύτερο βαθμό σε κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν από εκείνους που παραμένουν περισσότερο ανεπηρέαστοι, και οι προτάσεις για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας θα είναι περισσότερο στοχευόμενες σε αυτούς.

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας προτείνεται μια μεθοδολογική προσέγγιση που βασίζεται σε μια εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση σε ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία για να βρεθούν πληροφορίες που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη έρευνα και να εντοπιστούν τα ερευνητικά κενά.

Η υλοποίηση του προτεινόμενου μεθοδολογικού πλαισίου θα βασιστεί σε ένα εκτενές πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης που περιλαμβάνει καταγραφές συμπεριφοράς και οι αντιδράσεων 94 οδηγών που συμμετείχαν οδηγώντας σε ειδικά σχεδιασμένα σενάρια οδήγησης. Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, αναπτύσσονται πρότυπα γραμμικής παλινδρόμησης, με στόχο να περιγραφεί η επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών όπως η απόσπαση της προσοχής, χαρακτηριστικά του οδηγού και του οδικού δικτύου (όπως είναι το φύλο, η ηλικία, η στάθμη κυκλοφοριακού φόρτου) στην εκάστοτε εξαρτημένη (μεταβολή μέσης ταχύτητας και μεταβολή τυπικής απόκλισης πλευρικής θέσης οχήματος).

1.3 Δομή διπλωματικής εργασίας

Το **πρώτο** κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας και περιλαμβάνει μια γενική ανασκόπηση, στην οποία παρουσιάζεται στον

αναγνώστη το γενικό πλαίσιο της οδικής ασφάλειας. Ξεκινώντας, παρουσιάζεται το γενικό πρόβλημα των οδικών ατυχημάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία για την κατάσταση των ατυχημάτων στους ελληνικούς δρόμους. Αναφέρεται η σημαντική μείωση των ατυχημάτων τα τελευταία χρόνια, ενώ τονίζεται η σπουδαιότητα για δράσεις που θα οδηγήσουν σε περαιτέρω μείωση τους. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην σημαντικότητα της απόσπασης της προσοχής του οδηγού σε ό,τι αφορά τον αριθμό και τη σοβαρότητα των οδικών ατυχημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, καθορίζονται οι στόχοι της παρούσας έρευνας ενώ το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την σύνοψη της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όπως συλλέχθηκαν από την αναζήτηση ερευνών με παρεμφερές αντικείμενο. Εξετάστηκαν εργασίες με θέμα την απόσπαση της προσοχής αλλά και με θέμα τις μεθόδους συλλογής στοιχείων από πειράματα σε προσομοιωτή σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Οι εργασίες αυτές έχουν δημοσιευθεί σε επιστημονικά περιοδικά, βιβλία, άρθρα, πρακτικά συνεδρίων στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό. Στο τέλος γίνεται σύνοψη και κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ερευνών, προκειμένου να διαπιστωθεί ποιες από αυτές μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην παρούσα εργασία.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των εξεταζόμενων μεθοδολογιών. Αρχικά, περιγράφεται η μεθοδολογία με την οποία αναπτύχθηκε η παρούσα έρευνα. Επεξηγούνται οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και η διαδικασία που εφαρμόστηκε για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν. Τέλος, αναφέρονται οι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους κρίθηκε αναγκαίο να υποβληθεί.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή της διαδικασίας της συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων τα οποία αποτέλεσαν τη βάση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά, περιγράφεται το πείραμα στον προσομοιωτή σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης μέσω του οποίου συλλέχθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα, τα οποία τοποθετήθηκαν σε συγκεντρωτικούς πίνακες στους οποίους γίνεται περιγραφή των χαρακτηριστικών του δείγματος. Επίσης, αναφέρονται τα ειδικά ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες στο πείρα. Στο τέλος, αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Το **πέμπτο** κεφάλαιο περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε και οδήγησε στην εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αρχικά περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και αναλύεται η διαδικασία ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου που

οδηγούν στα τελικά αποτελέσματα. Για την περιγραφή τους και τη διευκόλυνση της κατανόησης τους, τα αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις.

Στο **έκτο** κεφάλαιο γίνεται διατύπωση των συμπερασμάτων τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν. Αρχικά γίνεται μια σύνοψη των κυριότερων σημείων της έρευνας και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στα οποία οδηγήθηκε η έρευνα. Το τελευταίο μέρος του κεφαλαίου αποτελείται από τις προτάσεις που αφορούν τόσο την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας όσο και την βελτίωση της οδικής ασφάλειας γενικά.

Το **έβδομο** κεφάλαιο αποτελείται από τον κατάλογο των βιβλιογραφικών αναφορών. Οι αναφορές αυτές αφορούν έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αλλά και στατιστικές έννοιες και μεθόδους, οι οποίες αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ **ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Περιλαμβάνονται έρευνες σχετικές με την οδική ασφάλεια, οι οποίες έχουν παρεμφερές αντικείμενο και μεθοδολογία με την παρούσα εργασία. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην απόσπαση της προσοχής του οδηγού είτε λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου είτε λόγω συνομιλίας με τον συνοδηγό, αλλά και έρευνες με μεθοδολογίες συλλογής στοιχείων παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία. Παρατίθεται σύνοψη για την κάθε συναφή επιστημονική εργασία, η οποία περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικότερα αποτελέσματά της. Μέσω της μελέτης των συγκεκριμένων επιστημονικών εργασιών, έγινε προσπάθεια του προσδιορισμού μιας κατάλληλης μεθόδου για την προσέγγιση του αντικείμενου της Διπλωματικής εργασίας.

2.2 Συναφείς έρευνες

Τις τελευταίες δεκαετίες, πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί με στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης κινητού τηλεφώνου στην οδηγική συμπεριφορά. Σε αυτό το πλαίσιο, οι ερευνητές επιλέγουν και εξετάζουν πολλές οδηγικές παραμέτρους υπό απόσπαση της προσοχής λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου. Τέτοιες μεταβλητές είναι η μέση ταχύτητα του οχήματος (Yannis et al. 2016), η πλευρική θέση του οχήματος (Young and Regan 2007, Yannis et al. 2010), ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού (Consiglio et al., 2003) και το ποσοστό διακύμανσης της επιτάχυνσης (Rakauskas et al. 2004). Διερευνάται επίσης εάν η χρήση κινητού τηλεφώνου οδηγεί σε ανικανότητα σύλληψης σημαντικών πληροφοριών που αφορούν την οδήγηση (Strayer and Johnston 2001, Hancock et al. 2002). Τέλος, σύμφωνα με αρκετές έρευνες, η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση οδηγεί σε σημαντική αύξηση του κινδύνου πρόκλησης οδικών ατυχημάτων (Alm and Nilsson 1990, Laberge et al. 2003, Yannis et al. 2016, Papantoniou 2016).

Αρκετές έρευνες έχουν οδηγήσει σε συμπεράσματα που υποδεικνύουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου επηρεάζει σημαντικά την οδηγική συμπεριφορά και, ως εκ τούτου, έχουν γίνει ειδικές καμπάνιες προκειμένου τα κράτη να ενθαρρύνουν στους οδηγούς να μη χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Βασιζόμενοι σε αποτελέσματα για τη χρήση κινητού τηλεφώνου, ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο βασικότερος κίνδυνος που προκαλεί η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση είναι η φυσική παρεμβολή που προκαλείται από τον χειρισμό του κινητού τηλεφώνου (Brookhuis et al. 1991). Ωστόσο, αν και η φυσική απόσπαση της προσοχής που σχετίζεται με το χειρισμό τηλεφώνου αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τη ασφάλεια, η απόσπαση που σχετίζεται με τη συμμετοχή σε μια συνομιλία μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην οδήγηση (Haigney και et al. 2000, Redelmeier and Tibshirani 1997, Strayer et al. 2003).

Οι Haigney et al. (2000) εξέτασαν τις συνέπειες στην οδηγική συμπεριφορά σε περιπτώσεις κινητού τηλεφώνου το οποίο κρατάει ο οδηγός αλλά και σε περιπτώσεις όπου ο οδηγός χρησιμοποιεί συσκευή hands-free. Χρησιμοποιώντας προσομοιωτή οδήγησης, τριάντα συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν τέσσερις δοκιμασίες οι οποίες ήταν σχεδιασμένες με κατάλληλο τρόπο ώστε να προσομοιώνεται η συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο. Από τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε ότι η μέση ταχύτητα και η τυπική απόκλιση της επιτάχυνσης μειώθηκαν όσο οι συμμετέχοντες συνομιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο.

Οι Strayer et al. (2003) μελέτησαν την συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο χωρίς τη χρήση χεριών κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Χρησιμοποίησαν προσομοιωτή οδήγησης και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα αυξήθηκε. Μάλιστα, παρατηρήθηκε πως η αύξηση αυτή ήταν ιδιαίτερα έντονη υπό συνθήκες υψηλής φόρτου κυκλοφορίας.

Οι Rakauskas et al. (2004) διερεύνησαν την επίδραση των εύκολων και δύσκολων συζητήσεων με κινητά τηλέφωνα στην απόδοση της οδήγησης. Χρησιμοποιώντας προσομοιωτή οδήγησης, διαπίστωσαν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου προκάλεσε μεγαλύτερη διακύμανση της επιτάχυνσης και πιο αργή οδήγηση από τους συμμετέχοντες, με μεγαλύτερες μεταβολές στην ταχύτητα ανεξάρτητα από το επίπεδο δυσκολίας της συνομιλίας.

Οι Shinar et al. (2005) με τη χρήση προσομοιωτή, διαπίστωσαν ότι 96 λεπτά εξάσκησης ταυτόχρονης εκτέλεσης δύο διεργασιών, καταναμεμένο σε περίοδο 5 ημερών, αρκούσε για την εξάλειψη της επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου στην οδήγηση σε μια ομάδα έμπειρων οδηγών. Οι παράμετροι στις οποίες παρατηρήθηκε η καλύτερη προσαρμογή στην μάθηση εκτέλεσης ταυτόχρονων διεργασιών είναι κυρίως οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις

της θέσης στη λωρίδα, της ταχύτητας και της γωνίας του τιμονιού. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως η δυνατότητα εκμάθησης ήταν μεγαλύτερη στις περιπτώσεις που η οδήγηση συνδυάστηκε με μια μαθηματική εργασία, παρά με μια φυσιολογική συζήτηση.

Οι Ma and Kaber (2005) αναγνώρισαν την αποτυχία στην συνειδητοποίηση της κατάστασης σχετικά με την υπάρχουσα κυκλοφορία, με τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. Κατά τη διάρκεια της έρευνας έγινε σύγκριση της επίδρασης της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση με τη χρήση του συστήματος ελέγχου πλοήγησης. Διαπιστώθηκε πως η χρήση κινητού τηλεφώνου οδήγησε σε σημαντική μείωση της επίγνωσης της κατάστασης από τους οδηγούς και σε αξιοσημείωτη αύξηση του ψυχολογικού φόρτου του οδηγού.

Οι Kass et al. (2007) εξέτασαν τη συσχέτιση της οδηγικής εμπειρίας και των συνομιλιών στο κινητό τηλέφωνο σε αρχάριους και έμπειρους οδηγούς. Έγινε διαχωρισμός των συμμετεχόντων σε αρχάριους(25) και έμπειρους(26) και διερευνήθηκε η επιρροή της χρήσης του τηλεφώνου στην οδήγησή τους. Η απόδοσή τους ποσοτικοποιήθηκε μέσω του αριθμού των παραβάσεων που διέπραξαν, όπως η υπερβολική ταχύτητα, οι παρασύρσεις πεζών, τα οδικά ατυχήματα, οι παραβιάσεις σηματοδότησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι έμπειροι οδηγοί είχαν επίγνωση της κατάστασης σε μεγαλύτερο βαθμό από τους αρχάριους οδηγούς και διέπραξαν λιγότερες οδικές παραβιάσεις κατά τη διάρκεια της συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο.

Χρησιμοποιώντας προσομοιωτή οδήγησης, οι Beede και Kas (2006) προσπάθησαν να μετρήσουν τον αντίκτυπο στην οδήγηση της συνομιλίας σε κινητό τηλέφωνο χρησιμοποιώντας handsfree. Εξετάστηκε επίσης η προσπάθεια εντοπισμού της οδικής σήμανσης κατά την διάρκεια της οδήγησης. Οι συντελεστές με βάση τους οποίους καθορίστηκαν οι επιδόσεις οδήγησης, ήταν οι παραβιάσεις της κυκλοφορίας, η διατήρηση σταθερής οδηγικής συμπεριφοράς, η απόσπαση της προσοχής και οι χρόνοι απόκρισης. Οι παράμετροι αυτές παρουσιάζουν σημαντική μείωση στις περιπτώσεις που οι συμμετέχοντες έκαναν χρήση κινητού τηλεφώνου. Επιπροσθέτως, η συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη ανίχνευση της οδικής σήμανσης αύξησαν τη μέση ταχύτητα, τον αριθμό των περιπτώσεων απόσπασης προσοχής και μείωσαν τη μεταβλητότητα στην διατήρηση της ταχύτητας.

Επιπλέον, οι Bruyas et. al (2009) διερεύνησαν εάν η χρήση ενός αυτόματου τηλεφώνου απάντησης αντί του κινητού τηλεφώνου μειώνει τον αρνητικό αντίκτυπο των τηλεφωνικών κλήσεων, καθώς η επικοινωνία σε αυτήν την περίπτωση είναι υπό τον έλεγχο του οδηγού, επιτρέποντάς του να ρυθμίσει την αλληλεπίδρασή του. Τα αποτελέσματα έδειξαν καλύτερες αντιδράσεις σε

ερεθίσματα με χρήση τηλεφώνου απάντησης παρά με χρήση συμβατικού κινητού τηλεφώνου, αν και οι χρόνοι απόκρισης ήταν και στις δυο περιπτώσεις υψηλότεροι από αυτούς της οδήγησης χωρίς ερέθισμα.

Η ψυχολογική διάσταση της χρήσης κινητού τηλεφώνου εξετάστηκε από τους Schlehofer et al. (2010). Στο πείραμα συμμετείχαν 69 φοιτητές οι οποίοι αρχικά συμπλήρωσαν μια ψυχολογική έρευνα στην οποία προέβλεπαν την οδηγική τους απόδοση με αλλά και χωρίς τηλεφωνική συνομιλία και στη συνέχεια οδήγησαν στον προσομοιωτή. Διαπιστώθηκε πως η χρήση κινητού τηλεφώνου μείωνε την απόδοσή τους στην οδήγηση.

Οι Maria Papadakaki et al. (2016) αξιολόγησαν τις οδηγικές επιδόσεις επαγγελματιών οδηγών, ενώ χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο. Το δείγμα αποτελούνταν από 50 επαγγελματίες οδηγούς, γένους αρσενικού, στους οποίους ανατέθηκε η οδήγηση υπό διάφορες μορφές απόσπασης της προσοχής(χωρίς απόσπαση ,συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο, διάβασμα μηνυμάτων κειμένου, σύνταξη γραπτού μηνύματος). Η ανάλυση των στοιχείων οδήγησε στο συμπέρασμα πως η ανάγνωση και η σύνταξη μηνυμάτων αύξησε σημαντικά τη μεταβολή της πορείας του οχήματος ανά δευτερόλεπτο. Επιπλέον, η απόσταση μεταξύ δύο οχημάτων ανά δευτερόλεπτο(προπορευόμενου και ακολουθούμενου) μειώθηκε και στις τρεις περιπτώσεις απόσπασης της προσοχής του οδηγού, ενώ η μεταβολή της πλευρικής θέσης στη λωρίδα ανά δευτερόλεπτο αυξήθηκε για τη σύνταξη μηνύματος και μειώθηκε για το διάβασμα μηνυμάτων και την συνομιλία στο κινητό τηλέφωνο.

Οι Steinberger et al. (2017) διερεύνησαν τις επιπτώσεις της πλήξης του οδηγού και της παρέμβασης της ψηφιακής τεχνολογίας στην οδική ασφάλεια. Με δείγμα 32 συμμετεχόντων και με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης, σε δύο συνθήκες(έλεγχος διεργασιών από τον οδηγό και αυτοματοποιημένες διεργασίες), έγινε σύγκριση της οδηγικής απόδοσης, της υποκειμενικής εμπειρίας και της ψυχολογικής κατάστασης των οδηγών. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν πως η τεχνολογική παρέμβαση οδήγησε σε αύξηση της προσοχής του οδηγού και σε αποφυγή επικίνδυνων συνθηκών οδήγησης. Επιπλέον, μειώθηκε η οπτική απόσπαση του οδηγού και οι αντιδράσεις του έγιναν γρηγορότερες.

