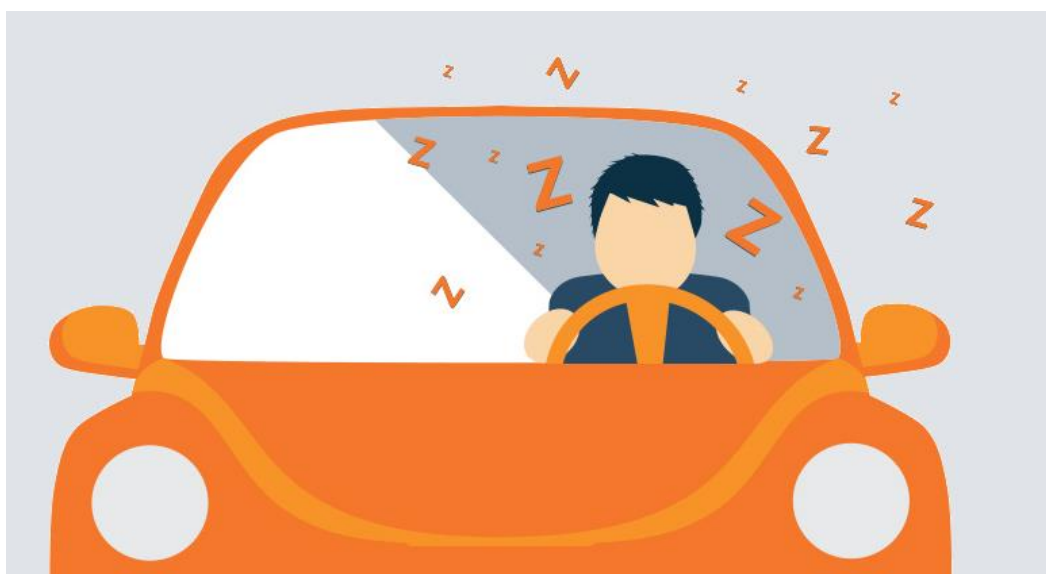




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΚΟΥΡΑΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ



Γεώργιος Τζιουβάρας

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

Αθήνα, Ιούλιος 2024

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί το τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών μου στην σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Έτσι, λοιπόν, θέλω να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν στην πορεία μου αυτή.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, κύριο Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Νιώθω πραγματικά ευγνώμων που είχα την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί του.

Έπειτα, θέλω να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες Μάριο Σεκαδάκη και Μαρία Οικονόμου για την πολύτιμη καθοδήγησή τους, καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής, καθώς επίσης και όλους τους συμμετέχοντες στην πειραματική διαδικασία, την οποία πραγματοποίησα σε εξαιρετική συνεργασία με τον συνάδελφο και φίλο μου Γιάννη.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την πίστη τους σε εμένα και την διαρκή υποστήριξή τους, σε αυτό το ταξίδι, γεμάτο χαρές και πολλές δυσκολίες. Χάρη και σε αυτούς τα όσα εμπόδια εμφανίστηκαν έμειναν πίσω.

Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΚΟΥΡΑΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

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

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής της κούρασης στην οδήγηση σε υπεραστικό περιβάλλον, υπό συνθήκες υψηλού και χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε προσομοιωτή οδήγησης μέσω της οποίας συλλέχθηκαν οδηγικά στοιχεία 35 συμμετεχόντων. Για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων έγινε επιπλέον και ο προσδιορισμός των προσωπικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων μέσω έρευνας ερωτηματολογίου. Η οδήγηση πραγματοποιήθηκε από τους συμμετέχοντες για κάθε σενάριο δύο (2) φορές, μια όντας ξεκούραστοι και μια κουρασμένοι με ελάχιστες ώρες ή καθόλου ύπνο. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε μέσω στατιστικής ανάλυσης, και πιο συγκεκριμένα με δημιουργία στατιστικών μοντέλων, γραμμικής και διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης. Τα μαθηματικά μοντέλα αφορούν στη μέση ταχύτητα που ανέπτυξαν οι οδηγοί, στον μέσο χρόνο αντίδρασής τους, στην απόσταση την οποία διατηρούσαν από το προπορευόμενο όχημα καθώς και στην πιθανότητα ατυχήματος. Βασικά συμπεράσματα αποτελούν ότι η οδήγηση υπό την επιρροή της κούρασης αυξάνει τη μέση ταχύτητα και τον χρόνο αντίδρασης των οδηγών, μειώνει την απόστασή τους από το προπορευόμενο όχημα και αυξάνει την πιθανότητα ατυχήματος. Τέλος, στις συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου παρατηρήθηκαν χαμηλότερες μέσες ταχύτητες, μειωμένοι χρόνοι αντίδρασης, μειωμένες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα καθώς και αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος.

Λέξεις κλειδιά: κούραση, προσομοιωτής οδήγησης, υπεραστικό δίκτυο, μέση ταχύτητα, χρόνος αντίδρασης, οδικά ατυχήματα

THE EFFECT OF FATIGUE ON DRIVER BEHAVIOR IN RURAL ENVIRONMENT USING DRIVING SIMULATOR

Georgios Tziouvaras

Supervisor: George Yannis, Professor N.T.U.A.

Abstract

The aim of this diploma thesis is to investigate the impact of fatigue on driving behavior in a rural environment, under high and low traffic load conditions. To achieve this objective, an experimental procedure was conducted in a driving simulator through which driving data of 35 participants were collected. In addition, to collect the necessary data, the personal characteristics of the participants were determined through a questionnaire survey. The driving task was performed by the participants for each scenario two (2) times, one being rested and one being tired with little or no sleep. The results were analyzed through statistical analysis, more specifically by developing linear and binomial logistic regression models. These models related to the average of speed developed by the drivers, their reaction time, the distance they maintained from the front vehicle and crash probability. The results indicated that fatigue driving increases the average speed and reaction time of drivers, reduces their distance from the vehicle ahead and increases crash probability. Finally, under conditions of high traffic load, lower average driver speeds, reduced reaction times, reduced distances from preceding vehicles and increased crash probability were observed.

Keywords: fatigue driving, driving simulator, rural roads, driving speed, reaction time, road crashes

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επιρροής της κούρασης στην οδήγηση σε υπεραστικό περιβάλλον, με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Αυτό εξετάζεται υπό συνθήκες υψηλού και χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία στον προσομοιωτή οδήγησης μέσω της οποίας συλλέχθηκαν οδηγικά στοιχεία 35 συμμετεχόντων νεαρής ηλικίας (18-30 ετών). Για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων έγινε επιπλέον και ο προσδιορισμός των προσωπικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων μέσω έρευνας ερωτηματολογίου. Η οδήγηση πραγματοποιήθηκε από τους συμμετέχοντες για κάθε σενάριο δύο (2) φορές, μια όντας ξεκούραστοι και μια κουρασμένοι με ελάχιστες ώρες ή καθόλου ύπνο. Τα δεδομένα που εξήγαγε ο προσομοιωτής οδήγησης, επεξεργάστηκαν μέσω στατιστικής ανάλυσης με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού R και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, για κάθε συμμετέχοντα, οδήγησαν στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συνολικού πίνακα δεδομένων. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε μέσω της δημιουργίας στατιστικών μοντέλων, γραμμικής και διωνυμικής λογιστικής παλινδρόμησης, τα οποία αφορούν στη μέση ταχύτητα που ανέπτυξαν οι οδηγοί, στον μέσο χρόνο αντίδρασής τους, στην απόσταση την οποία διατηρούσαν από το προπορευόμενο όχημα καθώς και στην πιθανότητα ατυχήματος.

Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης, τα οποία περιλαμβάνουν επίσης τις τιμές ελαστικότητας, ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητή η σχετική επιρροή μεταξύ των μεταβλητών. Μέσω αυτού, θα γίνουν κατανοητά και τα συμπεράσματα που θα ακολουθήσουν.

Πίνακας 1: Μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης

		Μέση Ταχύτητα οδήγησης			Μέσος Χρόνος Αντίδρασης			Μέση Απόσταση από Προπορευόμενο Όχημα			Πιθανότητα Ατυχήματος			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	e	e*	B	e	e*	B	e	e*	B	e	e*	Wald
Διακριτές	Κόπωση	3,242211	0,05	1	0,4293898	0,2484	1	-69,5658	-0,11	1	4,957	0,98	1,02	5,946
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-7,4529	-0,12	-2,3	-0,4371483	-0,2529	-1,02	-395,3924	-0,65	5,68	2,437	0,96	1	3,907
	Φύλο Οδηγού	-4,6072	-0,07	-1,42				94,8012	0,16	-1,36	1,345	0,99	1,03	2,251
Συνεχείς	Ωρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός	0,490389	0,0001		0,0140017	0,0001	1							
	Επίπεδο Κούρασης με τα οποία οδηγεί γενικά ο οδηγός				-0,0705326	-0,0004	16							
	Ατυχήματα με υλικές ζημιές που είχαν στο παρελθόν οδηγοί όντας κουρασμένοι							-83,86754	-0,14	1,21				
R ²		0,3447			0,5414			0,5579						

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, γίνεται χρήση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν μετά την στατιστική ανάλυση και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα συμπεράσματα διατυπώνονται παρακάτω:

- Οι **κουρασμένοι** οδηγοί έχουν σημαντικά **μεγαλύτερη πιθανότητα** να εμπλακούν σε κάποιο **οδικό ατύχημα**. Αυτό συμβαίνει πιθανότατα, διότι οι κουρασμένοι οδηγοί όπως φάνηκε αναπτύσσουν **υψηλότερες ταχύτητες**, διατηρούν

μικρότερες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα και ταυτόχρονα έχουν **μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης** καθιστώντας τους έτσι πιο ευάλωτους για πρόκληση ατυχήματος.

- Η υπό κόπωση οδήγηση ωθεί στην **ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων**. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει επειδή οι κουρασμένοι οδηγοί δεν έχουν την πλήρη αντίληψη της ταχύτητάς τους, δεν φαίνεται να συνειδητοποιούν ότι έχουν μειωμένη οδηγική απόδοση με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν μεγαλύτερη μέση ταχύτητα, χωρίς να αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι όσες **περισσότερες ώρες είναι άυπνος** ο οδηγός τόσο μεγαλύτερη παρατηρήθηκε να είναι η μέση ταχύτητα του.
- Όσοι οδηγούν γενικά στη ζωή τους **κουρασμένοι** έχουν **μικρότερους χρόνους αντίδρασης**, κάτι που πιθανότατα συμβαίνει επειδή είναι συνηθισμένοι στο να οδηγούν υπό αυτές τις συνθήκες και άρα βρίσκονται σε μεγαλύτερη εγρήγορση.
- Συμπληρωματικά φαίνεται ότι όσο **περισσότερες ώρες είναι ξύπνιος** ο οδηγός τόσο **αυξάνονται οι χρόνοι αντίδρασής** του, γεγονός που εξηγείται πιθανόν εξαιτίας της αυξανόμενης κούρασης του και της έλλειψης εγρήγορσης.
- Σε **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο** παρατηρείται **μείωση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, καθώς αυτός επηρεάζει **αισθητά περισσότερο** από τους υπόλοιπους παράγοντες. Κάτι τέτοιο οφείλεται στο ότι ο αριθμός οχημάτων αυξάνεται και λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων.
- Ταυτόχρονα, ο παράγοντας του **ιστορικού των ατυχημάτων με υλικές ζημιές** που έχουν οι οδηγοί **όντας κουρασμένοι** οδηγεί και αυτός σε **μείωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, πιθανότατα διότι οι οδηγοί με περισσότερα ατυχήματα δεν είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί και δεν οδηγούν αμυντικά.
- Ως προς τον παράγοντα του φύλου, **οι γυναίκες διατηρούν μεγαλύτερες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα** συγκριτικά με τους άντρες, αφού κατά κανόνα οδηγούν πιο προσεκτικά και με μεγαλύτερη αίσθηση του κινδύνου. επίσης, οι γυναίκες εμφανίζουν **αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος**, πιθανότατα επειδή είναι λιγότερο εξοικειωμένες με την οδήγηση υπό κούραση, αφού κατά βάση δεν επιλέγουν να οδηγούν επικίνδυνα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 Γενική ανασκόπηση	13
1.2 Στόχος	14
1.3 Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας	15
1.4 Δομή	16
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	18
2.1 Γενικά	18
2.2 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες.....	18
2.3 Σύνοψη	20
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	22
3.1 Εισαγωγή	22
3.2 Μαθηματικά πρότυπα	22
3.3 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου	23
3.4 Εξήγηση αποτελεσμάτων	25
3.5 Λειτουργία λογισμικού στατιστικής ανάλυσης	26
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	28
4.1 Εισαγωγή	28
4.2 Πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης	28
4.3 Επεξεργασία στοιχείων.....	32
4.4 Βάση δεδομένων	34
4.5 Περιγραφικά χαρακτηριστικά δείγματος	35
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
5.1 Γενικά	39
5.2 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου μέσης ταχύτητας οδήγησης.....	39
5.3 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου μέσου χρόνου αντίδρασης.....	44

5.4 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.....	49
5.5 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για την πιθανότητα ατυχήματος.....	54
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων	59
6.2 Συνοπτικά Συμπεράσματα.....	60
6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας	61
6.4 Περαιτέρω Έρευνα	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	65

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική ανασκόπηση

Η οδική ασφάλεια αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και απαιτεί διαρκή εγρήγορση. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν σήμερα την **κυριότερη αιτία θανάτου** παιδιών και νέων των ηλικιών 5 έως 29 ετών παγκοσμίως (WHO, 2023). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτελεί χρέη γραμματείας για τη Δεκαετία Δράσης των Ηνωμένων Εθνών για την Οδική Ασφάλεια για τα έτη 2021-2030, η οποία στοχεύει στη μείωση των θανάτων και των τραυματισμών από τροχαία ατυχήματα κατά τουλάχιστον 50% έως το 2030, ενώ και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει στόχο για την επίτευξη του «οράματος για μηδενικές απώλειες».

Παγκοσμίως, 1,19 εκατομμύρια άνθρωποι κάθε χρόνο χάνουν τη ζωή τους εξαιτίας των **τροχαίων ατυχημάτων**, ενώ σε αυτούς προστίθενται 20 με 50 εκατομμύρια άνθρωποι που τραυματίζονται. Περισσότερο από το 50% των θανάτων και των τραυματισμών αυτών στο οδικό δίκτυο αφορούν τους ευάλωτους χρήστες του δρόμου, όπως οι πεζοί, οι ποδηλάτες και οι μοτοσικλετιστές (WHO, 2023). Από στοιχεία της Eurostat περίπου 20.000 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους σε τροχαίο δυστύχημα στην Ευρωπαϊκή Ένωση το έτος 2021 (Eurostat, 2021).

Όσον αφορά στο **φύλο**, οι άντρες οδηγοί φαίνεται να είναι 3 φορές πιο πιθανόν να εμπλακούν σε οδικό δυστύχημα συγκριτικά με τις γυναίκες (WHO, 2023). Αυτό το στατιστικό μπορεί να ερμηνευθεί εξαιτίας της πιο επικίνδυνης οδηγικής συμπεριφοράς των ανδρών, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι πραγματοποιούν περισσότερες διαδρομές στο οδικό δίκτυο από τις γυναίκες.

Εκτός από τις ανθρώπινες απώλειες και το **κοινωνικό τίμημα** που προκαλείται, τα τροχαία οδικά ατυχήματα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις εθνικές οικονομίες, με το κόστος για τα κράτη να ανέρχεται περίπου στο 3% του ετήσιου ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος τους, σύμφωνα με στοιχεία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2023). Συνεπώς, η ανάγκη μείωσης των οδικών ατυχημάτων καθίσταται ύψιστης σημασίας.

Από τα στοιχεία της Ελληνικής Αστυνομίας (ΕΛ.ΑΣ), οι κύριες αιτίες των οδικών τροχαίων ατυχημάτων, αφορούν σχεδόν αποκλειστικά στην **οδηγική συμπεριφορά**. Οι πιο συνηθισμένες από αυτές, είναι η ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας, η κίνηση στο αντίθετο ρεύμα με την κανονική κατεύθυνση, η απόσπαση προσοχής και η παραβίαση προτεραιότητας και φωτεινού σηματοδότη (ΕΛ.ΑΣ).

Σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (ΕΛΣΤΑΤ, 2019), το 11% των θυμάτων σε οδικά τροχαία ατυχήματα (οδηγοί, επιβάτες ή πεζοί), ήταν άτομα στην **ηλικιακή ομάδα 18-24 ετών**. Παράλληλα από τα ίδια στοιχεία προκύπτει ότι το 7,3% των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων έλαβαν χώρα στους αυτοκινητόδρομους της Ελλάδας.

Η **κόπωση**, είναι μια κατάσταση σωματικής και ψυχικής εξάντλησης, η οποία φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στον τομέα της οδικής ασφάλειας. Οι επιπτώσεις της, είναι

συχνά υποτιμημένες και εύκολα αγνοούνται, συμβάλλουν ωστόσο σημαντικά στα δυσοίωνα στατιστικά στοιχεία των τροχαίων ατυχημάτων σε όλο τον κόσμο. Για να κατανοήσουμε τη σοβαρότητα του προβλήματος, αρκεί να ανατρέξουμε στα διαθέσιμα δεδομένα. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Παρατηρητηρίου Οδικής Ασφάλειας (ETSC, 2021), η κόπωση του οδηγού αποτελεί παράγοντα που συμβάλλει σε ποσοστό της τάξης του 15-20% των σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων. Αυτό μεταφράζεται σε αξιοσημείωτο αριθμό θανατηφόρων ατυχημάτων της τάξης των 5000 ατυχημάτων ετησίως, στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Από άλλες μελέτες αποκαλύπτεται ότι για συγκεκριμένες **κατηγορίες ατυχημάτων** και οδηγών, ο κίνδυνος αυτός αυξάνεται ακόμη περισσότερο. Σύμφωνα με έρευνα της Royal Society for the Prevention of Accidents (2018), τροχαία ατυχήματα τα οποία σχετίζονται με την κόπωση παρατηρήθηκαν συχνότερα σε αυτοκινητόδρομους χωρίς έντονες στροφές, αλλαγές κατεύθυνσης, με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας και μεγάλα πλάτη, καθώς πρόκειται για οδικό περιβάλλον στο οποίο επιδεινώνεται η υπνηλία των οδηγών. Επιπλέον από την ίδια έρευνα προκύπτει ότι ο κίνδυνος οδικού ατυχήματος για τους οδηγούς βαρέων οχημάτων είναι αυξημένος κατά 30-40% εξαιτίας κόπωσης που οδήγησε σε υπνηλία.

Η **αρνητική επίδραση της κόπωσης** στην οδηγική ικανότητα οφείλεται σε ένα συνδυασμό γνωστικών και φυσιολογικών βλαβών. Η κούραση έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη εγρήγορση και επαγρύπνηση των οδηγών. Αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της επίγνωσης της κατάστασης και αύξηση της πιθανότητας να χαθούν σημαντικά οπτικά ερεθίσματα από τους οδηγούς. Σε συνδυασμό με τους βραδύτερους χρόνους αντίδρασης των οδηγών, η ανταπόκρισή τους σε ξαφνικές αλλαγές ή απρόβλεπτους κίνδυνους δυσκολεύει σημαντικά. Τέλος, ως προς τη γνωστική λειτουργία των οδηγών, επηρεάζεται η ικανότητά τους να λαμβάνουν εύστοχες αποφάσεις για ελιγμούς και ακέραιο έλεγχο των οχημάτων τους.

