



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΟΥΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ



Ιωάννης Πασχαλίδης

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

Αθήνα, Μάρτιος 2024

Αφιερωμένη στον πατέρα μου, Βύρων και τη μητέρα μου, Ζαφείρω.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, την υποστήριξη και την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της, καθώς και την εξαιρετική συνεργασία μας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Μαρία Οικονόμου και τον Μάριο Σεκαδάκη, υποψήφιους Διδάκτορες Ε.Μ.Π., για τις συμβουλές και τις υποδείξεις τους πάνω σε σημαντικά θέματα της Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς στους οποίους οφείλω τόσο πολλά, την αδερφή μου Έλλη και την οικογένεια της, τη Ζωή, τον Γιώργο, με τον όποιον αναλάβαμε από κοινού την οργάνωση της προσομοίωσης και όλους τους φίλους μου για τη στήριξη που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ιωάννης Β. Πασχαλίδης,
Αθήνα 2024

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΚΟΥΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟ ΚΑΙ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ
Ιωάννης Πασχαλίδης
Επιβλέπων | Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της κούρασης στην οδήγηση σε αστικό περιβάλλον και αυτοκινητόδρομο, υπό συνθήκες υψηλού και χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε προσομοιωτή οδήγησης μέσω της οποίας συλλέχθηκαν στοιχεία οδήγησης 35 οδηγών. 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 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 στη διαμήκη επιτάχυνση. 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 τα προπορευόμενα οχήματα και μειώνει την επιτάχυνση. Τέλος, οι ηπιότερες ενδείξεις κούρασης κατά την οδήγηση φαίνεται να συνδέονται με μικρότερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, σε σύγκριση με τις πιο έντονες, ενώ ταυτόχρονα προκαλούν αύξηση της επιτάχυνσης.

Λέξεις κλειδιά: επήρεια κούρασης, προσομοιωτής οδήγησης, αστική οδός, αυτοκινητόδρομος, χρόνος αντίδρασης, απόσταση από το προπορευόμενο όχημα

CORRELATION BETWEEN FATIGUE AND DRIVER BEHAVIOR IN URBAN AND HIGHWAY ENVIRONMENTS USING SIMULATOR

Ioannis Paschalidis

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

Abstract

The scope of this Diploma Thesis is to investigate the effect of fatigue on driving behavior in urban and highway environments, under both high and low traffic conditions. To achieve this goal, an experimental procedure was conducted using a driving simulator, which collected driving data from 35 participants. In addition, a questionnaire survey was used to determine the participants' personal characteristics. The participants drove each scenario twice, once while rested and once while fatigued after having had minimal or no sleep. The results were analyzed using statistical analysis, specifically by creating statistical models using linear regression. The mathematical models focus on the average speed developed by the drivers, their average reaction time, the distance they maintained from the lead vehicle, and their longitudinal acceleration. The main conclusions are that driving while fatigued increases drivers' average speed and reaction time, decreases their distance from lead vehicles, and decreases their acceleration. Finally, milder symptoms of fatigue while driving are linked to shorter distances from the leading vehicle, compared to more severe symptoms, while also inducing an increase in acceleration.

Keywords: fatigue, driving simulator, urban road, highway, reaction time, headway distance

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη συσχέτιση της κούρασης από έλλειψη ύπνου με την οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων σε **αστική οδό και αυτοκινητόδρομο**, αξιοποιώντας δεδομένα από **πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης**. Σκοπός της είναι η μελέτη της επιρροής της κούρασης σε οδηγικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η μέση ταχύτητα οδήγησης, ο μέσος χρόνος αντίδρασης, η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και η μέση διαμήκης επιτάχυνση.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε με τη **συμμετοχή 35 νεαρών οδηγών** (18-30 ετών) σε προσομοιωμένα σενάρια οδήγησης, τόσο σε αστικό περιβάλλον όσο και σε αυτοκινητόδρομο. Αρχικά, από το πείραμα οδήγησης καταγράφηκαν δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά οδήγησής τους, ενώ παράλληλα συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια, κλήθηκαν να οδηγήσουν ξανά τα ίδια σενάρια, χωρίς να έχουν κοιμηθεί το προηγούμενο βράδυ.

Τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης, σε συνδυασμό με τις απαντήσεις από το ερωτηματολόγιο, υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου πίνακα δεδομένων για κάθε συμμετέχοντα. Ακολούθησε η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων με την εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης, με σκοπό την πρόβλεψη της **ταχύτητας, του χρόνου αντίδρασης, της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα και της επιτάχυνσης**. Πραγματοποιήθηκε πλήθος δοκιμών για την ανάπτυξη αξιόπιστων μοντέλων πρόβλεψης. Τα μοντέλα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 6.1, όπου περιλαμβάνονται και οι τιμές ελαστικότητας, οι οποίες αποτυπώνουν την επιρροή των μεταβλητών στα υπό διερεύνηση οδηγικά χαρακτηριστικά. Η ανάλυση των τιμών αυτών οδήγησε στα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

Πίνακας 1: Γραμμικά Μοντέλα Πρόβλεψης Οδηγικών Χαρακτηριστικών

		Μέση Ταχύτητα				Μέσος Χρόνος Αντίδρασης				Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα				Μέση Διαμήκης Επιτάχυνση			
		B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*
Διακριτές	Ανεξάρτητες Μεταβλητές																
	Σενάριο Κούρασης	7,074	2,456	0,208	2,443	0,226	2,237	0,168	1,951	0,226	2,237	0,168	1,951	-0,102	-3,633	-0,338	1,000
	Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου	49,526	17,103	1,456	17,104	0,361	2,960	0,268	3,110	0,361	2,960	0,268	3,110	0,233	8,158	0,769	-2,274
	Διαδρομές ανά Μέρα	2,896	2,582	0,085	1,000	0,116	3,040	0,086	1,000								
	Φύλο					0,406	3,801	0,302	3,500								
	Ένταση γυμναστικής ή χειρωνακτικής εργασίας					0,136	2,077	0,101	1,172								
Συνεχείς	Υψηλός και Χαμηλός Φόρτος									-127,456	-18,657	-1,000	6,442				
	Ώρες Ξύπνιος	0,763	3,562	0,000	2,111												
	Αλλαγή Συμπεριφοράς λόγω κούρασης	3,107	4,119	0,001	1,000												
	Ηλικία Οδηγού									2,395	2,222	0,000	8,449				
	Συμπτώματα Κούρασης στην Οδήγηση									-7,756	-2,409	-0,001	1,000	0,047	2,757	0,002	1,000
	Χρόνια Οδήγησης													-0,019	-3,292	-0,001	1,494
R ²		0,693				0,519				0,705				0,370			

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση, διατυπώνονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- **Η κούραση δυσχεράνει την συμπεριφορά του οδηγού και τον καθιστά πιο ευάλωτο στην πρόκληση ατυχήματος.** Αυτό πιθανόν εξηγείται από το γεγονός ότι η κούραση επηρεάζει αρνητικά τη νοητική λειτουργία, μειώνοντας την ικανότητα συγκέντρωσης, κρίσης, λήψης αποφάσεων και αυξάνοντας τον χρόνο αντίδρασης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λάθη στην οδήγηση, όπως λανθασμένες εκτιμήσεις της ταχύτητας και των αποστάσεων. Επιπλέον, η κούραση ίσως μπορεί να μειώσει την ψυχραιμία κατά την οδήγηση, καθιστώντας τους οδηγούς πιο επιρρεπείς σε επιθετικές συμπεριφορές, όπως η υπερβολική ταχύτητα και η μείωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.
- **Η εκτέλεση πολλών οδικών διαδρομών στη διάρκεια μιας μέρας μπορεί να προκαλέσει κούραση, μειώνοντας την εγρήγορσή και αυξάνοντας τον χρόνο αντίδρασης και την ταχύτητα οδήγησης.** Ειδικά σε αστικά περιβάλλοντα η ύπαρξη υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου πιθανόν να προκαλέσει στρες και να διαταράξει την ψυχραιμία του οδηγού. Παράλληλα, η υπερβολική εξοικείωση με το οδηγικό περιβάλλον ίσως δημιουργεί μια εντύπωση αυτοπεποίθησης που θα μπορούσε να καθιστά τον οδηγό επικίνδυνο και επιθετικό.
- **Η γυμναστική ή η χειρωνακτική εργασία αποτελούν και αυτές παράγοντες αύξησης της κούρασης** σε συμφωνία με τα υπόλοιπα ευρήματα επιρροής της κούρασης αφού και αυτό συντελεί στην **αύξηση του χρόνου αντίδρασης** αφού ίσως επέρχεται χαλάρωση των αναγκαίων αντανakλαστικών. Η έντονη άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση των μυών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που χρησιμοποιούνται για την οδήγηση. Αυτό είναι πιθανό να επηρεάσει την ικανότητά ελέγχου του οχήματος, τον έλεγχο του φρένου και του γκαζιού, και των ελιγμών.
- **Οι γυναίκες οδηγοί παρουσιάζουν υψηλότερους χρόνους αντίδρασης συγκριτικά με τους άντρες.** Στατιστικά, οι άνδρες οδηγούν περισσότερα χιλιόμετρα από τις γυναίκες, άρα ίσως έχουν μεγαλύτερη εμπειρία και εξοικείωση στο δρόμο. Καθώς επίσης οι γυναίκες τυπικά έχουν μικρότερο σωματότυπο, άρα πιθανόν να χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να χειριστούν το όχημα.
- **Σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο παρατηρείται σημαντική μείωση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα,** καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος επηρεάζει περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι ο αριθμός των οχημάτων αυξάνεται και λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων και οι οδηγοί διατηρούν ίδιες ταχύτητες.
- **Οι ώρες που ένας οδηγός παραμένει ξύπνιος συντελούν και αυτές στην αύξηση της κούρασης.** Έτσι και αυτό το εύρημα έρχεται σε συμφωνία με τα ευρύτερα αποτελέσματα για την αύξηση της επιθετικότητας με την αύξηση της κούρασης. Πιθανόν διότι **όσο περισσότερες ώρες ένας οδηγός παραμένει άυπνος** τόσο περισσότερο μειώνεται η ψυχραιμία του, καθιστώντας τον πιο επιρρεπή σε επιθετικές συμπεριφορές, όπως είναι η **υπερβολική ταχύτητα**.