Η έρευνα των Prat et al (2016) επικεντρώθηκε στην άποψη των οδηγών σχετικά με το τι θεωρούν απόσπαση της προσοχής. Πραγματοποιήθηκαν 426 συνεντεύξεις, ενώ οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε ηλικιακές κατηγορίες. Οι περισσότεροι ερωτηθέντες αναγνώρισαν ως απόσπαση της προσοχής δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, ενώ μεγάλος αριθμός αναγνώρισε κι άλλες ενέργειες οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ότι αποσπούν την προσοχή. Οι οδηγοί, ενώ γνώριζαν την

απαγόρευση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου, δεν είχαν εκτενή γνώση της υπάρχουσας νομοθεσίας. Ποσοστό 90% παραδέχτηκε πως έχουν οδηγήσει υπό την απόσπαση προσοχής, ενώ ανέφεραν πως η οδήγηση με τη χρήση hands-free είναι ασφαλέστερη από την οδήγηση κρατώντας το κινητό τηλέφωνο. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως οι οδηγοί γνωρίζουν πως κάποιες δραστηριότητες, όπως η σύνταξη γραπτών μηνυμάτων ή ο χειρισμός του ραδιοφώνου, μπορεί να αποτελέσουν επίσης σημαντική απόσπαση κατά την οδήγηση.

Καθώς οι ηλικιωμένοι οδηγοί έχουν προβλήματα στην αντίληψη και την προσοχή, γίνεται η υπόθεση ότι θα είναι επιρρεπείς σε δευτερεύουσες ενέργειες που αποσπούν την προσοχή. Έτσι, οι Fofanova and Vollrath (2011) εξέτασαν την επίδραση της ηλικίας στην απόδοση της οδήγησης. Δέκα μεσήλικες και δέκα ηλικιωμένοι οδηγήσαν σε προσομοιωτή με αλλά και χωρίς κάποια δευτερεύουσα ενέργεια απόσπασης, η οποία είχε και χρονικό περιθώριο. Χρησιμοποιώντας πρωτοποριακές μεθόδους, αξιολόγησαν την απόδοση της οδήγησης μετρώντας την επιδείνωση της πρωταρχικής εργασίας που σχετίζεται με την οδήγηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι ηλικιωμένοι συμμετέχοντες είχαν συνολικά χειρότερη απόδοση σε όλες τις εξεταζόμενες συνθήκες, ειδικά στην διατήρηση της θέσης στη λωρίδα. Σημαντικό είναι το αποτέλεσμα πως η απόδοση των ηλικιωμένων οδηγών δεν επιδεινώθηκε όταν προστέθηκε η δευτερεύουσα ενέργεια.

Οι Choudhary and Velaga (2017) ανέλυσαν την επίδραση της χρήσης του κινητού τηλεφώνου στην επίγνωση της κατάστασης και στις αντιδράσεις του οδηγού σε γεγονότα που ίσως οδηγήσουν σε ατυχήματα. Κατάλληλη παράμετρος για την ανάλυση αυτή είναι ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού στην ανίχνευση επικίνδυνων καταστάσεων. Χρησιμοποιώντας προσομοιωτή, αναλύθηκαν οι χρόνοι αντίδρασης οδηγών τριών ηλικιακών κατηγοριών. Σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικά επικίνδυνα συμβάντα(διέλευση πεζών, διέλευση από σταθμευμένα οχήματα) και τέσσερις τύποι χρήσης κινητού τηλεφώνου. Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν έδειξαν πως, και στους δύο τύπους συμβάντων, η χρήση κινητού τηλεφώνου με οποιονδήποτε τρόπο αύξησε κατά πολύ τους χρόνους αντίδρασης των οδηγών.

Οι Wu and Xu (2017) εξέτασαν το ρόλο που παίζει η εξοικείωση με τις ενέργειες που προκαλούν απόσπαση στην οδηγική απόδοση. Χρησιμοποιώντας νατουραλιστικά δεδομένα, αναλύθηκαν 557 διαδρομές (501 σε γνώριμα οδικά περιβάλλοντα και 56 σε άγνωστα) από 155 οδηγούς. Η ανάλυση έδειξε πως η συχνότητα και η διάρκεια των ενεργειών που συνδέονται με την απόσπαση του οδηγού ήταν κατά πολύ μεγαλύτερες σε γνώριμα οδικά περιβάλλοντα, ενώ ο χρόνος που ο οδηγός κοιτούσε το κινητό του τηλέφωνο ήταν μεγάλος και στις δυο περιπτώσεις. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν προφίλ ταχύτητας και η ανάλυσή τους έδειξε πως οι οδηγοί

επιταχύνουν και επιλέγουν να επιβραδύνουν κοντά σε διασταυρώσεις όταν βρίσκονται σε γνώριμα οδικά περιβάλλοντα. Συμπερασματικά, τα φαινόμενα απόσπασης της προσοχής ήταν πιο συχνά σε οικεία οδικά περιβάλλοντα.

Ο Schaap (2011) διερεύνησε καταστάσεις κρίσιμες για την ασφάλεια, τις επιδράσεις του ψυχολογικού φόρτου, τη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών του οδηγού και κάποια συμβάντα επείγουσας ανάγκης και πώς το καθένα απ αυτά επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 39 οδηγοί οι οποίοι πληρούσαν ορισμένα καθορισμένα κριτήρια. Τους ανατέθηκε να οδηγήσουν στον προσομοιωτή κάποιες ειδικά σχεδιασμένες διαδρομές, στις οποίες συνέβαιναν κάποια περιστατικά, με τρία επίπεδα κινδύνου, ενώ διαβαθμιζόταν και ο ψυχολογικός φόρτος των συμμετεχόντων. Ως μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν η ταχύτητα του οχήματος, η σχετική θέση του οχήματος και οι ερωτήσεις στα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες. Διερευνήθηκαν οι αντιδράσεις των οδηγών στα συμβάντα αυτά και τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι οδηγοί αντιδρούν διαφορετικά ανάλογα με την διάθεσή τους και την κρισιμότητα του συμβάντος. Οι οδηγοί προσαρμόζουν το στυλ οδήγησης και τις αντιδράσεις τους στο είδος των καταστάσεων που αντιμετωπίζουν και στον ψυχολογικό φόρτο τους. Όταν αντιμετωπίζουν ένα απροσδόκητο συμβάν, τείνουν να το αντισταθμίζουν με προσαρμογή στην οδηγική τους συμπεριφορά.

2.3 Σύνοψη Βιβλιογραφίας

Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1 κωδικοποιημένα ως προς τις παρακάτω διαστάσεις του προβλήματος:

- Πηγή απόσπασης προσοχής (κινητό τηλέφωνο, συνομιλία με συνεπιβάτη, οπτική απόσπαση, μουσική, διαφημιστικές πινακίδες, φαγητό, ποτό, αλκοόλ)
- Χαρακτηριστικά του δείγματος (μέγεθος, ποσοστό αντρών, ηλικιακή κατηγορία, πληρωμή, ερωτηματολόγιο)
- Τύπος πειράματος (χρήση προσομοιωτή, νατουραλιστικά δεδομένα, πίστα οδήγησης, δεδομένα βιβλιογραφίας)
- Οδικό περιβάλλον πειράματος (αστικό, αγροτικό, αυτοκινητόδρομος)
- Αποτελέσματα πειράματος (ταχύτητα, θέση οχήματος στη λωρίδα, χρόνοι αντίδρασης, αντίληψη κατάστασης, απόσταση από άλλο όχημα, πιθανότητα ατυχήματος, ματιά, επιτάχυνση-επιβράδυνση)

- Συμβάν(ύπαρξη μη αναμενόμενου συμβάντος)

Πίνακας 2. 1: Βιβλιογραφική ανασκόπηση.

		Πηγή απόσπασης προσοχής					Χαρακτηριστικά δείγματος							Πείραμα				Αποτελέσματα οδήγησης							Συμβάν			
														Τύπος		Οδικό περιβάλλον												
Συγγραφείς	Έτος	κινητό τηλέφωνο συνομιλία	οπτική απόσπαση	μουσική	διαφημιστικές πινακίδες	φαγητό, ποτό, αλκοόλ	μέγεθος δείγματος	% ποσοστό αντρών	25-26-55	55+	πληρωμή	ερωτηματολόγιο	προσομοιωτής οδήγησης	νατουραλιστικά δεδομένα	πίστα οδήγησης	δεδομένα από βιβλιογραφία	αστικό	αγροτικό	αυτοκινητόδρομος	ταχύτητα	θέση οχήματος στη λωρίδα	χρόνος αντίδρασης	αντίληψη κατάστασης	απόσταση από άλλο όχημα	πιθανότητα ατυχήματος	ματιά	επιτάχυνση/επιβράδυνση	Μη αναμενόμενο συμβάν
Horbery et al	2006	•		•			31	-	•	•		•	•				•			•	•	•						
Beeder and Kas	2006	•					36	-	•	•		•	•				•			•	•	•						
Kass et al	2007	•					49	49%	•	•	•		•															
Drews et al	2008	•	•				96	25%	•	•	•		•					•		•	•							
Hatfield et al	2008				•		27	48%		•	•	•	•				•	•		•	•		•		•			
Chisholm et al	2008				•		19	53%	•		•		•						•		•		•			•		
Reyes et al	2008						12	50%		•	•		•									•					•	
Rakauskas et al	2008					•	45	100%	•		•			•					•									
Young et al	2008					•	26	62%	•	•	•	•					•			•	•							
Bruyas et al	2009	•					30	50%	•	•	•	•	•					•										
Young et al	2009					•	48	60%		•	•	•	•				•	•	•		•						•	
Reimer et al	2010	•					60	60%	•		•	•	•				•		•	•			•				•	
White et al	2010		•				40	50%	•		•			•			•	•								•		
Schlehofer et al	2010	•					69	36%	•		•	•	•					•								•		
Yannis et al	2011	•	•			•	42	48%	•		•	•	•					•		•	•	•			•			
Yannis et al	2011	•			•		48	50%	•		•	•	•							•	•	•			•			
Maciej et al	2011		•				33	52%	•		•	•																
Metz et al	2011			•			40	55%		•								•									•	
Harrison et al	2011					•	40	50%	•	•	•	•					•			•					•			
Fofanova J.	2011						20	80%	-	•	•		•								•	•	•					
Kaber et al	2012			•			20	50%	•			•	•	•														
Zhang et al	2012			•			24	50%	•	•	•	•	•					•		•							•	
Young et al	2012				•		37	46%	•	•	•	•	•				•			•	•							
Hughes et al	2012				•		21	5%	•	•		•	•							•	•							
Schaap T.W.	2012						36	67%	•	•	•	•	•				•			•	•			•			•	•
Prat et al	2014	•	•			•	6578	68%	•	•	•			•			•						•			•		
Rumschlag et al	2014	•					50		•	•	•		•								•							
Moreno E.G.	2015	•					49		•	•	•		•							•		•	•		•			
Papadakaki et al	2016	•					50	100%					•						•		•			•			•	
Prat et al	2016	•		•	•	•	426	54%	•	•	•	•				•									•	•		
Choudhary et al	2016	•					100	87%	•	•	•		•						•		•						•	
Rupp et al	2016	•	•	•	•	•	308	31%	•	•		•				•									•			
Wu and Xu	2017	•		•		•	557									•				•			•				•	
Choudhary and Velaga	2017	•					100		•	•	•	•	•							•	•	•						
Steinberger et al	2017	•					32					•	•							•	•					•		

Σε ό,τι αφορά στην πηγή της απόσπασης της προσοχής, παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των ερευνών που έχουν διεξαχθεί εξετάζουν την περίπτωση της απόσπασης προσοχής εξαιτίας της χρήσης κινητού τηλεφώνου από τον οδηγό, με ποσοστό περίπου 50%. Αυτό είναι βέβαια λογικό, αφού η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης είναι ένα φαινόμενο ιδιαίτερος συχνό και όπως αποκαλύπτουν τα αποτελέσματα των ερευνών, ιδιαίτερος επικίνδυνος. Η οπτική απόσπαση του οδηγού έχει επίσης διερευνηθεί εκτενώς, όπως και η μουσική, είτε όταν ο οδηγός απλά την ακούει είτε όταν συντονίζει το ραδιόφωνο του αυτοκινήτου. Αντίθετα, σημαντικά λιγότερες είναι οι έρευνες οι οποίες επικεντρώνονται στην διερεύνηση της απόσπασης προσοχής λόγω διαφημιστικών πινακίδων, φαγητού, αλκοόλ και καπνίσματος. Η συνομιλία με το συνοδηγό και οι επιπτώσεις της στην προσοχή του οδηγού είναι επίσης ένα θέμα που δεν έχει διερευνηθεί λεπτομερώς από ικανοποιητικό αριθμό ερευνών.

Σχετικά με τα χαρακτηριστικά του δείγματος, η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών έχουν διαχωρίσει τους συμμετέχοντες σε ηλικιακές ομάδες, εξετάζοντας τα δεδομένα συναρτήσει της ηλικίας των οδηγών. Στο 60% περίπου των ερευνών πλειοψηφία των συμμετεχόντων αποτελούν οι άντρες, ενώ συχνή είναι η χρήση ερωτηματολογίων για τη συλλογή επιπρόσθετων δεδομένων.

Χρήσιμο εργαλείο για τη διεξαγωγή πειραμάτων αποτελεί ο προσομοιωτής οδήγησης, καθώς χρησιμοποιείται στο 70% των σχετικών ερευνών. Το υψηλό αυτό ποσοστό προκύπτει από το γεγονός ότι ο προσομοιωτής, λόγω του ασφαλούς περιβάλλοντος, δίνει τη δυνατότητα της διερεύνησης μεταβλητών που δεν μπορούν να εξεταστούν χρησιμοποιώντας νατουραλιστικές μεθόδους.

Σημαντικός είναι ο σωστός σχεδιασμός του πειραματικού περιβάλλοντος, καθώς πρέπει να επιτευχθούν ρεαλιστικές συνθήκες οδήγησης, ώστε τα δεδομένα που θα συλλεχθούν να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Βέβαια, ο προσομοιωτής προσφέρει ασφάλεια στους συμμετέχοντες, καθώς τα ατυχήματα που πιθανώς να συμβούν είναι εικονικά. Η συλλογή δεδομένων από νατουραλιστική οδήγηση είναι επίσης μία διαδεδομένη μέθοδος, καθώς συλλέγονται πραγματικά στοιχεία από τους δρόμους που εξετάζονται. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή έχει αυξημένο συντελεστή επικινδυνότητας, καθώς είναι πιθανό να συμβεί ατύχημα. Επιπλέον, μικρός αριθμός ερευνών έχει βασιστεί σε δεδομένα που υπήρχαν στη βιβλιογραφία και δεν είχαν αναλυθεί. Τα οδικά περιβάλλοντα που εξετάζονται είναι αστικά, αγροτικά αλλά και αυτοκινητόδρομοι, σε ίσες σχετικά αναλογίες.

Όσον αφορά στα στοιχεία που εξετάζονται, 50% τουλάχιστον σχετίζονται με ταχύτητες των οχημάτων και οι διαφοροποιήσεις τους που σχετίζονται με την απόσπαση της προσοχής, αλλά και η θέση του οχήματος σε σχέση με τα υπόλοιπα οχήματα και ειδικότερα σε σχέση με το προπορευόμενο. Σε μικρότερο ποσοστό αναλύονται οι χρόνοι αντίδρασης του οδηγού και οι επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις του οχήματος. Τέλος, έμφαση δίνεται και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα και πώς επηρεάζει η απόσπαση της προσοχής την πιθανότητα αυτή, όμως η πιθανότητα αυτή δεν αποτελεί μεταβλητή που είναι εύκολα μετρήσιμη. Σε γενικό πλαίσιο, οι ερευνητές σε όλες τις περιπτώσεις ενδιαφέρονται να εξετάσουν την αντίληψη του οδηγού στο οδικό του περιβάλλον και τον τρόπο λήψης των αποφάσεων του.

Παρατηρείται ότι δεν έχει διερευνηθεί εκτενώς η συμπεριφορά του οδηγού με απόσπαση προσοχής σε μη αναμενόμενο συμβάν. Πιο συγκεκριμένα, το θέμα αυτό διερευνήθηκε μόνο σε μία έρευνα, η οποία εξέτασε την περίπτωση απόσπασης εξαιτίας της συνομιλίας με τους ερευνητές. Υπάρχουν επομένως μεγάλα κενά που πρέπει να διερευνηθούν ώστε να προκύψουν συμπεράσματα ως προς το πώς επηρεάζεται η οδηγική συμπεριφορά από κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν τόσο σε οδήγηση υπό φυσιολογικές συνθήκες όσο και σε οδήγηση υπό απόσπαση της προσοχής του οδηγού.