1.2 Στόχος

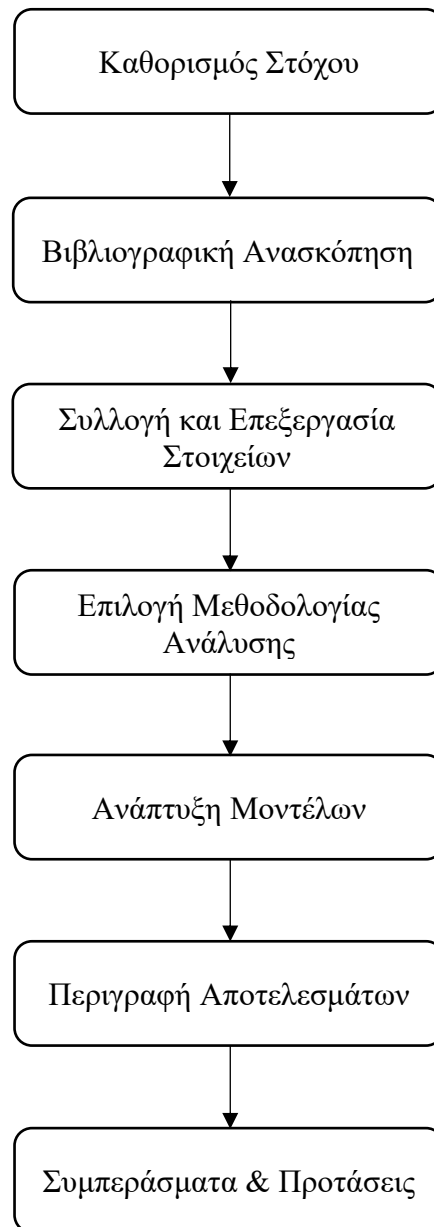
Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, φαίνεται ότι η οδήγηση υπό την επιρροή της κούρασης έχει σοβαρές επιπτώσεις όσον αφορά στην οδική ασφάλεια. Στόχος λοιπόν της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής της κόπωσης στην οδήγηση**. Με τη διεξαγωγή πειράματος σε προσομοιωτή οδήγησης θα γίνει συλλογή των κατάλληλων οδηγικών στοιχείων δείγματος και σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των οδηγών που θα συλλεχθούν μέσω ερωτηματολογίου, θα προκύψουν χρήσιμα αποτελέσματα.

Ένας ακόμη στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας, είναι η επιλογή σωστής **μεθόδου ανάλυσης**, μέσω της οποίας θα προκύψουν ορθά συμπεράσματα. Σε αυτά προστίθεται η ορθή εφαρμογή θεωρητικού υποβάθρου, με σκοπό να αναπτυχθούν κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα, τα οποία θα προβλέπουν οδηγικά χαρακτηριστικά, ποσοτικοποιώντας κατ' αυτόν τον τρόπο την επιρροή της κόπωσης στην οδήγηση.

1.3 Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας

Στην επιμέρους ενότητα αυτή πραγματοποιείται περιγραφή της μεθοδολογίας βάσει της οποίας θα φτάσουμε στην επίτευξη του στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Καταρχήν, καθορίστηκε το θέμα της μελέτης, συνδυαστικά με την απαραίτητη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ήτοι την αναζήτηση ερευνών και μεθοδολογιών ανάλυσης συναφούς περιεχομένου, από πρόσφατη διεθνή βιβλιογραφία. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η εύρεση ζητημάτων αξιοσημείωτων προς έρευνα. Εν συνεχεία, έγινε επιλογή κατάλληλου οδηγικού περιβάλλοντος στον προσομοιωτή οδήγησης, με στόχο τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την έρευνα. Για την συλλογή των στοιχείων αυτών, διεξήχθη πειραματική διαδικασία μέσω του προσομοιωτή οδήγησης και συμπληρωματικά σε αυτήν έγινε χρήση ερωτηματολογίου.



Γράφημα 1.1: Τα επιμέρους βήματα μεθοδολογίας της Διπλωματικής Εργασίας

Μετά την συλλογή των δεδομένων αυτών, απαιτήθηκε η κατάλληλη επεξεργασία τους, έτσι ώστε να γίνει ορθή επιλογή του τρόπου με τον οποίον θα αναλυθούν. Μέσω της γλώσσας προγραμματισμού R, αναπτύχθηκαν τα γραμμικά και διωνυμικά λογιστικά μαθηματικά μοντέλα, τα οποία με τη σειρά τους βοήθησαν στην διαμόρφωση ορθών συμπερασμάτων. Τα μοντέλα αυτά προβλέπουν την επιρροή της κόπωσης στην μεταβολή της μέσης ταχύτητας των οδηγών, στον χρόνο αντίδρασής τους, στην απόστασή τους από

το προπορευόμενο όχημα καθώς επίσης και στην πιθανότητα εμπλοκής τους σε οδικά ατυχήματα. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ορθή ερμηνεία αυτών των μοντέλων, ώστε να καταλήξουμε σε αποτελέσματα, δηλαδή σε ασφαλή ερευνητικά συμπεράσματα, τα οποία συνοψίζονται προς ευκολία της κατανόησής τους. Τέλος, αποτυπώθηκαν μαζί με αυτά προτάσεις για περαιτέρω έρευνα, με στόχο την συμβολή για πιθανή μελλοντική διερεύνηση του αντικειμένου αυτής της μελέτης.

Τα επιμέρους βήματα της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν για την παρούσα Διπλωματική Εργασία παρουσιάζονται εν συντομία στο ακόλουθο διάγραμμα ροής (Γράφημα 1.1).

1.4 Δομή

Ακολουθεί η σύνοψη των κεφαλαίων που απαρτίζουν τη Διπλωματική Εργασία, σύμφωνα με την μεθοδολογία και τη δομή της, με σκοπό την ορθή παρουσίαση της ροής των κεφαλαίων της.

Το παρόν πρόκειται για το Κεφάλαιο 1, στο οποίο πραγματοποιείται όπως έγινε κατανοητό μια εισαγωγική παρουσίαση των ζητημάτων τα οποία θα εξεταστούν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, δηλαδή τα ζητήματα οδικής ασφάλειας και επιρροής κόπωσης στην οδήγηση, με αναφορά σε στοιχεία οδικών ατυχημάτων σε εθνικό, ευρωπαϊκό αλλά και διεθνές επίπεδο. Επιπρόσθετα καθορίστηκε ο στόχος και η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Εν κατακλείδι, γίνεται παράθεση διαγράμματος ροής ώστε να παρουσιαστεί η σαφής δομή της Διπλωματικής Εργασίας.

Το Κεφάλαιο 2 επικεντρώνεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, δηλαδή παρουσίαση συναφών ερευνών και μεθοδολογιών με στόχο την εύρεση χρήσιμων στοιχείων για την Διπλωματική Εργασία αλλά και τις πιθανές ελλείψεις που υπάρχουν σε αυτές. Με παράθεση ενός συνοπτικού πίνακα με τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, θα φανούν οι ελλείψεις, οι οποίες θα καθορίσουν και το αντικείμενο αυτής της Διπλωματικής Εργασίας

Στο Κεφάλαιο 3 θα επεξηγηθεί το θεωρητικό υπόβαθρο, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των δεδομένων. Σε πρώτη φάση θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι ανάλυσης τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε με περιγραφή των τύπων των αντίστοιχων μαθηματικών μοντέλων και των απαραίτητων ελέγχων που θα πραγματοποιηθούν, ώστε τα μοντέλα να είναι αποδεκτά. Έπειτα, θα παρουσιαστούν οι εντολές της επιλεγμένης προγραμματιστικής γλώσσας R, βάσει των οποίων θα ολοκληρωθεί η στατιστική ανάλυση.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 4, θα επεξηγηθούν η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων τα οποία συλλέχθηκαν. Επεξηγείται ο τρόπος με τον οποίο συλλέχθηκαν τα δεδομένα, με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης, τα κύρια χαρακτηριστικά του πειράματος, των σεναρίων οδήγησης που εμφανίζονται σε αυτό, αλλά και τα ερωτηματολόγια που απαντήθηκαν. Ακολουθεί ανάλυση του τρόπου με τον οποίο εξήχθησαν τα δεδομένα προτού υποστούν επεξεργασία, μέσω της προγραμματιστικής γλώσσας R. Επίσης, παρατίθενται συνοπτικά κάποια ενδεικτικά χαρακτηριστικά του δείγματος των συμμετεχόντων στην πειραματική διαδικασία.

Στο Κεφάλαιο 5 πραγματοποιείται εκτενής παρουσίαση των μαθηματικών μοντέλων που προέκυψαν από την φάση ανάλυσης, συνδυαστικά με τα ενδιάμεσα βήματα που ακολουθήθηκαν και την ερμηνεία των συντελεστών που χρησιμοποιήθηκαν. Παρουσιάζονται ακόμη τα κριτήρια για τα οποία τα μοντέλα είναι αποδεκτά.

Τα μοντέλα διακρίνονται σε μοντέλα πρόβλεψης της οδηγικών χαρακτηριστικών και σε μοντέλο πρόβλεψης της πιθανότητας ατυχήματος.

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται διατύπωση και ερμηνεία των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τα μαθηματικά μοντέλα. Μαζί με αυτά παρουσιάζονται και προτάσεις για εκτενέστερη έρευνα του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Το Κεφάλαιο 7 περιλαμβάνει την βιβλιογραφία της Διπλωματικής Εργασίας, με το σύνολο των πηγών και ερευνών που αξιοποιήθηκαν για την πραγματοποίησή της.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση έχει 2 βασικούς στόχους. Από τη μία τον προσδιορισμό του αντικειμένου μελέτης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και από την άλλη την κατάλληλη επιλογή μεθοδολογίας για την ανάλυση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν μέσω της πειραματικής διαδικασίας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν έρευνες σχετικές με τη θεματολογία της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας. Οι έρευνες οι οποίες παρατίθενται εξετάζουν τη συσχέτιση της κούρασης με την οδήγηση καθώς και τη μείωση ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο. Η ανάλυση αυτών των ερευνητικών μελετών στοχεύει στην ανίχνευση παραμέτρων που δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς και θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο έρευνας.

2.2 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες

Σύμφωνα με έρευνα των MacLean et al. (2003), οι συνηθέστερα αναφερόμενες αλλαγές στην οδηγική συμπεριφορά υπό την επιρροή κόπωσης λόγω έλλειψης ύπνου, είναι οι **αυξήσεις της ταχύτητας** και του αριθμού αποκλίσεων από τη θέση της λωρίδας. Επίσης αναφέρονται **αυξήσεις στον χρόνο αντίδρασης και στον αριθμό των περιπτώσεων που το όχημα εγκαταλείπει την οδό**. Πολλές μελέτες συμφωνούν στη διαπίστωση ότι μετά από 17 ώρες συνεχούς απνίας, η οδηγική συμπεριφορά έχει επιδεινωθεί σε βαθμό ισοδύναμο με αυτόν ενός οδηγού με επίπεδο αλκοόλ στο αίμα 0,05%. Ακόμη, σε έρευνα των Masa JF et al. (2000), διαπιστώθηκε ότι το 3,6% των συμμετεχόντων στην έρευνα οδηγούν συνήθως νυσταγμένοι, οι οποίοι ήταν εκείνοι που ανέφεραν **σημαντικά υψηλότερη συχνότητα ατυχημάτων**, σε σχέση με τους υπόλοιπους οδηγούς.

Σε άλλη έρευνα των Peters et al. (1999), μέσω προσομοιωτή οδήγησης, αποδεικνύεται ότι η υπνηλία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε **αύξηση οδικών ατυχημάτων**. Τα ποσοστά ατυχημάτων παρουσίασαν μικρή αύξηση μετά από μέτρια μείωση των ωρών ύπνου της προηγούμενης ημέρας (τέσσερις ώρες έναντι οκτώ ωρών) και σημαντική αύξηση όσο περισσότερο αυξανόταν η στέρηση ύπνου. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι στις οδούς με χαμηλότερα όρια ταχύτητας (35 μίλια/ώρα), η ταχύτητα αυξήθηκε ανάλογα της στέρησης ύπνου, αλλά όχι σε εκείνες με υψηλότερα όρια (55 μίλια/ώρα).

Επιπλέον, σύμφωνα με μελέτη των Otmani et al. (2005), μετρήθηκαν τιμές του δείκτη KSS (Karolinska Sleepiness Scale, όπου για ξεκούραστους οδηγούς (χωρίς στέρηση ύπνου) η βαθμολογία του δείκτη KSS ήταν $3,27 \pm 1,52$, ενώ για κουρασμένους (με στέρηση ύπνου) υπολογίστηκε $4,49 \pm 2,21$, κάτι που δείχνει χειρότερα αντανακλαστικά και επομένως **μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης** για τους κουρασμένους οδηγούς. Σε πανομοιότυπα συμπεράσματα για τους ίδιους δείκτες καταλήγει και η έρευνα των Park et al. (2007), όπου και εκεί πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ψυχοκινητικών επιδόσεων και έγινε χρήση προσομοιωτή οδήγησης και φάνηκαν **μεγαλύτεροι χρόνοι αντίδρασης** για τους κουρασμένους οδηγούς καθώς επίσης και μεγαλύτερες **αποκλίσεις των οχημάτων από τις πλευρικές θέσεις της οδού**. Μία ακόμη έρευνα των Rossia et al. (2011) πραγματοποιήθηκε με προσομοιωτή οδήγησης, όπου και φάνηκε ότι η επίδραση της οδήγησης σε μονότονο περιβάλλον επηρέασε αρνητικά τις επιδόσεις των κουρασμένων

συμμετεχόντων, οδηγώντας σε χειρότερες επιδόσεις σε σύγκριση με τους ξεκούραστους, με τη σημαντικότερη επίδραση να είναι η **αύξηση του χρόνου αντίδρασης** των οδηγών.

Σύμφωνα με έρευνα των Ping-Huang Ting et al.(2008) φάνηκε ότι **η κόπωση των οδηγών παραμένει μια συνεχής και σημαντική αιτία τροχαίων ατυχημάτων και τραυματισμών**. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσίασαν τη μείωση της εγρήγορσης ανάλογη της αύξησης της κόπωσης (μέσω υπνηλίας). Ειδικότερα η διάμεση τιμή του χρόνου αντίδρασης ήταν κατά 0,31 δευτερόλεπτα. μεγαλύτερη για τους άπνους οδηγούς, γεγονός που μεταφράζεται σε επιπλέον 8 μ. στην απόσταση ακινητοποίησης για έναν οδηγό που φρενάρει ενώ κινείται με 100 χλμ./ώρα. Αυτό το εύρημα είναι μεγάλης σημασίας, καθώς καταδεικνύει τη σχέση μεταξύ του χρόνου αντίδρασης και της προοδευτικής κόπωσης που μειώνει την εγρήγορση του οδηγού. Οι αυξημένοι χρόνοι αντίδρασης μπορεί να οφείλονται σε ζάλη, έλλειψη προσοχής, κενά μνήμης και απώλεια συγκέντρωσης κατά την οδήγηση και υποδηλώνουν **αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος και μειωμένη αντίδραση σε επερχόμενους κινδύνους**.

Ποσοστό της τάξης του 39% των ασθενών που αντιμετωπίζουν προβλήματα αυπνίας, παρουσίασαν μη φυσιολογική απόκλιση του τιμονιού σε μία ή περισσότερες από τις πειραματικές συνθήκες έρευνας που διεξήχθη από τους Vakulin et al. (2014), κάτι που σηματοδοτεί την **σημαντική απώλεια ελέγχου του οχήματος**, αυξάνοντας έτσι σημαντικά τον κίνδυνο ατυχήματος.

Περισσότερες **παραβιάσεις των ορίων ταχύτητας** και μεγαλύτερη **αδυναμία διατήρησης λωρίδας** παρατηρήθηκαν σε άπνους οδηγούς, σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μέσω προσομοιωτή οδήγησης σε έρευνα των Matthews et al.(2011). Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξε και η έρευνα των Wörle et al. (2021) η οποία εστίασε επίσης στη διερεύνηση της **διατήρησης της θέσης του οχήματος στη λωρίδας κυκλοφορίας και της ταχύτητας οδήγησης**, συγκριτικά μεταξύ κουρασμένων και ξεκούραστων οδηγών.

Έρευνα πραγματοποιήθηκε από τους Muneer et al. (2021) και επικεντρώθηκε στην κούραση των οδηγών εξαιτίας έλλειψης ύπνου και τη μεταβολή που αυτή προκαλεί στον χρόνο αντίδρασης τους. Αυτό εξετάστηκε μετρώντας πρώτα τα επίπεδα κούρασης των οδηγών μέσω του δείκτη SSS (Stanford Sleepiness Scale) και τους χρόνους αντίδρασης τους με χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Τα αποτελέσματα και αυτής της μελέτης, έδειξαν σαφή και απτή **αύξηση του μέσου χρόνου απόκρισης** των κουρασμένων οδηγών, σε σχέση με τους ξεκούραστους. Η αύξηση του χρόνου απόκρισης ήταν σταδιακή και ο υψηλότερος μέσος απόκρισης καταγράφηκε στα τελευταία λεπτά της οδήγησης και ήταν 1,23 δευτερόλεπτα. Σε πανομοιότυπα συμπεράσματα κατέληξε και η έρευνα των Philip et al. (2003) όπου η διαφορά άπνων με ξεκούραστων οδηγών ως προς τον χρόνο αντίδρασής τους στον προσομοιωτή ήταν περίπου 0,4 δευτερόλεπτα κατά μέσο όρο.

2.3 Σύνοψη

Βάσει των παραπάνω στοιχείων και τα αποτελέσματα που διατυπώθηκαν, προκύπτουν ερωτήματα και παρατηρήσεις τα οποία καλείται να προσεγγίσει και να απαντήσει η παρούσα διπλωματική. Ακολουθεί σύνοψη των στοιχείων κάθε μίας από τις παραπάνω έρευνες μέσω του Πίνακα 2.1, στόχος της οποίας είναι η δημιουργία σφαιρικής εικόνας του ζητήματος της Διπλωματικής Εργασίας και επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας.

Πίνακας 2.1: Σύνοψη εργασιών διερεύνησης κούρασης

Έρευνα	Αντικείμενο Μελέτης	Τύπος Οδού	Συμμετέχοντες	Συμπεράσματα
Alistair W. MacLean et al. (2003)	Κίνδυνοι και πρόληψη οδήγησης σε κατάσταση υπνηλίας	Όλοι οι τύποι οδών	50 οδηγοί	Αύξηση ταχυτήτων
				Αύξηση χρόνου αντίδρασης
				Αύξηση αριθμού οχημάτων που εγκατέλειψαν τον δρόμο
Masa JF. et al. (2000)	Αύξηση συχνότητας οδικών ατυχημάτων εξαιτίας έλλειψης ύπνου	Όλοι οι τύποι οδών	40 οδηγοί	Αύξηση συχνότητας οδικών ατυχημάτων
Robert D. Peters et al. (1999)	Επιδράσεις της μερικής και ολικής στέρησης ύπνου στις επιδόσεις οδήγησης	Υπεραστική οδός	12 οδηγοί, ηλικιών 26 έως 35, τουλάχιστον 13000 χιλιόμετρα τον χρόνο	Αύξηση οδικών ατυχημάτων
Sarah Otmani et al. (2005)	Επίδραση της μερικής στέρησης ύπνου στην εγρήγορση και τις επιδόσεις των οδηγών	Αυτοκινητόδρομος και υπεραστική οδός	20 οδηγοί, ηλικιών 25 έως 55 χρονών	Αύξηση χρόνου αντίδρασης
George D. Park et al. (2007)	Επιπτώσεις της στέρησης ύπνου στην οδήγηση συγκριτικά με άλλες ψυχοκινητικές δοκιμασίες	Υπεραστική οδός και Αυτοκινητόδρομος	14 οδηγοί, ηλικιών 19-57 χρονών	Αύξηση χρόνου αντίδρασης
				Αποκλίσεις από πλευρικές θέσεις δρόμου
Riccardo Rossia et al. (2011)	Ανάλυση της κόπωσης του οδηγού	Αυτοκινητόδρομος και υπεραστική οδός	17 οδηγοί, τουλάχιστον 3 χρόνια οδήγησης, τουλάχιστον 5000 χιλιόμετρα τον χρόνο	Αύξηση χρόνου αντίδρασης
Ping-Huang Ting, Jiun-Ren Hwang et al. (2008)	Κόπωση του οδηγού και οδήγηση στον αυτοκινητόδρομο	Αυτοκινητόδρομος	30 οδηγοί, τουλάχιστον 4000 χιλιόμετρα το χρόνο	Αύξηση πιθανότητας ατυχήματος
				Μειωμένη αντίδραση σε κινδύνους
Andrew Vakulin et al. (2014)	Μεταβλητότητα και παράγοντες πρόβλεψης της οδήγησης με έλλειψη ύπνου	Αστική οδός	38 οδηγοί	Απώλεια ελέγχου του οχήματος
Raymond W. Matthews et al. (2011)	Προσομοίωση οδήγησης για εκτεταμένη έλλειψη ύπνου	Υπεραστική οδός	14 οδηγοί	Παραβίαση ορίων ταχύτητας
				Αδυναμία διατήρησης λωρίδας
Johanna Wörle et al. (2021)	Διαφορετικές επιδράσεις της υπνηλίας στον οδηγό	Υπεραστική οδός	61 οδηγοί	Αύξηση ταχύτητας
				Αδυναμία διατήρησης λωρίδας
Ali Muneer et al. (2021)	Αξιολόγηση της επίδρασης της έλλειψης ύπνου στις επιδόσεις των οδηγών	Αυτοκινητόδρομος	42 οδηγοί, ηλικιών 19-42 χρονών	Αύξηση χρόνου αντίδρασης
P Philip et al. (2003)	Επίδραση της κόπωσης στην απόδοση οδηγών αυτοκινήτων	Αυτοκινητόδρομος	114 οδηγοί, ηλικιών <30 χρονών	Αύξηση χρόνου αντίδρασης

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται κυρίως στη συσχέτιση της επιρροής της κόπωσης από στέρηση ύπνου με τον χρόνο αντίδρασης των οδηγών και την αύξηση αριθμού ατυχημάτων, σε διάφορους τύπους οδών. Τα συμπεράσματα αυτών είναι η **αύξηση του αριθμού ατυχημάτων, η αύξηση της ταχύτης οδήγησης, αύξηση του χρόνου αντίδρασης, μειωμένη αντίδραση σε κινδύνους, μειωμένος έλεγχος του οχήματος, αδυναμία στη διατήρηση λωρίδας, αύξηση αποκλίσεων από πλευρικές θέσεις του δρόμου και παραβιάσεις των ορίων ταχύτητας**. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία θα δοθεί έμφαση στα υπεραστικά δίκτυα για χαμηλούς και υψηλούς φόρτους κυκλοφορίας.