- **Όσο πιο ήπια είναι τα μέτρα που λαμβάνει ο οδηγός για την αντιμετώπιση της κούρασης τόσο πιο πολύ αυξάνεται η ταχύτητα του.** Σύμφωνα με τις διαπιστώσεις που έχουν ήδη γίνει η κούραση μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες ταχύτητες. Έτσι, όταν ο οδηγός λάβει μέτρα για την ελαχιστοποίηση της κούρασης όπως η ακινητοποίηση του οχήματος ή η κατανάλωση κάποιου ενεργειακού ποτού ή καφεΐνης, γίνεται προσπάθεια ουσιαστικά προς την αντιμετώπιση της επιρροής της κούρασης και της ανάρμοστης οδηγικής συμπεριφοράς που αυτή προκαλεί.
- **Ηπιότερα συμπτώματα κούρασης κατά την οδήγηση φαίνεται να οδηγούν σε μείωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, ενώ η επιτάχυνση αυξάνεται.** Το παραπάνω εύρημα έχει μια λογική ερμηνεία αφού η έλλειψη επίγνωσης της κούρασης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα ατυχήματα και πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά. Τα συμπτώματα όπως το χασμουρητό ή το ανοιγόκλειμα των ματιών θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένδειξη στον οδηγό για τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κούρασης.
- **Οι μεγαλύτεροι ηλικιακά οδηγοί και οι οδηγοί που έχουν περισσότερα χρόνια εμπειρίας στην οδήγηση** συνήθως έχουν πιο αργά αντανάκλαστικά αλλά παράλληλα πιθανόν να έχουν και μεγαλύτερη αίσθηση του κινδύνου και των ευθυνών σε σχέση με τους νεαρότερους οδηγούς. Γενικά οι μεγαλύτεροι συμμετέχοντες ίσως οδηγούν πιο συντηρητικά και εναρμονίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό με τους κανόνες ασφαλείας και οδήγησης. Έτσι **διατηρούν χαμηλότερες ταχύτητες και μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα** ίσως για να νιώθουν πιο ασφαλείς.

1. Εισαγωγή	12
1.1. Γενική Ανασκόπηση.....	12
1.2. Στόχος	14
1.3. Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας	15
1.4. Δομή	15
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	17
2.1. Γενικά	17
2.2. Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες	17
2.3. Σύνοψη	19
3. Θεωρητικό Υπόβαθρο....	21
3.1. Εισαγωγή	21
3.2. Μαθηματικά Πρότυπα	21
3.3. Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου	21
3.4. Εξήγηση Αποτελεσμάτων	23
3.5. Λειτουργία Λογισμικού Στατιστικής Ανάλυσης	23
4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων.....	25
4.1. Εισαγωγή	25
4.2. Πείραμα στον Προσομοιωτή Οδήγησης	25
4.3. Επεξεργασία Στοιχείων.....	29
4.4. Βάση Δεδομένων	32
4.5. Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος	33
5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας και Αποτελέσματα.....	36
5.1 Γενικά.....	36
5.2 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσης Ταχύτητα Οδήγησης.....	36
5.3 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης.....	41
5.4 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου για τη Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα.....	46
5.5 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης.....	51
6. Συμπεράσματα.....	56
6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων.....	56
6.2 Συνολικά Αποτελέσματα.....	57
6.3 Προτάσεις για τη Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας.....	58
6.4 Περαιτέρω Έρευνα.....	59
Βιβλιογραφία.....	61
Παράρτημα.....	63

1. Εισαγωγή

1.1 Γενική Ανασκόπηση

1.1.1 Οδική Ασφάλεια και Ατυχήματα

Η οδική ασφάλεια αποτελεί ένα μείζον ζήτημα, με δραματικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή και στην κοινωνική ευημερία. Περίπου **1,19 εκατομμύρια θάνατοι προκαλούνται ετησίως από τροχαία ατυχήματα**, με εκατομμύρια ακόμα πολίτες να τραυματίζονται σοβαρά. Τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου για παιδιά και νέους ηλικίας **5 έως 29 ετών**, ενώ 50 εκατομμύρια άνθρωποι τραυματίζονται σοβαρά σε τροχαία ατυχήματα κάθε χρόνο, με την **πιθανότητα εμπλοκής των ανδρών σε αυτά, να είναι 3 φορές μεγαλύτερη από αυτή των γυναικών** (W.H.O., 2023). Επιπλέον, το οικονομικό κόστος των τροχαίων ατυχημάτων υπολογίζεται σε 3% του παγκόσμιου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) (W.H.O., 2023). Η Ελλάδα δεν αποτελεί εξαίρεση, με τα τροχαία ατυχήματα να στοιχίζουν 624 ζωές το 2021 (NRSO NTUA) και να είναι η πιο σημαντική αιτία θανάτου για την ηλικιακή ομάδα από 15 έως 49 ετών και 6^η αιτία θανάτου για το σύνολο του πληθυσμού (ΕΛΣΤΑΤ, 2021).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) παρατηρούνται περίπου 57 θάνατοι ημερησίως λόγω των τροχαίων ατυχημάτων. Παρότι η πρόοδος στη μείωση των ατυχημάτων είναι αισθητή, υπάρχει ακόμα δρόμος προς την επίτευξη του στόχου του "μηδενικού θανάτου" στις οδούς. **Σε σύγκριση με το 2010, ο αριθμός των θανάτων από τροχαία ατυχήματα στην ΕΕ έχει μειωθεί κατά 37%** (European Road Safety Observatory, 2023). **Στην Ελλάδα το 2020 σε σύγκριση με το 2010, ο αριθμός των θανάτων από τροχαία ατυχήματα έχει μειωθεί κατά 54%** (European Road Safety Observatory, 2023). Επιπλέον, η Ελλάδα κατατάσσεται 5η στην ΕΕ (61 θάνατοι) όσον αφορά τον αριθμό των θανάτων από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων, μετά τη Ρουμανία, τη Βουλγαρία, την Κροατία και τη Λιθουανία, με μέσο όρο σε όλη την ΕΕ τους 46 θανάτους ανά εκατομμύριο κατοίκους (Eurostat, 2023).

Στην ΕΕ, το 52% των ατυχημάτων με θανάτους έλαβε χώρα σε επαρχιακές οδούς, ενώ το 39% έλαβε χώρα σε αστικές οδούς και το 9% σε αυτοκινητόδρομους. Στην Ελλάδα, η κατανομή ήταν παρόμοια, με το 52% των ατυχημάτων να λαμβάνει χώρα εντός πόλης, το 43% σε επαρχιακές οδούς και το 5% σε αυτοκινητόδρομους. Αναφορικά με το φύλο, οι άνδρες υφίστανται δυσανάλογα υψηλότερο κίνδυνο, όντας τα θύματα σε 78% των θανατηφόρων τροχαίων. Εξετάζοντας τους τύπους χρηστών του οδικού δικτύου, οι επιβάτες αυτοκινήτων (οδηγοί και επιβάτες) φέρουν το 45% του συνόλου των θανάτων. Ακολουθούν οι χρήστες μηχανοκίνητων δίκυκλων (19%), οι πεζοί (18%) και οι ποδηλάτες (9%) (European Commission, 2022).

Το 2018, η ΕΕ έθεσε ως στόχο τη μείωση κατά 50% των θανάτων από τροχαία ατυχήματα — και, για πρώτη φορά, για μείωση και των σοβαρών τραυματισμών — έως το 2030. Αυτοί οι στόχοι καθορίστηκαν στο στρατηγικό σχέδιο δράσης για την οδική ασφάλεια και στο πλαίσιο πολιτικής της ΕΕ για την οδική ασφάλεια για την περίοδο 2021-2030 της Επιτροπής, στα οποία επίσης προβλέπονται σχέδια οδικής ασφάλειας που αποσκοπούν στην επίτευξη έως το 2050 του στόχου να μην σημειώνεται κανένας θάνατος από τροχαία ατυχήματα («Όραμα μηδενικών απωλειών»).

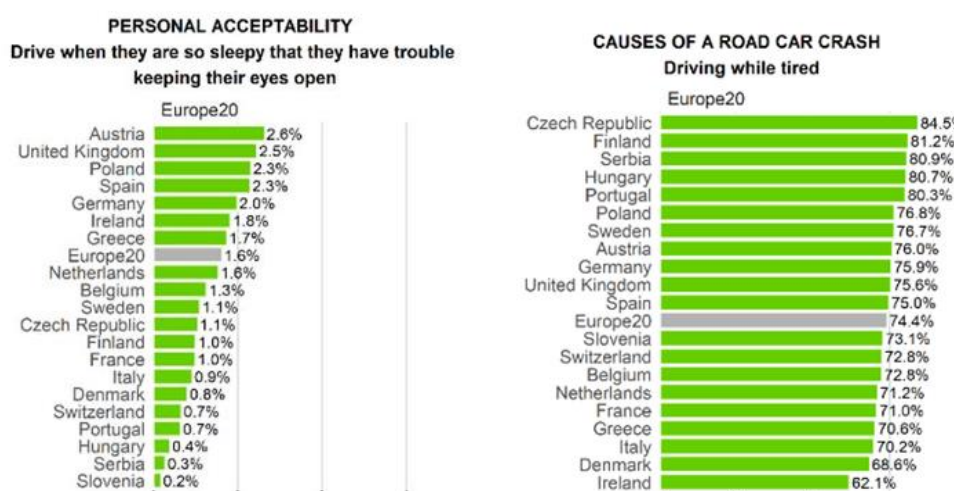
1.1.2 Η Κούραση κατά την Οδήγηση

Η κούραση αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων που είναι δύσκολα διακριτός και ποσοτικοποιήσιμος. Η κόπωση στην οδήγηση δεν οφείλεται πάντα στον ίδιο λόγο. Διακρίνουμε συνήθως την κόπωση που σχετίζεται με τον ύπνο από εκείνη που συνδέεται με την ίδια την οδηγική διαδικασία. Σε μια μεγάλη διεθνή έρευνα, μεταξύ 20% και 25% των οδηγών Ι.Χ. ανέφεραν ότι κατά τη διάρκεια του προηγούμενου μήνα, οδήγησαν τουλάχιστον μία φορά ενώ ήταν τόσο κουρασμένοι που δυσκολεύονταν να κρατήσουν τα μάτια τους ανοιχτά (European Commission, 2023).

Η κούραση στην οδήγηση είναι σχετικά συχνή μεταξύ των οδηγών βαρέων οχημάτων, των ατόμων που εργάζονται σε νυχτερινές βάρδιες, των νεαρών ανδρών (16-29 χρονών) και των ατόμων με μη αντιμετωπίσιμα προβλήματα ύπνου/διαταραχές ύπνου. Οι οδηγοί ταξί, θεωρούνται επίσης μια ομάδα υψηλού κινδύνου για οδήγηση υπό την επήρεια κόπωσης (TRL, 1995). Τα άτομα που είναι κουρασμένα τείνουν να είναι λιγότερο προσεκτικά και να αντιδρούν πιο αργά και λιγότερο αποτελεσματικά (TRL, 1995).

Όσον αφορά τον ύπνο, οι ανάγκες διαφέρουν από άτομο σε άτομο, είναι κοινό να κοιμόμαστε 8 από τις 24 ώρες της ημέρας, ενώ 7 με 9 ώρες ύπνου θεωρούνται απαραίτητες για βέλτιστη απόδοση. Η έλλειψη ή η διακοπή του ύπνου προκαλεί υπνηλία σε περιόδους που συνήθως θα είχαμε εγρήγορση. Ακόμα και η απώλεια ύπνου μίας μόνο νύχτας μπορεί να οδηγήσει σε ακραία υπνηλία για ένα σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ η συνεχής διαταραχή του ύπνου μπορεί να οδηγήσει σε χρόνια υπνηλία. Ο ύπνος που διαρκεί λιγότερο από τέσσερις ώρες τη νύχτα επηρεάζει αρνητικά την απόδοσή μας (ROSPA, 2002).