3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ **ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

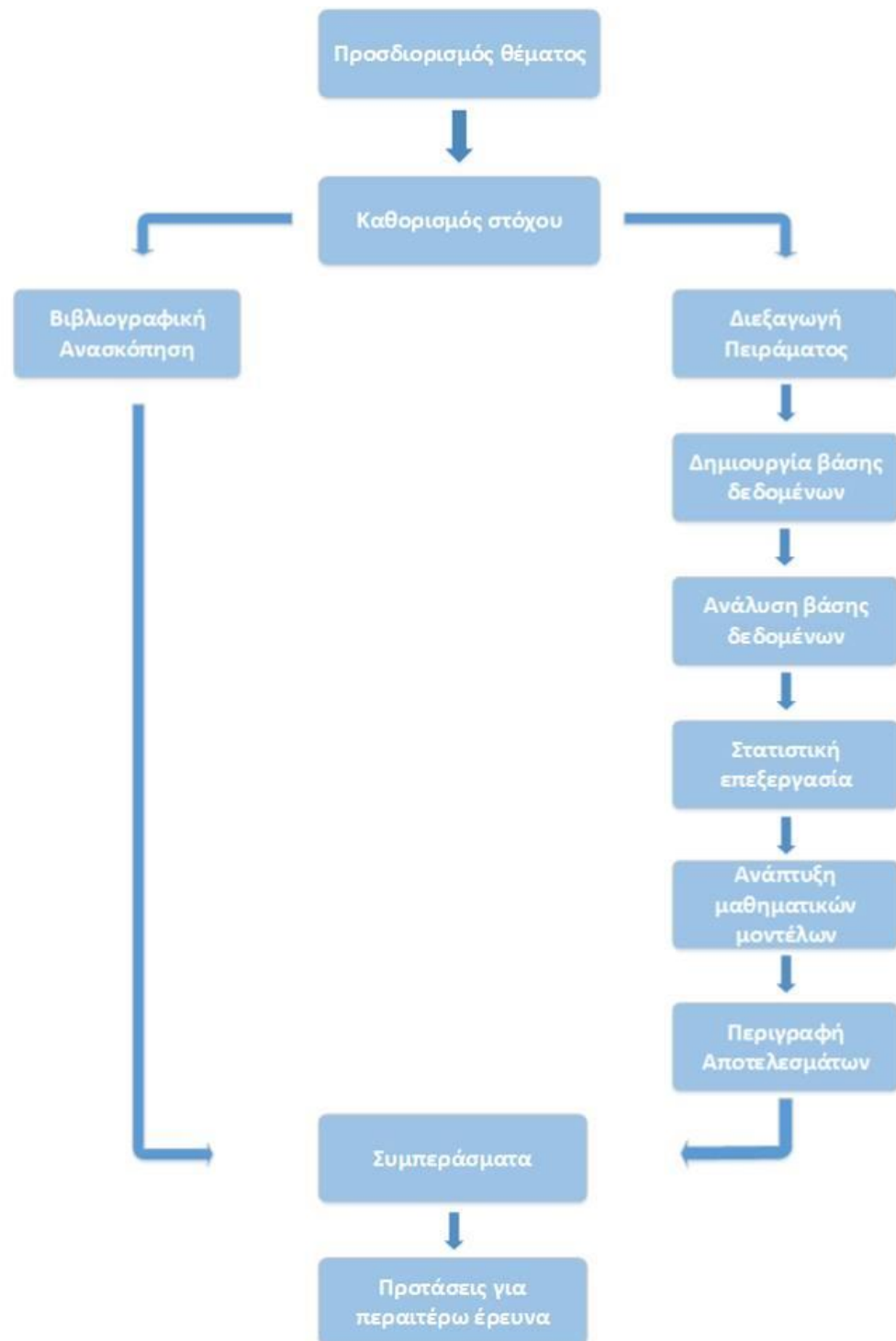
3.1 Διατύπωση Προβλήματος και Ροή Εργασιών

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής αναπτύσσονται δύο διακριτά πρότυπα:

- Πρότυπο για την περιγραφή της μεταβολής της ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά, δηλαδή τη διαφορά της ταχύτητας του οχήματος μετά το μη αναμενόμενο συμβάν με την ταχύτητα του οχήματος πριν το συμβάν.
- Πρότυπο για την περιγραφή της μεταβολής της τυπικής απόκλισης της θέσης του οχήματος στη λωρίδα κυκλοφορίας.

Το πρώτο πρότυπο δίνει πληροφορίες σχετικά με την αντίδραση των οδηγών και κυρίως το πόσο ελάττωσαν την ταχύτητά τους ακριβώς μετά το μη αναμενόμενο συμβάν. Το δεύτερο πρότυπο δίνει στοιχεία για τη σταθερότητα στην οδήγηση ή την αστάθεια όταν συμβαίνει το μη αναμενόμενο συμβάν.

Η ροή εργασιών η οποία ακολουθήθηκε παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.1.



Διάγραμμα 3. 1 Διάγραμμα ροής εργασιών

3.2 Το Πείραμα

Η διερεύνηση της συμπεριφοράς των οδηγών βασίστηκε σε στοιχεία που προέρχονται από τη διεξαγωγή πειράματος, το οποίο πραγματοποιήθηκε στον προσομοιωτή οδήγησης που βρίσκεται στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στο πείραμα συμμετείχαν 95 οδηγοί, οι οποίοι οδήγησαν υπό διαφορετικές συνθήκες απόσπασης της προσοχής(κινητό τηλέφωνο, συνομιλία με συνεπιβάτη), εντός ή εκτός κατοικημένης περιοχής σε χαμηλό ή υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Οι οδηγοί τηρούσαν συγκεκριμένα ιατρικά και συγκοινωνιακά κριτήρια τα οποία έθεσε η ομάδα που ήταν υπεύθυνη για τη διεξαγωγή του πειράματος. Στη συλλογή δεδομένων συνέβαλε και η συμπλήρωση δυο μορφών ερωτηματολογίων από τους συμμετέχοντες, τα οποία αφορούσαν τη γενική οδική συμπεριφορά τους, αλλά και την απόσπαση της προσοχής τους κατά το συγκεκριμένο πείραμα.

3.3 Διαθέσιμα Δεδομένα

Στην παρούσα έρευνα καταγράφηκε η συμπεριφορά και οι αντιδράσεις των συμμετεχόντων με τη βοήθεια κάποιων μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές αρχειοθετήθηκαν, ομαδοποιήθηκαν και αναλύθηκαν στην προσπάθεια να δημιουργηθούν γραμμικά μοντέλα τα οποία θα δίνουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την οδική συμπεριφορά των συμμετεχόντων.

Η τελική βάση δεδομένων αποτελείται από 1762 γραμμές, όσα δηλαδή και τα μη αναμενόμενα συμβάντα που πραγματοποιήθηκαν, και από 82 παραμέτρους. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα R-studio, καθώς και άλλα οικονομετρικά πακέτα.

3.3.1 Μεταβλητές Μικροσκοπικής Ανάλυσης Κυκλοφορίας

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται αναλυτική επεξήγηση των μεταβλητών που καταγράφηκαν από τον προσομοιωτή και χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων της πειραματικής διαδικασίας.

Πίνακας 3. 1 Διαθέσιμα δεδομένα από προσομοιωτή

	Μεταβλητές	Ορισμός μεταβλητών
1	Time	Πραγματικός χρόνος από την αρχή της οδήγησης σε χιλιοστά του δευτερολέπτου.
2	x-pos	Θέση του οχήματος στον άξονα x σε μέτρα.
3	y-pos	Θέση του οχήματος στον άξονα y σε μέτρα.
4	z-pos	Θέση του οχήματος στον άξονα z σε μέτρα.
5	Road	Αριθμός οχήματος στην οδό σε [int].
6	Richt	Διεύθυνση οχήματος στη λωρίδα σε [BOOL] (0/1).
7	Rdist	Απόσταση του οχήματος από την αφετηρία σε μέτρα.
8	Rspur	Ίχνος του οχήματος από τη μέση της οδού σε μέτρα.
9	Ralpha	Διεύθυνση του οχήματος συγκριτικά με τη διεύθυνση της λωρίδας σε μοίρες.
10	Dist	Διανυμένη απόσταση από την αρχή της οδήγησης σε μέτρα.
11	Speed	Πραγματική ταχύτητα σε χμ/ώρα.
12	Brk	Θέση πηδαλίου πέδησης σε ποσοστό επί τοις εκατό.
13	Acc	Θέση πηδαλίου γκαζιού σε ποσοστό επί τοις εκατό.
14	Clutch	Θέση πηδαλίου συμπλέκτη σε ποσοστό επί τοις εκατό.
15	Gear	Επιλεγμένη ταχύτητα (0 = νεκρά, 6 = όπισθεν).
16	RPM	Στροφές κινητήρα σε 1/λεπτό.
17	HWay	Απόσταση οχήματος από το προπορευόμενο σε μέτρα.
18	DLeft	Απόσταση από την αριστερή οριογραμμή του δρόμου σε μέτρα.
19	DRight	Απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή του δρόμου σε μέτρα.
20	Wheel	Θέση τιμονιού σε μοίρες.
21	THead	Χρόνος απόστασης από το προπορευόμενο όχημα σε δευτερόλεπτα.
22	TTL	Χρόνος έως ότου το όχημα διασχίσει τη διαχωριστική γραμμή της λωρίδας σε δευτερόλεπτα.
23	TTC	Χρόνος έως ότου γίνει σύγκρουση (σε κάθε εμπόδιο), σε δευτερόλεπτα.

Σε ό,τι αφορά στην επιλογή της χρονικής περιόδου των 15 δευτερολέπτων πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, η καταγραφή της πρώτης περιόδου γίνεται μέχρι ο οδηγός να αντιληφθεί το συμβάν, ενώ η καταγραφή της δεύτερης περιόδου αρχίζει με την ολοκλήρωση του συμβάντος και την ανάπτυξη ταχύτητας από τον οδηγό. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η διερεύνηση οδηγικής συμπεριφοράς τόσο πριν όσο και μετά το συμβάν και η μεταβολή της λόγω του συμβάντος.

3.3.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά οδικού περιβάλλοντος

Στην ανάλυση θα ληφθούν υπόψη μεταβλητές σχετικές με τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και του οδικού περιβάλλοντος και αφορούν την ηλικία, την εμπειρία, το φύλο, το επίπεδο εκπαίδευσης των χρηστών, τον κυκλοφοριακό φόρτο, το οδικό περιβάλλον και τον τύπο της απόσπασης κατά την οδήγηση πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν. Οι μεταβλητές αυτές προέκυψαν από το σχεδιασμό του πειράματος και τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωνε κάθε συμμετέχοντας αφού ολοκλήρωνε την πειραματική διαδικασία.

Πίνακας 3. 2 Μεταβλητές σχετικές με τα χαρακτηριστικά των χρηστών και του οδικού δικτύου

A/A	Μεταβλητές	Τιμές
1	Φύλο	Άντρας, Γυναίκα
2	Ηλικία	Νέος(18-34), Μεσήλικας(35-54), Μεγάλης ηλικίας(55+)
3	Χρήση κινητού	Ναι, Όχι
4	Συνομιλία με συνεπιβάτη	Ναι, Όχι
5	Κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός(600 οχήματα/ώρα), χαμηλός(300 οχήματα/ώρα)
6	Μορφωτικό επίπεδο	Χρόνια εκπαίδευσης των συμμετεχόντων.
7	Εμπειρία οδήγησης	Χρόνια εμπειρίας των συμμετεχόντων στην οδήγηση.

Τα σενάρια που δημιουργήθηκαν στο πείραμα του προσομοιωτή εξέτασαν πολλούς πιθανούς συνδυασμούς σχετικά με τον τύπο της απόσπασης της προσοχής του οδηγού και τον κυκλοφοριακό φόρτο. Σχετικά με την απόσπαση της προσοχής του οδηγού, αναλύθηκαν τρεις περιπτώσεις:

- Καμία απόσπαση της προσοχής του οδηγού
- Απόσπαση της προσοχής του οδηγού με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου

- Απόσπαση της προσοχής του οδηγού μέσω συνομιλίας με το συνοδηγό

Οι συμμετέχοντες στο πείραμα οδήγησαν σε συνθήκες διαφορετικού οδικού περιβάλλοντος, σε φόρτο κυκλοφορίας

- Χαμηλό και
- Υψηλό

Αλλά και σε διαφορετικά οδικά περιβάλλοντα

- Εντός και
- Εκτός πόλης.

3.4 Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.4.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μίας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis).

Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος ανεξάρτητη μεταβλητή αναφέρεται σε εκείνη την μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή αντίθετα, θεωρείται τυχαία και "καθοδηγείται" από την ανεξάρτητη μεταβλητή.

Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκαλεί τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς ή διακριτές τιμές.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχές μέγεθος και ακολουθεί κανονική κατανομή χρησιμοποιείται η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης, της οποίας η πιο απλή περίπτωση είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση (simple linear regression). Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή X και μία εξαρτημένη μεταβλητή Y , η

οποία προσεγγίζεται ως μία γραμμική συνάρτηση του X . Η τιμή y_i της μεταβλητής Y , για κάθε τιμή x_i της μεταβλητής X , δίνεται από την σχέση:

$$y_i = \alpha + \beta \cdot x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

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

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

Η τυχαία μεταβλητή ε_i λέγεται σφάλμα παλινδρόμησης (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y|X = x_i)$ όπου $E(Y|X = x_i) = \alpha + \beta \cdot x_i$. Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

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

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

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

$$y_i = b_0 + b_1 \cdot x_{1i} + b_2 \cdot x_{2i} + \dots + b_v \cdot x_{vi} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Οι υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα

σφάλματα της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Ένα καινούριο στοιχείο στην πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών, δηλαδή θα πρέπει να ισχύει: $\rho(X_i, X_j) = 0$, $i \neq j$.

3.4.2 Γενικά Μεικτά Γραμμικά Πρότυπα Παλινδρόμησης

Μεικτά μοντέλα χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης και των σχέσεων που περιλαμβάνουν εξαρτώμενη από τα δεδομένα, όταν οι εξαρτήσεις έχουν γνωστή δομή. Κοινές εφαρμογές μεικτών μοντέλων περιλαμβάνουν ανάλυση των δεδομένων που σχετίζονται με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, όπως διαχρονικά δεδομένα ή δεδομένα που έχουν ληφθεί από σύμπλεγμα δειγματοληψίας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα που προέκυψαν από τη διεξαγωγή του πειράματος στον προσομοιωτή περιλαμβάνουν περισσότερες από μια μετρήσεις για κάθε συμμετέχοντα, αναπτύχθηκε το γενικό μεικτό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης στο οποίο έχει ληφθεί υπόψιν ο αύξων αριθμός κάθε συμμετέχοντα για την εξάλειψη τυχόν σφαλμάτων.

3.4.3 Κριτήρια Αποδοχής και Στατιστικοί Έλεγχοι

Μετά τη δημιουργία των απλών γραμμικών μοντέλων, θεωρήθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί η καταλληλότητά τους. Το μοντέλο για να θεωρηθεί αποδεκτό θα πρέπει να πληροί κάποιες βασικές αρχές.

Αρχικά, πρέπει να ισχύει η κανονικότητα, απαιτείται δηλαδή οι τιμές της μεταβλητής να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Επίσης, θα πρέπει οι ανεξάρτητες μεταβλητές να μην έχουν συσχέτιση μεταξύ τους, διαφορετικά δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν δηλαδή σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται αρκετά μεταξύ τους, εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

Η λογική ερμηνεία των πρόσθετων των συντελεστών παλινδρόμησης β του μοντέλου είναι σημαντικό κριτήριο για την αποδοχή του. Το θετικό πρόσθετο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση

της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο επιφέρει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Εκτός από το πρόσημο του συντελεστή θα πρέπει να ελέγχεται και η λογική ερμηνεία της τιμής του, δεδομένου ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής x_i κατά μια μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης y_i κατά β_i μονάδες.

Σε ό,τι αφορά τη στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων, πραγματοποιείται μέσω του ελέγχου t-test(κριτήριο της κατανομής Student). Με τον τρόπο αυτό διαπιστώνεται εάν οι παράμετροι που υπολογίστηκαν διαφέρουν σημαντικά από το 0, προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών και καθορίζονται ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής αυτός εκφράζεται από τη σχέση :

$$t_{\text{stat}} = \beta_i / \text{s.e.} \quad (3)$$

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

Βάσει της παραπάνω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται η τιμή του t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια(efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t_{stat} τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια δίνονται οι ορισμοί κάποιων βασικών εννοιών για την κατανόηση των διαγραμμάτων που αναπτύχθηκαν για την αποδοχή των γραμμικών μοντέλων.

Κατάλοιπα(residuals)

Είναι η διαφορά μεταξύ μιας εκτίμησης και της πραγματικής τιμής μιας παρατήρησης.

Απομονωμένες τιμές(outliers)

Απομονωμένη τιμή σε ένα μοντέλο είναι μια παρατήρηση με μεγάλη τιμή κατάλοιπου(ακραία τιμή στην εξαρτημένη μεταβλητή που δε μπορεί να προβλεφθεί από το γραμμικό μοντέλο)

Μόχλευση(Leverage)

Αφορά μια ακραία τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής που έχει μεγάλη επιρροή. Μετρά την απόκλιση των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής από το μέσο όρο.

Χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού R-Studio ερευνήθηκε η αποδοχή ή απόρριψη των μοντέλων. Πραγματοποιήθηκαν 4 τύποι διαφορετικών ελέγχων που αφορούν τα κατάλοιπα των στατιστικών μοντέλων

και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα, προσπαθώντας να αποφευχθούν λάθη στατιστικής φύσεως.

➤ 1^{ος} έλεγχος **Residuals vs Fitted**

Αυτή η γραφική παράσταση δείχνει αν τα κατάλοιπα ακολουθούν μη γραμμικά πρότυπα. Θα μπορούσε να υπάρξει κάποια μη γραμμική σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων και των εξαρτημένων μεταβλητών και το πρότυπο αυτό θα μπορούσε να εμφανιστεί σε αυτό το γράφημα. Επίσης, αν βρεθούν εξίσου διασκορπισμένα κατάλοιπα γύρω από μια οριζόντια γραμμή χωρίς να διακρίνονται κάποια πρότυπα, είναι μια ισχυρή ένδειξη ότι δεν υπάρχουν μη-γραμμικές σχέσεις στο στατιστικό μοντέλο.