Ένα ακόμη στοιχείο το οποίο δε λαμβάνεται υπόψιν στην προαναφερθείσα βιβλιογραφία είναι το φύλο των οδηγών και ο κυκλοφοριακός φόρτος των σεναρίων οδήγησης στους προσομοιωτές.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία θα εστιάσει κυρίως στην επίδραση της κούρασης (εξαιτίας έλλειψης ύπνου) στην οδηγική συμπεριφορά νεότερων ανθρώπων καθώς και στις διακυμάνσεις που παρατηρούνται βάσει φύλου, κυκλοφοριακού φόρτου και άλλων στοιχείων που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Εν συνεχεία, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της Διπλωματικής Εργασίας, βάση και του οποίου θα πραγματοποιηθεί στατιστική ανάλυση. Σκοπός αυτής είναι η δημιουργία των κατάλληλων μοντέλων, τα οποία θα δώσουν ορθά αποτελέσματα. Επιλέχθηκαν η γραμμική παλινδρόμηση και η διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, σαν μαθηματικά πρότυπα για τις συνεχείς και τις διακριτές μεταβλητές αντιστοίχως. Η συλλογή των μεταβλητών έγινε από τα ερωτηματολόγια και την πειραματική διαδικασία στον προσομοιωτή οδήγησης.

3.2 Μαθηματικά πρότυπα

3.2.1. Γραμμικό Μοντέλο

Με χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης οδηγούμαστε στο γραμμικό μοντέλο, το οποίο προκύπτει από την ανάπτυξης αντίστοιχης εξίσωσης. Μέσω της γραμμικής παλινδρόμησης μοντελοποιείται η σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y (η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή) και μίας η περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών (ή επεξηγηματικών μεταβλητών) X . Αυτή η σχέση περιγράφεται από την εξίσωση του κάθε μοντέλου. Για την εξαρτημένη μεταβλητή Y , γίνεται πρόβλεψη των τιμών της, ενώ για τις εξαρτημένες μεταβλητές X , θεωρούμε δεδομένες τιμές, οι οποίες και χρησιμοποιούνται για την εύρεση της εξαρτημένης.

Η μορφή της εξίσωσης είναι η εξής:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

Όπου:

n : το πλήθος των ανεξάρτητων μεταβλητών

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών $X_1, X_2, \dots, X_n$

β_0 : ο σταθερός όρος της εξίσωσης (δηλαδή η τιμή του Y όταν $X_1, X_2, \dots, X_n = 0$)

ε_i : το σφάλμα παλινδρόμησης, το οποίο προσεγγίζει τη διαφορά της προβλεπόμενης με την πραγματική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής Y .

Για την βελτίωση της ακρίβειας του μοντέλου και τη διευκόλυνση της εκτέλεσης της ανάλυσης, πραγματοποιείται λογαριθμικός μετασχηματισμός, καθώς τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, έχουν θετικές τιμές και πιθανότατα παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση.

3.2.2. Διωνυμικό Λογιστικό Μοντέλο

Παρόμοιος είναι ο τρόπος με τον οποίο προκύπτει και το διωνυμικό λογιστικό μοντέλο, με τη διαφορά ότι σε αυτήν την περίπτωση η εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι διακριτή και για την διαμόρφωσή της έγινε χρήση λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης.

Η μορφή της εξίσωσης είναι η εξής:

$$Y_i = \ln \frac{P_i}{1-P_i} = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} \quad (3.2)$$

Όπου:

n: το πλήθος των ανεξάρτητων μεταβλητών

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών $X_1, X_2, \dots, X_n$

β_0 : ο σταθερός όρος της εξίσωσης (δηλαδή η τιμή του Y όταν $X_1, X_2, \dots, X_n = 0$)

P_i : η προβλεπόμενη πιθανότητα, η οποία λαμβάνει τιμές από 0 (αποτυχία) έως 1 (επιτυχία).

Η εξαρτημένη μεταβλητή Y παίρνει την τιμή 1 με πιθανότητα επιτυχίας P και την τιμή 0 με πιθανότητα αποτυχίας 1-P.

3.3 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Μετά τη διαμόρφωση των μοντέλων τα οποία αναλύονται στο παραπάνω κεφάλαιο, απαιτείται έλεγχος διαφόρων παραγόντων για την αξιολόγηση και την αποδοχή τους. Βασική προϋπόθεση για την αποδοχή κάθε μοντέλου είναι οι τιμές της μεταβλητής Y των γραμμικών μοντέλων να ακολουθούν κανονική κατανομή. Επιπλέον, πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος μεταξύ των συσχετίσεων των μεταβλητών, ώστε να μην χρησιμοποιηθούν μεταβλητές με μεγάλη συσχέτιση και επηρεαστεί το αποτέλεσμα του μοντέλου. Αυτό σημαίνει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά κριτήρια τα οποία ελέγχονται για την αποδοχή των μοντέλων.

Λογική εξήγηση των συντελεστών του μοντέλου

Εφόσον ολοκληρωθεί η εξίσωση του μοντέλου, εξετάζεται αν τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης έχουν λογική ερμηνεία. Στην περίπτωση που αυτό δεν συμβαίνει, το μοντέλο πρέπει να απορριφθεί. Ειδικότερα, γίνεται έλεγχος σε όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές βάσει του προσήμου. Εάν αναμένεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης το πρόσημο της, πρέπει να είναι θετικό, ενώ εάν αναμένεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης, πρέπει να είναι αρνητικό.

Στατιστική Σημαντικότητα

Μια ακόμη προϋπόθεση για την αποδοχή του μοντέλου είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης να έχει υψηλή τιμή. Για την ακρίβεια, η αξιολόγηση στα γραμμικά μοντέλα γίνεται βάσει του ελέγχου t-test (κριτήριο κατανομής Student) με τον συντελεστή t να προσδιορίζει τη στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών για την επιλογή των κατάλληλων, δηλαδή αυτών με την υψηλότερη τιμή. Αντιστοίχως, για τα διωνυμικά λογιστικά μοντέλα, γίνεται αξιολόγηση βάσει του συντελεστή z value.

Ο τύπος του t-test είναι ο εξής:

$$t_i = \frac{\beta_i}{s\beta_i} \quad (3.3)$$

Ο τύπος του z value είναι ο εξής:

$$z_i = \frac{\beta_i}{s\beta_i} \quad (3.4)$$

Και στις δύο περιπτώσεις:

β_i : οι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών X_i

$s\beta_i$: το τυπικό σφάλμα των συντελεστών παλινδρόμησης β_i .

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, μια ενδεικτική τιμή του συντελεστή t και z είναι το 1,7 καθώς και το 1,3 για επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.

Ποιότητα μοντέλου

Στα γραμμικά μοντέλα μετά τον έλεγχο των παραπάνω προϋποθέσεων, για τη διαμόρφωση της τελικής εξίσωσης πραγματοποιείται και ο υπολογισμός του συντελεστή προσδιορισμού, για τον έλεγχο της ποιότητας του.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.5)$$

Όπου:

$\hat{Y}_i$: η προβλεπόμενη ανεξάρτητη μεταβλητή, από την πρόβλεψη του μοντέλου

$\bar{Y}$: η μέση τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής Y_i

n : το σύνολο των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής Y_i

και λαμβάνει τιμές από 0 έως 1.

Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X , δηλαδή τόσο πιο ορθή είναι η πρόβλεψη του μοντέλου και ελαχιστοποιείται το σφάλμα.

Αντίθετα, για τα λογιστικά μοντέλα δεν πραγματοποιείται έλεγχος του συντελεστή προσδιορισμού R^2 , καθώς σε αυτήν την περίπτωση επιζητείται η εκτίμηση της σχέσης που αναπτύσσεται μεταξύ της εξαρτημένης, με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Επομένως, στα λογιστικά μοντέλα γίνεται έλεγχος του ποσοστού πρόβλεψης του μοντέλου, το οποίο πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη του 65%.

Σφάλμα

Σχετικά με το σφάλμα της εξίσωσης του μοντέλου, θα πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Να ακολουθεί κανονική κατανομή
2. Να έχει σταθερή διασπορά $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$
3. Να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$. Η διασπορά του σφάλματος σχετίζεται με τον συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Αυτό σημαίνει ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του R^2 , τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη του μαθηματικού μοντέλου.

3.4 Εξήγηση αποτελεσμάτων

Ακολούθως, πραγματοποιείται **επεξήγηση των αποτελεσμάτων του μαθηματικού μοντέλου** και γίνεται ο προσδιορισμός των παρακάτω στοιχείων:

Εξήγηση σχέσεων εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών

Όπως προαναφέρθηκε, η εξαρτημένη μεταβλητή επηρεάζεται από τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης. Αυτό σημαίνει ότι το θετικό πρόσημο του συντελεστή οδηγεί σε αύξηση της τιμής της ανεξάρτητης μεταβλητής, με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντιθέτως, το αρνητικό πρόσημο του συντελεστή οδηγεί σε μείωση της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης.

Επιβεβαίωση (ή όχι) διεθνούς βιβλιογραφίας

Αφού ολοκληρωθούν τα μοντέλα και η επεξήγηση της σχέσης της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποτελέσματα τη διεθνούς βιβλιογραφίας. Με αυτόν τον τρόπο, επιβεβαιώνονται (ή όχι) τα στοιχεία που συλλέχθηκαν με τη βοήθεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Ελαστικότητα

Τέλος, για την ολοκλήρωση της επεξήγησης των αποτελεσμάτων, γίνεται υπολογισμός της ελαστικότητας. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής όταν μεταβάλλονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές. Η ευαισθησία εκφράζεται ως μία επί τις εκατό μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, ως αποτέλεσμα μιας 1% μεταβολής στην ανεξάρτητη μεταβλητή. Η τιμή της ελαστικότητας είναι χρήσιμη επειδή είναι μέγεθος αδιάστατο, αντίθετα με τις υπολογισμένες παραμέτρους παλινδρόμησης, οι οποίες εξαρτώνται από τις μονάδες μέτρησης.

Ο τύπος της ελαστικότητας για γραμμικά μοντέλα είναι ο εξής:

$$e_i = \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right) \left(\frac{X_i}{Y_i} \right) \quad (3.6)$$

Χρησιμοποιείται μονό στις περιπτώσεις συνέχων μεταβλητών. Στις περιπτώσεις των διακριτών μεταβλητών χρησιμοποιείται η έννοια της ψεύδοελαστικότητας, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από μια μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία κλάση των τιμών της.

Για τις διακριτές μεταβλητές ο τύπος είναι ο εξής:

$$E_{x_{ink}}^{P_i} = e^{\beta_{ik}} \frac{\sum_{i=1}^I e^{\beta_{ixn}}}{\sum_{i=1}^I e^{\Delta(\beta_{ixn})}} - 1 \quad (3.7)$$

Όπου:

I: το πλήθος των πιθανών επιλογών

P_i: η πιθανότητα της εναλλακτικής i

x_{ink}: η τιμή της μεταβλητής k, για την εναλλακτική i, του ατόμου n

Δ(β_{ixn}): η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{ink} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1

β_{ixn}: η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει τιμή 0

β_{ik}: η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk}

Για τις συνεχείς μεταβλητές ο τύπος είναι ο εξής:

$$E_{x_{ink}}^{P_i} = [1 - \sum_{i=1}^I P_n(i)] x_{ink} \beta_{ik}, \quad (3.8)$$

Όπου:

I: το πλήθος των πιθανών επίλογων

P_i: η πιθανότητα της εναλλακτικής i

x_{ink}: η τιμή της μεταβλητής k, για την εναλλακτική i, του ατόμου n

β_{ik}: η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk}

3.5 Λειτουργία λογισμικού στατιστικής ανάλυσης

Για τη δημιουργία και τον έλεγχο της αποδοχής των μοντέλων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης readxl. Πιο συγκεκριμένα, για την ανάπτυξη των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εντολές:

- Για το γραμμικό μοντέλο:

read_excel(mastertable):

Στο πλαίσιο mastertable τοποθετείται ο ολοκληρωμένος πίνακας που δημιουργήθηκε και εξηγείται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4, έτσι ώστε να εισαχθούν οι πληροφορίες στη γλώσσα προγραμματισμού R και εν συνεχεία να μπορέσουν να επεξεργαστούν.

as.factor() / as.integer(): Θέτουμε τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου, τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε στην παλινδρόμηση ως factor (μεταβλητές με τιμές 0 ή 1) και ως integer για τις ακέραιες μεταβλητές που θα έχουν παραπάνω πιθανές τιμές.

str(): Η εντολή αυτή παρέχει συνοπτική περιγραφή της δομής ενός αντικειμένου. Όταν εφαρμόζεται σε ένα δεδομένο σύνολο εμφανίζει πληροφορίες όπως ο τύπος αντικειμένου, ο αριθμός των παρατηρήσεων και μεταβλητών. Το μήκος του, τους τύπους των μεταβλητών και τις πρώτες τιμές για κάθε μεταβλητή.

cor(, method = "spearman"): Με αυτήν την εντολή θα βρεθεί η συσχέτιση μεταξύ των διακριτών μεταβλητών X που θα χρησιμοποιηθούν στην παλινδρόμηση με τη μέθοδο spearman και θα εξαχθεί πίνακας συσχετίσεων.

cor(, method = "pearson"): Με αυτήν την εντολή θα βρεθεί η συσχέτιση μεταξύ των συνεχών μεταβλητών X που θα χρησιμοποιηθούν στην παλινδρόμηση με τη μέθοδο pearson και θα εξαχθεί πίνακας συσχετίσεων.

model <- lm(Dependent ~ Independent(s),data): Στο πλαίσιο Dependent εισάγεται η εξαρτημένη μεταβλητή, ενώ στο πλαίσιο Independent(s) οι ανεξάρτητες, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στο μοντέλο. Με την εντολή αυτή, δημιουργείται το γραμμικό μοντέλο που περιγράφει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης (Y) και των ανεξάρτητων (X) μεταβλητών και θα αποθηκευτεί ο πίνακας με το μοντέλο παλινδρόμησης.

summary(model)

attributes(model)

model\$coefficients: Τέλος η εντολή `summary` δημιουργεί έναν πίνακα, οποίος εμφανίζει τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης (R^2 , Std. Error, t-value και Pr), ενώ η εντολή `$coefficients` εμφανίζει τους συντελεστές των ανεξάρτητων μεταβλητών της εξίσωσης.

- Για διωνυμικό λογιστικό μοντέλο:

Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες εντολές που αναφέρθηκαν για το γραμμικό μοντέλο με τη διαφορά ότι για το λογιστικό πλέον μοντέλο:

model <- glm(Dependent ~ Independent(s), family = "binomial", data): Στο πλαίσιο `Dependent` εισάγεται η εξαρτημένη μεταβλητή, ενώ στο πλαίσιο `Independent(s)` οι ανεξάρτητες, οι οποίες θα συμπεριληφθούν στο μοντέλο. Με την εντολή αυτή, δημιουργείται το γραμμικό μοντέλο που περιγράφει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης (Y) και των ανεξάρτητων (X) μεταβλητών και θα αποθηκευτεί ο πίνακας με το λογιστικό μοντέλο παλινδρόμησης.

Η εντολή `summary` σε αυτό το μοντέλο δημιουργεί έναν πίνακα, οποίος εμφανίζει τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης (R^2 , Std. Error, z-value και Pr).

Επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκαν και οι εξής εντολές:

predict(model, data, type = "response"): Μέσω αυτής της εντολής, χρησιμοποιείται ο πίνακας `model` που έχει δημιουργηθεί ώστε να προβλέψει τιμές βάσει των δεδομένων που παρέχονται στο `data`. Οι προβλέψεις αυτές αποθηκεύονται στην μεταβλητή `model`.

table(data\$Y, predicted): Με τη βοήθεια της εντολής αυτής δημιουργείται ένας πίνακας συχνοτήτων μέσω των προβλέψεων `model` και την πραγματική κατάσταση που βρίσκεται σε ένα αρχείο με το όνομα `TotalAccidents`.

print(confusion_matrix): Πραγματοποιείται εκτύπωση του άνω μητρώου “`confusion matrix`”.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Λαμβάνοντας υπόψιν την βιβλιογραφική ανασκόπηση σε συνδυασμό με το θεωρητικό υπόβαθρο έγινε επιλογή της μεθόδου και του αντικειμένου έρευνας της παρούσας Διπλωματικής εργασίας. Αρχικά πραγματοποιήθηκε η πειραματική διαδικασία με χρήση προσομοιωτή οδήγησης σε υπεραστικής δίκτυο σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού φόρτου κυκλοφορίας, μέσω της οποίας συλλέχθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά αναλυθούν, μέσω στατιστικών μοντέλων για να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα ως προς την επιρροή της κόπωσης των οδηγών. Οι δύο βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων του εν λόγω πειράματος είναι η γραμμική και η λογιστική παλινδρόμηση.

Σε αυτή την ενότητα αναλύεται ο σκοπός του πειράματος και περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο διεξήχθη στον προσομοιωτή οδήγησης. Επιπλέον αναλύεται το πώς συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα στοιχεία του προσομοιωτή οδήγησης και των ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες στο πείραμα, καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά του δείγματος.

4.2 Πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης

4.2.1. Στόχος πειράματος

Με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης, εξετάστηκε η επιρροή της κόπωσης στην οδηγική συμπεριφορά και ασφάλεια νέων ηλικιακά οδηγών, ηλικιών 18-30 ετών. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν, θα μελετηθούν λαμβάνοντας υπόψιν τα χαρακτηριστικά του δείγματος, τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο κλήθηκαν να οδηγήσουν οι οδηγοί (υπεραστικό) και τις κυκλοφοριακές συνθήκες (χαμηλός και υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος).