Εκτιμάται ότι η κούραση του οδηγού αποτελεί καίριο παράγοντα στο 15% έως 20% των σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων, αν και τα αποτελέσματα μεμονωμένων μελετών ποικίλλουν σημαντικά. Τα ατυχήματα που προκαλούνται από κούραση έχουν 50% παραπάνω πιθανότητα να οδηγήσουν σε θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό αφού συνήθως συμβαίνουν σε μεγάλες ταχύτητες και είναι δύσκολο το έγκαιρο φρενάρισμα (ROSPA, 2022). Παράλληλα, σύμφωνα με έρευνα κοινής γνώμης που διενεργήθηκε το 2019 και αφορούσε τους Ευρωπαίους πολίτες, παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα σημαντικά ποσοστά που καταγράφονται σχετικά με την επικινδυνότητα της κούρασης στην οδήγηση (Γράφημα 1.1) .



Γράφημα 1.1: Έρευνα Κοινής Γνώμης (ESRA Goldenbeld & Nikolaou, 2019)

Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι περίπου 1 στους 5 θανάτους στον δρόμο προκαλείται από την κούραση, ενώ αντίστοιχα στην ΕΕ ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων λόγω

κούρασης ανέρχεται στους 20.000. Στην περίπτωση της Ελλάδας το ποσοστό των θανατηφόρων τροχαίων με αιτία την κούραση αποτελεί το 10% του συνόλου (ROSPA, 2021).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο έρευνα του Sleep Research Center έδειξε ότι 20% των τροχαίων σε μονότονες οδούς προκαλούνται από την κούραση (ROSPA, 2021). Προηγούμενη έρευνα είχε δείξει ότι το αντίστοιχο ποσοστό για τους αυτοκινητόδρομους αυξάνεται στο 23% (ROSPA, 2020). Ταυτόχρονα ένα ποσοστό 29% του δείγματος της έρευνας παραδέχτηκε ότι ένωσε βαθιά υπνηλία κατά την διάρκεια της οδήγησης του το προηγούμενο έτος. Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα στατιστικά αναδεικνύουν τον ίδιο προβληματισμό, ενώ έρευνα σε δύο από τους πιο πολυσύχναστους δρόμους της χώρας έδειξε ότι 50% των θανατηφόρων τροχαίων σχετίζονταν με την κούραση των οδηγών. Στην Αυστραλία και τη Γερμανία παρουσιάζονται τα υψηλότερα ποσοστά συσχέτισης ύπνου με τροχαία ατυχήματα με το ποσοστό να φτάνει το 35% του συνόλου (ROSPA, 2021).

Όταν κάποιος οδηγεί κουρασμένος, ο κίνδυνος ατυχήματος αυξάνεται σημαντικά. Μια μετα-ανάλυση 14 μελετών έδειξε **αύξηση του κινδύνου ατυχήματος κατά 29% για τους οδηγούς που ήταν κουρασμένοι σε σύγκριση με εκείνους που δεν ήταν** (European Road Safety Observatory, 2022). Σύμφωνα με δεδομένα ερευνών φαίνεται πως η αστυνομία σπάνια καταγράφει την κούραση ως αιτία ατυχήματος, καθώς είναι δύσκολο να διαπιστωθεί αντικειμενικά, ιδίως μετά το συμβάν. Οι υψηλότερες εκτιμήσεις για τη συμμετοχή της κούρασης προέρχονται από μελέτες που εξετάζουν τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων (European Road Safety Observatory, 2022).

1.2 Στόχος

Η επιρροή της κούρασης στην πρόκληση οδικών ατυχημάτων και δυστυχημάτων αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο άπτεται περαιτέρω διερεύνησης εξαιτίας της περιπλοκότητας του. Με την πάροδο του χρόνου και την εις βάθος διερεύνηση του φαινομένου, από πλευράς φορέων, ερευνητικών ιδρυμάτων και στατιστικών υπηρεσιών διαφαίνεται ο βαρύνοντας ρόλος της στην οδική ασφάλεια. Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην εις βάθος μελέτη της συσχέτισης της κούρασης που έχει προκληθεί από έλλειψη ύπνου στην οδηγική συμπεριφορά, με στόχο την ανάδειξη των κινδύνων που σχετίζονται με την εν λόγω τακτική.

Συγκεκριμένα, η εργασία υιοθετεί μια πειραματική προσέγγιση, αξιοποιώντας προσομοιωτή οδήγησης για τη συλλογή δεδομένων από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα οδηγών. Τα δεδομένα αυτά, σε συνδυασμό με τα ατομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, θα τροφοδοτήσουν την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Στόχος των μοντέλων αυτών είναι η πρόβλεψη οδηγικών χαρακτηριστικών, όπως η ταχύτητα, η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, ο χρόνος αντίδρασης και η αναπτυσσόμενη επιτάχυνση.

Μέσω της λεπτομερούς ανάλυσης και της ποσοτικοποίησης της επιρροής της κούρασης στην οδηγική συμπεριφορά, η εργασία επιδιώκει να συμβάλει στην πρόληψη τροχαίων ατυχημάτων και στην ενίσχυση της οδηγικής ασφάλειας.

1.3 Μεθοδολογία της Διπλωματικής Εργασίας

Η μεθοδολογία αποτελεί τον πυρήνα της διπλωματικής εργασίας, χαρτογραφώντας τα απαραίτητα βήματα για την υλοποίηση του ερευνητικού **στόχου**. Ξεκινώντας με τον καθορισμό του θέματος και των ερευνητικών ερωτημάτων, η έρευνα στρέφεται προς την αναζήτηση σχετικών μελετών και μεθοδολογιών στην τρέχουσα διεθνή **βιβλιογραφία**. Στη βάση των αντληθέντων πληροφοριών, δομείται η στρατηγική αντιμετώπισης του ζητήματος της κούρασης του οδηγού. Η μεθοδολογία καθορίζει τον τρόπο **συλλογής δεδομένων** μέσω πειραματικής διαδικασίας με προσομοιωτή οδήγησης. Στη συνέχεια, τα δεδομένα επεξεργάζονται και **αναλύονται με κατάλληλα στατιστικά εργαλεία**, οδηγώντας στην **ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων**. Τα μοντέλα αυτά προβλέπουν οδηγικά χαρακτηριστικά εστιάζοντας στην επίδραση της κούρασης κατά την οδήγηση. Η ερμηνεία των μοντέλων οδηγεί στα **ερευνητικά αποτελέσματα**, τα οποία **τεκμηριώνονται και αναλύονται** για την **εξαγωγή συμπερασμάτων** και την επισήμανση της σημασίας τους. Η μεθοδολογία, υλοποιημένη μεθοδικά, φέρνει εις πέρας τους ερευνητικούς στόχους, καταλήγοντας στην παρουσίαση των συμπερασμάτων και στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παράλληλα, η πρόταση μελλοντικών ερευνητικών κατευθύνσεων ανοίγει τον δρόμο για την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος. Η οπτική απεικόνιση των βημάτων της μεθοδολογίας μέσω διαγράμματος ροής προσφέρει μια σαφή και εύληπτη συνολική εικόνα (Γράφημα 1.2).



Γράφημα 1.2: Βήματα Μεθοδολογίας Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή

Παρακάτω, παρουσιάζεται η δομή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας μέσω της σύνοψης των κεφαλαίων που την απαρτίζουν, έτσι ώστε να υπάρχει μια ροή μεταξύ των κεφαλαίων της.

Στο παρόν κεφάλαιο (Κεφάλαιο 1), γίνεται μια εισαγωγική παρουσίαση των προβλημάτων που θα εξεταστούν με την παρούσα Διπλωματική Εργασία, δηλαδή τα θέματα της συσχέτισης της κούρασης των οδηγών με την οδική ασφάλεια. Επίσης, καθορίζεται ο στόχος της και η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Τέλος, παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας ώστε να έχει συνοχή και να γίνει πιο κατανοητή.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση, δηλαδή γίνεται μια αναζήτηση σε σχετικές έρευνες και μεθοδολογίες με σκοπό να βρεθούν αφενός χρήσιμα ευρήματα για τη Διπλωματική Εργασία και αφετέρου πιθανές ελλείψεις που υπάρχουν στις συναφείς έρευνες. Οι ελλείψεις θα καθορίσουν τον σκοπό και το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας και θα αποφασιστούν με τη βοήθεια ενός συνοπτικού πίνακα με τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Στο Κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται η επεξήγηση του θεωρητικού υπόβαθρου που χρησιμοποιείται στην ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά, παρουσιάζονται οι μέθοδοι ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν, περιγράφονται οι τύποι των μαθηματικών μοντέλων και οι απαραίτητοι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν ώστε να είναι αποδεκτά. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι εντολές της γλώσσας προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε ώστε να ολοκληρωθεί ορθά η στατιστική ανάλυση.

Έπειτα, στο Κεφάλαιο 4 ακολουθεί η επεξήγηση της συλλογής και της επεξεργασίας των δεδομένων. Αναλύεται ο τρόπος συλλογής των δεδομένων μέσω του πειράματος που διεξήχθη στον προσομοιωτή οδήγησης, τα χαρακτηριστικά του πειράματος, τα σενάρια οδήγησης και τα ερωτηματολόγια που συλλέχθηκαν. Στη συνέχεια, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η εξαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων μέσω της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού. Τέλος, πραγματοποιείται μια συνοπτική παράθεση κάποιων ενδεικτικών χαρακτηριστικών του δείγματος των συμμετεχόντων.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται εκτενώς τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν από την ανάλυση, σε συνδυασμό με τα βήματα που ακολουθήθηκαν και την επεξήγηση των συντελεστών που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα απαραίτητα κριτήρια αποδοχής των μοντέλων και η γενική στατιστική των μεταβλητών τους.