➤ 2^{ος} έλεγχος **Scale location**

Ονομάζεται επίσης γραφική παράσταση Spread Location. Αυτό το γράφημα δείχνει αν τα κατάλοιπα κατανέμονται εξίσου στο εύρος των εκτιμητριών. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η υπόθεση της ίσης απόκλισης(ομοσκεδαστικότητα). Η εμφάνιση μιας οριζόντιας γραμμής με εξίσου διασκορπισμένα σημεία είναι σημάδι πως το μοντέλο γίνεται αποδεκτό στον συγκεκριμένο έλεγχο.

➤ 3^{ος} έλεγχος **Normal Q-Q**

Η γραφική αυτή παράσταση δείχνει εάν τα κατάλοιπα του στατιστικού μοντέλου ακολουθούν την κανονική κατανομή, αν δηλαδή ακολουθούν μια ευθεία γραμμή ή ένα αποκλίνουν σε σημαντικό βαθμό. Αποδεκτό είναι το μοντέλο τα κατάλοιπα του οποίου ευθυγραμμίζονται στην ευθεία γραμμή που δημιουργείται από το πρόγραμμα.

➤ 4^{ος} έλεγχος **Residuals vs Leverage**

Αυτή η γραφική παράσταση βοηθάει στον εντοπισμό περιπτώσεων με επιρροή. Εάν στα δεδομένα υπάρχουν ακραίες τιμές, δεν είναι απαραίτητο πως αυτές θα παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό της γραμμής συσχέτισης, δηλαδή τα αποτελέσματα είναι παρόμοια είτε τις συμπεριλάβουμε στο μοντέλο είτε όχι. Οι τιμές αυτές ακολουθούν στην πορεία των υπολοίπων στοιχείων και δεν έχουν κάποια επιπλέον επιρροή στο μοντέλο. Από την άλλη, υπάρχουν στοιχεία που ασκούν επιρροή έστω και αν φαίνονται εντός του αναμενόμενου εύρους τιμών. Μπορεί να είναι ακραίες τιμές που, αν αποκλειστούν, αλλάζουν κατά πολύ τα αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης, δεν ακολουθούν δηλαδή την πορεία των υπολοίπων στοιχείων. Σε αντίθεση με τα άλλα διαγράμματα, τα μοτίβα που δημιουργούνται δεν παίζουν σημαντικό ρόλο. Δίνεται προσοχή στις ακραίες τιμές στην πάνω δεξιά γωνία ή στην κάτω δεξιά, καθώς σε αυτά τα σημεία του διαγράμματος εντοπίζονται τιμές οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τη γραμμή συσχέτισης.

Για περιπτώσεις έξω από τη διακοπτόμενη γραμμή που εμφανίζει το πρόγραμμα, όταν η απόσταση τους από τη γραμμή είναι μεγάλη(απόσταση Cook) τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης και , εάν αποκλειστούν αυτά τα στοιχεία, τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα είναι διαφορετικά.

4.ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Περιγραφή πειράματος

Στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας πραγματοποιήθηκε πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής, στο 2^ο όροφο του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να οδηγήσουν υπό συνθήκες απόσπασης προσοχής διαφόρων τύπων(χωρίς απόσπαση, συνομιλία με συνεπιβάτη, χρήση κινητού τηλεφώνου) και σε διαφορετικούς κυκλοφοριακούς φόρτους (υψηλούς, μέτριους) και οδικά περιβάλλοντα (αστικό, στην ύπαιθρο). Μετά τη λήξη του πειράματος, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν δύο μορφές ερωτηματολογίων. Το πρώτο αφορούσε τις οδηγικές τους συνήθειες και γενικά την οδηγική τους συμπεριφορά, ενώ το δεύτερο ήταν ένα ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης που αφορούσε την εμπειρία τους στον προσομοιωτή οδήγησης. Με αυτόν τον τρόπο, συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων, η οποία επεξεργάστηκε για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ο προσομοιωτής οδήγησης που χρησιμοποιήθηκε είναι πιστοποιημένος από την εταιρεία Foerst Driving Simulator FPF και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά

- 3 οθόνες LCD 40"
- Οπτικό πεδίο 170°
- Θέση οδήγησης και κινούμενη βάση
- Διαστάσεις 230x180cm με πάχος βάσης 78cm

Διαθέτει δύο εξωτερικούς και έναν εσωτερικό καθρέφτη, που εμφανίζονται στις πλάγιες και στην κύρια οθόνη αντίστοιχα, και παρουσιάζουν σε αληθινό χρόνο αντικείμενα και συμβάντα που συμβαίνουν εκτός οπτικού πεδίου, πίσω δηλαδή από το όχημα.



Εικόνα 4. 1 Προσομοιωτής οδήγησης

Το εικονικό περιβάλλον δημιουργείται από τον υπολογιστή και παρουσιάζει ένα οδικό περιβάλλον, στο οποίο οι χρήστες οδηγούν υπό ρεαλιστικές συνθήκες. Υπογραμμίζεται ότι οι συνθήκες οδήγησης δεν είναι ταυτόσημες με τις πραγματικές συνθήκες, όμως οι διαφορές στην οδική συμπεριφορά δεν επηρεάζουν απαραίτητα τις αλλαγές των επιμέρους μεταβλητών.

Στον συγκεκριμένο προσομοιωτή είναι δυνατόν να προσομοιωθούν διαφορετικοί τύποι οδών, σε διαφορετικές στάθμες συγκοινωνιακού φόρτου και διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι, σύμφωνα με τις ανάγκες του πειράματος, επιλέχθηκαν επικίνδυνες συνθήκες, όπως η μη αναμενόμενη εμφάνιση ενός ζώου κατά τη διάρκεια της οδήγησης, ή η μη αναμενόμενη πορεία του προπορευόμενου οχήματος σε προκαθορισμένα ή και τυχαία σημεία της διαδρομής.

Οι συμμετέχοντες στο πείραμα αυτό κρίθηκε απαραίτητο να τηρούν συγκεκριμένα συγκοινωνιακά κριτήρια, τα οποία είναι τα εξής

- Δίπλωμα οδήγησης σε ισχύ
- Έτη οδήγησης >3 χρόνια
- Ετήσια χιλιόμετρα οδήγησης > 2500
- Αριθμός εβδομαδιαίων μετακινήσεων >1 μετακίνηση/εβδομάδα

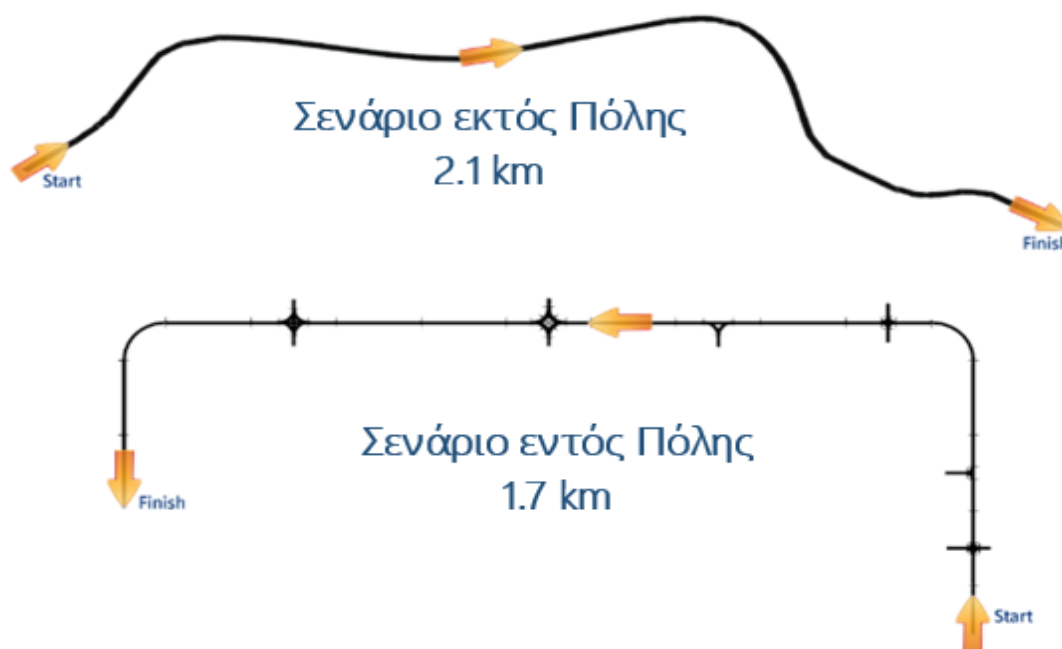
- Αριθμός εβδομαδιαίων χιλιομέτρων οδήγησης > 10 χιλιόμετρα/εβδομάδα

Επιπλέον, επιλέχθηκαν και συγκεκριμένα ιατρικά κριτήρια αποκλεισμού από το πείραμα

- Άνοια πάνω από ήπιου βαθμού
- Ψυχιατρικό ιστορικό
- Σοβαρή κινητική διαταραχή που να εμποδίζει την οδήγηση
- Ίλιγγος, ναυτία κατά την οδήγηση
- Εγκυμοσύνη
- Αλκοολισμός ή εξάρτηση από άλλες ουσίες
- Οφθαλμική πάθηση που να απαγορεύει νομικά την οδήγηση
- Πάθηση του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΣΝ)

Σε περίπτωση που κάποιος συμμετέχων δεν πληρούσε όλες τις προδιαγραφές, αποκλειόταν από τη συνέχεια του πειράματος.

Βασικό τμήμα της πειραματικής διαδικασίας αποτέλεσε και ο σχεδιασμός των σεναρίων οδήγησης, καθώς όλα τα επιμέρους τμήματα βασίστηκαν σε περιορισμούς και ανάγκες παρόμοιων προσομοιωτών οδήγησης. Τα σενάρια περιλαμβάνουν οδήγηση υπό διαφορετικές οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες (εντός/εκτός κατοικημένης περιοχής, χαμηλός/υψηλός φόρτος, με ή χωρίς απόσπαση της προσοχής του οδηγού). Στο πλαίσιο αυτού του πειράματος, δημιουργήθηκαν δύο διαδρομές ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση του τύπου της περιοχής στην οδική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια κάποιου μη αναμενόμενου συμβάντος.



Εικόνα 4. 2 Σενάρια οδήγησης στο πειραματικό περιβάλλον

Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο σενάριο αφορά διαδρομή εκτός κατοικημένης περιοχής μήκους 2,1 χιλιομέτρων , με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση και πλάτος δρόμου 3 μέτρα.



Εικόνα 4. 3 Σενάριο εκτός πόλης

Το δεύτερο σενάριο αφορά διαδρομή σχεδιασμένη σε αστικό περιβάλλον μήκους 1,7 χιλιομέτρων, στο μεγαλύτερο μήκος του οποίου υπάρχουν δυο λωρίδες ανά κατεύθυνση με νησίδα και πλάτος λωρίδας 3,5 μέτρα. Επιπλέον, η οδήγηση περιλαμβάνει σταθμευμένα οχήματα, κανονική σήμανση, δυο σηματοδοτημένους κόμβους και έναν κυκλικό κόμβο(roundabout).



Εικόνα 4. 4 Σενάριο στο αστικό περιβάλλον

Κατά το σχεδιασμό του πειράματος, δημιουργήθηκαν δυο κυκλοφοριακά σενάρια

- Συνθήκες χαμηλού φόρτου-Οι αφίξεις των οχημάτων προέρχονται από κατανομή Γάμμα με μέση τιμή $m=12\text{sec}$ και διακύμανση $\sigma^2=6\text{sec}$, αντιπροσωπεύοντας έναν μέσο κυκλοφοριακό φόρτο $Q=300$ οχήματα/ώρα
- Συνθήκες υψηλού φόρτου- Οι αφίξεις των οχημάτων προέρχονται από κατανομή Γάμμα με μέση τιμή $m=6\text{sec}$, διακύμανση $\sigma^2=3\text{sec}$, αντιπροσωπεύοντας έναν μέσο κυκλοφοριακό φόρτο $Q=600$ οχήματα/ώρα.

Διερευνήθηκαν τρεις συνθήκες απόσπασης της προσοχής του οδηγού

- Χωρίς απόσπαση προσοχής
- Συνομιλία με συνεπιβάτη
- Χρήση κινητού τηλεφώνου

Ο ένας ερευνητής ήταν υπεύθυνος για την απόσπαση της προσοχής του οδηγού, είτε μέσω κινητού τηλεφώνου είτε μέσω της συνομιλίας με τον οδηγό για θέματα όπως οικογένεια, προέλευση, ενδιαφέροντα, καθημερινότητα, ειδήσεις.

Κάθε σενάριο(εντός/εκτός κατοικημένης περιοχής) περιλαμβάνει 6 επιμέρους διαδρομές. Κατά τη διάρκεια κάθε διαδρομής του πειράματος, δυο μη αναμενόμενα συμβάντα είχαν σχεδιαστεί να συμβούν σε προκαθορισμένα σημεία, όχι όμως στο ίδιο σημείο σε κάθε διαδρομή ώστε να μην το απομνημονεύσει ο οδηγός. Πιο συγκεκριμένα, τα συμβάντα στην μη κατοικημένη περιοχή περιελάμβαναν την ξαφνική εμφάνιση ζώου στο οδόστρωμα, ενώ εντός της κατοικημένης περιοχής περιελάμβαναν την

ξαφνική εμφάνιση ενός ενήλικα πεζού ή ενός παιδιού που κυνηγάει μια μπάλα.



Εικόνα 4. 5 Μη αναμενόμενο συμβάν εκτός πόλης



Εικόνα 4. 6 Μη αναμενόμενο συμβάν εντός πόλης

ΤΥΧΑΙΟΠΟΙΗΣΗ: Βασική αρχή του πειραματικού σχεδιασμού είναι η τυχαιοποίηση, δηλαδή η τυχαία ανάθεση των εργασιών στα μέλη του πειράματος . Με αυτόν τον τρόπο διαβεβαιώνεται ότι κάθε πιθανός συνδυασμός εργασιών έχει την ίδια πιθανότητα να πραγματοποιηθεί. Σκοπός είναι να εξαλειφθούν περιπτώσεις μεροληψίας και σφαλμάτων που δε μπορούν να ελεγχθούν. Άλλο ένα πλεονέκτημα της τυχαιοποίησης είναι ότι δημιουργεί τη βάση για οποιοδήποτε έγκυρη στατιστική δοκιμή. Στο συγκεκριμένο πείραμα, η αρχή αυτή εφαρμόστηκε για την επιλογή του τύπου της περιοχής στην οποία θα οδηγούσαν οι συμμετέχοντες, καθώς επίσης και στα σενάρια κυκλοφοριακού φόρτου και απόσπασης προσοχής του οδηγού.

Στην έναρξη του πειράματος απαραίτητη κρίθηκε η δοκιμαστική οδήγηση, ώστε ο συμμετέχων να συνηθίσει το περιβάλλον προσομοίωσης. Χωρίς να υπάρχει χρονικός περιορισμός , ελεγχόταν η εξοικείωση του οδηγού με το περιβάλλον με συγκεκριμένα κριτήρια τα οποία αφορούσαν

- Τον χειρισμό του προσομοιωτή(εκκίνηση μηχανής, ταχύτητες, χειρισμός τιμονιού)

- Τη διατήρηση της πλευρικής θέσης(χωρίς να βρίσκονται σε επαφή ή να διασχίσουν οι τροχοί τα όρια της λωρίδας)
- Τη διατήρηση σταθερής ταχύτητας κατάλληλης για το είδος της οδού
- Την ακινητοποίηση του οχήματος
- Την άνετη γενικά οδήγηση, σύμφωνα με τον υπεύθυνο της δοκιμασίας

Αρχικά, οι συμμετέχοντες οδήγησαν σε ευθεία όσες φορές χρειαζόταν έως ότου αισθανθούν άνετα με τη λωρίδα τους. Έπειτα, οδήγησαν εντός της λωρίδας σε μια άνετη για αυτούς ταχύτητα. Ζητήθηκε από τους υποψήφιους να παραμείνουν εντός της λωρίδας τους για 30 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να οδηγήσουν σε διαδρομή με στροφές και τους ζητήθηκε να μην ακουμπήσουν τη διαχωριστική γραμμή μεταξύ των λωρίδων για 60 δευτερόλεπτα. Η διαδικασία επαναλαμβανόταν για τον κάθε υποψήφιο όσες φορές χρειαζόταν, μέχρι να ικανοποιηθούν τα κριτήρια. Στην τελευταία οδήγηση, οι συμμετέχοντες οδήγησαν σε μια μικρή πόλη με σήμανση και φωτεινούς σηματοδότες, με την κατάλληλη ταχύτητα και σταματώντας εντελώς το όχημα σε έξι διασταυρώσεις.