4.2.2. Προσομοιωτής

Η πειραματική διαδικασία διεξήχθη στον προσομοιωτή οδήγησης της εταιρίας Foerst (Driving Simulation FPF), ο οποίος διατίθεται στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής, του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για ερευνητικούς σκοπούς. Στην παρακάτω Εικόνα (4.1) φαίνονται τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του (ρυθμιζόμενο κάθισμα οδήγησης, κιβώτιο πέντε ταχυτήτων, τιμόνι, γκάζι, φρένο, συμπλέκτης, μίζα, κόρνα). Έπειτα διακρίνεται το ψηφιακό περιβάλλον που χρησιμοποιείται, το οποίο περιλαμβάνει τρεις LCD οθόνες 40'', προσομοιάζοντας έτσι ρεαλιστικά τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης του εκάστοτε συμμετέχοντα (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.1: Εξωτερικά χαρακτηριστικά προσομοιωτή οδήγησης



Εικόνα 4.2: Ψηφιακό περιβάλλον προσομοιωτή οδήγησης

Ειδικότερα, στο ψηφιακό περιβάλλον απεικονίζεται η οδός, από την οπτική που θα είχε ο συμμετέχοντας οδηγός, διαθέτοντας δύο εξωτερικούς και έναν κεντρικό καθρέπτη και προσφέροντας έτσι πλήρη έλεγχο του οχήματος. Επίσης, προσφέρεται δυνατότητα οδήγησης σε διάφορες οδηγικές συνθήκες, σχετικά με τον τύπο της οδού, τον κυκλοφοριακό φόρτο, τον καιρό και τον φωτισμό, συμπεριλαμβανομένων και απρόσμενων «γεγονότων» που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της οδήγησης, όπως διέλευση ζώων ή πεζών, ή εσφαλμένες συμπεριφορές άλλων οχημάτων (Εικόνα 4.3). Στόχος αυτών είναι η μελέτη της ασφάλειας και συμπεριφοράς των οδηγών και σε επικίνδυνες καταστάσεις.



Εικόνα 4.3: Εμφάνιση απρόσμενου «γεγονότος»

Κατά τη διάρκεια του πειράματος στον προσομοιωτή οδήγησης καταγράφονται έως 60 μετρήσεις το δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή. Τα δεδομένα αυτών των μετρήσεων εξάγονται αυτόματα από το πρόγραμμα, μέσω ενός αρχείου σε μορφή κειμένου, ξεχωριστά για κάθε σενάριο οδήγησης και συμμετέχοντα οδηγό. Παρακάτω παρατίθενται

και εξηγούνται οι μεταβλητές οι οποίες καταγράφονται από τον προσομοιωτή οδήγησης (Πίνακα 4.1).

Πίνακας 4.1: Μεταβλητές προσομοιωτή οδήγησης

Variable	Explanation
Time	current real-time in milliseconds since start of the drive.
x-pos	x-position of vehicle in m.
y-pos	y-position of vehicle in m.
z-pos	z-position of vehicle in m.
road	road number of the vehicle in [int].
richt	direction of the vehicle on the road in [BOOL] (0/1).
rdist	distance of the vehicle from the beginning of the drive in m.
rspur	track of the vehicle from the middle of the road in m.
ralpha	direction of the vehicle compared to the road direction in degrees.
Dist	driven course in meters since begin of the drive.
Speed	actual speed in km/h.
Brk	brake pedal position in percent.
Acc	gas pedal position in percent.
Clutch	clutch pedal position in percent.
Gear	chosen gear (0 = idle, 6 = reverse).
RPM	motor revolution in 1/min.
HWay	headway, distance to the ahead driving vehicle in m.
DLeft	distance to the left road board in m.
DRicht	distance to the right road board in m.
Wheel	steering wheel position in degrees.
THead	time to headway, i.e. to collision with the ahead driving vehicle in ms.
TTL	time to line crossing, time until the road border line is exceeded, in ms.
TTC	time to collision (all obstacles), in ms.
AccLat	acceleration lateral, in m/s^2
AccLon	acceleration longitudinal, in m/s^2
EvVis	event-visible-flag/event-indication, 0 = no event, 1 = event.
EvDist	event-distance in m.
ErrINo	number of the most important driving failure since the last data set
ErrIVal	state date belonging to the failure, content varies according to type of failure.
Err2No	number of the next driving failure (maybe empty).
Err2Val	additional date to failure 2.
Err3No	number of the further driving failure (maybe empty).
Err3Val	additional date to failure 3.

4.2.3. Σενάρια πειράματος

Ο **τύπος της οδού** για τον οποία θα διεξαχθεί η πειραματική διαδικασία της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όπως έχει ήδη ορισθεί θα είναι **υπεραστική**, με δύο σενάρια χαμηλού (Εικόνα 4.4) και υψηλού φόρτου κυκλοφορίας (Εικόνα 4.5). Στα διαθέσιμα ψηφιακά περιβάλλοντα παρέχεται συγκεκριμένη διαδρομή, μίας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Επιπλέον κατά τη διάρκεια κάθε σεναρίου τοποθετήθηκαν δύο (2) τυχαία συμβάντα – επικίνδυνα γεγονότα αλλά και κατάλληλη σήμανση.



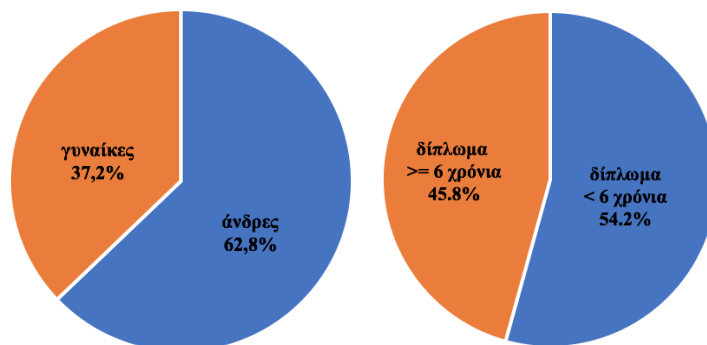
Εικόνα 4.4: Υπεραστικό περιβάλλον χαμηλού φόρτου κυκλοφορίας



Εικόνα 4.5: Υπεραστικό περιβάλλον υψηλού φόρτου κυκλοφορίας

4.2.4. Συμμετέχοντες

Για τη διεξαγωγή του πειράματος, έγινε επιλογή ομάδας δείγματος 35 εθελοντών οδηγών, 22 αντρών και 13 γυναικών. Οι οδηγοί που προαναφέρθηκαν είναι όλοι νεαρής ηλικίας (18-30 ετών) και κατέχουν δίπλωμα οδήγησης. Οι εθελοντές οδηγοί χωρίστηκαν σε δύο επιπλέον κατηγορίες βάσει των χρόνων που κατέχουν δίπλωμα οδήγησης με σκοπό τη διαφοροποίηση της οδηγικής τους συμπεριφοράς, βάσει της εμπειρίας τους, λαμβάνοντας σαν δεδομένο ότι κατά κανόνα οι νεότεροι οδηγοί έχουν μικρότερη εμπειρία. Από τους 35 οδηγούς, οι 19 ανήκουν στην πρώτη κατηγορία με κατοχή διπλώματος για λιγότερο από 6 χρόνια και 16 για 6 ή περισσότερα χρόνια. Τα ποσοστά κατανομής τους σύμφωνα με το γράφημα 4.1 είναι βάσει φύλου 37,2% γυναίκες, 62,8% άνδρες και βάσει των χρόνων που κατέχουν δίπλωμα οδήγησης 54,2% (λιγότερα από 6 χρόνια) και 45,8% (6 ή περισσότερα χρόνια).



Γράφημα 4.1: Κατανομή φύλου και χρόνων κατοχής διπλώματος οδήγησης συμμετεχόντων

4.2.5. Προετοιμασία πειράματος

Το πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης πραγματοποιήθηκε μεταξύ Οκτωβρίου και Νοεμβρίου του 2023 και συμμετείχαν 35 εθελοντές οδηγοί. Για τη σωστή διεξαγωγή του πειράματος, απαραίτητη ήταν η προετοιμασία των σεναρίων και ο σχεδιασμός υλοποίησής τους, έτσι ώστε να επιτευχθούν παρόμοιες συνθήκες για όλους τους συμμετέχοντες.

Προτού ξεκινήσει το πείραμα και η καταγραφή των δεδομένων, ζητήθηκε από τούς συμμετέχοντες να πραγματοποιήσουν μια δοκιμαστική διαδρομή εξοικείωσης στον προσομοιωτή (διαφορετική από την διαδρομή των σεναρίων).

Ειδικότερα, ο κάθε συμμετέχοντας ενημέρωνε ο ίδιος πότε ένιωθε εξοικειωμένος με την οδήγηση στον προσομοιωτή και τους παράγοντες που διαφέρουν σε σχέση με τη συμβατική οδήγηση και τότε τελείωνε η δοκιμαστική διαδρομή.

Μετά από αυτή τη διαδικασία, οι 35 συμμετέχοντας κλήθηκαν αφού συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο, να οδηγήσουν για 2 διαφορετικά σενάρια ένα με χαμηλό και ένα με υψηλό φόρτο κυκλοφορίας, σε υπεραστικό περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Οι συμμετέχοντες οδήγησαν τα δύο αυτά σενάρια δύο διαφορετικές ημέρες στην πρώτη φάση ξεκούραστοι, ενώ στην δεύτερη φάση όντας κουρασμένοι, μένοντας άπνοιοι την προηγούμενη ημέρα. Τα σενάρια που δημιουργήθηκαν για τις δύο διαδρομές που θα ακολουθούσαν σε κάθε φάση είχαν μικρές διαφοροποιήσεις, ώστε οι οδηγοί να μην θυμούνται ακριβώς το σημείο στο οποίο θα εμφανιστούν τα «συμβάντα» και οδηγηθούμε έτσι σε αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Σε όλα τα σενάρια εμφανίστηκαν δύο (2) «συμβάντα», δηλαδή επικίνδυνα γεγονότα, όπου ο οδηγός καλούταν να λάβει γρήγορες αποφάσεις για την αποφυγή ατυχημάτων.



Εικόνα 4.6: Δοκιμαστική διαδρομή συμμετεχόντων

4.3. Επεξεργασία στοιχείων

4.3.1. Επεξεργασία ερωτηματολογίων

Αφού ολοκληρώθηκε η πειραματική διαδικασία, ακολούθησε η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους συμμετέχοντες, ώστε να δημιουργηθεί μία ενιαία βάση δεδομένων για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Για την καταχώρηση των στοιχείων απαιτήθηκε κωδικοποίηση των ερωτήσεων και των μεταβλητών όπως φαίνεται και στον παρακάτω Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Ονομασία μεταβλητών ερωτηματολογίου - Κωδικοποίηση απαντήσεων

Ερωτήσεις Ερωτηματολογίου										Ονομασία Μεταβλητών
A 1. Οδική εμπειρία συμμετέχοντα										
Q1.1	Πόσα χρόνια έχετε δίπλωμα οδήγησης		χρόνια							years license
Q1.2	Πόσα χρόνια οδηγείτε;		χρόνια							years drive
Q1.3	Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε εντός πόλης;	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [λιγότερες]	days urban
Q1.4	Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε σε επαρχιακή οδό;	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [λιγότερες]	days rural
Q1.5	Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε σε αυτοκινητόδρομο;	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [λιγότερες]	days highway
Q1.6	Πόσα χιλιόμετρα την εβδομάδα διανύετε εντός πόλης;	1: [<20]	2: [20-50]	3: [50-100]	4: [100-150]	5: [>150]				km urban
Q1.7	Πόσα χιλιόμετρα την εβδομάδα διανύετε σε επαρχιακή οδό;	1: [<20]	2: [20-50]	3: [50-100]	4: [100-150]	5: [>150]				km rural
Q1.8	Πόσα χιλιόμετρα την εβδομάδα διανύετε σε αυτοκινητόδρομο;	1: [<20]	2: [20-50]	3: [50-100]	4: [100-150]	5: [>150]				km highway
Q1.9	Πόσες διαδρομές κάνετε κάθε μέρα εντός πόλης;	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [>5]		routes_per_day_urban
Q1.10	Πόσες διαδρομές κάνετε κάθε μέρα σε επαρχιακή οδό;	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [>5]		routes_per_day_rural
Q1.11	Πόσες διαδρομές κάνετε κάθε μέρα σε αυτοκινητόδρομο;	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [>5]		routes_per_day_highway
A 2. Οδική συμπεριφορά συμμετέχοντα										
Q2.1	Πόσο σας αρέσει η οδήγηση;	0: [καθόλου]	1: [λίγο]	2: [αρκετά]	3: [πολύ]	4: [πέρα πολύ]				driving liking
Q2.2	Πόσο συχνά οδηγείτε εντός πόλης όταν είστε κουρασμένοι;	0: [καθόλου]	1: [σπάνια]	2: [μερικές φορές]	3: [συχνά]	4: [συνέχεια]				fatigue_driving_freq_urban
Q2.3	Πόσο συχνά οδηγείτε σε επαρχιακή οδό όταν είστε κουρασμένοι;	0: [καθόλου]	1: [σπάνια]	2: [μερικές φορές]	3: [συχνά]	4: [συνέχεια]				fatigue_driving_freq_rural
Q2.4	Πόσο συχνά οδηγείτε σε αυτοκινητόδρομο όταν είστε κουρασμένοι;	0: [καθόλου]	1: [σπάνια]	2: [μερικές φορές]	3: [συχνά]	4: [συνέχεια]				fatigue_driving_freq_highway
Q2.5	Με ποιους τρόπους αλλάζετε τη συμπεριφορά σας, όταν είστε κουρασμένοι/κουρασμένος ενώ οδηγείτε (δυνατότητα πάνω από μίας επιλογής);	1: Ακίνητοποσή το όχημα/επιβήτο να ξεκουραστεί προσωρινά.	2: μετέωρο ταχύτητα	3: αυξάνω ταχύτητα	4: Οδηγώ στην άκρη της οδού	5: Ανοίγω το παράθυρο	6: Δεν αλλάζω συμπεριφορά			fatigue driving behavior change
Q2.6	Πόσο επικίνδυνη θεωρείτε την επάρρη της κούρασης κατά τη διάρκεια της οδήγησης;	0: [καθόλου]	1: [λίγο]	2: [αρκετά]	3: [πολύ]	4: [πέρα πολύ]				fatigue driving danger estimation
Q2.7	Με ποια από τα παρακάτω επίπεδα κούρασης οδηγείτε; (δυνατότητα πάνω από μίας επιλογής)	0: [καθόλου]	1: [χαμηλό]	2: [μέτριο]	3: [υψηλό]	4: [πολύ υψηλό]				fatigue levels driving
Q2.8	Ποια συμπτώματα παρουσιάζετε εξαιτίας της κούρασης στην οδήγηση; (δυνατότητα πάνω από μίας επιλογής)	1: Κλείνουν τελείως τα μάτια, με κίνδυνο να αποκοιμηθεί.	2: Έλλειψη συγκέντρωσης	3: Χασμουρητό	4: Ανογοκλείνω τα μάτια	5: Κανένα Σύμπτωμα				fatigue driving symptoms
A 3. Ιστορικό οδικών συμβάντων συμμετέχοντα										
Q3.1	Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί ως οδηγός;	με υλικές ζημιές	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]			accidents_material_damage
		με παθόντες	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]			accidents_patrons
Q3.2	Σε πόσα από τα ατυχήματα που έχετε εμπλακεί, οδηγούσατε κουρασμένη/κουρασμένος ανεξάρτητα αν η επάρρη της κούρασης ήταν η αιτία του ατυχήματος;	με υλικές ζημιές	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]			fatigue_ama
		με παθόντες	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]			fatigue_ap
A 4. Γενικά στοιχεία συμμετέχοντα										
Q4.1	Ηλικία		ετών							age
Q4.2	Φύλο	1: [άνδρας]	2: [γυναίκα]	3: [άλλο]						gender
Q4.3	Ποιο είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;	1: [ανύπαντρος]	2: [παντρεμένος]	3: [διαζευγμένος]	4: [χήρος/α]					marital_status
Q4.4	Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό σας εισόδημα;	1: [<10.000]	2: [10.000-20.000]	3: [>25.000]						annual_family_income
Q4.5	Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;	1: [πρωτοβάθμια]	2: [δευτεροβάθμια]	3: [ΑΕΙ]	4: [Μεταπτυχιακό]	5: [Διδακτορικό]				educational_level
B 1. Ιστορικό Κούρασης										
Q5.1	Πόσες ώρες κοιμήθηκαν την προηγούμενη μέρα;		ώρες							sleep_hrs
Q5.2	Πόσες ώρες έχετε να κοιμηθείτε;		ώρες							hrs_awa
Q5.3	Πόσες κατά μέσο όρο ώρες κοιμήθηκαν την μέρα, την προηγούμενη εβδομάδα;		ώρες							last_week_avg_sleep_hrs_perday
Q5.4	Κάνετε κάποια χειρωνακτική δουλειά ή γυμναστική κατά τη διάρκεια της σημερινής ημέρας; Αν ναι, πόσο έντονη;	ναι	όχι	0: [καθόλου]	1: [λίγο]	2: [αρκετά]	3: [πολύ]	4: [πέρα πολύ]		manual_labor_exercise_intense_level_mle
Q5.5	Πόσο κουρασμένος/κουρασμένη νιώθετε την παρούσα στιγμή;	0: [καθόλου]	1: [λίγο]	2: [αρκετά]	3: [πολύ]	4: [πέρα πολύ]				fatigue_level_feel

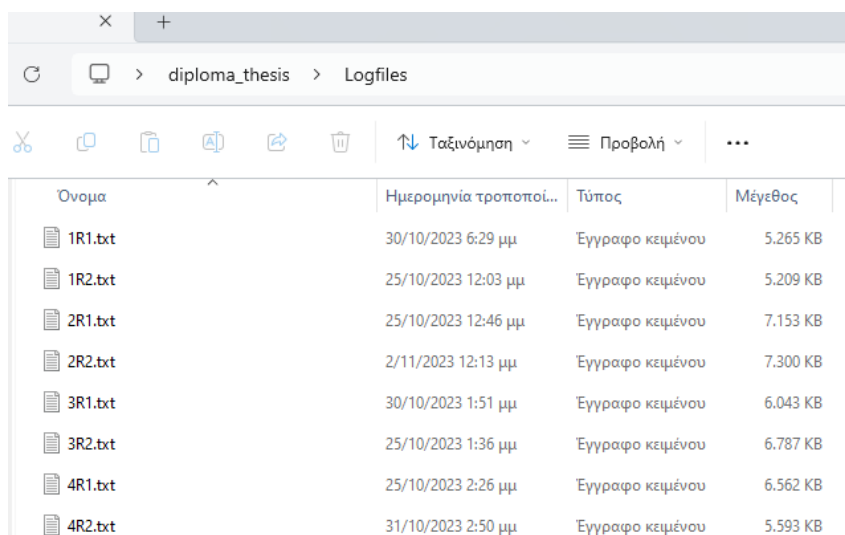
Μετά την κωδικοποίηση, καταγράφηκαν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στο πείραμα σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα 35 × 31 (35 συμμετέχοντες, 31 ερωτήσεις), απόσπασμα του οποίου φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 4.7.

Participant	years license	years drive	days rural	km_rural	
1	6	8	8	1	
2	5	4	3	2	
3	2	1	1	1	
4	4	4	8	1	
5	2	2	8	1	
6	1	1	8	2	
7	3	3	2	1	
8	6	6	1	1	
9	3	3	5	4	
10	5	1	8	1	
					...
					⋮

Εικόνα 4.7: Απόσπασμα πίνακα αποτελεσμάτων ερωτηματολογίου

4.3.2. Επεξεργασία μετρήσεων πειράματος

Αφού ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις, έγινε συλλογή και οργάνωση των στοιχείων που εξήχθησαν από τον προσομοιωτή οδήγησης σε μορφή κειμένου (txt). Για κάθε μία από τις μεταβλητές καταγράφηκαν έως και 60 τιμές το δευτερόλεπτο. Για την επεξεργασία λοιπόν των στοιχείων αυτών δημιουργήθηκε ένας φάκελος Logfile με τα αρχεία “txt” κάθε συμμετέχοντα για τα δύο σενάρια που κλήθηκε να οδηγήσει από δύο φορές (μία κουρασμένος, μία ξεκούραστος), δηλαδή τέσσερα ανά συμμετέχοντα. Τα ονόματα των αρχείων που περιλαμβάνει ο φάκελος, αποτελούνται από τον αριθμό συμμετέχοντα και το εκάστοτε σενάριο όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.8, όπου και παρατίθεται απόσπασμα με τη μορφή φακέλου Logfiles και κωδικοποιημένες τις ονομασίες των αρχείων “txt”. Πιο συγκεκριμένα ο αριθμός συμβολίζει τον αριθμό του συμμετέχοντα, το R (Rural) συμβολίζει το υπεραστικό δίκτυο και οι δείκτες 0 και 1 συμβολίζουν την κατηγορία οδήγησης ξεκούραστη ή υπό κόπωση αντίστοιχα.