Στο Κεφάλαιο 6 περιγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα μαθηματικά μοντέλα και η ερμηνεία τους. Ακόμα, παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σχετική με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται μια λίστα με τη βιβλιογραφία της Διπλωματικής Εργασίας, η οποία περιλαμβάνει όλες τις πηγές και τις έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίησή της.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Γενικά

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελεί θεμελιώδες βήμα στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Σκοπός της είναι η σφαιρική θεώρηση του ερευνητικού πεδίου, η χάραξη της μεθοδολογίας και η τεκμηρίωση της εργασίας. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης:

- Προσδιορίζεται το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας: Οριοθετούνται τα ερευνητικά ερωτήματα και τίθενται οι στόχοι της εργασίας.
- Εντοπίζεται η βέλτιστη μεθοδολογία: Διερευνώνται οι μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες, αξιολογούνται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους και επιλέγεται η πλέον κατάλληλη για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας.
- Συγκεντρώνονται πληροφορίες για το ερευνητικό θέμα: Συγκριτικά μελετώνται οι υπάρχουσες έρευνες, τα συμπεράσματα και οι ερμηνείες τους, ώστε να χτιστεί ένα στέρεο θεωρητικό υπόβαθρο.
- Εντοπίζονται κενά στην έρευνα: Αξιολογώντας το υπάρχον επιστημονικό υλικό, εντοπίζονται οι αθέατες πτυχές του ερευνητικού πεδίου και αναδεικνύονται οι άξονες στους οποίους η παρούσα εργασία μπορεί να προσφέρει νέα γνώση.

Στην περίπτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η βιβλιογραφική ανασκόπηση εστιάζει στην εύρεση μελετών που εξετάζουν την επιρροή της κούρασης του οδηγού κατά την οδήγηση προερχόμενη από την έλλειψη ύπνου. Στόχος είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών, ο εντοπισμός των ελλείψεων στην έρευνα και η χάραξη της βέλτιστης μεθοδολογίας για την μελέτη της εν λόγω θεματολογίας. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποτελεί, επομένως, ένα απαραίτητο εργαλείο για την ορθή θεμελίωση και υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας. Η εις βάθος μελέτη και κριτική ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας θέτει τα θεμέλια για την ανάπτυξη μίας εμπεριστατωμένης και πρωτότυπης έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, η αναζήτηση των ερευνών επικεντρώνεται σε μελέτες πειραμάτων προσομοιωτή οδήγησης, οι οποίες εστιάζουν στην κούραση που προκαλείται από έλλειψη ύπνου και στις επιπτώσεις που έχει αυτό στην οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων. Με αυτά τα στοιχεία και την κατάλληλη σύνοψη, θα είναι εφικτή η ορθή επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και κυρίως του αντικειμένου της διπλωματικής εργασίας.

2.2 Συναφείς Έρευνες και Μεθοδολογίες

2.2.1 Χαρακτηριστικά Οδηγών Απέναντι στην Κούραση από Αϋπνία

Η κούραση αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες τροχαίων ατυχημάτων (Abe et al., 2010), ευθυνόμενη για περίπου 20% των ατυχημάτων στις αναπτυγμένες χώρες (Horne & Reyner, 1995). Τα τροχαία ατυχήματα επιφέρουν ένα τεράστιο οικονομικό και κοινωνικό κόστος, το οποίο υπολογίζεται σε 1.855 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως σε παγκόσμιο επίπεδο (W.H.O., 2013). Η κούραση που σχετίζεται με τον ύπνο μπορεί να οφείλεται σε ολική στέρηση ύπνου (Paradelis et al., 2009), μερική στέρηση ύπνου, παρατεταμένη αϋπνία, κατάτμηση ή διαταραχές του ύπνου. Οι νεαροί οδηγοί (ηλικίας 18-24 ετών) διατρέχουν υψηλότερο κίνδυνο για τέτοιου είδους τροχαία ατυχήματα σε σύγκριση με τους μεγαλύτερους ηλικιακά οδηγούς (Ting et al., 2008). Συγκεκριμένα, ο κίνδυνος αυτός είναι 2 έως 10 φορές μεγαλύτερος (Sagaspe et al., 2010). Μερικά από τα χαρακτηριστικά που καθιστούν τους νεαρούς οδηγούς πιο ευάλωτους στην υπνηλία είναι: η ατελής ανάπτυξη των περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη λήψη αποφάσεων (Beeli et al., 2008), ο αργότερος χρόνος

αντίδρασης όταν βρίσκονται υπό την επίδραση της αϋπνίας (Philip et al., 2004) και η μειωμένη ανοχή στην έλλειψη ύπνου (Duffy et al., 2009).

2.2.2 Η Επιρροή της Κούρασης λόγω Αϋπνίας στην Κυκλοφορία και την Οδική Ασφάλεια

Πλευρική Θέση Οχήματος

Η μέση πλευρική θέση του οχήματος δεν αποτελεί το κύριο αντικείμενο μελέτης στις περισσότερες έρευνες, συγκεκριμένα αναφέρεται σε δύο μελέτες οι οποίες δεν εστίασαν στην επίδραση της κούρασης λόγω της στέρησης ύπνου (Rupp et al., 2004; Pizza et al., 2004). Αντίθετα, η τυπική απόκλιση της πλευρικής θέσης ήταν το πιο συχνά αναφερόμενο αντικείμενο μελέτης για την οξεία στέρηση ύπνου από αρκετές έρευνες (Lowden et al., 2009; Matthews et al., 2012; Rupp et al., 2004). Συγκεκριμένα, σχετική έρευνα από τους Rupp et al. (2004) έδειξε ότι, η μέτρια οξεία στέρηση ύπνου (3 ώρες) αύξησε την τυπική απόκλιση της πλευρικής θέσης με μεγάλο μέγεθος επίδρασης, σε μια σύντομη προσομοιωμένη οδήγηση 30 λεπτών. Το ίδιο ανέφεραν και για τη σοβαρή οξεία στέρηση ύπνου (5 έως 5,5 ώρες), η οποία αύξησε αυτό το μέτρο τόσο σε σύντομες (30 λεπτά) όσο και σε μεγάλες διαδρομές (κατά 1,2 φορές), όπως τονίζεται σε μία διαφορετική έρευνα των Lowden et al. (2009). Μια νύχτα ολικής στέρησης ύπνου αύξησε επίσης την τυπική απόκλιση της πλευρικής θέσης όπως αναφέρεται από τους Pizza et al. (2004) και Contardi et al. (2004). Αντίθετα με αυτές τις μελέτες προσομοιωτή οδήγησης, οι οποίες έδειξαν μια αρνητική επίδραση της στέρησης ύπνου, η μελέτη των Garner et al. (2015) δεν ανέφερε σημαντική αλλαγή σε αυτό το αποτέλεσμα που σχετίζεται με τη στέρηση ύπνου, ενώ καμία από τις μελέτες πειραμάτων σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης, εξετάζοντας την επίδραση της σοβαρής στέρησης ύπνου (6 ώρες) δεν ανέφεραν αυτό το αποτέλεσμα (Verster et al., 2011).

Παραβίαση Διαχωριστικής Γραμμής

Οι παραβιάσεις διαχωριστικών γραμμών ήταν η δεύτερη πιο συχνά αναφερόμενη μεταβλητή, που εμφανίζεται στα άρθρα και ορίζεται με διάφορους τρόπους: ως η παραβίαση μιας πλευρικής οριογραμμής λωρίδας, ως η έξοδος από την λωρίδα με όλους τους τέσσερις τροχούς και ως η έξοδος από την λωρίδα τουλάχιστον με δύο τροχούς. Σε πειράματα με προσομοιωτή οδήγησης, οι παραβιάσεις αυτές αυξήθηκαν σημαντικά υπό διαφορετικούς συνδυασμούς έλλειψης ύπνου και διάρκειας οδήγησης. Συγκεκριμένα, η ήπια (3 ώρες) και σοβαρή οξεία έλλειψη ύπνου (5 ώρες) τόσο σε σύντομες (30 λεπτά) (Rupp et al., 2004) όσο και σε μεγάλες διαδρομές (τα τελευταία 30 λεπτά μιας διαδρομής 1,5 ωρών) (Fittness et al., 2012), αύξησαν τον αριθμό των παραβιάσεων διαχωριστικών γραμμών. Σε μελέτες πειραμάτων σε πραγματικό οδικό περιβάλλον αποδεικνύεται ότι η σοβαρή οξεία έλλειψη ύπνου (6 ώρες) αύξησε τον αριθμό των παραβιάσεων (Philip et al., 2005), καθώς και σε μεγαλύτερες διαδρομές 2 ωρών, 4 ωρών και 8 ωρών (Sagaspe et al., 2008).

Ταχύτητα Οδήγησης

Σε αρκετές μελέτες καταγράφηκαν διάφορες μετρήσεις σχετικές με την ταχύτητα οδήγησης. Η μέτρια έως σοβαρή οξεία στέρηση ύπνου (3–5 ώρες) ή ακόμα και η πλήρης στέρηση ύπνου (Jackson et al., 2016) σε σύντομες προσομοιωμένες διαδρομές 30 λεπτών δεν επηρέασαν σημαντικά ούτε τη μέση απόκλιση από το όριο ταχύτητας (Rupp et al., 2004) ούτε την τυπική απόκλιση από το όριο ταχύτητας (μέτρο μεταβλητότητας ταχύτητας) (Jackson et al., 2016). Άλλες μελέτες με ίδιες χρονικές διάρκειες οδήγησης έδειξαν ότι, η ολική στέρηση ύπνου δεν άλλαξε τη μέση ταχύτητα οδήγησης ή τη μεταβλητότητα της, αλλά αύξησε σημαντικά τη μέση

απόκλιση από το όριο ταχύτητας (Pizza et al., 2004). Αντιθέτως, η χρόνια (9ήμερη) μέτρια στέρηση ύπνου (3 ώρες λιγότερος ύπνος ανά νύχτα) σε σύντομες προσομοιωμένες διαδρομές 10 λεπτών, οδήγησε σε αύξηση της απόκλισης από το όριο ταχύτητας, της υπερβολικής ταχύτητας (συνολικός χρόνος υπέρβασης του ορίου κατά 5 km/h) και της μεταβλητότητας ταχύτητας κατά τη διάρκεια της νύχτας (Matthews et al., 2012).

2.3 Σύνοψη

Έως σήμερα, έχουν δημοσιευτεί **μόνο τρεις συστηματικές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις της στέρησης ύπνου στην ικανότητα** οδήγησης. Η πρώτη ανασκόπηση εστίασε στις επιπτώσεις της κούρασης του οδηγού (από βάρδιες εργασίας, υπερβολική υπνηλία κατά τη διάρκεια της ημέρας και στέρηση ύπνου) στα ποσοστά ατυχημάτων (Philip, 1998). Η δεύτερη ανασκόπηση ερεύνησε τις επιπτώσεις της έλλειψης ύπνου στην οδηγική ικανότητα (Liu et al, 2009) και η Τρίτη ανασκόπηση εξετάστηκε από το National Sleep Foundation Drowsy Driving Consensus Working Group (Czeisler et al., 2016) και μελέτησε τις επιπτώσεις της έλλειψης ύπνου στα τροχαία ατυχήματα με εμπλοκή μοτοσυκλετών. Εκτός από τις προαναφερθείσες συστηματικές ανασκοπήσεις, έχουν δημοσιευτεί περίπου 200 πρωτότυπες ερευνητικές εργασίες σχετικά με τις επιπτώσεις της αϋπνίας ή της κόπωσης στην οδηγική ικανότητα. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της στέρησης ύπνου στην απόδοση των νεαρών οδηγών παραμένουν ασαφείς. Αυτό οφείλεται σε δύο κύριους λόγους: α) περισσότερο από το 50% των ερευνών δεν μελετούν την κούραση από στέρηση ύπνου, αλλά από άλλες πηγές, β) περίπου το 40% των ερευνών εστιάζουν σε ένα ευρύ φάσμα οδηγών (επαγγελματίες και μη, νεαρούς και ηλικιωμένους) και γ) λιγότερο από το 10% της υπάρχουσας βιβλιογραφίας έχει εξετάσει τις άμεσες επιπτώσεις της στέρησης ύπνου στην οδηγική ικανότητα των νεαρών οδηγών (ηλικίας 18-24 ετών).