Για μη κατοικημένη περιοχή, ο κάθε συμμετέχοντας οδηγούσε 12,6 χιλιόμετρα σε περίπου 20 λεπτά. Μετά το τέλος της κάθε διαδρομής, όταν δηλαδή το αυτοκίνητο έφτανε σε ένα σημείο με οδικά έργα και αναγκαζόταν να σταματήσει, η οθόνη γινόταν μαύρη για κάποια δευτερόλεπτα και στη συνέχεια ξεκινούσε πάλι από την αρχή για την επόμενη διαδρομή. Μόλις ο συμμετέχων οδηγούσε και τις 6 διαδρομές που του αναλογούσαν, δηλαδή 2,1 χιλιόμετρα για 3,5 λεπτά για την κάθε διαδρομή, έκανε διάλειμμα.

Όσον αφορά την κατοικημένη αστική περιοχή, κάθε συμμετέχων οδηγούσε 10,2 χιλιόμετρα για 20 περίπου λεπτά συνολικά. Μετά το τέλος της κάθε διαδρομής, η οθόνη γινόταν μαύρη και γυρνούσε στην αρχή, για να ξεκινήσει η επόμενη διαδρομή. Μετά την ολοκλήρωση και των έξι διαδρομών, δηλαδή 1,7 χιλιόμετρα για 3,5 λεπτά η καθεμία, ο συμμετέχων έκανε διάλειμμα.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Μετά την ολοκλήρωση της οδήγησης στον προσομοιωτή, οι συμμετέχοντες καλούνταν να συμπληρώσουν δύο ερωτηματολόγια. Το πρώτο αφορούσε τις συνήθειες οδήγησης και την οδηγική συμπεριφορά, ενώ το δεύτερο αφορούσε την αυτό αξιολόγηση του οδηγού σχετικά με την εμπειρία στον προσομοιωτή.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΔΗΓΟΥ

Οι ερωτήσεις είχαν επιλεγεί με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με την συμπεριφορά των οδηγών, όπως την αξιολόγησαν οι ίδιοι. Περιελάμβανε τις παρακάτω ενότητες ερωτήσεων

Οδηγική εμπειρία και συνήθειες

Συνήθειες σχετικές με την απόσπαση της προσοχής του οδηγού. Οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο κλίμακας σχετικά με την άποψή τους σχετικά με τις αποσπάσεις στο δρόμο, παραδείγματος χάριν τη χρήση κινητού σε συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου(καθόλου επικίνδυνο έως πολύ επικίνδυνο)

Συναισθήματα και συμπεριφορά του οδηγού. Αναλύθηκαν διαφορετικές εκφάνσεις συναισθημάτων των οδηγών. Συμπεριλάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τη συχνή ανάμειξη σε φιλονικίες (0-9 φορές το χρόνο), ερωτήσεις σχετικά με την ασφάλεια, όπως για παράδειγμα οδήγηση υπό μέθη σε κλίμακα 4 διαβαθμίσεων(καθόλου-πολύ συχνά), και μια κλίμακα σχετικά με το θυμό κατά τη διάρκεια της οδήγησης(σχεδόν ποτέ-σχεδόν πάντα)

Θυμός κατά την οδήγηση.

Ιστορικό ατυχημάτων και παραβάσεων. Ποσοτικοποιήθηκε μέσω της συχνότητας εμφάνισης ατυχήματος(0-9 φορές συνολικά, ή στα τελευταία δύο χρόνια)

4.2 Δείγμα

Απαραίτητο για τη συμμετοχή στο πείραμα κρίθηκε οι συμμετέχοντες να πληρούν ορισμένα συγκοινωνιακά κριτήρια:

- Δίπλωμα οδήγησης σε ισχύ
- Έτη οδήγησης > 3 χρόνια
- Ετήσια χιλιόμετρα οδήγησης > 2.500 χιλιόμετρα
- Αριθμός εβδομαδιαίων μετακινήσεων > 1 μετακίνηση ανά εβδομάδα
- Αριθμός εβδομαδιαίων χιλιομέτρων οδήγησης > 10 χιλιόμετρα ανά εβδομάδα

Όσοι υποψήφιοι δεν πληρούσαν όλα τα παραπάνω κριτήρια αποκλειόντουσαν από τη διαδικασία του πειράματος. Οι συνολικοί συμμετέχοντες του πειράματος ήταν 95 άτομα.

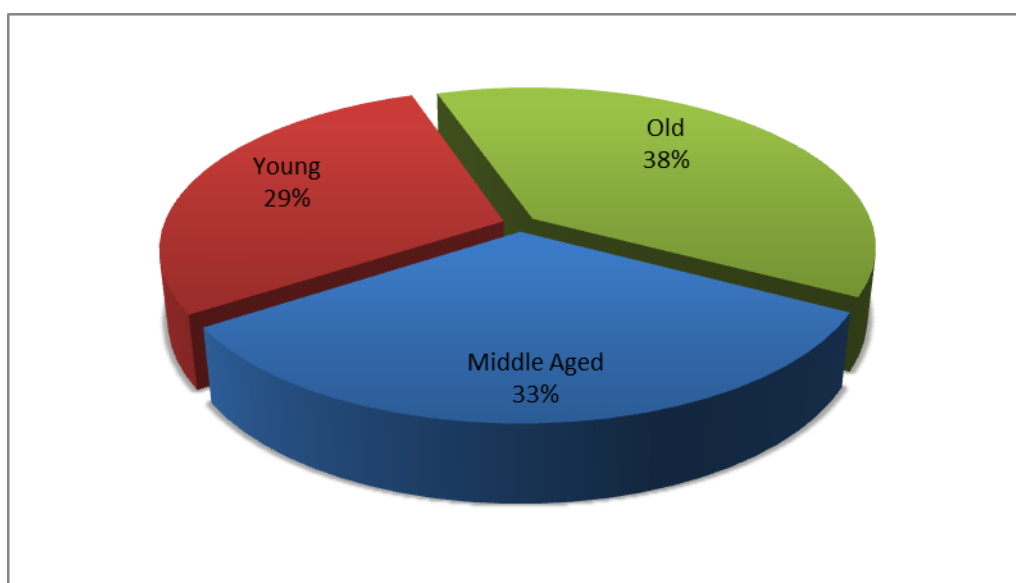
Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος:

Πίνακας 4. 1 Χαρακτηριστικά του δείγματος

Ηλικιακή κατηγορία	Γυναίκα	Άνδρας	Σύνολο	Εκπαίδευση (Έτη)	Εμπειρία (Έτη)
18-34	19%	40%	29%	16	6
35-55	40%	26%	33%	15	25
55+	42%	34%	38%	14	37

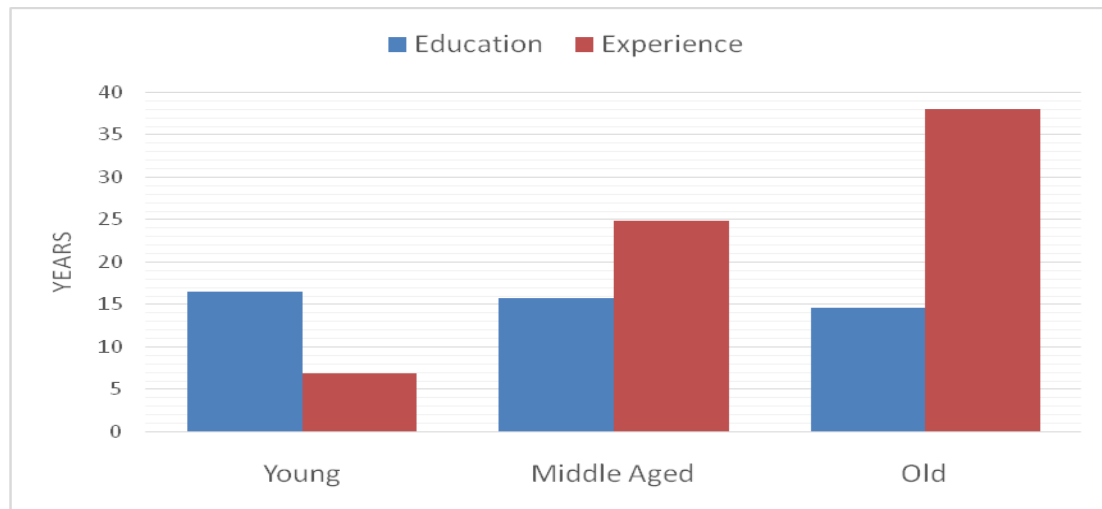
Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα, οι μισοί σχεδόν από τους συνολικά 95 συμμετέχοντες ήταν άντρες (47) ενώ οι υπόλοιποι συμμετέχοντες ήταν γυναίκες (48). Μπορούμε να συμπεράνουμε πως έγινε επίτευξη του αρχικού στόχου της ισότητας των συμμετεχόντων όσον αφορά το φύλο.

Το σύνολο του δείγματος χωρίστηκε σε τρεις ηλικιακές ομάδες. Την ομάδα ηλικίας 18-34 ετών αποτελούσαν 28 οδηγοί, την ομάδα ηλικίας 35-54 ετών αποτελούσαν 31 οδηγοί ενώ την τελευταία ομάδα ηλικίας 55-75 ετών αποτελούσαν 36 οδηγοί. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι ηλικιακές ομάδες του δείγματος



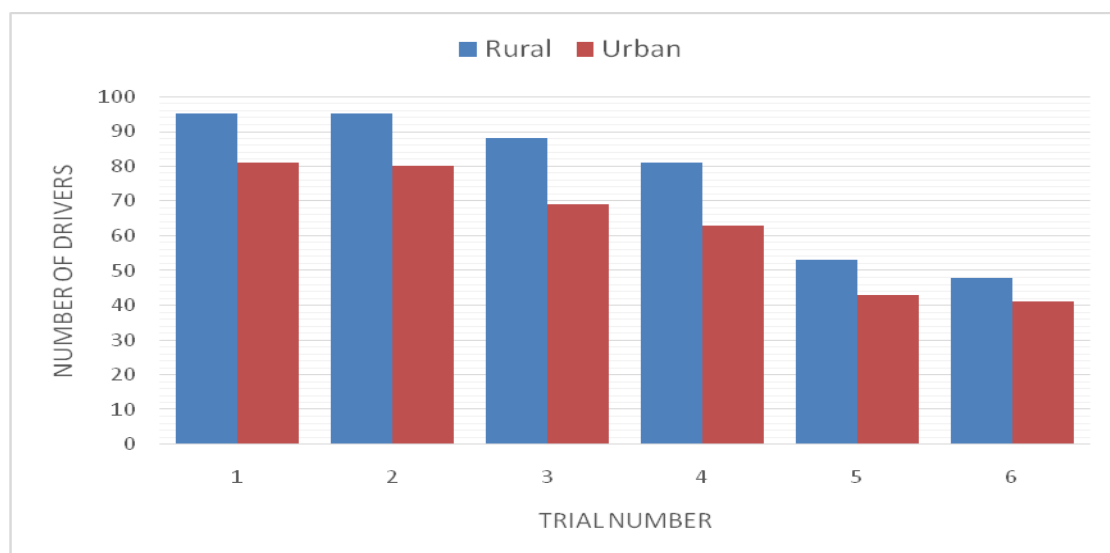
Διάγραμμα 4. 1 Ηλικιακή κατανομή συμμετεχόντων

Από την ανάλυση, συμπεραίνεται πως μέσος χρόνος εκπαίδευσης των συμμετεχόντων ήταν τα 15 έτη, ενώ μέση διάρκεια απόκτησης του διπλώματος οδήγησης ήταν τα 25,5 έτη, γεγονός που υποδηλώνει πως η πλειοψηφία των συμμετεχόντων ήταν πεπειραμένοι οδηγοί. Τα στοιχεία αυτά εμφανίζονται αναλυτικά στο παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 4. 2 Διάγραμμα εμπειρίας και εκπαίδευσης συμμετεχόντων ανά ηλικιακή κατηγορία

Ο συνολικός αριθμός διαδρομών για το σύνολο του δείγματος ανέρχεται σε 1.140, άρα στον κάθε συμμετέχοντα αντιστοιχούσαν 12 διαφορετικές επιμέρους διαδρομές οδήγησης. Ωστόσο, αρκετοί από τους συμμετέχοντες, ειδικά μεγαλύτερης ηλικίας, δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν και τις 12 διαδρομές, καθώς αισθάνθηκαν ζαλάδα και κόπωση. Επομένως, οι συνολικές πλήρεις διαδρομές που πραγματοποιήθηκαν ανέρχονται στις 837. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 4. 3 Διάγραμμα αριθμού συμμετεχόντων και αριθμού δοκιμής

Από την ανάλυση του διαγράμματος 4.2 προκύπτει πως από τους 95 συνολικά συμμετέχοντες, 48 κατάφεραν να ολοκληρώσουν και τις 6 διαδρομές

οδήγησης που αντιστοιχούσαν στο περιβάλλον εκτός πόλης, ενώ 41 ολοκλήρωσαν όλες τις διαδρομές που αντιστοιχούσαν στο αστικό περιβάλλον.

4.3 Βάση δεδομένων

Κατά τον σχεδιασμό του πειράματος, δημιουργήθηκαν δώδεκα διαφορετικά σενάρια οδήγησης, σε 2 διαφορετικά οδικά περιβάλλοντα.

Πηγές απόσπασης προσοχής	Οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες			
	Αστική περιοχή		Υπεραστική περιοχή	
	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος
Αναπόσπαστη οδήγηση	●	●	●	●
Συνομιλία με συνεπιβάτη	●	●	●	●
Συνομιλία με κινητό τηλέφωνο	●	●	●	●

Εικόνα 4. 7 Οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες

Το κάθε σενάριο οδήγησης αντιστοιχεί σε αρχείο με πρωτογενή δεδομένα για 33 μεταβλητές οδηγικής επίδοσης (ταχύτητα, χρονοαπόσταση, πλευρική θέση, γωνία τιμονιού, επιβράδυνση, επιτάχυνση κ.α.) με 20 στιγμιαίες τιμές αυτών των μεγεθών ανά δευτερόλεπτο (πάνω από 36.000 μετρήσεις για κάθε συμμετέχοντα και κάθε διαδρομή).

Λαμβάνοντας στοιχεία από την πειραματική διαδικασία, στο πρώτο στάδιο δημιουργήθηκε μια εκτενής και πολυδιάστατη βάση δεδομένων. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν έξι Διακριτά Επίπεδα Επεξεργασίας Δεδομένων Προσομοιωτή Οδήγησης για την κατάλληλη αντιμετώπιση της τεράστιας ποσότητας των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την πειραματική διαδικασία. Δημιουργήθηκε ένα αρχείο το οποίο περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα που αφορούν όλους τους οδηγούς από όλες τις αξιολογήσεις, το οποίο αναλύθηκε μέσω μιας ειδικής και καινοτόμου μεθόδου στατιστικής ανάλυσης:

PL0. TrafficSessionOriginalLog Αρχεία (900.txt αρχεία συνολικά ~ 60.000 σειρές το καθένα)

PL1.Driver Original Data Excel Αρχεία (225.xls αρχεία συνολ.~4 φύλλα~60.000 σειρές το καθένα)

PL2.Driver Processed Data Excel Αρχεία (225.xls αρχεία συνολ.~2 φύλλα~60.000 σειρές το καθένα)

PL3. All Drivers Processed Data Excel Αρχείο (1.accdb αρχείο ~ 20 εκατ. σειρές x 40 στήλες)

PL4. All Drivers Summary Data Excel Αρχείο (1.xls αρχείο~ 2.700 σειρές x 40 στήλες)

PL5. All Assessments Processed Data Αρχείο (1.xls αρχείο~225 σειρές x 1.113 στήλες)

Στη συνέχεια, για την επίτευξη των στόχων της παρούσας έρευνας, αναπτύχθηκε κώδικας μετασχηματισμού της βάσης των δεδομένων. Πιο λεπτομερώς, απομονώθηκε σε κάθε μη αναμενόμενο συμβάν μια χρονική περίοδος 15 δευτερολέπτων πριν και μια χρονική περίοδος 15 δευτερολέπτων μετά το συμβάν. Σε κάθε μία από αυτές τις χρονικές περιόδους υπολογίσθηκε η μέση τιμή των μεταβλητών τις οποίες καταγράφει ο προσομοιωτής.

5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΑΝΑΛΥΣΗΣ

5.1 Εισαγωγή

Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η διερεύνηση της οδηγικής συμπεριφοράς πριν και μετά από ένα αναμενόμενο συμβάν και ουσιαστικά διερευνά την επιρροή ενός συμβάντος κατά την οδήγηση. Για την επίτευξη του στόχου αυτού απομονώθηκε, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η οδήγηση σε χρονικό πλαίσιο 15 δευτερολέπτων πριν και μετά από κάθε συμβάν για όλους τους συμμετέχοντες. Η μεθοδολογία ανάλυσης που θα ακολουθηθεί περιλαμβάνει τις παρακάτω στατιστικές αναλύσεις

- Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών
- Γραμμικά Μοντέλα Παλινδρόμησης

5.2 Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών

Ο πίνακας συσχέτισης (Correlation table) αποτελεί το πρώτο βήμα της ανάλυσης με στόχο να διερευνηθεί η συσχέτιση των κύριων μεταβλητών που καταγράφονται από τον προσομοιωτή και θα αναλυθούν περαιτέρω στη συνέχεια. Η συσχέτιση Pearson είναι +1 σε περίπτωση μίας τέλειας άμεσης (αύξουσας) γραμμικής σχέσης (συσχέτιση), -1 σε περίπτωση μίας τέλειας φθίνουσας (αντίστροφης) γραμμικής σχέσης και κάποια τιμή μεταξύ -1 και 1 σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, που δείχνει το βαθμό της γραμμικής εξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών. Όσο πιο κοντά είναι ο συντελεστής είτε στο -1 ή στο 1, τόσο ισχυρότερη είναι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας συντελεστών συσχέτισης Pearson για όλες τις συνεχείς μεταβλητές που καταγράφονται από τον προσομοιωτή.