Όνομα	Ημερομηνία τροποποι...	Τύπος	Μέγεθος
1R1.txt	30/10/2023 6:29 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.265 KB
1R2.txt	25/10/2023 12:03 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.209 KB
2R1.txt	25/10/2023 12:46 μμ	Εγγραφο κειμένου	7.153 KB
2R2.txt	2/11/2023 12:13 μμ	Εγγραφο κειμένου	7.300 KB
3R1.txt	30/10/2023 1:51 μμ	Εγγραφο κειμένου	6.043 KB
3R2.txt	25/10/2023 1:36 μμ	Εγγραφο κειμένου	6.787 KB
4R1.txt	25/10/2023 2:26 μμ	Εγγραφο κειμένου	6.562 KB
4R2.txt	31/10/2023 2:50 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.593 KB

Εικόνα 4.8: Απόσπασμα αρχείων με κωδικοποίηση ονομασίας για κάθε οδήγηση

Η επεξεργασία των μετρήσεων αποσκοπεί στη δημιουργία ενός συγκεντρωτικού πίνακα, δηλαδή μίας βάσης δεδομένων **database**, η οποία περιλαμβάνει τον φάκελο Logfiles με τα αρχεία των συμμετεχόντων. Σε αυτή τη βάση δεδομένων συμπεριλήφθηκαν και υπολογίστηκαν η μέση τιμή (“Avg”) και η τυπική απόκλιση (“Std”) για όλα τα δεδομένα που εξήχθησαν από τον προσομοιωτή για κάθε συμμετέχοντα και σενάριο που οδήγησαν αντίστοιχα. Μέσω κώδικα επίσης υπολογίστηκαν τα ατυχήματα (“Accidents”) που συνέβησαν κατά τη διάρκεια οδήγησης του κάθε συμμετέχοντα, δηλαδή τις φορές τις οποίες ο οδηγός δεν κατάφερε να ακινητοποιήσει το όχημά του ή να αποφύγει τα εμφανιζόμενα «συμβάντα».

4.4 Βάση δεδομένων

Από την προηγούμενη διαδικασία προκύπτουν αποτελέσματα, τα οποία τοποθετούνται σε έναν ενιαίο **συγκεντρωτικό πίνακα** (mastertable), απόσπασμα του οποίου παρουσιάζεται παρακάτω στην Εικόνα 4.9. Για τη δημιουργία αυτού του πίνακα χρησιμοποιήθηκαν και τα στοιχεία του κάθε συμμετέχοντα από το ερωτηματολόγιο όπως κωδικοποιήθηκαν προηγουμένως και απεικονίστηκαν στην Εικόνα 4.7.

Participant	log	fatigue	Volume	scenario	years license	years drive	days rural	km rural	routes per day rural	driving liking	fatigue driving freq rural	fatigue driving behavior change	fatigue driving danger estimation
1	R1	0	0	2	6	8	8	1	1	5	2	4,5	4
1	R1	0	1	2	6	8	8	1	1	5	2	4,5	4
1	R2	1	0	1	6	8	8	1	1	5	2	4,5	4
1	R2	1	1	1	6	8	8	1	1	5	2	4,5	4
10	R1	0	0	1	5	1	8	1	0	4	3	5,0	4
10	R1	0	1	1	5	1	8	1	0	4	3	5,0	4
10	R2	1	0	2	5	1	8	1	0	4	3	5,0	4
10	R2	1	1	2	5	1	8	1	0	4	3	5,0	4
11	R1	0	0	1	9	5	8	5	2	3	3	7,0	5
11	R1	0	1	1	9	5	8	5	2	3	3	7,0	5
11	R2	1	0	2	9	5	8	5	2	3	3	7,0	5
11	R2	1	1	2	9	5	8	5	2	3	3	7,0	5
12	R1	0	0	1	4	4	8	1	0	4	3	3,0	4
12	R1	0	1	1	4	4	8	1	0	4	3	3,0	4
12	R2	1	0	2	4	4	8	1	0	4	3	3,0	4
12	R2	1	1	2	4	4	8	1	0	4	3	3,0	4
13	R1	0	0	1	5	5	8	1	0	5	1	8,0	4
13	R1	0	1	1	5	5	8	1	0	5	1	8,0	4
13	R2	1	0	2	5	5	8	1	0	5	1	8,0	4
13	R2	1	1	2	5	5	8	1	0	5	1	8,0	4
14	R1	0	0	2	7	7	8	1	0	4	3	5,0	4
14	R1	0	1	2	7	7	8	1	0	4	3	5,0	4
14	R2	1	0	1	7	7	8	1	0	4	3	5,0	4
14	R2	1	1	1	7	7	8	1	0	4	3	5,0	4
15	R1	0	0	2	1	1	2	1	1	2	3	2,0	3
15	R1	0	1	2	1	1	2	1	1	2	3	2,0	3
15	R2	1	0	1	1	1	2	1	1	2	3	2,0	3
15	R2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	2,0	3
16	R1	0	0	1	6	6	1	1	0	2	2	6,0	4
16	R1	0	1	1	6	6	1	1	0	2	2	6,0	4

Participant	log exercise	intense level	rest level	fatigue level	rest	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr	Aug-May	Aug-Jun	Aug-Jul	Aug-Aug	Aug-Sep	Aug-Oct	Aug-Nov	Aug-Dec	Aug-Jan	Aug-Feb	Aug-Mar	Aug-Apr
-------------	--------------	---------------	------------	---------------	------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Εικόνα 4.9: Απόσπασμα πίνακα από την εξεξεργασία μετρήσεων του πειράματος

4.5 Περιγραφικά χαρακτηριστικά δείγματος

Για να πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, κρίνεται χρήσιμο να παρουσιαστούν κάποια ενδεικτικά χαρακτηριστικά του δείγματος από τον προσομοιωτή οδήγησης, έτσι ώστε να φανεί σε μία πρώτη φάση η συσχέτιση μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών.

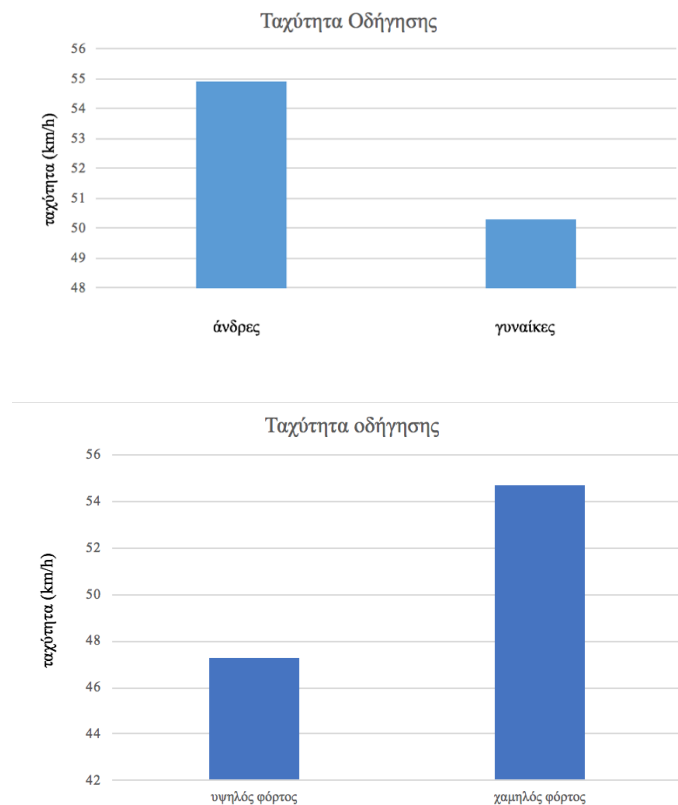
Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.4 φαίνεται ότι:

- Η ταχύτητα οδήγησης παρουσιάζει αύξηση, κατά την υπό κόπωση οδήγηση των συμμετεχόντων σε σχέση με την οδήγηση τους όταν είναι ξεκούραστοι.
- Ο χρόνος αντίδρασης των κουρασμένων οδηγών, παρουσιάζει αύξηση σε σχέση με τον χρόνο αντίδρασης των ξεκούραστων οδηγών
- Η απόσταση που διατηρείται από το προπορευόμενο όχημα από τους κουρασμένους οδηγούς είναι μικρότερη σε σχέση με τους ξεκούραστους.

Πίνακας 4.4: Βασικές τιμές μετρήσεων για οδήγηση υπό και χωρίς κόπωση

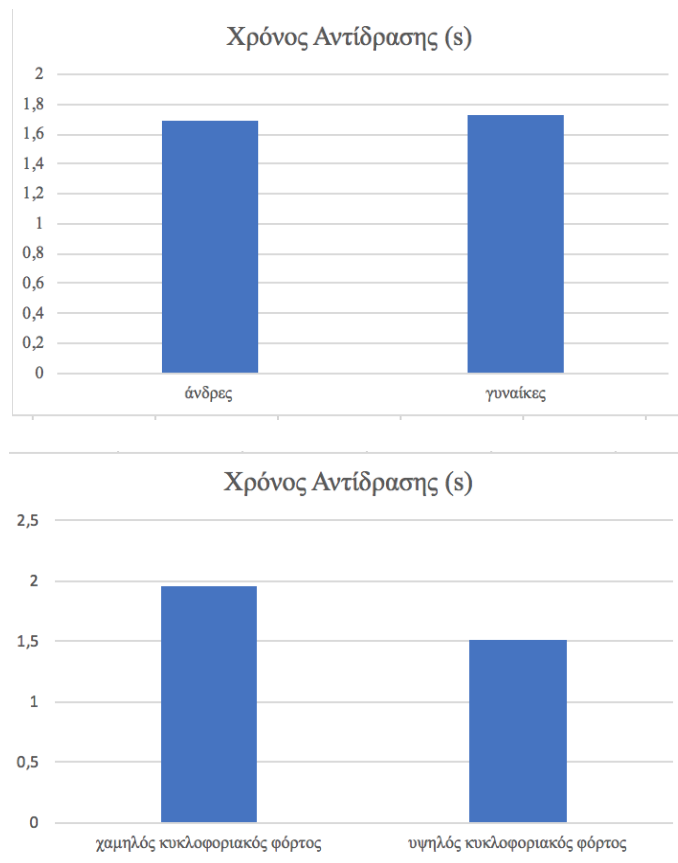
	Χωρίς Κόπωση (χαμηλός φόρτος)	Με Κόπωση (χαμηλός φόρτος)	Χωρίς Κόπωση (υψηλός φόρτος)	Με Κόπωση (υψηλός φόρτος)
Ταχύτητα (km/h)	53,10581998	56,34801998	45,65291998	48,89511998
Χρόνος Αντίδρασης (s)	1,728463646	2,157853466	1,291315306	1,720705126
Απόσταση από προπορευόμενο όχημα (m)	635,7094851	566,1436851	240,3170851	170,7512851

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των ανωτέρω χαρακτηριστικών μεγεθών ως προς το φύλο των οδηγών και τον κυκλοφοριακό φόρτο για συνθήκες οδήγησης υπό κούραση. Μεγαλύτερη μέση ταχύτητα οδήγησης παρουσιάζεται στους άνδρες οδηγούς από τις γυναίκες και στην περίπτωση χαμηλού έναντι υψηλού φόρτου. Τα παραπάνω στοιχεία απεικονίζονται στο Γράφημα 4.2.



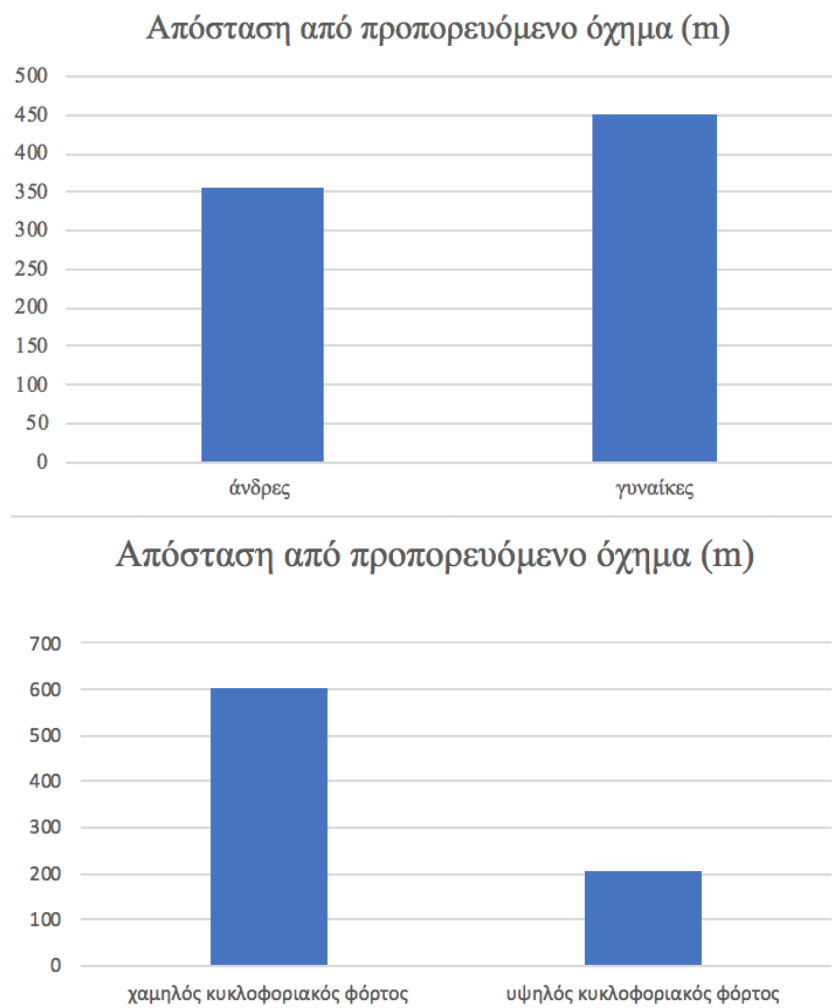
Γράφημα 4.2: Μέση ταχύτητα οδήγησης ανά φύλο και κυκλοφοριακό φόρτο

Ως προς τον μέσο χρόνο αντίδρασης δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες οδηγούς. Αντίθετα σε συνθήκες χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου ο χρόνος αντίδρασης εμφανίζεται αυξημένος σε σχέση με τις συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Τα παραπάνω στοιχεία απεικονίζονται στο Γράφημα 4.3



Γράφημα 4.3: Μέσος χρόνος αντίδρασης ανά φύλο και κυκλοφοριακό φόρτο

Παρατηρούμε επίσης ότι οι γυναίκες διατηρούν μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα σε σχέση με τους άντρες, ενώ στον υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο η απόσταση αυτή είναι αυξημένη σε σύγκριση με τον χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Τα παραπάνω στοιχεία απεικονίζονται στο Γράφημα 4.4



Γράφημα 4.4: Μέση απόσταση από προπορευόμενο όχημα ανά φύλο και κυκλοφοριακό φόρτο

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά

Στο παρόν Κεφάλαιο αναλύεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας με σκοπό την ανάπτυξη τεσσάρων (4) μαθηματικών μοντέλων και τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από αυτήν. Ειδικότερα, τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν και πληρούν τα κριτήρια αποδοχής αφορούν τη μέση ταχύτητα οδήγησης, τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, τον μέσο χρόνο αντίδρασης, καθώς επίσης και την πιθανότητα ατυχήματος. Για κάθε ένα από τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν, παρουσιάζεται η εξίσωση και η στατιστική σημαντικότητά του. Η εξίσωσή του περιλαμβάνει στοιχεία των μεταβλητών σε συνδυασμό με την επεξήγησή τους. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η ποιότητα του κάθε μοντέλου, η οποία υποδηλώνει ύπαρξη καλής προσαρμογής του, όπως επίσης και η διαχωρισμένη συσχέτιση των μεταβλητών του σε συνεχείς και διακριτές, με τις μεθόδους Pearson και Spearman αντίστοιχα. Ολοκληρώνοντας, παρουσιάζονται χρήσιμα χαρακτηριστικά των μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως ποσοστά, σύνολα τιμών, μέγιστη, ελάχιστη και μέση τιμή, τυπική απόκλιση των μεταβλητών, μαζί με το βαθμό επιρροής και την ανάλυση ευαισθησίας τους.

5.2 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου μέσης ταχύτητας οδήγησης

5.2.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκίμων, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Avg_Speed} = 55,2010 + 3,2422 * \text{fatigue} - 7,4529 * \text{Volume} - 4,6072 * \text{gender} + 0,490389 * \text{hrs_awake}$$

Όπου:

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Avg_Speed: μέση ταχύτητα οδήγησης (km/h) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

fatigue: κούραση των οδηγών, λόγω έλλειψης ύπνου | χωρίς κούραση: 0, με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Volume: κυκλοφοριακός φόρτος | χαμηλός: 0, υψηλός 1 (διακριτή μεταβλητή)

gender: φύλο οδηγού | άντρας: 1, γυναίκα: 2 (διακριτή μεταβλητή)

hrs_aware: ώρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός (συνεχής μεταβλητή)

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου σύμφωνα με τον Πίνακα 5.1, όπου παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου, οι τιμές του t-test για κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μεγαλύτερες του 1,7 (κατά απόλυτη τιμή) και του Sig. μικρότερες από 0,05, οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επιπλέον τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης, παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.1: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου

Coefficients: Avg_Speed				
Model	Estimate	Std. Error	t value	Sig.
(Constant)	55,2010	1,7030	32,414	< 2e-16 ***
fatigue	3,2422	1,4222	2,280	0.024254 *
Volume	-7,4529	1,3120	-5,681	8.38e-08 ***
gender	-4,6072	1,3502	-3,412	0.000859 ***
hrs_awake	0,4904	0,1496	3,277	0,001345 **

a: Dependent Variable Avg_Speed

*Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95%

**Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99%

***Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99.9%

Από τον Πίνακα 5.1 είναι εμφανή σημαντικά αποτελέσματα τα οποία θα επισημανθούν. Η **κόπωση των οδηγών προκαλεί την αύξηση της μέσης ταχύτητας οδήγησης**, διότι πιθανόν ο οδηγός έχει μειωμένη αίσθηση της, χωρίς να αντιλαμβάνεται τον κίνδυνο. Σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο οι ταχύτητες είναι μικρότερες σε σχέση με τον χαμηλό, καθώς η ύπαρξη κυκλοφοριακής συμφόρησης, δηλαδή περισσότερων οχημάτων δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Επιπλέον, οι άντρες οδηγοί αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες από ότι οι γυναίκες, κάτι που συμβαδίζει με τη διεθνή βιβλιογραφία, αφού κατά κανόνα είναι πιο προσεκτικές και οδηγούν λιγότερο επικίνδυνα. Τέλος, αυξημένη παρουσιάζεται η μέση ταχύτητα όσο περισσότερες ώρες είναι ξύπνιος ο εκάστοτε οδηγός, κάτι που συμβαδίζει επίσης με τη διαθέσιμη βιβλιογραφία. Αυτό συμβαίνει διότι φαίνεται ότι η κούραση είναι όλο και πιο έντονη όσο αυξάνονται οι ώρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός και επομένως έχει μειωμένη αίσθηση της ταχύτητας που αναπτύσσει.

5.2.2. Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.2 έχει τιμή 0.3447 η οποία δείχνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Πίνακας 5.2: Ποιότητα Μοντέλου

Στατιστικά Παλινδρόμησης

R	0.587
R Square	0.3447
Adjusted R Square	0.3246
Std. Error of the Estimate	7.621

5.2.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους σε διακριτές και συνεχείς μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Volume και gender) και προέκυψε ο Πίνακας 5.3 που φαίνεται παρακάτω. Δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0.4.

Πίνακας 5.3: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών

Spearman's rho	fatigue		fatigue	Volume	gender
		Correlation Coefficient	1	-0,007462	0,005863
		Sig. (2-tailed)		1	1
		N	140	140	140
	Volume	Correlation Coefficient	-0,007462	1	0,005863
		Sig. (2-tailed)	1		1
		N	140	140	140
		gender	Correlation Coefficient	0,005863	0,005863
	Sig. (2-tailed)		1	1	
	N		140	140	140

5.2.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Στον Πίνακα 5.4 που ακολουθεί παρουσιάζονται χαρακτηριστικά για την κάθε διακριτή μεταβλητή σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως η συχνότητα και τα ποσοστά.