Γενικά, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι παραβιάσεις διαχωριστικών γραμμών αυξήθηκαν μετά από διάφορους συνδυασμούς έλλειψης ύπνου και χρόνου οδήγησης. Παράλληλα, τα μέτρα της ταχύτητας επηρεάστηκαν σπάνια και ασυνεπώς από διάφορους συνδυασμούς τύπων ή σοβαρότητας στέρησης ύπνου και διάρκειας οδήγησης. Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται στη συσχέτιση της κούρασης από αϋπνία με την πλευρική θέση του οχήματος και την παραβίαση των διαχωριστικών γραμμών. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία θα δοθεί έμφαση στην επιρροή της κούρασης στη μέση ταχύτητα, το μέσο χρόνο αντίδρασης, τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και την επιτάχυνση που αναπτύσσεται. Θα δοθεί λοιπόν μεγαλύτερη έμφαση στην ανάλυση του προβλήματος από πλευράς οδικής ασφάλειας και συγκοινωνιακής μελέτης και όχι τόσο από πλευράς των μελετητών υγείας και ιατρικής. Τέλος θα αποτελέσει μια από τις ελάχιστες αντίστοιχες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα και ιδιαίτερα με δείγμα τους νέους από 18-30 ετών.

Από τα στοιχεία και τα αποτελέσματα που διατυπώθηκαν, προκύπτουν ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις και ερωτήματα, τα οποία με την παρούσα Διπλωματική Εργασία μπορούν να προσεγγιστούν και να απαντηθούν. Ακολουθεί η σύνοψη των στοιχείων ανά έρευνα μέσω του Πίνακα 2.1, η οποία θα συμβάλει στη σφαιρική κατανόηση και κατάλληλη επιλογή της μεθοδολογίας.

Πίνακας 2.1: Πίνακας Σύνοψης Στοιχείων ανά Έρευνα

Αντικείμενο Μελέτης	Έρευνα	Περιβάλλον Οδήγησης	Δείγμα / Φύλο	Μέση Ηλικία Συμμετεχόντων	Αποτελέσματα κούρασης
Η επίδραση της επίγνωσης της κατάστασης στις επιδόσεις οδήγησης σε νέους οδηγούς με έλλειψη ύπνου	Wijayanto et al. (2021)	Προσομοιωτής σε αστικό περιβάλλον	15 άνδρες	21,1	- Αύξηση της πιθανότητας πρόκλησης ατυχήματος από την αϋπνία - Η μη επίγνωση της κατάστασης αυξάνει την πιθανότητα ατυχήματος
Σύγκριση συμπεριφοράς οδηγών με επάρκεια και στέρηση ύπνου	Pizza et al. (2004)	Προσομοιωτής οδήγησης	10 (5 άνδρες και 5 γυναίκες)	24,9	- Αύξηση της τυπικής απόκλισης της απόστασης από το κέντρο της λωρίδας - Αύξηση των ατυχημάτων με κούραση - Καμία αλλαγή στην μέση και τυπική απόκλιση της ταχύτητας
Σύγκριση συμπεριφοράς οδηγών με επάρκεια και στέρηση ύπνου	Morris et al. (2015)	Προσομοιωτής οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο	20 (9 άνδρες και 11 γυναίκες)	20,55	- Αύξηση της τυπικής απόκλισης της απόστασης από την οριογραμμή - Αύξηση της τυπικής απόκλισης της γωνίας κατεύθυνσης του οχήματος από αυτήν της οδού
Σύγκριση νέων αλγορίθμων για την αϋπνία στην οδήγηση και σύγκριση της αϋπνίας με την οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ	Jackson et al. (2016)	Προσομοιωτής οδήγησης	22 (3 άνδρες και 19 γυναίκες)	20,8	- Καμία αλλαγή στην μεταβολή της ταχύτητας - Αύξηση της τυπικής απόκλισης στην πλευρική θέση του οχήματος
Επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για την επίδραση της απώλειας ύπνου στους νέους σε διάφορους τύπους οδών (αστικοί/προαστιακοί/ επαρχιακοί)	Garner et al. (2015)	Προσομοιωτής οδήγησης σε αστική, προαστιακή και επαρχιακή οδό	17 (8 άνδρες και 9 γυναίκες)	18	- Αύξηση της τυπικής απόκλισης στην πλευρική θέση του οχήματος - Μείωση της μέσης ταχύτητας στους άυπνους οδηγούς
Σύγκριση συμπεριφοράς οδηγών με επάρκεια και στέρηση ύπνου	Philip et al. (2004)	Προσομοιωτής οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο	22 άνδρες	21	Αύξηση των παραβιάσεων της διαχωριστικής γραμμής
Σύγκριση συμπεριφοράς οδηγών με επάρκεια και στέρηση ύπνου	Rupp et al. (2004)	Προσομοιωτής οδήγησης	26 (13 άνδρες και 13 γυναίκες)	22	- Καμία επίδραση στην μέση ταχύτητα και την τυπική απόκλιση από το όριο ταχύτητας - Αύξηση των παραβιάσεων της διαχωριστικής γραμμής
Σύγκριση των επιδόσεων των νέων και ηλικιωμένων οδηγών μετά από παρατεταμένο χρόνο αφύπνισης.	Lowden et al. (2009)	Προσομοιωτής οδήγησης	10 νέοι (5 άνδρες και 5 γυναίκες) και 10 μεγαλύτερους (5 άνδρες και 5 γυναίκες)	21 για τους νέους και 60 για τους μεγαλύτερους	Αύξηση της τυπικής απόκλισης στην πλευρική θέση του οχήματος
Σύγκριση συμπεριφοράς οδηγών με επάρκεια και στέρηση ύπνου	Contardi et al. (2004)	Προσομοιωτής οδήγησης	10 (5 άνδρες και 5 γυναίκες)	25	Αύξηση της απόκλισης από το όριο ταχύτητας
Σχεδιασμός επαναλαμβανόμενων μετρήσεων για να εξεταστεί η επίδραση της απώλειας ύπνου στη νευρική συμπεριφορά των οδηγών	Kosmadopoulos et al. (2015)	Προσομοιωτής οδήγησης	32 άνδρες	22,8	Αύξηση της τυπικής απόκλισης στην πλευρική θέση του οχήματος
Σύγκριση της συμπεριφοράς οδηγών μετά από 2, 4 και 8 ώρες αϋπνίας	Verster et al. (2011)	Αυτοκινητόδρομος	14 άνδρες	23	Αύξηση των παραβιάσεων της διαχωριστικής γραμμής
Σύγκριση οδηγικής συμπεριφοράς οδηγών με επάρκεια ύπνου και οδηγών με παρατεταμένη αϋπνία	Anderson & Horne (2013)	Οδήγηση σε ρεαλιστικό περιβάλλον	8 άνδρες	23	- Αύξηση των παραβιάσεων της διαχωριστικής γραμμής - Αύξηση των ατυχημάτων με κούραση

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η οποία θα υποστηρίξει την **εκτέλεση της στατιστικής ανάλυσης** με τελικό στόχο τη δημιουργία αξιόπιστων μοντέλων για την εξαγωγή ορθολογικών αποτελεσμάτων. Ύστερα από εξέταση των διαθέσιμων μαθηματικών μοντέλων έγινε η επιλογή της γραμμικής παλινδρόμησης ως κατάλληλη στατιστική τεχνική μοντελοποίησης. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται συλλέχθηκαν μέσω της διεξαγωγής πειράματος σε προσομοιωτή οδήγησης και από απαντήσεις ερωτηματολογίων. Τέλος, γίνεται αναφορά στον τρόπο αξιολόγησης των μοντέλων που προέκυψαν, καθώς και της διαδικασίας εκτέλεσης εντολών για την πραγματοποίηση της ανάλυσης μέσω ειδικού λογισμικού.

3.2 Μαθηματικά Πρότυπα

Με την εφαρμογή της **γραμμικής παλινδρόμησης**, καταλήγουμε σε ένα γραμμικό μοντέλο που δημιουργείται μέσα από τη διαμόρφωση μιας μαθηματικής εξίσωσης (Εξίσωση 3.1). Στη διαδικασία αυτή, απαιτείται να καθοριστεί η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής Y , η οποία υπακούει σε μια κανονική κατανομή, και μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών X . Αυτή η σχέση αποτυπώνεται μέσω της εξίσωσης του μοντέλου, όπου η μεταβλητή Y αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή που προβλέπεται, ενώ οι μεταβλητές X λειτουργούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές με γνωστές τιμές, χρησιμοποιούμενες για τον υπολογισμό 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

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: οι 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_i .

3.3 Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Για την κατασκευή των στατιστικών μοντέλων, είναι απαραίτητη η ανάλυση και η εκτίμηση διαφόρων **στοιχείων προκειμένου να γίνουν αποδεκτά**. Ένα βασικό στάδιο αφορά την ανάγκη η μεταβλητή y στα γραμμικά μοντέλα να διαθέτει μια κανονική κατανομή. Επιπλέον, απαιτείται η εξέταση των συσχετίσεων που υφίστανται μεταξύ των μεταβλητών, δηλαδή, οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να μην εμφανίζουν γραμμική εξάρτηση μεταξύ τους.

Οι βασικοί παράγοντες που ελέγχονται για να κριθεί η εγκυρότητα των μοντέλων είναι οι παρακάτω:

Λογική Εξήγηση Συντελεστών Μοντέλου

Κατά την αξιολόγηση της εξίσωσης που διαμορφώθηκε για το στατιστικό μοντέλο, ελέγχεται εάν τα πρόσημα των συντελεστών της παλινδρόμησης ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$) παρέχουν μια λογική ερμηνεία. Εάν τα πρόσημα δεν συνάδουν με την αναμενόμενη σχέση, δηλαδή, εάν η αύξηση μιας ανεξάρτητης μεταβλητής θα έπρεπε να οδηγεί σε αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής και το πρόσημο είναι αρνητικό, ή αντίστροφα, εάν προβλέπεται μείωση της εξαρτημένης

μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης και το πρόσημο είναι θετικό, η συγκεκριμένη μεταβλητή θα αποκλειστεί από την ανάλυση.