Πίνακας 5. 1 Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών

	Speed	Lateral position	Direction	Average brake	Average gear	Motor revolution	Space headway	Time headway	Time to line
Speed	1.00								
Lateral position	0.06	1.00							
Direction	0.01	0.04	1.00						
Average brake	-0.01	-0.02	0.05	1.00					
Average gear	0.37	0.07	-0.04	0.02	1.00				
Motor revolution	0.34	0.02	0.05	-0.04	-0.38	1.00			
Space headway	0.01	0.00	-0.04	0.03	-0.10	0.76	1.00		
Time headway	-0.10	-0.01	-0.04	0.04	-0.16	0.04	0.89	1.00	
Time to line	-0.10	-0.12	0.03	0.05	-0.04	-0.13	-0.04	-0.03	1.00

Τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.1 δείχνουν ότι δεν υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στις εξεταζόμενες μεταβλητές εκτός από τις μεταβλητές “Space headway” και “Time headway” οι οποίες εξ ορισμού υπολογίζουν την απόσταση σε χρόνο/χώρο από το προπορευόμενο όχημα και είναι αναμενόμενο ότι θα έχουν υψηλή συσχέτιση.

5.3 Γραμμικά Μοντέλα Παλινδρόμησης

Η δεύτερη κατηγορία αναλύσεων περιλαμβάνει την εφαρμογή γραμμικών μοντέλων για τη διερεύνηση της επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου, χαρακτηριστικών του οδηγού και του οδικού περιβάλλοντος σε μεταβλητές οδηγικής συμπεριφοράς.

Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν 2 γενικά γραμμικά μεικτά μοντέλα (General Linear Mixed Models) για τον προσδιορισμό της επιρροής πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν τόσο της χρήσης κινητού τηλεφώνου όσο και των εξεταζόμενων παραγόντων κινδύνου σε συγκεκριμένες μεταβλητές οδηγικής συμπεριφοράς όπως:

- Μέση ταχύτητα

- Διακύμανσης θέσης οχήματος στο δρόμο

Τα αποτελέσματα των επιμέρους αναλύσεων των γενικών γραμμικών μικτών μοντέλων παρουσιάζονται στη συνέχεια.

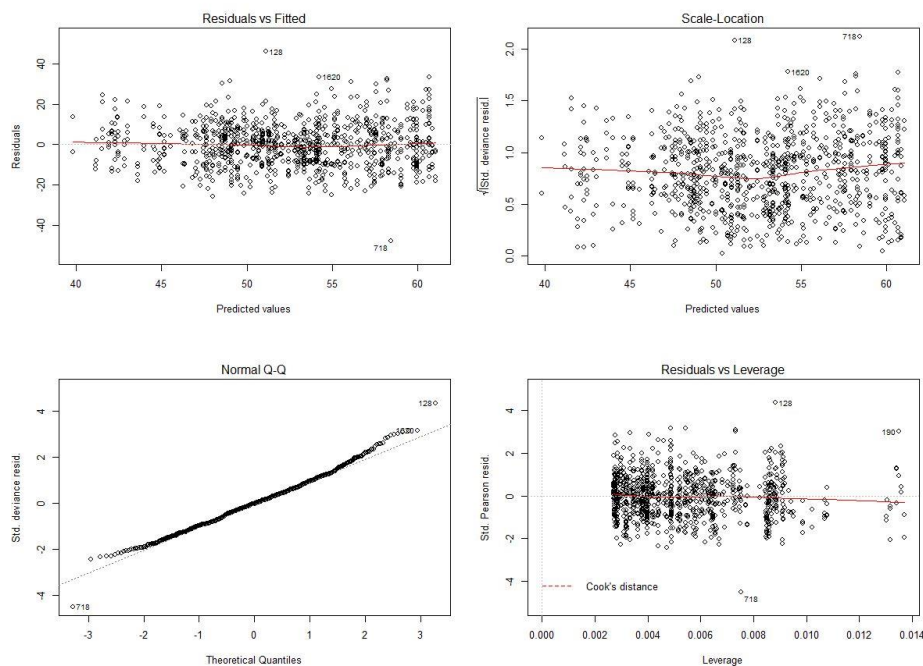
5.3.1 Μεταβολή μέσης ταχύτητας

Το πρώτο γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης διερευνά τη σχέση ανάμεσα στη μεταβολή της μέσης ταχύτητας πριν και μετά από κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν και άλλες παραμέτρους όπως τη χρήση κινητού τηλεφώνου, χαρακτηριστικά του οδηγού και του οδικού περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5. 2 Αποτελέσματα γενικού γραμμικού μοντέλου μεταβολής της ταχύτητας

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-13.198	1.486	-8.881	< 0,000
Age – Young	1.870	0.986	1.896	0.058
Experience	0.089	0.032	2.733	0.006
Traffic – Low	-2.816	0.574	-4.902	< 0,000
Lateral Position Before	-2.321	1.269	-1.828	0.067

Για την αξιολόγηση της **καταλληλότητας** του μοντέλου παρουσιάζονται τα ακόλουθα γραφήματα (Διάγραμμα 5.1) Όλα τα γραφήματα αποδεικνύουν την καταλληλότητα του μοντέλου.



Διάγραμμα 5. 1 Διαγράμματα μοντέλου μεταβολής ταχύτητας

Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα περιλαμβάνουν περισσότερες από μια μετρήσεις για κάθε συμμετέχοντα, αναπτύσσεται και παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα το **γενικό μεικτό γραμμικό μοντέλο** παλινδρόμησης στο οποίο έχει ληφθεί υπόψιν ο αύξων αριθμός κάθε συμμετέχοντα, ώστε να εξαλειφθούν πιθανά στατιστικά λάθη.

Πίνακας 5. 3 Αποτελέσματα γενικού μεικτού γραμμικού μοντέλου μεταβολής ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-13.152	1.583	-8.305	< 0,000
Age – Young	1.772	1.085	1.632	0.105
Experience	0.085	0.035	2.397	0.018
Traffic – Low	-2.852	0.570	-4.99	< 0,000
Lateral Position Before	-2.212	1.303	-1.69	0.090

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δείχνουν ότι διαφορετικές παράμετροι έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή στη μεταβολή της ταχύτητας του οδηγού πριν και μετά από κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν.

Ένα πρώτο σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου δεν έχει στατιστικά σημαντική επιρροή στο μοντέλο υποδηλώνοντας ότι η αλλαγή στη συμπεριφορά των οδηγών όσον αφορά την ταχύτητα μετά από ένα αναπάντεχο συμβάν δεν εξαρτάται από το αν συνομιλούν ή όχι στο κινητό τηλέφωνο.

Παρατηρήθηκε πως οι οδηγοί νεαρής ηλικίας (18-25 ετών) είχαν μικρότερες διαφορές στην ταχύτητα πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, σε αντίθεση με τους μεσήλικες και ηλικιωμένους οδηγούς. Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί μείωσαν την ταχύτητά τους μετά το συμβάν σε μεγαλύτερο βαθμό από τους νεαρούς οδηγούς, οι οποίοι δεν επηρεάστηκαν τόσο πολύ από το συμβάν.

Αναλύοντας τα δεδομένα, παρατηρούμε πως οι περισσότεροι έμπειροι οδηγοί παρουσιάζουν πιο μικρή μεταβολή της ταχύτητάς τους σε σχέση με τους λιγότερο έμπειρους οδηγούς.

Όσον αφορά το οδικό περιβάλλον, ο χαμηλός φόρτος κυκλοφορίας έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν έντονες μεταβολές στην ταχύτητα του οχήματος πριν και μετά από το μη αναμενόμενο συμβάν. Αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί

από τις μεγαλύτερες ταχύτητες που αναπτύσσονται πριν το συμβάν σε χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους σε σχέση με τις ταχύτητες που αναπτύσσονται με πιο υψηλούς φόρτους κυκλοφορίας. Η μεταβλητή αυτή είναι η σημαντικότερη του συγκεκριμένου στατιστικού μοντέλου.

Όπως είναι αναμενόμενο, η θέση του οχήματος στη λωρίδα κυκλοφορίας έχει σημαντική επίδραση στη διαφορά της ταχύτητας του οχήματος.

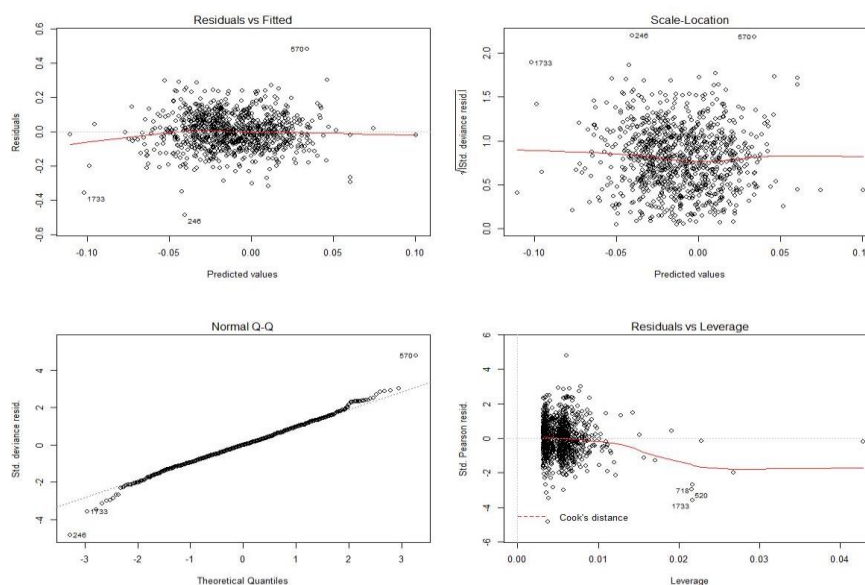
5.3.2 Διαφορά τυπικής απόκλισης θέσης οχήματος

Το δεύτερο γενικό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης διερευνά τη σχέση ανάμεσα στη διαφορά της τυπική απόκλιση της θέσης του οχήματος στο δρόμο πριν και μετά από κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν και άλλες παραμέτρους όπως τη χρήση κινητού τηλεφώνου, χαρακτηριστικά του οδηγού και του οδικού περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5. 4 Αποτελέσματα γενικού γραμμικού μοντέλου διαφοράς τυπικής απόκλισης θέσης οχήματος

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	0.033	0.007	4.266	< 0,000
Distraction – Cell phone	-0.029	0.0087	-3.370	0.001
Distraction– No	-0.032	0.007	-4.339	< 0,000
Age – Young	0.014	0.007	2.022	0.043
Difference Speed	0.002	0.001	5.879	< 0,000

Η καταλληλότητα του μοντέλου ελέγχεται μέσω των διαγραμμάτων του Διαγράμματος 5. 2. Όλα τα διαγράμματα υποδεικνύουν την καταλληλότητα των αποτελεσμάτων



Διάγραμμα 5. 2 Διαγράμματα μοντέλου διαφοράς τυπικών αποκλίσεων θέσης οχήματος στο δρόμο

Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δεδομένα περιλαμβάνουν περισσότερες από μια μετρήσεις για κάθε συμμετέχοντα, αναπτύσσεται και παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα το γενικό μεικτό γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης στο οποίο έχει ληφθεί υπόψιν ο αύξων αριθμός κάθε συμμετέχοντα και έχουν εξαλειφθεί πιθανά λάθη στατιστικής φύσεως.

Πίνακας 5. 5 Αποτελέσματα μεικτού γενικού γραμμικού μοντέλου διαφοράς τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος

Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	0.136	0.006	20.819	< 0,000
Distraction – Cell phone	0.022	0.006	3.395	0.001
Distraction - No	0.001	0.005	2.292	0.022
Age – Young	-0.008	0.007	-1.847	0.047
Difference Speed	-0.002	0.001	-5.915	< 0,000

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα δείχνουν ότι διαφορετικές παράμετροι έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή στη διαφορά της διακύμανσης της θέσης του οχήματος πριν και μετά από κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν.

Σχετικά με την απόσπαση της προσοχής, η χρήση κινητού τηλεφώνου οδηγεί σε αύξηση της διαφοράς των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος, δηλαδή αλλάζει πιο πολύ η θέση του οχήματος στο δρόμο μετά το μη αναμενόμενο συμβάν.

Εκτός από την απόσπαση από τη χρήση κινητού τηλεφώνου, σημαντική είναι και η μη ύπαρξη απόσπασης για τον οδηγό στην περίπτωση του συγκεκριμένου γραμμικού μοντέλου.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του οδηγού, η ηλικία επηρεάζει τη διαφορά των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος πριν και μετά το συμβάν. Οι νέοι οδηγοί 18 έως 34 ετών εμφανίζουν μικρότερες διαφορές στην τυπική απόκλιση συγκριτικά με τους οδηγούς των άλλων ηλικιακών κατηγοριών.

Σχετικά με την ταχύτητα του οχήματος, η διαφορά της ταχύτητας πριν και μετά αυξάνει τη διαφορά των τυπικών αποκλίσεων. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά της ταχύτητας πριν και μετά, τόσο μικρότερη είναι η διαφορά των τυπικών αποκλίσεων που αφορούν τη θέση του οχήματος.

5.4 Σχετική επιρροή μεταβλητών

Ο βαθμός της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών καθενός από τα παραπάνω μοντέλα στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή, 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. Η ελαστικότητα είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών των μοντέλων, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών, είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης. Αξίζει να σημειωθεί ότι, δεν είναι θεωρητικά ορθό να χρησιμοποιείται το μέγεθος της ελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές, όπως είναι η μεταβλητή «φύλο». Παρόλα αυτά, χρησιμοποιήθηκε ως βάση για τον υπολογισμό των σχετικών επιρροών των ανεξάρτητων μεταβλητών, με στόχο την εκτίμηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής και τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων που αναπτύχθηκαν, υπολογίστηκε σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) \cdot (X_i / Y_i) = \beta_i \cdot (X_i / Y_i) \quad (1)$$

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για καθεμία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, εφαρμόστηκε η σχέση $e_i = \beta_i \cdot (X_i / Y_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής.

Συγκεντρωτικά, οι τιμές της σχετικής επιρροής για τις μεταβλητές, τόσο του μοντέλου της ταχύτητας, όσο και του χωρικού διαχωρισμού, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες από τους οποίους προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη e_i^* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων

μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Στον Πίνακα 5.6 φαίνεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διαφοράς ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το συμβάν. Παρατηρείται ότι η νεαρή ηλικία (18-34) και ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή. Πιο αναλυτικά, ο χαμηλός φόρτος κυκλοφορίας είναι η μεταβλητή που επηρεάζει περισσότερο την μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος, ενώ ακολουθεί η νεαρή ηλικία, της οποίας το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει πως η εξαρτημένη μεταβλητή μειώνεται όταν οι οδηγοί είναι νεαράς ηλικίας. Λιγότερο απ' όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές επηρεάζει την εξαρτημένη η πλευρική θέση του οχήματος, ενώ ελάχιστα μεγαλύτερη επιρροή από την πλευρική θέση του οχήματος στη μεταβολή της ταχύτητας έχει η εμπειρία του οδηγού.

Από τις τιμές της σχετικής επιρροής e_i^* προκύπτει πως ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος έχει πέντε φορές ισχυρότερη επιρροή στη μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν από την πλευρική θέση του οχήματος. Η εμπειρία του οδηγού έχει ελαφρώς μεγαλύτερη επιρροή από την πλευρική θέση του οχήματος, ενώ η νεαρή ηλικία επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή τρεις φορές με αρνητικό τρόπο.

Πίνακας 5. 6 Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διαφοράς ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το συμβάν

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Διαφορά ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν		
	β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*
Ηλικία (18-34)	1,17	4.880	-3.614
Εμπειρία	0,085	4.219	1.109
Κυκλοφοριακός φόρτος – χαμηλός	-2,852	-6.780	5.804
Πλευρική θέση οχήματος	-2,212	-1.168	1

Στον Πίνακα 5.7 φαίνεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διαφοράς της τυπικής απόκλισης της θέσης του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν. Παρατηρείται πως την ισχυρότερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή την έχει η διαφορά της ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το συμβάν. Η μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τη μη απόσπαση της προσοχής έχει την ασθενέστερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή από όλες τις ανεξάρτητες που αναλύθηκαν, ενώ και η χρήση

κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εξαρτημένη μεταβλητή.

Παρατηρείται ότι η διαφορά ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν έχει 48 φορές μεγαλύτερη επιρροή στη διαφορά των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος από τη μη απόσπαση της προσοχής, ενώ η απόσπαση λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου επηρεάζει 3,98 φορές περισσότερο. Τέλος, η μεταβλητή της νεαρής ηλικίας επηρεάζει δύο φορές περισσότερο την εξαρτημένη μεταβλητή απ' ό,τι η απόσπαση λόγω χρήσης του κινητού τηλεφώνου, αλλά με αρνητικό πρόσημο.