Πίνακας 5.4: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών

Valid	fatigue			Valid	gender		
	Frequency		Percent		Frequency		Percent
	0	70	50%		1	88	62,80%
	1	70	50%		2	52	37,20%
	Total	140			Total	140	
Valid	Volume			Valid	gender		
	Frequency		Percent		Frequency		Percent
	0	70	50%		1	88	62,80%
	1	70	50%		2	52	37,20%
	Total	140			Total	140	

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική.

Πίνακας 5.5: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
hrs_awake	140	1	28	8	4,7592

5.2.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

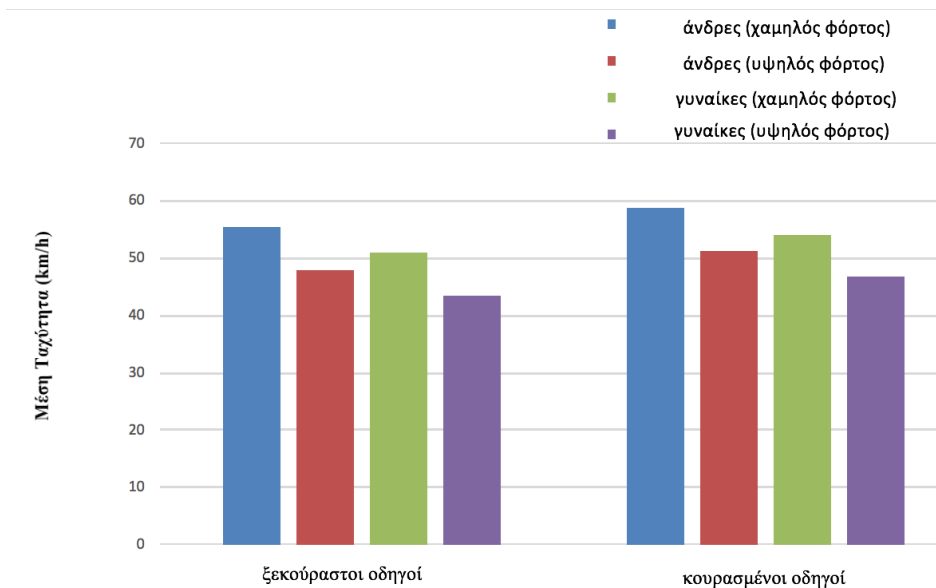
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη μέση ταχύτητα των οδηγών, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.6, τη μεγαλύτερη επιρροή παρατηρείται να την έχει ο κυκλοφοριακός φόρτος. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται 2,3 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή που εκφράζει αν είναι κουρασμένος ο οδηγός ή όχι, η οποία και είναι αυτή με τη μικρότερη επιρροή. Επιπλέον, οι αμέσως επόμενες σε μέγεθος τιμές παρουσιάζονται στις μεταβλητές του φύλου του οδηγού επηρεάζοντας την εξαρτημένη μεταβλητή κατά 1,42 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή της κούρασης.

Πίνακας 5.6: Ελαστικότητα μεταβλητών

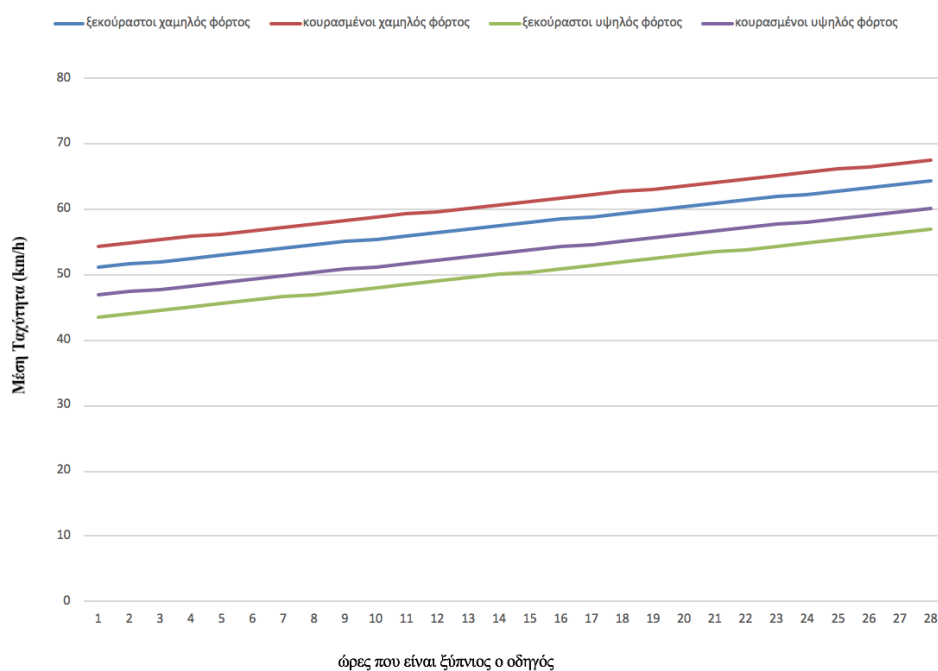
		B	e	e*
Διακριτές Μεταβλητές	(Constant)	55,2010		
0-1	fatigue	3,2422	0,05	1,00
0-1	Volume	-7,4529	-0,12	-2,30
1-2	gender	-4,6072	-0,07	-1,42
Συνεχής Μεταβλητή	hrs_awake	0,490389	0,0001	-

5.2.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζονται τα Διαγράμματα 5.1 και 5.2, τα οποία απεικονίζουν την επιρροή της κούρασης των οδηγών στη μέση ταχύτητα οδήγησης για τους άντρες και τις γυναίκες οδηγούς σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου και την επιρροή των ωρών που είναι ξύπνιοι οι οδηγοί σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.1: Επιρροή της κόπωσης των οδηγών στη μέση ταχύτητα οδήγησης για άντρες/γυναίκες οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο



Διάγραμμα 5.2: Επιρροή των ωρών που είναι ξύπνιοι οι οδηγοί στη μέση ταχύτητα οδήγησης για χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο

Σύμφωνα, λοιπόν, με το Διάγραμμα 5.1, παρατηρείται ότι με την αύξηση της κόπωσης αυξάνεται η μέση ταχύτητα οδήγησης όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγουμένως. Επιπλέον όμως, γίνεται αντιληπτό ότι οι γυναίκες οδηγοί σε οποιεσδήποτε κυκλοφοριακές συνθήκες, οδηγούν με μικρότερες ταχύτητες συγκριτικά με τους άντρες οδηγούς. Ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και για τα δύο φύλα προκαλεί μικρότερες ταχύτητες σε σχέση με τον χαμηλό.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.2, παρατηρείται ότι όσο περισσότερες ώρες είναι ξύπνιος ο οδηγός, τόσο μεγαλύτερες ταχύτητες αναπτύσσει, και για τις συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

5.3. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου μέσου χρόνου αντίδρασης

5.3.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τον μέσο χρόνο αντίδρασης, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκίμων, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Avg_ReactionTime} = 1,78112336 + 0,42938982 * \text{fatigue} - 0,43714834 * \text{Volume} + 0,01400165 * \text{hrs_awake} - 0,07053261 * \text{fatigue_levels_driving}$$

Όπου:

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Avg_ReactionTime: μέσος χρόνος αντίδρασης (s) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

fatigue: κούραση των οδηγών, λόγω έλλειψης ύπνου | χωρίς κούραση: 0, με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Volume: κυκλοφοριακός φόρτος | χαμηλός: 0, υψηλός 1 (διακριτή μεταβλητή)

hrs_aware: ώρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός (συνεχής μεταβλητή)

fatigue_levels_driving: επίπεδα κούρασης με τα οποία οδηγεί γενικά ο συμμετέχοντας (συνεχής μεταβλητή)

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου σύμφωνα με τον Πίνακα 5.7, όπου παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου, οι τιμές του t-test για κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μεγαλύτερες του 1,7 (κατά απόλυτη τιμή) και του Sig. μικρότερες από 0,05, οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επιπλέον τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης, παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.7: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου

Coefficients: Avg_ReactionTime				
Model	Estimate	Std. Error	t value	Sig.
(Constant)	1,78112	0,09157	19,451	< 2e-16 ***
fatigue	0,42939	0,05898	7,280	2.83e-11***
Volume	-0,43715	0,05418	-8,069	4.11e-13 ***
hrs_away	0,01400	0,00637	2,199	0,0296*
fatigue_level	-0,07053	0,02864	-2,462	0,0151*
s_driving				

a: Dependent Variable Avg_Speed

*Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95%

**Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99%

***Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99.9%

Από τον Πίνακα 5.7 είναι εμφανή σημαντικά αποτελέσματα τα οποία θα επισημανθούν. Η **κόπωση** των οδηγών προκαλεί την **αύξηση του μέσου χρόνου αντίδρασης**, διότι πιθανόν ο οδηγός έχει μειωμένα αντανάκλαστικά. Σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο οι χρόνοι αντίδρασης είναι μικρότεροι σε σχέση με τον χαμηλό, καθώς η ύπαρξη κυκλοφοριακής συμφόρησης, δηλαδή περισσότερων οχημάτων δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων και οι οδηγοί είναι σε μεγαλύτερη εγρήγορση. Επιπλέον, αυξημένος παρουσιάζεται ο μέσος χρόνος αντίδρασης όσο περισσότερες ώρες είναι ξύπνιος ο εκάστοτε οδηγός. Αυτό συμβαδίζει επίσης με τη διεθνή βιβλιογραφία και συμβαίνει διότι φαίνεται ότι και η κούραση είναι όλο και πιο έντονη όσο αυξάνονται και οι ώρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός, κάτι που έχει άμεση επίδραση στα αντανάκλαστικά του οδηγού. Τέλος, ο χρόνος αντίδρασης είναι πιο χαμηλός για τους οδηγούς οι οποίοι πραγματοποιούν συχνά δρομολόγια όντας κουρασμένοι, γεγονός που πιθανότατα ισχύει διότι είναι πιο συνηθισμένοι στο να οδηγούν υπό κούραση και επομένως έχουν καλύτερες οδηγικές επιδόσεις.

5.3.2. Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.8 έχει τιμή 0.5414 η οποία δείχνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Πίνακας 5.8: Ποιότητα Μοντέλου

Στατιστικά Παλινδρόμησης	
R	0.7357
R Square	0.5414
Adjusted R Square	0.5273
Std. Error of the Estimate	0.3147

5.3.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους σε διακριτές και συνεχείς μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Volume) και προέκυψε ο Πίνακας 5.9 που φαίνεται παρακάτω. Δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0.4.

Πίνακας 5.9: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών

Spearman's rho	fatigue		fatigue	Volume
		Correlation Coefficient	1	-0,007462
		Sig. (2-tailed)		1
		N	140	140
	Volume	Correlation Coefficient	-0,007462	1
		Sig. (2-tailed)	1	
		N	140	140

Αντιστοίχως, πραγματοποιήθηκε η συσχέτιση των συνεχών μεταβλητών (hrs_awake, fatigue_levels_driving), μέσω της συσχέτισης Pearson, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.10. Η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν παρουσιάζεται υψηλή, καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0.4.

Πίνακας 5.10: Συσχέτιση Συνεχών Μεταβλητών

Pearson's rho	hrs_awake		hrs_awake	fatigue_levels_driving
		Correlation Coefficient	1	0,2353
		Sig. (2-tailed)		1
		N	140	140
	fatigue_levels_driving	Correlation Coefficient	0,2353	1
		Sig. (2-tailed)	1	
		N	140	140

5.3.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Στον Πίνακα 5.11 που ακολουθεί παρουσιάζονται χαρακτηριστικά για την κάθε διακριτή μεταβλητή σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως η συχνότητα και τα ποσοστά.

Πίνακας 5.11: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών

Valid	fatigue		
	Frequency		Percent
	0	70	50%
	1	70	50%
	Total	140	
Valid	Volume		
	Frequency		Percent
	0	70	50%
	1	70	50%
	Total	140	

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική.

Πίνακας 5.12: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
hrs_away	140	1	28	8	4,7592
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
fatigue_levels_driving	140	1	5	3	0,8842

5.2.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

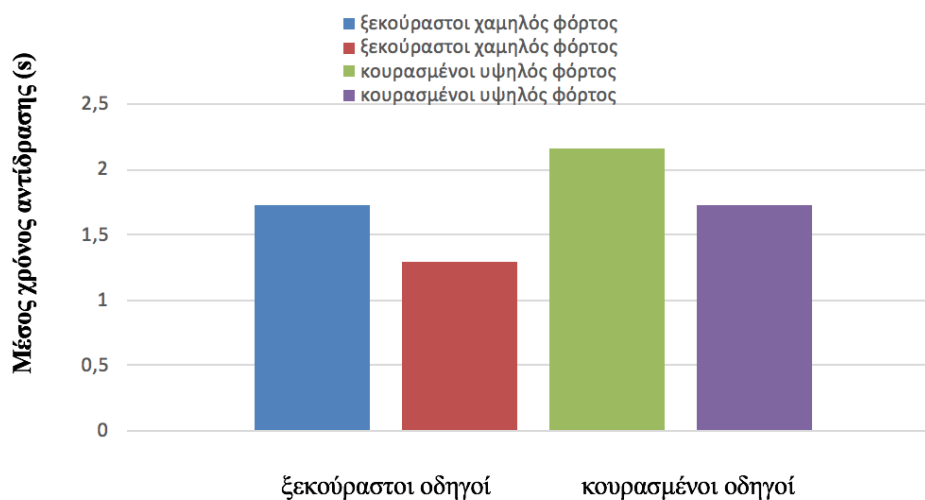
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στον μέσο χρόνο αντίδρασης των οδηγών, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.13, τη μεγαλύτερη επιρροή παρατηρείται να την έχει ο κυκλοφοριακός φόρτος αλλά σε περίπου ίδια επίπεδα με την επιρροή της κούρασης. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται 2% μεγαλύτερη από τη μεταβλητή που εκφράζει την κούραση του οδηγού. Επιπλέον, ως προς τις συνεχείς μεταβλητές, τη μεγαλύτερη επιρροή παρατηρείται να την έχει η μεταβλητή που εκφράζει τα επίπεδα κούρασης με τα οποία οδηγούν γενικά οι συμμετέχοντες στη ζωή τους, κατά 16 φορές περισσότερο από την μεταβλητή που εκφράζει τις ώρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός.

Πίνακας 5.13: Ελαστικότητα μεταβλητών

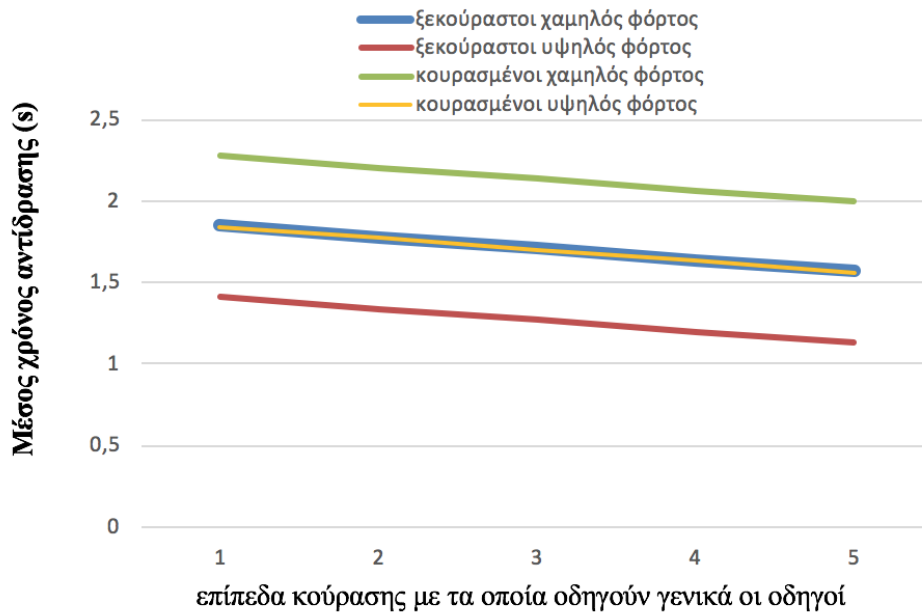
		B	e	e*
	(Constant)	1,7811234		
0-1	fatigue	0,4293898	0,2484	1,00
0-1	Volume	-0,4371483	-0,2529	-1,02
	hrs_awake	0,0140017	0,0001	1,00
	fatigue_level_driving	-0,0705326	-0,0004	16,00

5.3.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζονται τα Διαγράμματα 5.3 και 5.4, τα οποία απεικονίζουν την επιρροή της κούρασης των οδηγών στον μέσο χρόνο αντίδρασης για συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου και την επιρροή των επιπέδων κούρασης με τα οποία οδηγούν γενικά οι οδηγοί σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.3 Επιρροή της κούρασης των οδηγών στον μέσο χρόνο αντίδρασης των οδηγών για χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο



Διάγραμμα 5.4 Επιρροή των επιπέδων κούρασης με τα οποία έχουν συνηθίσει να οδηγούν γενικά οι οδηγοί στον μέσο χρόνο αντίδρασης για χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο

Σύμφωνα, λοιπόν, με το Διάγραμμα 5.3, παρατηρείται ότι με την αύξηση της κούρασης αυξάνεται και ο μέσος χρόνος αντίδρασης των οδηγών όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγουμένως. Επιπλέον, γίνεται αντιληπτό ότι ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος προκαλεί μικρότερους χρόνους αντίδρασης σε σχέση με τον χαμηλό.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.4, παρατηρείται ότι όσο πιο συνηθισμένος είναι στο να οδηγεί κουρασμένος ο οδηγός, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος αντίδρασής του, και για τις συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

5.4. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα

5.4.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο για τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Avg_HWay} = 510,9024 - (69,5658 * \text{fatigue}) - (395,3924 * \text{Volume}) + (94,8012 * \text{gender}) - (83,86754 * \text{fatigue_amd})$$

Όπου:

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Avg_ReactionTime: μέσος χρόνος αντίδρασης (s) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

fatigue: κούραση των οδηγών, λόγω έλλειψης ύπνου | χωρίς κούραση: 0, με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Volume: κυκλοφοριακός φόρτος | χαμηλός: 0, υψηλός 1 (διακριτή μεταβλητή)

gender: φύλο οδηγού | άντρας: 1, γυναίκα: 2 (διακριτή μεταβλητή)

fatigue_amd: ατυχήματα με υλικές ζημιές στα οποία οι οδηγοί οδηγούσαν κουρασμένοι (διακριτή μεταβλητή)

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου σύμφωνα με τον Πίνακα 5.14, όπου παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου, οι τιμές του t-test για κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μεγαλύτερες του 1,7 (κατά απόλυτη τιμή) και του Sig. μικρότερες από 0,05, οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επιπλέον, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης, παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.14: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου				
Coefficients: Avg_Hway				
Model	Estimate	Std. Error	t value	Sig.
(Constant)	510,90000	32,180	15,875	< 2e-16 ***
fatigue	-69,57000	32,820	-2,120	0,03592 *
Volume	-395,39000	32,820	-12,049	< 2e-16 ***
gender	94,80000	32,850	2,800	0,00588 **
fatigue_amd	-83,87000	32,830	-2,408	0,01746 *
a: Dependent Variable Avg_Speed				
*Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95%				
**Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99%				
***Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99.9%				

Από τον Πίνακα 5.14 είναι εμφανή σημαντικά αποτελέσματα τα οποία θα επισημανθούν. Η **κόπωση** των οδηγών **προκαλεί την μείωση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, διότι πιθανόν ο οδηγός έχει μειωμένη αίσθηση της ταχύτητάς του και μειωμένα αντανακλαστικά. Σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα είναι μικρότερη σε σχέση με τον χαμηλό, καθώς η ύπαρξη κυκλοφοριακής συμφόρησης, δηλαδή περισσότερων οχημάτων, εξ' ορισμού δημιουργεί αυτή τη συνθήκη. Επιπλέον, οι άντρες οδηγοί διατηρούν μικρότερες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα από ότι οι γυναίκες, κάτι που συμβαδίζει με τη διεθνή βιβλιογραφία, αφού κατά κανόνα οι γυναίκες είναι πιο προσεκτικές και οδηγούν πιο αργά και λιγότερο επικίνδυνα. Τέλος, μειωμένη παρουσιάζεται η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα για οδηγούς οι οποίοι κατά το παρελθόν είχαν ατυχήματα με υλικές ζημιές όντας κουρασμένοι, κάτι που είναι λογικό, εάν κάνουμε την θεώρηση ότι αυτό συνέβη επειδή οδηγούν κατά βάση πιο επικίνδυνα.