Στατιστική Σημαντικότητα

Επιπρόσθετα, καθορίζεται το επίπεδο εμπιστοσύνης για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή του στατιστικού μοντέλου. Η αξιολόγηση των ανεξάρτητων μεταβλητών γραμμικών μοντέλων πραγματοποιείται με βάση το t-test (ή τεστ κατανομής του Student), όπου ο συντελεστής t χρησιμοποιείται για να δείξει πόσο στατιστικά σημαντικές είναι οι μεταβλητές για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου. Η σχετική εξίσωση είναι η παρακάτω (Εξίσωση 3.2):

$$t_i = \beta_i / s_{\beta_i} \quad (3.2)$$

Όπου β_i αντιπροσωπεύει τους συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών s_{β_i} το τυπικό σφάλμα αυτών των συντελεστών. Ως παράδειγμα, για ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ο συντελεστής t είναι 1,7, ενώ για ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι 1,3.

Ποιότητα Μοντέλου

Μετά τους παραπάνω ελέγχους και τη διαμόρφωση της τελικής εξίσωσης του μοντέλου, ακολουθεί, για τα γραμμικά μοντέλα, ο υπολογισμός του συντελεστή προσδιορισμού για τον έλεγχο της ποιότητάς τους.

Ο τύπος είναι ο εξής (Εξίσωση 3.3):

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.3)$$

όπου

y_i : η παρατηρηθείσα ανεξάρτητη μεταβλητή

$\hat{y}_i$: 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

λαμβάνοντας τιμές από 0 έως 1.

Όσο πιο κοντά στη μονάδα είναι ο συντελεστής προσδιορισμού τόσο πιο ορθή είναι η πρόβλεψη του μοντέλου και ελαχιστοποιείται το σφάλμα, καθώς για $R^2 = 1$ η προβλεπόμενη τιμή του $\hat{y}$ είναι ίση με την παρατηρούμενη y .

Σφάλμα

Για να θεωρηθεί αποδεκτό το σφάλμα στην εξίσωση ενός μοντέλου, πρέπει να ικανοποιεί τρία βασικά κριτήρια: πρώτον, να υπακούει σε μια κανονική κατανομή, δεύτερον, να διατηρεί μια σταθερή τιμή διασποράς, δηλαδή $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma_\epsilon^2 = c$, και τρίτον, να μην υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών του, $\rho(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0$, για κάθε $i \neq j$. Η διασπορά του σφάλματος σχετίζεται με τον συντελεστή προσδιορισμού R^2 , κάτι που σημαίνει ότι όσο υψηλότερη είναι η τιμή του R^2 , τόσο μικρότερη γίνεται η διασπορά του σφάλματος. Αυτό μεταφράζεται σε βελτιωμένη ακρίβεια των προβλέψεων που παράγει το μαθηματικό μοντέλο.

3.4 Εξήγηση Αποτελεσμάτων

Μετά τη διαδικασία αποδοχής σειρά έχει η εξήγηση των αποτελεσμάτων του μαθηματικού μοντέλου, για την οποία γίνεται ο προσδιορισμός των παρακάτω στοιχείων:

Εξήγηση Σχέσεων Εξαρτημένης και Ανεξάρτητων Μεταβλητών

Η διαμόρφωση της σχέσης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και των ανεξάρτητων μεταβλητών εξαρτάται από τα πρόσημα των συντελεστών της παλινδρόμησης. Ένας συντελεστής με θετικό πρόσημο υποδηλώνει ότι η εξαρτημένη μεταβλητή αυξάνεται όταν αυξάνεται και η ανεξάρτητη μεταβλητή. Αντίθετα, ένας συντελεστής με αρνητικό πρόσημο υποδεικνύει ότι η εξαρτημένη μεταβλητή μειώνεται καθώς αυξάνεται η ανεξάρτητη μεταβλητή.

Επιβεβαίωση (ή όχι) της Διεθνούς Βιβλιογραφίας

Κατόπιν, πραγματοποιείται μια αντιπαραβολή των ευρημάτων από την ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών με εκείνα που αναφέρονται στη διεθνή ερευνητική βιβλιογραφία. Από αυτή τη διαδικασία αντλείται η επικύρωση ή απόρριψη των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν και μελετήθηκαν στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής επισκόπησης.

Ελαστικότητα

Ως τελευταίο βήμα στην ανάλυση των δεδομένων, εκτελείται ο υπολογισμός της ελαστικότητας για να κατανοηθεί καλύτερα η επιρροή της εξαρτημένης μεταβλητής σε μεταβολή των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτός ο υπολογισμός επικεντρώνεται στο να μετρήσει πόσο ευαίσθητη είναι η εξαρτημένη μεταβλητή σε ποσοστιαίες μεταβολές των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτή η ευαισθησία μετριέται με τη μορφή της ποσοστιαίας αλλαγής της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από μια αλλαγή 1% σε μια ανεξάρτητη μεταβλητή. Η ελαστικότητα αποδεικνύεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο καθώς παρέχει έναν αδιάστατο δείκτη, σε αντίθεση με τις μονάδες μέτρησης των συντελεστών παλινδρόμησης που εξαρτώνται από τις μονάδες των μεταβλητών.

Ο τύπος της ελαστικότητας είναι ο εξής (Εξίσωση 3.4):

$$e_i = \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right) \left(\frac{x_i}{y_i} \right) \quad (3.4)$$

3.5 Λειτουργία Λογισμικού Στατιστικής Ανάλυσης

Για τη δημιουργία και τον έλεγχο της αποδοχής των μοντέλων της γραμμικής παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R χρησιμοποιώντας το περιβάλλον ανάπτυξης R studio με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης readxl. Συγκεκριμένα, για την ανάπτυξη των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

read_excel(mastertable): Στο πλαίσιο mastertable τοποθετείται ο ολοκληρωμένος πίνακας που έχει δημιουργηθεί και εξηγείται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4, ώστε να εισαχθούν οι πληροφορίες στη γλώσσα προγραμματισμού R και να μπορέσουν να επεξεργαστούν.

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

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

cor(, method = "spearman"): Με την παραπάνω εντολή βρίσκουμε τη συσχέτιση μεταξύ των διακριτών μεταβλητών X που θα χρησιμοποιηθούν στην παλινδρόμηση με τη μέθοδο spearman και εξάγεται ένας πίνακας συσχετίσεων.

cor(, method = "pearson"): Με την παραπάνω εντολή βρίσκουμε τη συσχέτιση μεταξύ των συνεχών μεταβλητών X που θα χρησιμοποιηθούν στην παλινδρόμηση με τη μέθοδο pearson και εξάγεται ένας πίνακας συσχετίσεων.

model=lm(Y ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 +..., data): Με την εντολή αυτή, δημιουργείται το γραμμικό μοντέλο που περιγράφει τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (Y) και των ανεξάρτητων μεταβλητών (X) και θα αποθηκευτεί ο πίνακας με το μοντέλο παλινδρόμησης.

summary(model)

attributes(model)

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

4. Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία στηρίζεται σε ένα στέρεο θεωρητικό υπόβαθρο, το οποίο διαμορφώθηκε ύστερα από εις βάθος έρευνα και κριτική ανάλυση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Το αντικείμενο έρευνας οριοθετήθηκε με σαφήνεια, λαμβάνοντας υπόψη τα πορίσματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου της κούρασης που προήλθε από αϋπνία ιδιαίτερα σε νέους ηλικιακά οδηγούς (19-30 χρονών). Για την υλοποίηση του ερευνητικού στόχου, υλοποιήθηκε πειραματική διαδικασία με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα σε εικονικό περιβάλλον αστικής οδού και αυτοκινητόδρομου. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης, ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία, τροφοδότησαν τα στατιστικά μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την επίδραση της κούρασης στους προαναφερθέντες παράγοντες. Στο πλαίσιο του κεφαλαίου αυτού, παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του πειράματος. Περιγράφονται με σαφήνεια:

- Ο σκοπός του πειράματος
- Η επιλογή του προσομοιωτή οδήγησης
- Η μεθοδολογία συλλογής δεδομένων από τον προσομοιωτή και το ερωτηματολόγιο που χορηγήθηκε στους συμμετέχοντες
- Η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων
- Τα χαρακτηριστικά του δείγματος που έλαβε μέρος στο πείραμα

Η λεπτομερής περιγραφή της μεθοδολογίας εξασφαλίζει την διαφάνεια και την αξιοπιστία της ερευνητικής διαδικασίας, ενώ παράλληλα θέτει τα θεμέλια για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται σε επόμενα κεφάλαια.

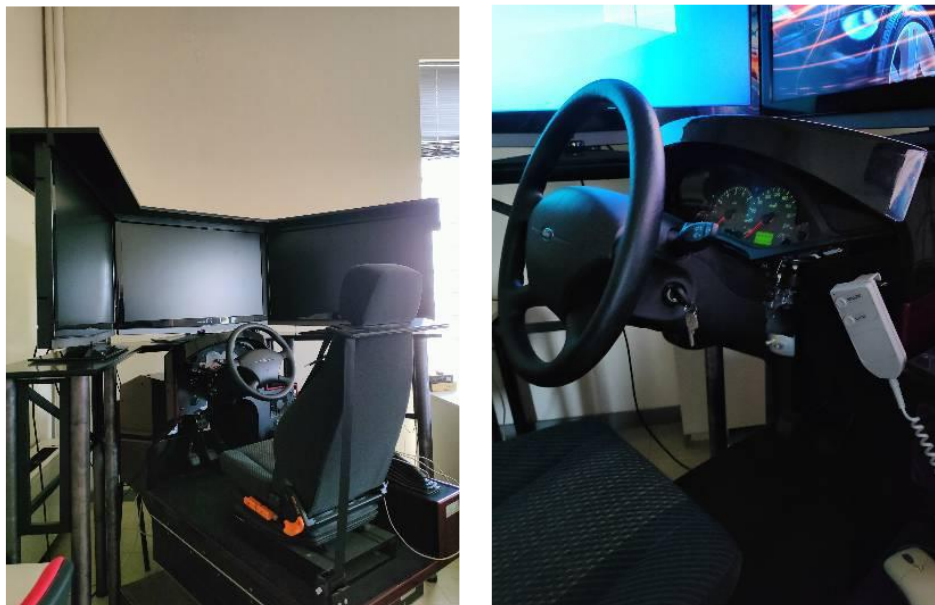
4.2 Πείραμα στον Προσομοιωτή Οδήγησης

4.2.1 Στόχος του Πειράματος

Ο στόχος του πειράματος είναι η διερεύνηση της επιρροής, τόσο στην κυκλοφορία όσο και στην οδική ασφάλεια, της κούρασης κατά την οδήγηση σε αστική οδό και αυτοκινητόδρομο. Μέσα από την πειραματική διαδικασία εξετάζεται ταυτόχρονα και η επίδραση άλλων παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί είναι τα χαρακτηριστικά του οδηγού, τα οποία συλλέγονται από ερωτηματολόγιο, ο τύπος της οδού και ο κυκλοφοριακός φόρτος:
α) υψηλός και β) χαμηλός για τον αυτοκινητόδρομο, και χαμηλό για την αστική οδό.