Πίνακας 5. 7 Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της διαφοράς της διακύμανσης της θέσης του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν

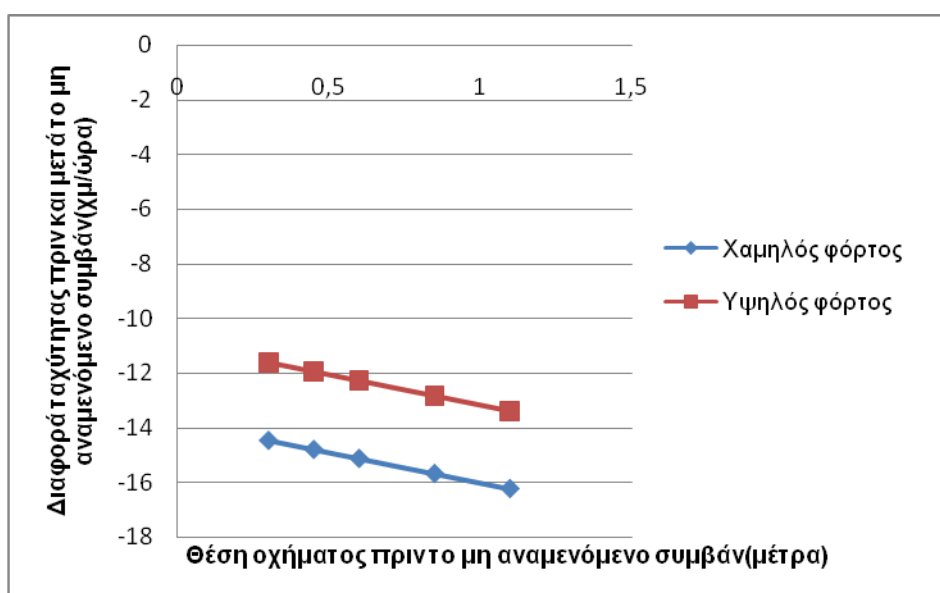
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Διαφορά τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν		
	β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*
Απόσπαση προσοχής- κινητό τηλέφωνο	0,022	0.002	3.930
Απόσπαση προσοχής- όχι	0,001	0.001	1
Ηλικία (18-34)	-0,008	-0.004	-7.995
Διαφορά ταχύτητας πριν και μετά	-0,002	0.022	48.056

5.5 Ευαισθησία μεταβλητών

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της επιρροής της εξαρτημένης μεταβλητής από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των γραμμικών μοντέλων που προέκυψαν από την γραμμική παλινδρόμηση, αναπτύχθηκαν διαγράμματα ευαισθησίας που περιγράφουν την ευαισθησία των εξεταζόμενων

εξαρτημένων μεταβλητών όταν μεταβάλλεται μια εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές, δηλαδή πόσο μεταβάλλεται η εξαρτημένη μεταβλητή όταν μεταβάλλεται μόνο μία εκ των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου. Η ανάλυση της ευαισθησίας χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο οι διαφορετικές τιμές μιας ανεξάρτητης μεταβλητής επηρεάζουν μια συγκεκριμένη εξαρτημένη μεταβλητή κάτω από ένα δεδομένο σύνολο υποθέσεων, οι οποίες αφορούν τις τιμές των υπολοίπων ανεξάρτητων μεταβλητών.

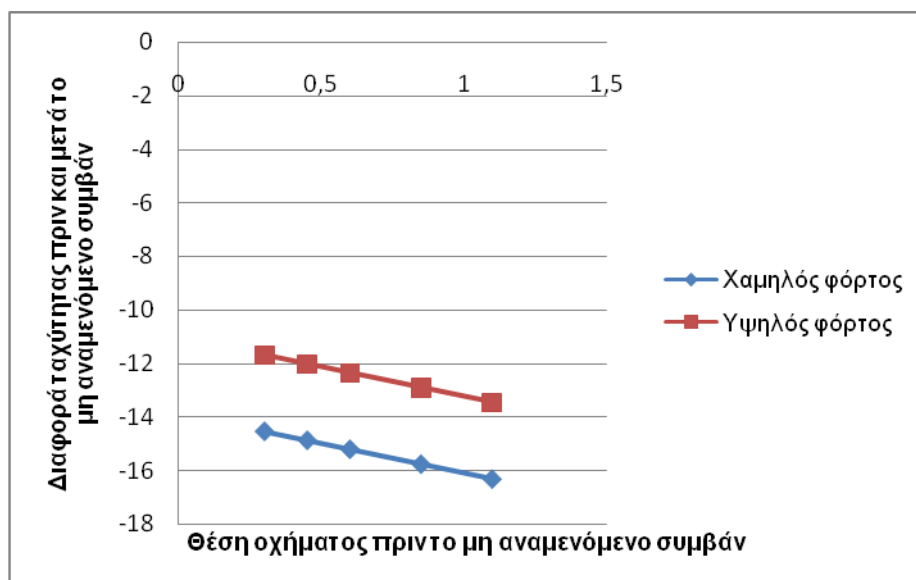
Στο Διάγραμμα 5.3 φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν όταν μεταβάλλεται η θέση του οχήματος στη λωρίδα πριν το συμβάν, για τα άτομα νεαρής ηλικίας (18-34 ετών), με πάνω από 5 έτη εμπειρία οδήγησης και σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



Διάγραμμα 5. 3 Διαφορά μέσης ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς την αντίστοιχη θέση του οχήματος

Μεταβάλλοντας τη θέση του οχήματος με σταθερές τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές, παρατηρείται πως η διαφορά της ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν έχει πτωτική τάση, δηλαδή όσο αυξάνεται η θέση του οχήματος προς την κεντρική οριογραμμή της λωρίδας, τόσο μειώνεται η διαφορά της ταχύτητας, είτε σε χαμηλό είτε σε υψηλό φόρτο κυκλοφορίας. Σε συνθήκες χαμηλού φόρτου, η διαφορά της ταχύτητας λαμβάνει μικρότερες τιμές απ' ότι σε συνθήκες υψηλού φόρτου, ωστόσο οι δύο καμπύλες παραμένουν σχεδόν παράλληλες.

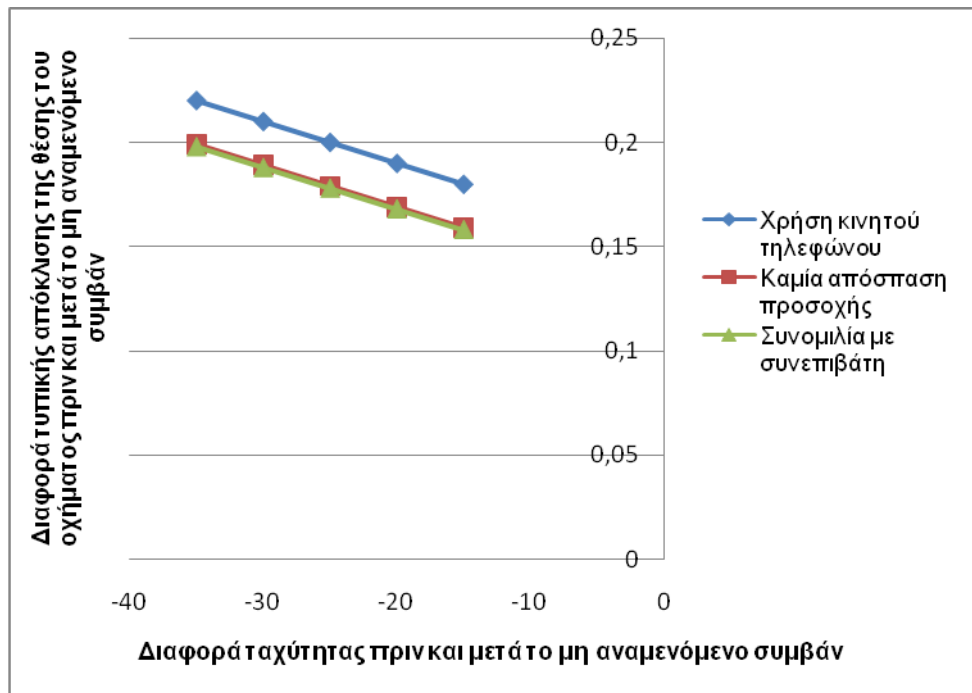
Στο Διάγραμμα 5.4 παρουσιάζεται η μεταβολή της ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν όταν μεταβάλλεται η θέση του οχήματος στη λωρίδα πριν το συμβάν, για τα άτομα από 35 ετών και άνω, με 25 έτη εμπειρία οδήγησης, σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



Διάγραμμα 5. 4 Διαφορά μέσης ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς την αντίστοιχη θέση του οχήματος

Παρατηρείται πως οι καμπύλες που προκύπτουν είναι σχεδόν παράλληλες. Οι καμπύλες έχουν πτωτική τάση, δηλαδή όσο αυξάνεται η θέση του οχήματος προς την κεντρική οριογραμμή πριν το αναμενόμενο συμβάν, είτε σε χαμηλό είτε σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, η διαφορά της ταχύτητας πριν και μετά το συμβάν μειώνεται. Η καμπύλη που αντιστοιχεί σε συνθήκες χαμηλού φόρτου κυκλοφορίας βρίσκεται χαμηλότερα από την καμπύλη του υψηλού φόρτου, επομένως επιβεβαιώνεται το συμπέρασμα πως στο χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο εμφανίζονται μεγαλύτερες διαφορές στην ταχύτητα του οχήματος πριν και μετά το συμβάν.

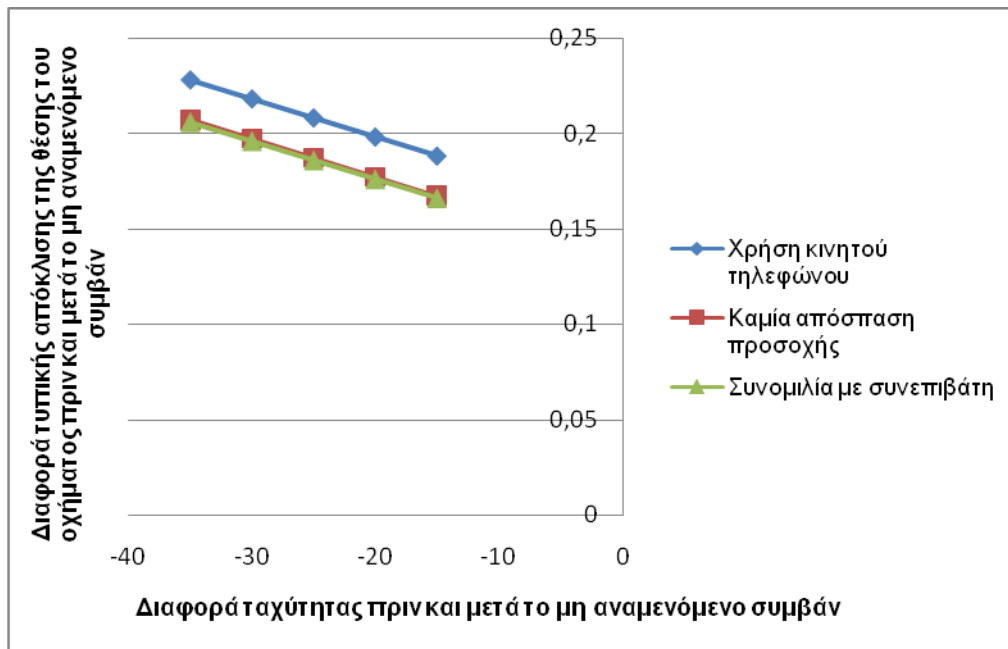
Στο Διάγραμμα 5.5 φαίνεται η μεταβολή των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος στη λωρίδα της πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν όταν μεταβάλλεται η ταχύτητα του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, για τα άτομα νεαρής ηλικίας (18-34 ετών), σε συνθήκες απόσπασης της προσοχής του οδηγού με τη χρήση κινητού τηλεφώνου, σε μη απόσπαση της προσοχής και σε συνθήκες συνομιλίας με τον συνεπιβάτη του.



Διάγραμμα 5. 5 Μεταβολή τυπικής απόκλισης πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς τη διαφορά της ταχύτητας

Όσο αυξάνεται η διαφορά της ταχύτητας τόσο μειώνεται η διαφορά της τυπικής απόκλισης της θέσης του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, και στις τρεις περιπτώσεις απόσπασης της προσοχής του οδηγού. Οι καμπύλες είναι παράλληλες, επομένως συμπεραίνεται πως οι μεταβολές στη διαφορά της τυπικής απόκλισης της θέσης του οχήματος πριν και μετά το συμβάν, για ίσες διαφορές ταχύτητας, είναι ισόποσες σε όλες τις συνθήκες απόσπασης που μελετήθηκαν. Στην περίπτωση της χρήσης κινητού τηλεφώνου, εμφανίζονται μεγαλύτερες τιμές της διαφοράς της τυπικής απόκλισης της θέσης του οχήματος, ενώ σε μη απόσπαση της προσοχής και σε περίπτωση συνομιλίας με τον συνεπιβάτη οι τιμές που εμφανίζονται είναι μικρότερες.

Στο διάγραμμα 5.6 παρουσιάζεται η μεταβολή της τυπικής απόκλισης της θέσης του οδηγού συναρτήσει της διαφοράς ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, για άτομα μεγαλύτερα των 35 ετών, σε περιπτώσεις απόσπασης της προσοχής με τη χρήση κινητού τηλεφώνου, συνομιλίας με τον συνεπιβάτη αλλά και σε περιπτώσεις μη απόσπασης της προσοχής του οδηγού.



Διάγραμμα 5. 6 Μεταβολή τυπικής απόκλισης πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν προς τη διαφορά της ταχύτητας

Παρατηρείται πως οι καμπύλες είναι σχεδόν παράλληλες και με πτωτική τάση. Όσο αυξάνεται η διαφορά ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, η διαφορά της τυπικής απόκλισης της θέσης του οχήματος είναι μεγαλύτερη όταν υπάρχει απόσπαση της προσοχής του οδηγού λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου, μικρότερη όταν δεν υπάρχει απόσπαση της προσοχής και ακόμα μικρότερη όταν ο οδηγός συνομιλεί με τον συνοδηγό.

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επιρροής ενός μη αναμενόμενου συμβάντος στην οδηγική συμπεριφορά του οδηγού σε διαφορετικές συνθήκες οδικού περιβάλλοντος και κυκλοφοριακού φόρτου.

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής, στο 2^ο όροφο του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κατά τα οποία 95 συμμετέχοντες οδήγησαν υπό διαφορετικές συνθήκες απόσπασης της προσοχής (κινητό τηλέφωνο, συνομιλία με συνεπιβάτη), εντός/εκτός κατοικημένης περιοχής σε χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Επιπρόσθετα, η βάση δεδομένων έχει μετασχηματισθεί ώστε να αφορά στις μέσες τιμές μεταβλητών που καταγράφει ο προσομοιωτής οδήγησης για χρονικό διάστημα 15 δευτερολέπτων πριν ένα μη αναμενόμενο συμβάν και για ένα δεύτερο χρονικό διάστημα 15 δευτερολέπτων μετά από το μη αναμενόμενο συμβάν.

Οι μεταβλητές που προσδιόρισαν τα στατιστικά μοντέλα είναι οι εξής:

Σχετικά με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, η μεταβλητή της ηλικιακής κατηγορίας από 18 έως 34 ετών η οποία έλαβε τιμές ΝΑΙ ή ΟΧΙ, ενώ η οδηγική εμπειρία των οδηγών έλαβε τιμές από 3 έως 70 έτη.

Σε ό, τι αφορά τον τύπο απόσπασης της προσοχής του οδηγού, δημιουργήθηκαν μεταβλητές για τη χρήση κινητού τηλεφώνου και για την μη απόσπαση της οδηγικής προσοχής, οι οποίες έλαβαν τιμές ΝΑΙ ή ΟΧΙ.

Η επιρροή του οδικού περιβάλλοντος στα στατιστικά μοντέλα αντιπροσωπεύεται από τη μεταβλητή του χαμηλού φόρτου κυκλοφορίας, η οποία παίρνει τιμές ΝΑΙ ή ΟΧΙ.

Η πλευρική θέση του οχήματος στη λωρίδα κυκλοφορίας είναι μεταβλητή η οποία καταγράφηκε από τον προσομοιωτή οδήγησης, με εύρος τιμών από -0.045 έως +1,71 μέτρα.

Η μεταβολή της ταχύτητας πριν και μετά το συμβάν αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή του ενός στατιστικού μοντέλου που αναπτύχθηκε, αλλά αποτελεί και ανεξάρτητη μεταβλητή που συνέβαλε στη δημιουργία του δεύτερου

στατιστικού μοντέλου. Το εύρος τιμών της συγκεκριμένης μεταβλητής είναι από -52 έως +38 χιλιόμετρα/ώρα.