5.4.2. Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.15 έχει τιμή η οποία δείχνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Πίνακας 5.15: Ποιότητα Μοντέλου Στατιστικά Παλινδρόμησης	
R	0.7469
R Square	0.5579
Adjusted R Square	0.5442
Std. Error of the Estimate	190.6

5.4.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους σε διακριτές και συνεχείς μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Volume, gender, fatigue_amd) και προέκυψε ο Πίνακας 5.16 που φαίνεται παρακάτω. Δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0.4.

Πίνακας 5.16: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών

		fatigue	Volume	gender	fatigue_amd
Pearson's rho	fatigue	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	1 -0.007462 140	0.005863 1 140	0.003248 1 140
	Volume	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	-0.007462 1 140	0.005863 1 140	0.003248 1 140
	gender	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	0.005863 1 140	0.005863 1 140	-0.08964 1 140
	fatigue_amd	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	0.003248 1 140	-0.08964 1 140	1 140

5.4.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Στον Πίνακα 5.17 που ακολουθεί παρουσιάζονται χαρακτηριστικά για την κάθε διακριτή μεταβλητή σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως η συχνότητα και τα ποσοστά.

Πίνακας 5.17: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών

Valid	fatigue				gender		
	Frequency		Percent	Valid	Frequency		Percent
	0	70	50%		1	88	62,80%
	1	70	50%		2	52	37,20%
	Total	140			Total	140	
Volume							
	Frequency		Percent				
Valid	0	70	50%				
	1	70	50%				
	Total	140					

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.18 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική.

Πίνακας 5.18: Περιγραφική στατιστική της διακριτής μεταβλητής fatigue_amd

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
fatigue_amd	140	0	2	0	0,4729

5.4.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

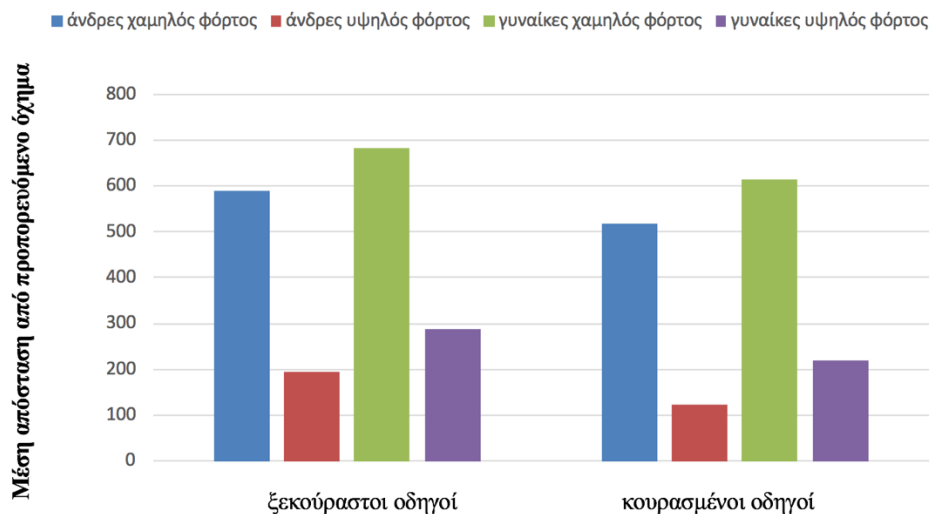
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.19, τη μεγαλύτερη επιρροή παρατηρείται να την έχει ο κυκλοφοριακός φόρτος. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται 5,68 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή που εκφράζει το αν είναι κουρασμένος οδηγός, η οποία και είναι αυτή με τη μικρότερη επιρροή. Επιπλέον, οι αμέσως επόμενες σε μέγεθος τιμές παρουσιάζονται στις μεταβλητές του φύλου και του αν ο οδηγός είχε εμπλακεί σε ατυχήματα στο παρελθόν όντας κουρασμένος, επηρεάζοντας την εξαρτημένη μεταβλητή κατά 1,36 και 1,21 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή που εκφράζει αν ο οδηγός είναι κουρασμένος.

Πίνακας 5.19: Ελαστικότητα μεταβλητών

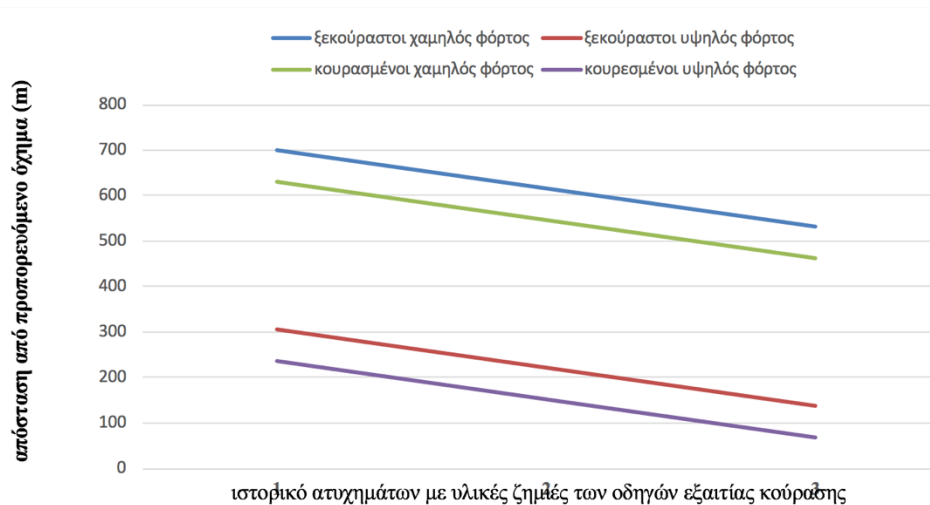
		B	e	e*
	(Constant)	510,9024		
0-1	fatigue	-69,5658	-0,11	1,00
0-1	Volume	-395,3924	-0,65	5,68
1-2	gender	94,8012	0,16	-1,36
0-1-3-4	fatigue_amd	-83,86754	-0,14	1,21

5.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζονται τα Διαγράμματα 5.5 και 5.6, τα οποία απεικονίζουν την επιρροή της κούρασης των οδηγών στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα για τους άντρες και τις γυναίκες οδηγούς σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου και την επιρροή του αριθμού ατυχημάτων με υλικές ζημιές κατά το παρελθόν που είχαν οι οδηγοί όντας κουρασμένοι, σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.5 Επιρροή της κούρασης των οδηγών στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα για άντρες/γυναίκες οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο



Διάγραμμα 5.6 Επιρροή του αριθμού ατυχημάτων με υλικές ζημιές που είχαν οι οδηγοί εξαιτίας κόπωσης στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα για χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο

Σύμφωνα, λοιπόν, με το Διάγραμμα 5.5, παρατηρείται ότι με την αύξηση της κόπωσης μειώνεται η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγουμένως. Επιπλέον όμως, γίνεται αντιληπτό ότι οι γυναίκες οδηγοί σε οποιεσδήποτε κυκλοφοριακές συνθήκες, οδηγούν με μεγαλύτερες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα συγκριτικά με τους άντρες οδηγούς. Ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και για τα δύο φύλα προκαλεί μικρότερες αποστάσεις σε σχέση με τον χαμηλό.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.6, παρατηρείται ότι όσο περισσότερα ατυχήματα με υλικές ζημιές όντας κουρασμένος στο παρελθόν είχε ο οδηγός, τόσο μικρότερη είναι η απόσταση που διατηρεί από το προπορευόμενο όχημα, και για τις συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

5.5 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για την πιθανότητα ατυχήματος

5.5.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Έπειτα από πολλές δοκιμές με τα δεδομένα από τον προσομοιωτή οδήγησης και τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου, προέκυψε ένα διωνυμικό λογιστικό μοντέλο για την πιθανότητα ατυχήματος και δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Accident Probability} = \frac{e^{\text{TotalAccidents}}}{e^{\text{TotalAccidents}} + 1}$$

$$\text{TotalAccidents} = -6,016021 + (4,956599 * \text{fatigue}) + (2,437261 * \text{Volume}) + (1,345188 * \text{gender})$$

Όπου:

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

TotalAccidents: Ύπαρξη ατυχημάτων (διακριτή μεταβλητή)

Όχι: 0, ναι: 1

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

fatigue: κούραση των οδηγών, λόγω έλλειψης ύπνου | χωρίς κούραση: 0, με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Volume: κυκλοφοριακός φόρτος | χαμηλός: 0, υψηλός 1 (διακριτή μεταβλητή)

gender: φύλο οδηγού | άντρας: 1, γυναίκα: 2 (διακριτή μεταβλητή)

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου σύμφωνα με τον Πίνακα 5.20, όπου παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου, οι τιμές του z-test για κάθε μία από τις μεταβλητές είναι μεγαλύτερες του 1,7 (κατά απόλυτη τιμή) και του Sig. μικρότερες από 0,05, οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επιπλέον τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης, παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.20: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου				
Coefficients: Avg_Speed				
Model	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>z)
(Constant)	-6,01600	1,0611	-5,670	1,43e-08 ***
fatigue	4,95660	0,9019	5,496	3,89e-08 ***
Volume	2,43730	0,6239	3,907	9,35e-05 ***
gender	1,34520	0,5975	2,251	0,0244 *
a: Dependent Variable Avg_Speed				
*Επίπεδο Εμπιστοσύνης 95%				
**Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99%				
***Επίπεδο Εμπιστοσύνης 99.9%				

Από τον Πίνακα 5.20 είναι εμφανή σημαντικά αποτελέσματα τα οποία θα επισημανθούν. Η κόπωση των οδηγών προκαλεί την αύξηση της πιθανότητας ατυχήματος, διότι ο οδηγός πιθανότατα έχει μειωμένη απόδοση και απώλεια αίσθησης του κινδύνου. Σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο η πιθανότητα ατυχήματος είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τον χαμηλό, καθώς η ύπαρξη κυκλοφοριακής συμφόρησης, δηλαδή περισσότερων οχημάτων, δημιουργεί μεγαλύτερες πιθανότητες σύγκρουσης. Τέλος, οι γυναίκες οδηγοί έχουν περισσότερες πιθανότητες ατυχήματος υπό την επιρροή κούρασης παρότι γενικά οδηγούν πιο προσεκτικά από τους άντρες, πιθανότατα διότι δεν συνηθίζουν να οδηγούν υπό τέτοιες συνθήκες.

5.5.2. Στατιστική σημαντικότητα και ποιότητα μοντέλου

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.21) παρουσιάζεται η πιθανότητα επιτυχημένης πρόβλεψης του μοντέλου για την πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος. Παρατηρείται σχετικά καλό ποσοστό επιτυχημένης πρόβλεψης του μοντέλου και στις δύο περιπτώσεις μη ύπαρξης ή ύπαρξης ατυχήματος, με ποσοστά 92,1% και 78,3% αντίστοιχα.

Πίνακας 5.21: Ποσοστό πρόβλεψης μοντέλου

Observed	Number of crashes		Percentage Correct
0	82	10	92,1
1	7	36	78,3

5.5.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους σε διακριτές και συνεχείς μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Volume και gender) και προέκυψε ο Πίνακας 5.22 που φαίνεται παρακάτω. Δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0.4.

Πίνακας 5.22: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών

		fatigue	Volume	gender
Spearman's rho	fatigue	Correlation Coefficient	1	-0,007462
		Sig. (2-tailed)	1	0,005863
		N	140	140
	Volume	Correlation Coefficient	-0,007462	1
		Sig. (2-tailed)	1	0,005863
		N	140	140
	gender	Correlation Coefficient	0,005863	1
		Sig. (2-tailed)	1	1
		N	140	140

5.5.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Στον Πίνακα 5.23 που ακολουθεί παρουσιάζονται χαρακτηριστικά για την κάθε διακριτή μεταβλητή σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως η συχνότητα και τα ποσοστά.

Πίνακας 5.23: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών

Valid	fatigue				gender		
	Frequency		Percent	Valid	Frequency		Percent
	0	70	50%		1	88	62,80%
	1	70	50%		2	52	37,20%
	Total	140			Total	140	
Volume							
	Frequency		Percent				
Valid	0	70	50%				
	1	70	50%				
	Total	140					

5.5.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

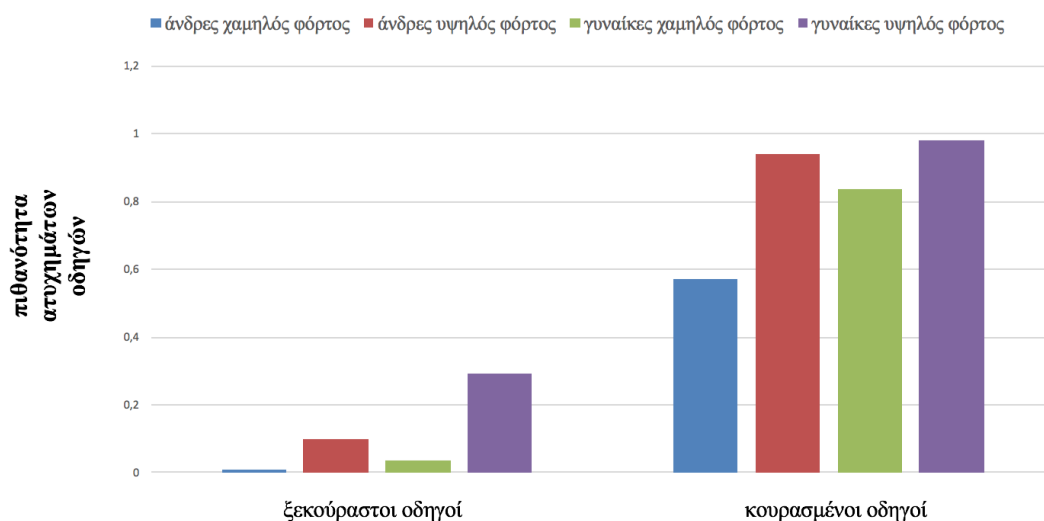
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην μέση ταχύτητα των οδηγών, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.24, η επιρροή της κούρασης, παρατηρείται 2% μεγαλύτερη από την επιρροή της μεταβλητής που εκφράζει τον φόρτο, ενώ η μεταβλητή του φύλου είναι κατά 3% μεγαλύτερη από αυτή του φόρτου.

Πίνακας 5.24: Ελαστικότητα μεταβλητών

		Πιθανότητα ατυχήματος			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	Wald	e	e*
Διακριτές	fatigue	4,957	5,496	0,98	1,02
	Volume	2,437	3,907	0,96	1,00
	gender	1,345	2,251	0,99	1,03

5.5.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας παρουσιάζεται το Διάγραμμα 5.7 το οποίο απεικονίζει την επιρροή της κούρασης των οδηγών στην πιθανότητα ατυχήματος για τους άντρες και τις γυναίκες οδηγούς σε συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



Διάγραμμα 5.7 Επιρροή της κούρασης των οδηγών στην πιθανότητα ατυχήματος για άνδρες/γυναίκες και για χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο

Σύμφωνα, λοιπόν, με το Διάγραμμα 5.7, παρατηρείται ότι με την αύξηση της κούρασης αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγουμένως. Επιπλέον, γίνεται αντιληπτό ότι οι γυναίκες οδηγοί σε οποιοσδήποτε κυκλοφοριακές συνθήκες, έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες ατυχημάτων συγκριτικά με τους άντρες οδηγούς. Ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και για τα δύο φύλα προκαλεί μεγαλύτερες πιθανότητες ατυχημάτων συγκριτικά με τον χαμηλό.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση της επιρροής της κόπωσης λόγω αυπνίας στην οδήγηση**. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιρροή της κούρασης στη μέση ταχύτητα, στον μέσο χρόνο αντίδρασης, στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα καθώς και στην πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων σε υπεραστικό οδικό δίκτυο.

Ειδικότερα, η πειραματική διαδικασία έγινε με τη χρήση **προσομοιωτή οδήγησης** στην οποία συμμετείχαν 35 οδηγοί, νεαρής ηλικίας (18-30 ετών), οι οποίοι συνέβαλαν στη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων μέσω της συμπεριφοράς οδήγησης τους και μέσω συμπλήρωσης ενός ερωτηματολογίου. Οι συμμετέχοντες οδήγησαν σε υπεραστικό δίκτυο για χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο μία φορά ξεκούραστοι και μία φορά κουρασμένοι λόγω αυπνίας.

Τα δεδομένα που εξήγαγε ο προσομοιωτής οδήγησης, επεξεργάστηκαν κατάλληλα μέσω της **στατιστικής ανάλυσης** με τη βοήθεια της **προγραμματιστικής γλώσσας R** και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, για κάθε συμμετέχοντα, οδήγησαν στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συνολικού πίνακα δεδομένων. Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε η γραμμική και η διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, έτσι ώστε να προβλεφθούν οδηγικά χαρακτηριστικά και η πιθανότητα ατυχήματος, αντίστοιχα. Πραγματοποιήθηκε πλήθος δοκιμών επί των μοντέλων πρόβλεψης ώστε αυτά να πληρούν τα κριτήρια ποιότητας και να είναι τελικώς αποδεχτά. Τα μαθηματικά μοντέλα τα οποία προέκυψαν είναι για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, τον μέσο χρόνο αντίδρασης των οδηγών, τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και για την πιθανότητα ατυχήματος.

Στον Πίνακα 6.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται **συνοπτικά τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης**, τα οποία περιλαμβάνουν επίσης τις τιμές ελαστικότητας, ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητή η σχετική επιρροή μεταξύ των μεταβλητών. Μέσω των πινάκων, διαμορφωθούν κατανοητά τα συμπεράσματα που θα ακολουθήσουν.