4.2.2 Προσομοιωτής

Η πειραματική διαδικασία διεξήχθη στον προσομοιωτή οδήγησης της εταιρίας Foerst, που διαθέτει το εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για ερευνητικούς σκοπούς. Τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του όπως φαίνονται στην Εικόνα 4.1 (κάθισμα, τιμόνι, γκάζι, φρένο, συμπλέκτης, κιβώτιο ταχυτήτων, κόρνα, μίζα), όσο και το ψηφιακό του περιβάλλον το οποίο διακρίνεται στην Εικόνα 4.2, μέσω τριών LCD οθονών, προσομοιάζουν ρεαλιστικά τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης του συμμετέχοντα.



Εικόνα 4.1: Εξωτερικά Χαρακτηριστικά Προσομοιωτή Οδήγησης



Εικόνα 4.2: Ψηφιακό Περιβάλλον Προσομοιωτή Οδήγησης

Το ψηφιακό περιβάλλον του προσομοιωτή οδήγησης προσφέρει μια ρεαλιστική εμπειρία, μιμούμενο με ακρίβεια την οπτική γωνία του οδηγού. Ο οδηγός έχει πλήρη έλεγχο του οχήματος, λαμβάνοντας οπτικά ερεθίσματα μέσω της οθόνης και των ψηφιακών καθρεπτών. Η ευελιξία του προσομοιωτή επιτρέπει την προσαρμογή του περιβάλλοντος οδήγησης σε ποικίλες συνθήκες. Ο οδηγός μπορεί να βρεθεί σε αστικό ή υπεραστικό δίκτυο, με διαφορετικό κυκλοφορικό φόρτο, καιρικές συνθήκες και φωτισμό. Επιπλέον, ενσωματώνονται απρόβλεπτα "συμβάντα", όπως η εμφάνιση πεζών ή ζώων (Εικόνα 4.3). Αυτά τα "συμβάντα" δρουν ως ερεθίσματα, μελετώντας την αντίδραση και την οδηγική συμπεριφορά του ατόμου σε έκτακτες και πιθανώς επικίνδυνες καταστάσεις. Συνολικά, ο προσομοιωτής οδήγησης προσφέρει ένα ρεαλιστικό και ελεγχόμενο περιβάλλον, ιδανικό για τη μελέτη της οδηγικής συμπεριφοράς σε πλήθος συνθηκών και καταστάσεων.



Εικόνα 4.3: Εμφάνιση Επικίνδυνων Γεγονότων

Ο προσομοιωτής οδήγησης λειτουργεί ως ένα ισχυρό εργαλείο συλλογής δεδομένων. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, καταγράφει έως και 60 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο για κάθε

μεταβλητή που σχετίζεται με την οδηγική συμπεριφορά. Αυτές οι μετρήσεις εξάγονται αυτόματα από το πρόγραμμα σε μορφή κειμένου, δημιουργώντας ένα ξεχωριστό αρχείο για κάθε σενάριο οδήγησης και συμμετέχοντα. Ο πίνακας 4.1 παρουσιάζει αναλυτικά όλες τις καταγεγραμμένες μεταβλητές, όπως ονομάζονται από τον προσομοιωτή οδήγησης, μαζί με μια σύντομη περιγραφή για την καθεμιά.

Πίνακας 4.1: Μεταβλητές Προσομοιωτή Οδήγησης

Μεταβλητή	Εξήγηση
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 meter.
DRicht	distance to the right road board in meter.
Wheel	steering wheel position in degrees.
THead	time to headway, i.e. to collision with the ahead driving vehicle in seconds.
TTL	time to line crossing, time until the road border line is exceeded, in seconds.
TTC	time to collision (all obstacles), in seconds.
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

Τα σενάρια που μελετώνται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι για αστική οδό και αυτοκινητόδρομο. Τα ψηφιακά περιβάλλοντα που παρέχονται από τον προσομοιωτή περιλαμβάνουν μια συγκεκριμένη διαδρομή που παρέχει μία (1) και δύο (2) λωρίδες ανά κατεύθυνση σε διαφορετικά σημεία για την αστική οδό με χαμηλό φόρτο (Εικόνα 4.4) και δύο (2) ή τρεις (3) λωρίδες ανά κατεύθυνση για τον αυτοκινητόδρομο με υψηλό και χαμηλό φόρτο (Εικόνα 4.5). Επιπρόσθετα, κατά μήκος της οδού έχουμε

τοποθετήσει ένα (1) τυχαίο “συμβάν” (απρόβλεπτο γεγονός) - για την αστική οδό και δύο (2) “συμβάντα” για τον αυτοκινητόδρομο, καθώς και κατάλληλη σήμανση.



Εικόνα 4.4: Σενάριο Αστικής Οδού – Χαμηλός Φόρτος

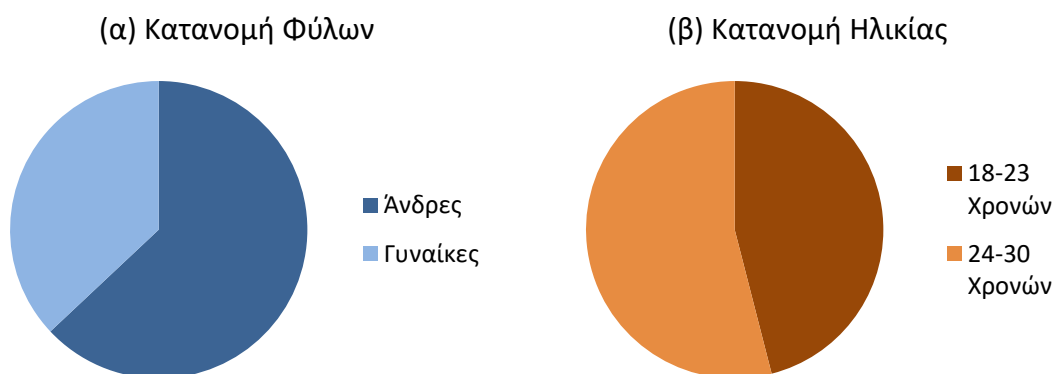


Εικόνα 4.5: Σενάριο Αυτοκινητοδρόμου – Χαμηλός Φόρτος

Σε πρώτο χρόνο, οι οδηγοί οι οποίοι συμμετείχαν στο πείραμα οδήγησαν στον προσομοιωτή οδήγησης σύμφωνα με την τυπική οδηγική τους συμπεριφορά και με επάρκεια ύπνου. Σε δεύτερο χρόνο, οι οδηγοί προσήλθαν στον προσομοιωτή χωρίς να έχουν κοιμηθεί το προηγούμενο βράδυ και οδήγησαν στα αντίστοιχα σενάρια.

4.2.4 Συμμετέχοντες

Για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης, επιλέχθηκαν ως ομάδα δείγματος 35 εθελοντές οδηγοί, 22 άντρες και 13 γυναίκες. Όλοι οι οδηγοί είναι νεαρής ηλικίας (18 – 30 ετών) και έχουν στην κατοχή τους δίπλωμα οδήγησης. Ένα επιπλέον κοινό στοιχείο των οδηγών, είναι το γεγονός ότι έχουν σημαντική εμπειρία οδήγησης, γεγονός το οποίο μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε μια βάση δεδομένων με ορθολογικά και ρεαλιστικά χαρακτηριστικά. Οι εθελοντές χωρίστηκαν σε δύο ηλικιακές ομάδες, των 18-23 και 24-30 ετών, ώστε να διαφοροποιηθεί η οδηγική τους συμπεριφορά βάσει της οδηγικής τους εμπειρίας, καθώς οι νέοι ηλικιακά οδηγοί κατέχουν μικρότερη εμπειρία στην οδήγηση. Από τους 35 οδηγούς που συμμετείχαν στο πείραμα, οι 16 ανήκουν στην πρώτη ηλικιακή ομάδα και οι 19 στη δεύτερη. Τα ποσοστά της κατανομής τους σύμφωνα με το γράφημα 4.1 είναι βάσει του φύλου 62,8% άντρες, 37,2% γυναίκες και βάσει της ηλικιακής ομάδας 46% ηλικίας 18-23 και 54% 24-30 ετών.



Γράφημα 4.1: Κατανομή (α) φύλου και (β) ηλικιακής ομάδας συμμετεχόντων

4.2.5 Προετοιμασία και Εφαρμογή Πειράματος

Το πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης έλαβε χώρα μεταξύ τέλη Οκτωβρίου και μέσα Νοεμβρίου του 2023 και συμμετείχαν 35 εθελοντές οδηγοί. Για τη σωστή εφαρμογή του πειράματος ήταν αναγκαία η προετοιμασία των σεναρίων καθώς και το σχέδιο υλοποίησης τους, ώστε να επιτευχθούν όμοιες συνθήκες για όλους τους οδηγούς. Αρχικά, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Έπειτα κλήθηκαν να οδηγήσουν για μερικά λεπτά σε μια δοκιμαστική διαδρομή στον προσομοιωτή οδήγησης, διαφορετική από αυτή των σεναρίων, με σκοπό να αποφευχθούν τυχόν λάθη που οφείλονται στις ιδιαιτερότητες και τις διαφορές του περιβάλλοντος προσομοίωσης και του ίδιου του προσομοιωτή οδήγησης σε σχέση με τις πραγματικές οδηγικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, η δοκιμαστική διαδρομή τελείωνε όταν ο συμμετέχοντας είχε αποκτήσει επαρκή εξοικείωση με τους παράγοντες που διαφέρουν από το συμβατικό αυτοκίνητο, όπως η θέση του κιβωτίου ταχυτήτων και η αίσθηση του τιμονιού. Μετά τη δοκιμαστική διαδρομή, οι 35 συμμετέχοντες κλήθηκαν να οδηγήσουν στον προσομοιωτή οδήγησης σε δύο (2) περιβάλλοντα, το ένα αστικό με χαμηλό φόρτο και το άλλο σε αυτοκινητόδρομο με χαμηλό και υψηλό φόρτο αντίστοιχα.

Ύστερα από κάποιες μέρες ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να προσέλθουν ξανά, χωρίς να έχουν κοιμηθεί το προηγούμενο βράδυ και να οδηγήσουν εκ νέου τα δύο (2) οδηγικά περιβάλλοντα - στα οποία όμως τα συμβάντα (απρόβλεπτα γεγονότα) είχαν τοποθετηθεί σε διαφορετικές θέσεις. Επιπλέον, η σειρά που εκτελούνταν τα σενάρια ήταν τυχαία, δηλαδή δεν υπήρχε σταθερή αλληλουχία των διαδρομών από τον κάθε οδηγό. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται το φαινόμενο της δυσκολίας προσαρμογής στο πρώτο σενάριο καθώς το γεγονός αυτό, θα ήταν πολύ πιθανό να οδηγήσει σε αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Ο συντονιστής του πειράματος κατέγραφε τη σειρά των σεναρίων που οδηγούσε ο κάθε συμμετέχοντας καθώς και τυχόν παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος που θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη στην επερχόμενη ανάλυση. Στα σενάρια της αστικής οδού είχε τοποθετηθεί μόνο ένα (1) συμβάν και μόνο χαμηλός φόρτος (Εικόνα 4.6), ενώ σε αυτά του αυτοκινητοδρόμου δύο (2) συμβάντα με υψηλό και χαμηλό φόρτο.