Συνολικά καταγράφηκαν 1752 δοκιμές στον προσομοιωτή καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Για τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων καθώς και την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, επιχειρήθηκε μέσω του προγράμματος R-studio, η χρήση της μεθόδου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Επιπρόσθετα, η σχετική επιρροή χρησιμοποιήθηκε ως μέγεθος ικανό να αναδείξει την επιρροή της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά. Ο υπολογισμός της βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας, που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

6.2 Βασικά Συμπεράσματα

Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζεται η επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στη μεταβολή της ταχύτητας του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν και στη διαφορά των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν. Σε αυτόν περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* των ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων.

Πίνακας 6. 1 Επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών στα στατιστικά μοντέλα

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μεταβολή ταχύτητας οχήματος πριν και μετά το συμβάν			Διαφορά τυπικών αποκλίσεων θέσης οχήματος πριν και μετά το συμβάν		
	β_i	Σχετική επιρροή		β_i	Σχετική επιρροή	
		e_i	e_i^*		e_i	e_i^*
ΗΛΙΚΙΑ(18-34)	1,772	4,880	-3,614	-0,008	-0,004	-7,995
ΕΜΠΕΙΡΙΑ	0.085	4,219	1,109	-	-	-
ΧΑΜΗΛΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	-2.852	-6,776	5,804	-	-	-
ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΘΕΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΛΩΡΙΔΑ	-2.212	-1,168	1	-	-	-
ΧΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΟΥ	-	-	-	0.022	0,002	3,930
ΚΑΜΙΑ ΑΠΟΣΠΑΣΗ	-	-	-	0.001	0,001	+1
ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΥΜΒΑΝ	-	-	-	-0.002	0,022	48,056

Από τον ανωτέρω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής που έχει κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξαρτημένη. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης οδήγησαν σε μία σειρά συμπερασμάτων, όπως αυτά που παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

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

Η αρχική υπόθεση του χρονικού περιθωρίου 15 δευτερολέπτων πριν και 15 δευτερολέπτων μετά το συμβάν για την καταγραφή των δεδομένων κρίθηκε σωστή, αφού ο χρόνος αυτός ήταν αρκετός για την επαρκή ανάλυση της συμπεριφοράς και των αντιδράσεων των συμμετεχόντων στο μη αναμενόμενο συμβάν.

Για την ανάλυση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στις εξαρτημένες, έγινε διαχωρισμός των συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών από τις διακριτές ανεξάρτητες μεταβλητές και η επεξεργασία τους έγινε με μοντέλα κατάλληλα για την κάθε κατηγορία.

Έγινε επίτευξη του στόχου της ισότητας των φύλων, καθώς στο πείραμα συμμετείχε περίπου ίσος αριθμός αντρών και γυναικών. Έτσι, η μεταβλητή του φύλου ήταν ανεπηρέαστη από άνισο αριθμό συμμετεχόντων.

Την διαδρομή εκτός πόλης ολοκλήρωσαν περισσότεροι συμμετέχοντες από τη διαδρομή εντός πόλης. Στην οδήγηση εντός πόλης οι συμμετέχοντες ήταν περισσότερο κουρασμένοι, ενώ στην οδήγηση εκτός πόλης αρκετοί συμμετέχοντες δήλωσαν αδιαθεσία και κόπωση.

Από την διερεύνηση των παραμέτρων που προσδιορίζουν την οδηγική συμπεριφορά, προκύπτει ότι οι μεταβλητές που δημιουργούν τα γραμμικά μοντέλα θα πρέπει να είναι από διαφορετικές οικογένειες μεταβλητών και όχι από την ίδια, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα η εξαρτώμενη μεταβλητή να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος.

Τα στατιστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν είναι κατάλληλα για τις συγκεκριμένες αναλύσεις και την επίτευξη των στόχων της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση για τις μεταβλητές, για να προσδιοριστεί η επίδραση της καθεμίας στα στατιστικά μοντέλα. Και στις δύο περιπτώσεις στατιστικών μοντέλων, επειδή υπήρχαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για τον κάθε οδηγό, αναπτύχθηκαν Μεικτά γραμμικά μοντέλα.

Οι ακραίες τιμές του δείγματος δε επηρέασαν τα στατιστικά μοντέλα σε μη αποδεκτό βαθμό, πράγμα που επιβεβαιώνει την αποδοχή των μοντέλων και επιτρέπει την περαιτέρω ανάλυσή τους.

Επιβεβαιώθηκε πως τα χαρακτηριστικά του οδηγού παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην οδηγική συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, η ηλικία και η οδηγική εμπειρία παίζουν σημαντικό ρόλο στα στατιστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν. Σχετικά με την ηλικία, οι νέοι οδηγοί, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι ήταν πιο εξοικειωμένοι με τον προσομοιωτή οδήγησης οδηγούσαν καλύτερα από τους ηλικιωμένους οδηγούς, ενώ οι μεγαλύτεροι σε ηλικία οδηγοί μείωσαν την ταχύτητά τους σε μεγαλύτερο βαθμό μετά το συμβάν. Διαπιστώθηκε επίσης πως οι περισσότεροι έμπειροι οδηγοί παρουσιάζουν πιο μικρή μεταβολή της ταχύτητάς τους σε σχέση με τους λιγότερο έμπειρους οδηγούς. Η διαπίστωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί από το ότι οι περισσότεροι έμπειροι οδηγοί έχουν βρεθεί και στο παρελθόν σε αντίστοιχες καταστάσεις και αντιδρούν με μεγαλύτερη ψυχραιμία.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στα γραμμικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν το φύλο δεν είχε στατιστικά σημαντική επιρροή, υποδεικνύοντας ότι στην οδηγική συμπεριφορά με την ύπαρξη μη αναμενόμενου συμβάντος το φύλο δεν ασκεί μεγάλη επιρροή.

Το μορφωτικό επίπεδο του οδηγού δεν ήταν στατιστικά σημαντικό για τα μοντέλα, και διαπιστώθηκε πως η εκπαίδευση του οδηγού δεν επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά του σε κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν.

Σχετικά με την επιρροή της χρήσης του κινητού τηλεφώνου, τα αποτελέσματα είναι πολύ ενδιαφέροντα. Αποδεικνύεται ότι η απόσπαση της προσοχής λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου δεν έχει στατιστικά σημαντική επιρροή στη διαφορά ταχύτητας πριν και μετά το μη αναμενόμενο συμβάν, επηρεάζει όμως τη μεταβολή των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος πριν και μετά το συμβάν. Επιπλέον, η μεταβολή των τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος επηρεάζεται και από τη μη ύπαρξη απόσπασης της προσοχής του οδηγού.

Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του οδικού περιβάλλοντος, οι κυκλοφοριακές συνθήκες έχουν σημαντική επιρροή δείχνοντας ότι σε χαμηλό φόρτο οι οδηγοί παρουσίασαν καλύτερη επίδοση συγκριτικά με τις διαδρομές με υψηλό φόρτο.

Όπως ήταν αναμενόμενο, η διαφορά ταχύτητας πριν και μετά το συμβάν επηρέασε σημαντικά τη διαφορά τυπικών αποκλίσεων της θέσης του οχήματος, αφού ταχύτητα και θέση οχήματος είναι δυο στοιχεία άμεσα συσχετισμένα στη βιβλιογραφία.

Τα σαφή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα, τα οποία μάλιστα συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία καταδεικνύουν την καταλληλότητα της μεθόδου ανάλυσης για την διερεύνηση της οδηγικής συμπεριφοράς όταν συμβαίνει κάποιο μη αναμενόμενο συμβάν. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου επιτρέπει την εφαρμογή της σε έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο έπειτα από κατάλληλη προσαρμογή των συνθηκών. Βέβαια, οι μεταβλητές θα πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση.

6.3 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα θα πρέπει να επεξεργαστούν περαιτέρω προκειμένου να οδηγηθούμε σε πολυτιμότερα ευρήματα σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά και την απόσπαση της προσοχής. Μπορούν να εισαχθούν παράμετροι, όπως η κόπωση και το αλκοόλ, και να διερευνηθεί η επίδρασή τους στην οδηγική συμπεριφορά. Επιπλέον, στην ίδια βάση δεδομένων μπορούν να εξετασθούν διάφορες άλλες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα η πιθανότητα ατυχήματος, ανάλογα με τους σκοπούς και τα ερωτήματα της συγκεκριμένης έρευνας.

Επικεντρώνοντας στην επίδραση της απόσπασης της προσοχής του οδηγού, στην παρούσα ερευνητική συζήτηση με τους επιβάτες, η χρήση κινητών τηλεφώνων εξετάζεται σε βάθος. Ωστόσο, πολλές άλλες αιτίες απόσπασης της προσοχής τόσο εντός όσο και εκτός του οχήματος εκτιμάται ότι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην οδηγική συμπεριφορά και πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω οι επιπτώσεις τους, τόσο σε γενικό πλαίσιο όσο και σε μεμονωμένες περιπτώσεις.

Τέλος, όσον αφορά στην επίδραση του κινητού τηλεφώνου, στην παρούσα έρευνα επαληθεύτηκε η αρνητική επιρροή της χρήσης του στην οδηγική συμπεριφορά. Έτσι, θα ήταν σημαντικό να διερευνηθεί εκτενέστερα η χρήση του και σε άλλες μορφές, δηλαδή όχι μόνο όταν οι οδηγοί μιλούν στο κινητό τηλέφωνο, αλλά και όταν χρησιμοποιούν μια συσκευή hands-free, ένα Bluetooth ή όταν πληκτρολογούν ένα SMS. Σε κάθε μία από τις παραπάνω μορφές χρήσης του κινητού τηλεφώνου, ο ψυχικός φόρτος εργασίας, η όραση και, κυρίως, η σωματική πράξη είναι πολύ διαφορετικά, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα αποτελέσματα της έρευνας θα είναι πολύ ενδιαφέροντα και χρήσιμα για τη συνολική ερμηνεία του αποτελέσματος της χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alm, H., Nilsson, L. (1990). Changes in driver behaviour as a function of hands-free mobile telephones: a simulator study, *Accident Analysis & Prevention* 26, 441-451.

Beede, K., Kass, S. (2006). Engrossed in Conversations: The impact on cell phones on simulated driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 415.

Brookhuis, K., de Vries, G., de Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance, *Accident Analysis & Prevention* 23(4), 309-316.

Bruyas, M., Brusque, C., Debailleux, S., Duraz, M. and Aillerie, I. (2009). Does making a conversation asynchronous reduce the negative impact of phone call on driving?, *Transportation Research Part F*, n.12, pp.12-20.

Chliaoutakis J., (2016). Driving performance while using a mobile phone: A simulation study of Greek professional drivers, *Transportation Research Part F* 38 (2016) 164–170.

Choudhary P., Velaga N.R., (2016).Analysis of vehicle-based lateral performance measures during distracted driving due to phone use, *Transportation Research Part F* 44 (2017) 120–133.

Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M. (2003). Effect of cellular telephone conversations and other potential interface on reaction time in a braking response. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, no. 4, p. 495-500

European Commission, (2015). Statistics-accidents data in mobility and transport, Road safety evolution in the EU by population, (March, 2015)

European Transport Safety Council, (2017). 11th Annual Road Safety Performance Index (PIN) Report , June 20th 2017

Fofanova J., Vollrath M.,(2011). Distraction while driving: The case of older drivers, *Transportation Research Part F* 14 (2011) 638–648.

Haigney, D., Taylor, R., Westerman, S. (2000). Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory processes. *Transportation Research Part F*, 3, 113-121

Haigney, D., Taylor, R., Westerman, S. (2000). Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory processes. *Transportation Research Part F*, 3, 113-121

Hancock, P., Lesch, M., Simmons, L. (2003). The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver. *Accident Analysis & Prevention* 35 (4), 501-514.

Kass, S., Cole, K. and Stanny, C. (2007). Effects of distraction and experience on situation awareness and simulated driving, *Transportation Research Part F*, n.10, pp.321-329.

Laberge, J., Scialfa, C., White, C. and Caird, J. (2004). Effects of passenger and cellular phone conversations on driver distraction, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation research board*, No 1899, TRB, National Research Council, Washington D.C., pp.109-116.

Ma, R., Kaber, D. (2005). Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 939-953.

Moreno E.G., Romana M.G., (2015). Analysis of complex dataset obtained from simulator to examine the effects of wireless telephone use on driving performance, *Procedia Computer Science* 52(2015) 944-949.

National Highway Transport Safety Administration, (2008). The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-Car Naturalistic driving study Data. US Department of Transportation.

Papadakaki M., Tzamalouka G., Gnardellis Ch., Juhani Lajunen T.,

Papantoniou, P., Papadimitriou, E., Yannis, G. (2016). Review of driving performance parameters critical for distracted driving research, *Proceedings of the 14th World Conference on Transport Research*, Shanghai, WCTRS, July 2016.

Prat F., Gras M.E., Planes M., Font-Mayolas S., Sullman J.M.,(2016).Driving distractions: An insight gained from roadside interviews on their prevalence and factors associated with driver distraction, *Transportation Research Part F* 45 (2017) 194–207.

Pupp M.A., Gentzler M.D., Smither J.A., (2016). Driving under the influence of distraction: Examining dissociations between risk perception and engagement in distracted driving, *Accident Analysis and Prevention* 97 (2016) 220–230.

Rakauskas, M. E., Gugerty, L.J., Ward, N.J. (2004). Effects of naturalistic cell phone conversations on driving performance, *Journal of Safety Research* 35 (4), 453-464, 2004.

Redelmeier D., Tibshirani R. (1997). Association between Cellular-Telephone Calls and Motor Vehicle Collisions. *New England Journal of Medicine* 336 (7), pp. 453-458.

Rumsclag G., Palumbo T., Martin A., Head D., George R., Commissaris R.L., (2014). The effects of texting on driving performance in a driving simulator: The influence of driver age, *Accident Analysis and Prevention* 74 (2015) 145–149.

Sabey B.E. and Taylor H., *The known risks we run: The Highway TRRL Report SR 567*, Crowthorne, Berks, TRRL, 1980.

Schaap T. W., (2011), *Driving behavior in unexpected situations, a study into drivers' compensation behavior to safety-critical situations and the effects of mental workload, event urgency and task prioritization*, Centre for Telematics and Information Technology Dissertation Series No. 11-210.

Schlehofer, M., Thompson, S., Ting, S., Ostermann, S., Nierman, A., Skenderian, J. (2010). Psychological predictors of college students' cell phone use while driving, *Accident Analysis and Prevention*, n.42, pp.1107-1112.

Shinar, D., Tractinsky, N. and Compton, R. (2005). Effects of practice age, and task demands on interference from a phone task while driving. *Accident Analysis and Prevention*, n.37, pp.315-326.

Steinberger F., Schroeter R, Watling C.N., (2017). From road distraction to safe driving: Evaluating the effects of boredom and gamification on driving behaviour, physiological arousal, and subjective experience, *Computers in Human Behavior* 75 (2017) 714-726.

Strayer, D., Drews, F., Johnston, W. (2003). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(1), 23-32.

Wu J., Xu H., (2017). The influence of road familiarity on distracted driving activities and driving operation using naturalistic driving study data, *Transportation Research Part F* 52 (2018) 75–85.

Yannis G., Papadimitriou E., Papantoniou P., Petrellis N. (2010). Cell phone use and traffic characteristics, 12th WCTR World Conference on Transportation Research, Lisbon, July 2010.

Yannis G., Roumpas L., Papadimitriou E. (2016). Mobile phone use, speed and accident probability of young drivers, *Advances in Transportation Studies*, Vol. 39, 2016, pp. 35-52

Young, K., Regan, M. (2007) Driver distraction: a review of the literature. In: Faulks, I.J., Regan, M., Stevenson, M., Brown, J., Porter, A. & Irwin, J.D. (Eds). *Distracted driving*. Sydney, NSW: Australasian College of Road Safety, 379-405.

Αλεβίζου Π., (2014). Κρίσιμοι παράγοντες των ατυχημάτων μοτοσικλετιστών στην Ελλάδα, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιανουάριος 2014.

Αργυροπούλου Α.,(2017) Προτυποποίηση της Επιρροής της Χρήσης Κινητού Τηλεφώνου στη Συμπεριφορά του Οδηγού Αξιοποιώντας Λεπτομερή Δεδομένα από Αισθητήρες Έξυπνων Κινητών Τηλεφώνων, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούλιος 2017.

Γονίδη Χ., (2017), Ανάπτυξη προτύπων ταχύτητας του οδηγού με βάση λεπτομερή δεδομένα οδήγησης από αισθητήρες κινητών τηλεφώνων, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούλιος 2017.

Ελληνική Αστυνομία, Αίτια θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων(Α' εξάμηνο 2017), στατιστικά στοιχεία για το α' εξάμηνο 2017.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛ.ΣΤΑΤ.), 2017. Χρονοσειρά αριθμού οδικών ατυχημάτων και παθόντων προσώπων (Ιανουάριος 2010-Δεκέμβριος 2017).

Κονταξή Α., (2017), Η επιρροή της οδήγησης τη νύχτα στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια των νέων οδηγών στις πόλεις, , Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Νοέμβριος 2017.

Μπάτσος Χ.,(2017), Ανάλυση της επιρροής της οικονομικής ύφεσης στην οδική ασφάλεια στην Ελλάδα, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σεπτέμβριος 2017.

Φραντζεσκάκης Ι., Γκόλιας, Ι. (1993). Οδική Ασφάλεια, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.