Πίνακας 6.1: Μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης

	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση Ταχύτητα οδήγησης			Μέσος Χρόνος Αντίδρασης			Μέση Απόσταση από Προπορευόμενο Όχημα			Πιθανότητα Ατυχήματος			Wald
		B	e	e*	B	e	e*	B	e	e*	B	e	e*	
Διακριτές	Κόπωση	3,242211	0,05	1	0,4293898	0,2484	1	-69,5658	-0,11	1	4,957	0,98	1,02	5,946
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-7,4529	-0,12	-2,3	-0,4371483	-0,2529	-1,02	-395,3924	-0,65	5,68	2,437	0,96	1	3,907
	Φύλο Οδηγού	-4,6072	-0,07	-1,42				94,8012	0,16	-1,36	1,345	0,99	1,03	2,251
Συνεχείς	Ωρες που είναι ξύπνιος ο οδηγός	0,490389	0,0001		0,0140017	0,0001	1							
	Επίπεδο Κούρασης με τα οποία οδηγεί γενικά ο οδηγός				-0,0705326	-0,0004	16							
	Ατυχήματα με υλικές ζημιές που είχαν στο παρελθόν οδηγοί όντας κουρασμένοι							-83,86754	-0,14	1,21				
	R²	0,3447			0,5414			0,5579						

6.2 Συνολικά συμπεράσματα

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, γίνεται χρήση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, συνδυαστικά με τα μαθηματικά μοντέλα και τη σχετική επιρροή μεταξύ των μεταβλητών που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1. Τα συμπεράσματα διατυπώνονται παρακάτω:

- Οι **κουρασμένοι** οδηγοί έχουν σημαντικά **μεγαλύτερη πιθανότητα** να εμπλακούν σε κάποιο **οδικό ατύχημα**. Αυτό συμβαίνει πιθανότατα, διότι οι κουρασμένοι οδηγοί όπως φάνηκε αναπτύσσουν **μεγαλύτερες ταχύτητες**, διατηρούν **μικρότερες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα** και ταυτόχρονα έχουν **μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης** καθιστώντας τους έτσι πιο ευάλωτους στην πραγματοποίηση συγκρούσεων.
- Η **υπό κόπωση οδήγηση ωθεί στην ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων**. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει επειδή οι κουρασμένοι οδηγοί δεν έχουν την πλήρη αντίληψη της ταχύτητάς τους, δεν φαίνεται να αναγνωρίζουν ότι έχουν μειωμένη οδηγική απόδοση με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν μεγαλύτερη μέση ταχύτητα, χωρίς να αντιλαμβάνονται τον κίνδυνο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι όσες **περισσότερες ώρες είναι άυπνος** ο οδηγός τόσο μεγαλύτερη παρατηρήθηκε να είναι η μέση ταχύτητα του.
- Όσοι **οδηγούν γενικά στη ζωή τους κουρασμένοι** έχουν **μικρότερους χρόνους αντίδρασης**, κάτι που πιθανότατα συμβαίνει επειδή είναι συνηθισμένοι στο να οδηγούν υπό αυτές τις συνθήκες και άρα βρίσκονται σε μεγαλύτερη εγρήγορση.
- Συμπληρωματικά φαίνεται ότι όσο **περισσότερες ώρες είναι ξύπνιος ο οδηγός** τόσο **αυξάνονται οι χρόνοι αντίδρασής του**, γεγονός που εξηγείται πιθανόν εξαιτίας της αυξανόμενης κούρασης του και της έλλειψης εγρήγορσης.
- Σε **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο** παρατηρείται **μείωση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, καθώς αυτός επηρεάζει **αισθητά περισσότερο** από τους υπόλοιπους παράγοντες. Κάτι τέτοιο οφείλεται στο ότι ο αριθμός οχημάτων αυξάνεται και λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων.
- Ταυτόχρονα ο παράγοντας του **ιστορικού των ατυχημάτων με υλικές ζημιές** που έχουν οι οδηγοί **όντας κουρασμένοι** οδηγεί και αυτός σε **μείωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, πιθανότατα διότι οι οδηγοί με περισσότερα ατυχήματα δεν είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί και δεν οδηγούν αμυντικά.
- Ως προς τον παράγοντα του φύλου, **οι γυναίκες διατηρούν μεγαλύτερες αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα** συγκριτικά με τους άντρες, αφού κατά κανόνα οδηγούν πιο προσεκτικά και με μεγαλύτερη αίσθηση του κινδύνου. επίσης, οι γυναίκες εμφανίζουν **αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος**, πιθανότατα επειδή είναι λιγότερο εξοικειωμένες με την οδήγηση υπό κούραση, αφού κατά βάση δεν επιλέγουν να οδηγούν επικίνδυνα.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Από τα συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η ύπαρξη οδικής ασφάλειας καθίσταται απαραίτητη, για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων από τους οδηγούς με επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά. Από την παρούσα διπλωματική εργασία έγινε κατανοητό ότι η οδήγηση υπό την επιρροή της κούρασης λόγω αυπνίας έχει αρνητική επίδραση στην οδική ασφάλεια. Επομένως, αυτό καθιστά αναγκαία τη **διατύπωση προτάσεων και θέσπιση περαιτέρω μέτρων για τη βελτίωσή της.**

Σε γενικά πλαίσια, απαιτείται η **αυστηρότερη τήρηση των υφισταμένων μέτρων.** Η τακτική αστυνόμευση για τον έλεγχο της οδικής συμπεριφοράς, όπως και η επιβολή αυστηρότερων προστίμων σε περιπτώσεις παράβασης του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, οι οποίες πιθανότατα οφείλονται και στην κούραση, θα αποτρέπει τους οδηγούς από το να οδηγούν υπό αυτή την κατάσταση. Επιπρόσθετα, σε αυτόν το σκοπό θα βοηθούσε και η εκτεταμένη χρήση καμερών για τον εντοπισμό οδηγών που πραγματοποιούν παραβάσεις, μέρος των οποίων ίσως σχετίζεται με την αυπνία.

Η συνεχής **αναβάθμιση του συστήματος εκπαίδευσης** υποψήφιων οδηγών με έμφαση στην ορθή οδηγική συμπεριφορά, θα συμβάλει ενδεχομένως στον περιορισμό παραγόντων όπως η κόπωση, που επιφέρουν μείωση της οδικής ασφάλειας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με τη συνεχή ενημέρωση μαθητών και φοιτητών σχετικά με την οδική ασφάλεια, μέσω οργάνωσης εκδηλώσεων και παρουσιάσεων σε σχολεία και πανεπιστήμια.

Ειδικότερα, για τη **μείωση της υπό κόπωση οδήγησης** θα ήταν χρήσιμο να οργανωθούν διαφημιστικές εκστρατείες ενημέρωσης, οι οποίες θα συμβάλλουν στην αποτροπή αυτού του φαινομένου, τονίζοντας την αρνητική επιρροή της στην οδική ασφάλεια. Για την πραγματοποίηση τέτοιων εκστρατειών ενημέρωσης, προτείνεται η διενέργεια ερευνών, όπως και η παρούσα διπλωματική εργασία.

Μία ακόμη πρόταση αφορά στον **εξοπλισμό των οχημάτων με έξυπνα συστήματα** τα οποία θα ανιχνεύουν τα αντανακλαστικά του οδηγού, εξετάζοντας παράλληλα και παράγοντες όπως την απόσταση από τα προπορευόμενα οχήματα ή την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας και τους επικίνδυνους ελιγμούς, ειδοποιώντας τον οδηγό όταν διαπράττει τέτοιες ενέργειες.

Τέλος, προτείνεται δημιουργία μιας **εφαρμογής αξιολόγησης οδηγών**, η οποία θα αναγνωρίζει την επικίνδυνη οδήγηση, που μπορεί να οφείλεται και στην κόπωση και έτσι θα αναπτυχθεί μια ενδεικτική βαθμολογία για τον κάθε οδηγό λαμβάνοντας υπόψιν και το ιστορικό ατυχημάτων, ώστε να υπάρχουν αυξημένα πρόστιμα σε οδηγούς που φαίνεται να οδηγούν κατ' επανάληψη επικίνδυνα ή ακόμη και προσωρινή αφαίρεση του διπλώματός τους.

6.4 Περαιτέρω έρευνα

Βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έγιναν κατανοητές ελλείψεις και απουσίες αντικειμένων στην εξέταση της επιρροής της κούρασης λόγω αυπνίας στην οδήγηση, οι οποίες είναι απαραίτητο να διερευνηθούν. Για τη διερεύνηση αυτή, φαίνεται χρήσιμο το να παρουσιαστούν συγκεκριμένες προτάσεις για την πραγματοποίηση συναφών ερευνών, οι οποίες θα ολοκληρώσουν την μελέτη αυτού του αντικειμένου.

- Εξέταση μεγαλύτερου δείγματος συμμετεχόντων από αυτό της παρούσας εργασίας για τη διεξαγωγή του πειράματος, διότι πιθανότατα να καθιστούσαν ισχυρότερη την επιρροή των μεταβλητών στα μαθηματικά μοντέλα. Ως προς αυτό το δείγμα, ακόμη, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να ήταν όσο το δυνατόν μοιρασμένοι οι οδηγοί μεταξύ των 2 φύλων.
- Προσθήκη περισσότερων ηλικιακών ομάδων, από αυτές της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να αφορούν ακόμη μεγαλύτερο πλήθος οδηγών, αντίστοιχο των ηλικιών.
- Επιλογή επιπλέον στατιστικών μεθόδων ανάλυσης, από αυτές οι οποίες χρησιμοποιηθήκαν τόσο στην παρούσα εργασία, όσο και στη βιβλιογραφία, για την εξέταση της ανάπτυξης και άλλων μοντέλων, τα οποία πιθανότατα θα επιφέρουν επιπλέον αποτελέσματα ως προς άλλες συνισταμένες οδήγησης.
- Εξέταση επιπλέον τύπων οδού εκτός από το υπεραστικό περιβάλλον, το οποίο εξετάστηκε, για τη σύγκριση των πιθανών διαφορετικών αποτελεσμάτων που θα προκύψουν σε αστικά περιβάλλοντα και αυτοκινητόδρομους.
- Εξέταση επιπλέον σεναρίων οδήγησης που αφορούν τις ώρες της ημέρας οδήγησης (διαφοροποίηση ημέρας και νύχτας) και τις καιρικές συνθήκες, όπως βροχή, ομίχλη και χιόνι για την εξέταση και άλλων παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά με την ταυτόχρονη επίδραση της κούρασης των οδηγών.
- Διερεύνηση της επίδρασης άλλων φαινομένων που προκαλούν κόπωση, πλην της αυπνίας που εξετάστηκε, όπως για παράδειγμα σωματική κούραση μετά από πολύωρη χειρωνακτική εργασία, για την επίτευξη μίας συνολικής σύγκρισης της επιρροής της κούρασης.
- Διερεύνηση της επίδρασης άλλων φαινομένων που φαίνεται να επηρεάζουν αρνητικά την οδηγική συμπεριφορά (π.χ. κατανάλωση αλκοόλ ή χρήση κινητού τηλεφώνου) σε συνδυασμό με την κόπωση που εξετάστηκε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Alistair W MacLean, David R.T Davies, Kris Thiele, “The hazards and prevention of driving while sleepy”, *Sleep Medicine Reviews*, 2003
- [2] Masa JF, Rubio M και Findley LJ. Habitually, “Habitually sleepy drivers have a high frequency of automobile crashes associated with respiratory disorders during sleep”, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2000
- [3] Robert D. Peters, Esther Wagner, Elizabeth Alicandri, Jean E. Fox, Maria L. Thomas, David R. Thorne, Helen C. Sing, and Sharon M. Balwinski, “Effects of Partial and Total Sleep Deprivation on Driving Performance”, 1999
- [4] Sarah Otmani, Thierry Pebayle, Joceline Roge and Alain Muzet, “Effect of driving duration and partial sleep deprivation on subsequent alertness and performance of car drivers”, *Physiology & Behavior*, 2005
- [5] George D. Park, J. Catesby Ware, Jennifer F. May, Theodore J. Rosenthal, Matthew R. Guibert and R. Wade Allen, “The Effects of Sleep Deprivation on Simulator Driving as Compared with Other Psychomotor Tests”, *Conference: 4th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design*At: Stevenson, Washington, 2007
- [6] Riccardo Rossia, Massimiliano Gastaldia and Gregorio Gecchelea, “Analysis of driver task-related fatigue using driving simulator experiments”, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2011
- [7] Ping-Huang Ting, Jiun-Ren Hwang, Ji-Liang Doong, Ming-Chang Jeng, “Driver fatigue and highway driving: A simulator study”, *Physiology & Behavior*, 2008
- [8] Andrew Vakulin, Ph.D., PeterG. Catcheside, Ph.D., Stuart D. Baulk, Ph.D., Nick A. Antic, M.B.B.S., Ph.D., Siobhan Banks, Ph.D., Jillian Dorrian, Ph.D., R. Doug McEvoy, M.D., “Driving Simulator Performance Remains Impaired In Patients With Severe OSA after CPAP Treatment, *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2014
- [9] Raymond W. Matthews, Sally A. Ferguson, Xuan Zhou, Anastasis Kosmadopoulos, David J. Kennaway, Gregory D. Roach, “Sleep, wake and phase dependent changes in neurobehavioral function under forced desynchrony”, *PubMed*, 2011
- [10] Johanna Wörle, Barbara Metz, Michael Steinborn, Lynn Huestegge, Martin Bauman n, “Sleep in automated driving – The experience of sleep inertia after take over”, 7th *International Conference on Driver Distraction and Inattention*, 2021
- [11] Ali Muneer, Ahmed S. Abduljabbar and Ali Majeed Al-Dahwi, “Assessing the Effect of Lack of Sleep on Driver's Performance: A Simulator Study”, *Engineering and Technology Journal*, 2021

- [12] Philip, J Taillard, E Klein, P Sagaspe, A Charles, W.L Davies, C Guilleminault, B Bioulac, “Effect of fatigue on performance measured by a driving simulator in automobile drivers.”, Journal of Psychosomatic Research, 2003
- [13] WHO (World Health Organization) “Road traffic injuries”, 2023, <https://www.who.int>
- [14] ΕΛΣΤΑΤ, Οδικά τροχαία ατυχήματα, 2019, <http://www.statistics.gr/>
- [15] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΣΤΥΝΟΜΙΑ, Στατιστικά στοιχεία τροχαίας, <https://www.astynomia.gr/>
- [16] Κοκκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι., “Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική με Εφαρμογές”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 2010
- [17] Πετρίδης Δ., “Ανάλυση Πολυμεταβλητών Τεχνικών, Εφαρμογές Περιπτώσεων”, Εκδόσεις Κάλλιπος, 2015
- [18] Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, “Κυκλοφοριακή Τεχνική” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009
- [19] Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, “Οδική Ασφάλεια” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994
- [20] Φραντζεσκάκης, Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Τσαμπούλας, “Διαχείριση Κυκλοφορίας” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1999
- [21] Κανελλαΐδης Γ., Γιαννής Γ., Βαρδάκη Σ., Λαϊού Α., “Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδίου για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα, 2011-2020”, Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδοποιίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, 2012

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Έντυπο 1: Ερωτηματολόγιο πειράματος

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 5 - 15773 ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΤΗΛ.: 210 772 1285, 210 772 1331 - email: transport@mail.ntua.gr



www.transport.ntua.gr

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
DEPT. OF TRANSPORTATION PLANNING AND ENGINEERING
HEROON POLYTECHNIQU 5 - GR-15773 ZOGRAFOU - ATHENS
Phone: +30 210 772 1285, +30 210 772 1331 - email: transport@mail.ntua.gr

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

A/A Συμμετέχοντα:

Ημερομηνία:

A ΜΕΡΟΣ:

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις στην 1^η φάση του πειράματος

A1. Οδική εμπειρία συμμετέχοντα:

1) Πόσα χρόνια έχετε δίπλωμα οδήγησης; _____ χρόνια

2) Πόσα χρόνια οδηγείτε; _____ χρόνια

3) Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε **εντός πόλης** ;

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7

☐ Λιγότερες: _____ ημέρες κατά τη διάρκεια ενός έτους.

4) Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε **σε επαρχιακή οδό** ;

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7

☐ Λιγότερες: _____ ημέρες κατά τη διάρκεια ενός έτους.

5) Πόσες ημέρες την εβδομάδα οδηγείτε **σε αυτοκινητόδρομο** ;

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7

☐ Λιγότερες: _____ ημέρες κατά τη διάρκεια ενός έτους.

6) Πόσα χιλιόμετρα την εβδομάδα διανύετε **εντός πόλης**;

☐ <20 ☐ 20-50 ☐ 50-100 ☐ 100-150 ☐ >150

7) Πόσα χιλιόμετρα διανύετε την εβδομάδα **σε επαρχιακή οδό** ;

☐ <20 ☐ 20-50 ☐ 50-100 ☐ 100-150 ☐ >150

8) Πόσα χιλιόμετρα διανύετε την εβδομάδα **σε αυτοκινητόδρομο** ;

☐ <20 ☐ 20-50 ☐ 50-100 ☐ 100-150 ☐ >150

9) Πόσες διαδρομές κάνετε κάθε μέρα **εντός πόλης** ;

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ >5

10) Πόσες διαδρομές κάνετε κάθε μέρα **σε επαρχιακή οδό** ;

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ >5

11) Πόσες διαδρομές κάνετε κάθε μέρα **σε αυτοκινητόδρομο**;

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ >5

A2.Οδική συμπεριφορά συμμετέχουσας/συμμετέχοντα:

1) Πόσο σας αρέσει η οδήγηση;

☐ καθόλου ☐ λίγο ☐ αρκετά ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

2) Πόσο συχνά οδηγείτε **εντός πόλης** όντας κουρασμένη/κουρασμένος;

☐ καθόλου ☐ σπάνια ☐ μερικές φορές ☐ συχνά ☐ συνέχεια

3) Πόσο συχνά οδηγείτε **σε επαρχιακή οδό** όντας κουρασμένη/κουρασμένος;

☐ καθόλου ☐ σπάνια ☐ μερικές φορές ☐ συχνά ☐ συνέχεια

4) Πόσο συχνά οδηγείτε **σε αυτοκινητόδρομο** όντας κουρασμένη/κουρασμένος;

☐ καθόλου ☐ σπάνια ☐ μερικές φορές ☐ συχνά ☐ συνέχεια

5) Με ποιους τρόπους αλλάζετε τη συμπεριφορά σας, όταν είστε κουρασμένη/κουρασμένος ενώ οδηγείτε (δυνατότητα πάνω από μίας επιλογής);

- ☐ Ακινητοποιώ το όχημα/επιλέγω να ξεκουραστώ προσωρινά.
- ☐ Μειώνω ταχύτητα.
- ☐ Αυξάνω ταχύτητα.
- ☐ Οδηγώ στην άκρη της οδού.
- ☐ Χρησιμοποιώ το κινητό τηλέφωνο ή συνομιλώ με συνεπιβάτες.
- ☐ Καταναλώνω κάποιο ρόφημα που περιέχει καφεΐνη.
- ☐ Ανοίγω το παράθυρο.
- ☐ Δεν αλλάζω συμπεριφορά.

6) Πόσο επικίνδυνη θεωρείτε την επιρροή της κούρασης κατά τη διάρκεια της οδήγησης;

- ☐ καθόλου ☐ λίγο ☐ αρκετά ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

7) Με ποια από τα παρακάτω επίπεδα κούρασης οδηγείτε; (δυνατότητα πάνω από μίας επιλογής)

- ☐ καθόλου ☐ χαμηλό ☐ μέτριο ☐ υψηλό ☐ πολύ υψηλό

8) Ποια συμπτώματα παρουσιάζετε εξαιτίας της κούρασης στην οδήγηση; (δυνατότητα πάνω από μίας επιλογής)

- ☐ Κλείνουν τελείως τα μάτια, με κίνδυνο να αποκοιμηθώ.
- ☐ Έλλειψη συγκέντρωσης.
- ☐ Χασμουρητό.
- ☐ Ανοιγοκλείνω τα μάτια.
- ☐ Κανένα σύμπτωμα.

Άλλο _____

A3. Ιστορικό οδικών συμβάντων συμμετέχοντα:

1) Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

Με υλικές ζημιές μόνο: ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

Με παθόντες: ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

2) Σε πόσα από τα ατυχήματα που έχετε εμπλακεί, οδηγούσατε κουρασμένη/κουρασμένος ανεξάρτητα αν η επιρροή της κούρασης ήταν η αιτία του ατυχήματος;

Με υλικές ζημιές μόνο: ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

Με παθόντες: ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

A4. Γενικά στοιχεία συμμετέχοντα:

1) Ηλικία: _____ ετών

2) Φύλο: ☐ Άντρας ☐ Γυναίκα ☐ Άλλο

3) Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;

☐ Ανύπαντρος/η

☐ Παντρεμένος/η

☐ Διαζευγμένος/η

☐ Χήρος/α

4) Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό σας εισόδημα;

☐ <10.000 ευρώ

☐ 10.000-25.000 ευρώ

☐ >25.000 ευρώ

5) Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;

☐ Πρωτοβάθμια

☐ Δευτεροβάθμια

☐ ΑΕΙ

☐ Μεταπτυχιακό

☐ Διδακτορικό

Άλλο _____

B ΜΕΡΟΣ:

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις στη 2^η φάση του πειράματος

B1. Ιστορικό κούρασης

- 1) Πόσες ώρες κοιμηθήκατε την προηγούμενη μέρα; _____ ώρες
- 2) Πόσες ώρες έχετε να κοιμηθείτε; _____ ώρες
- 3) Πόσες κατά μέσο όρο ώρες κοιμηθήκατε την μέρα, την προηγούμενη εβδομάδα; _____ ώρες

4) Κάνατε κάποια χειρωνακτική δουλειά ή γυμναστική κατά τη διάρκεια της σημερινής ημέρας;

☐ Ναι ☐ Όχι

Αν ναι, πόσο έντονη;

☐ καθόλου ☐ λίγο ☐ αρκετά ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

5) Πόσο κουρασμένος/κουρασμένη νιώθετε την παρούσα στιγμή;

☐ καθόλου ☐ λίγο ☐ αρκετά ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