Εικόνα 4.6: Στιγμιότυπο από την Προσομοίωση σε Αστική Οδό

4.3 Επεξεργασία Στοιχείων

4.3.1 Επεξεργασία Ερωτηματολογίων

Αφού ολοκληρώθηκε η πειραματική διαδικασία, πραγματοποιήθηκε η καταγραφή και η επεξεργασία των ερωτηματολογίων των 35 οδηγών ώστε να συμπεριληφθούν τα στοιχεία στη βάση δεδομένων για τις ανάγκες της Διπλωματικής Εργασίας. Για την καταχώρηση των στοιχείων ήταν απαραίτητο να γίνει κωδικοποίηση των ερωτήσεων και των μεταβλητών με κάποιο λογικό και κοινό σύστημα όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Ονομασία Μεταβλητών Ερωτηματολογίου / Κωδικοποίηση Απαντήσεων

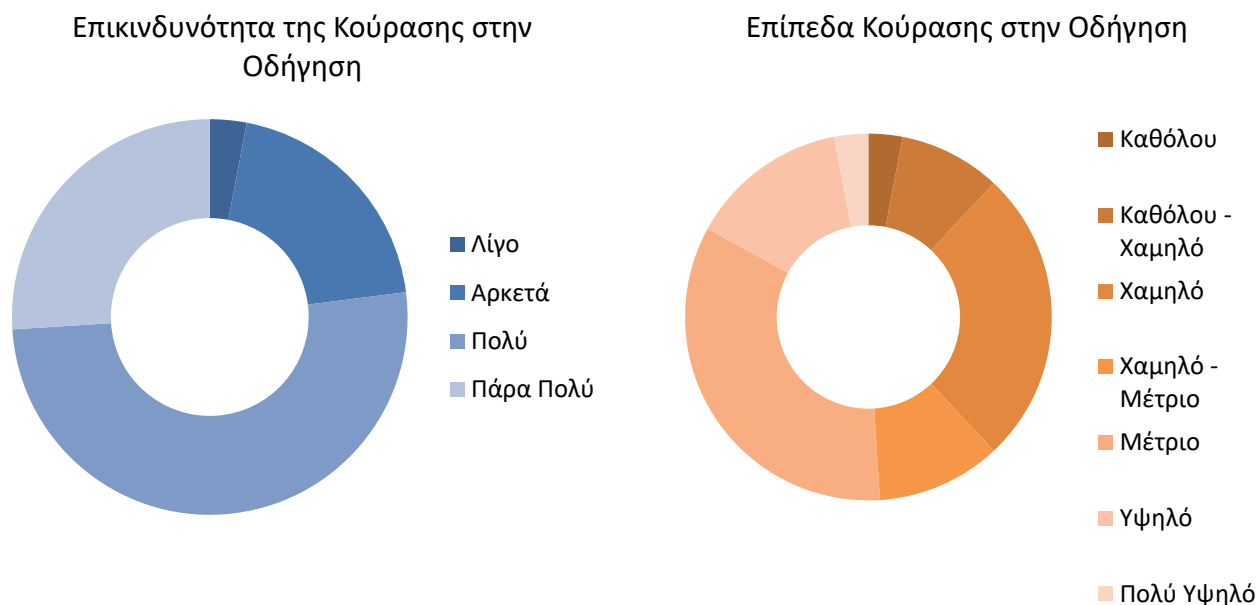
	ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ								
			0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [>7]
A1	Πόσα χρόνια έχετε δίπλωμα οδήγησης	years_license	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [>7]
A2	Πόσα χρόνια οδηγείτε	years_drive	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [>7]
A3	Πόσες μέρες την εβδομάδα οδηγείται σε αυτοκινητόδρομο	days_perweek_highway	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [λιγότερες]	
A4	Πόσες μέρες την εβδομάδα οδηγείται εντός πόλης	days_perweek_urban	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [6]	7: [7]	8: [λιγότερες]	
A5	Πόσα χιλιόμετρα την εβδομάδα οδηγείται σε αυτοκινητόδρομο	km_perweek_highway	1: [<20]	2: [20-50]	3: [50-100]	4: [100-150]	5: [>150]				
A6	Πόσα χιλιόμετρα την εβδομάδα οδηγείται εντός πόλης	km_perweek_urban	1: [<20]	2: [20-50]	3: [50-100]	4: [100-150]	5: [>150]				
A7	Πόσες διαδρομές την εβδομάδα οδηγείται σε αυτοκινητόδρομο	routes_perday_highway	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [>5]		
A8	Πόσες διαδρομές την εβδομάδα οδηγείται εντός πόλης	routes_perday_urban	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [4]	5: [5]	6: [>5]		
B1	Πόσο σας αρέσει η οδήγηση	driving_liking	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [αρκετά]	4: [πολύ]	5: [πάρα πολύ]				
B2	Πόσα συχνά οδηγείται σε αυτοκινητόδρομο	fatigue_driving_freq_highway	1: [καθόλου]	2: [σπάνια]	3: [μερικές φορές]	4: [συχνά]	5: [συνέχεια]				
B3	Πόσα συχνά οδηγείται εντός πόλης	fatigue_driving_freq_urban	1: [καθόλου]	2: [σπάνια]	3: [μερικές φορές]	4: [συχνά]	5: [συνέχεια]				
B4	Με ποιους τρόπους αλλάζετε τη συμπεριφορά σας, όταν είστε κουρασμένος/η ενώ οδηγείται	fatigue_driving_behavior_change	1: [ακινητοποίηση]	2: [επιβράδυνση]	3: [επιτάχυνση]	4: [οδήγηση στην άκρη]	5: [συννομιλία τηλ./συνεπιβάτης]	6: [ρόφημα καφέ/ινγκ]	7: [άνοιγμα παραθύρου]	8: [καμία αλλαγή]	
B5	Πόσο επικίνδυνη θεωρείται την επιρροή της κόρασης στην οδήγηση	fatigue_driving_danger_estimation	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [αρκετά]	4: [πολύ]	5: [πάρα πολύ]				
B6	Με ποια από τα παρακάτω επίπεδα κόρασης οδηγείτε	fatigue_levels_driving	1: [καθόλου]	2: [χαμηλό]	3: [μέτριο]	4: [υψηλό]	5: [πολύ υψηλό]				
B7	Ποια συμπτώματα παρουσιάζεται εξαιτίας της κόρασης στην οδήγηση	fatigue_driving_symptoms	1: [τάση για ύπνο]	2: [χαμηλή συγκέντρωση]	3: [χασμουρητό]	4: [ανοιγόκλειμα ματιών]	5: [κανένα σύμπτωμα]	6: [Άλλο]			
C1	Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο	accidents_material_damage	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]				
C2	Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί ως οδηγός με παθόντες	accidents_patrons	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]				
C3	Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί ως οδηγός ενώ ήσασταν κουρασμένος/η με υλικές ζημιές μόνο	fatigue_amd	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]				
C4	Σε πόσα ατυχήματα έχετε εμπλακεί ως οδηγός ενώ ήσασταν κουρασμένος/η με παθόντες	fatigue_ap	0: [0]	1: [1]	2: [2]	3: [3]	4: [>3]				
D1	Ηλικία	age									
D2	Φύλο	gender	1: [Αντρας]	2: [Γυναίκα]	3: [Άλλο]						
D3	Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση	marital_status	1: [Ανύπαντρος/η]	2: [Παντρεμένος/η]	3: [Διαζευγμένος/η]	4: [Χήρος/α]					
D4	Ποιο είναι το οικογενειακό σας εισόδημα	annual_family_income	1: [<10000]	2: [10000-25000]	3: [>25000]						
D5	Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο	educational_level	1: [Πρωτοβάθμια]	2: [Δευτεροβάθμια]	3: [ΑΕΙ]	4: [Μεταπτυχιακό]	5: [Διδακτορικό]	6: [άλλο]			
E1	Πόσες ώρες κοιμηθήκατε την προηγούμενη μέρα	sleep_hrs									
E2	Πόσες ώρες είστε ξύπνιος	hrs_awake									
E3	Πόσες ώρες κατά μέσο όρο κοιμηθήκατε τη μέρα, την προηγούμενη εβδομάδα	last_week_avg_sleep_hrs_perday									
E4	Κάνετε κάποια χειρωνακτική εργασία ή γυμναστική σήμερα	manual_labor_exercise	1: [ναι]	2: [όχι]							
E5	Αν ναι, πόσο έντονη	intense_level_mle	0: [ήπια]	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [αρκετά]	4: [πολύ]				
E6	Πόσο κουρασμένος/η νιώθετε τώρα	fatigue_level_feel	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [αρκετά]	4: [πολύ]	5: [πάρα πολύ]				

Μετά την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης καταγράφηκαν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων σε έναν συγκεντρωτικό πίνακα (35 συμμετέχοντες επί 30 ερωτήσεις), του οποίου απόσπασμα φαίνεται στην Εικόνα 4.7.

Participant	log	fatigue	Volume	scenario	years_license	years_drive	days_perweek	km_perweek	routes_per_day	driving_liking	fatigue_driving_freq	fatigue_driving_behavior_change
1	U1	0	0	2	6	8	7	2	4	5	3	4.5
1	U2	1	0	1	6	8	7	2	4	5	3	4.5
10	U1	0	0	1	5	1	6	4	5	4	4	5
10	U2	1	0	2	5	1	6	4	5	4	4	5
11	U1	0	0	1	9	5	4	4	2	3	3	7
11	U2	1	0	2	9	5	4	4	2	3	3	7
12	U1	0	0	1	4	4	4	1	2	4	3	3
12	U2	1	0	2	4	4	4	1	2	4	3	3
13	U1	0	0	1	5	5	3	3	1	5	3	8
13	U2	1	0	2	5	5	3	3	1	5	3	8
14	U1	0	0	2	7	7	8	1	0	4	2	5
14	U2	1	0	1	7	7	8	1	0	4	2	5
15	U1	0	0	2	1	1	1	1	2	2	3	2
15	U2	1	0	1	1	1	1	1	2	2	3	2
16	U1	0	0	1	6	6	5	2	4	2	3	6
16	U2	1	0	2	6	6	5	2	4	2	3	6
17	U1	0	0	2	6	4	5	2	4	2	3	6
17	U2	1	0	1	6	4	5	2	4	2	3	6
18	U1	0	0	2	2	1	8	2	4	4	3	5.5
18	U2	1	0	1	2	1	8	2	4	4	3	5.5

Εικόνα 4.7: Απόσπασμα Πίνακα Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίου

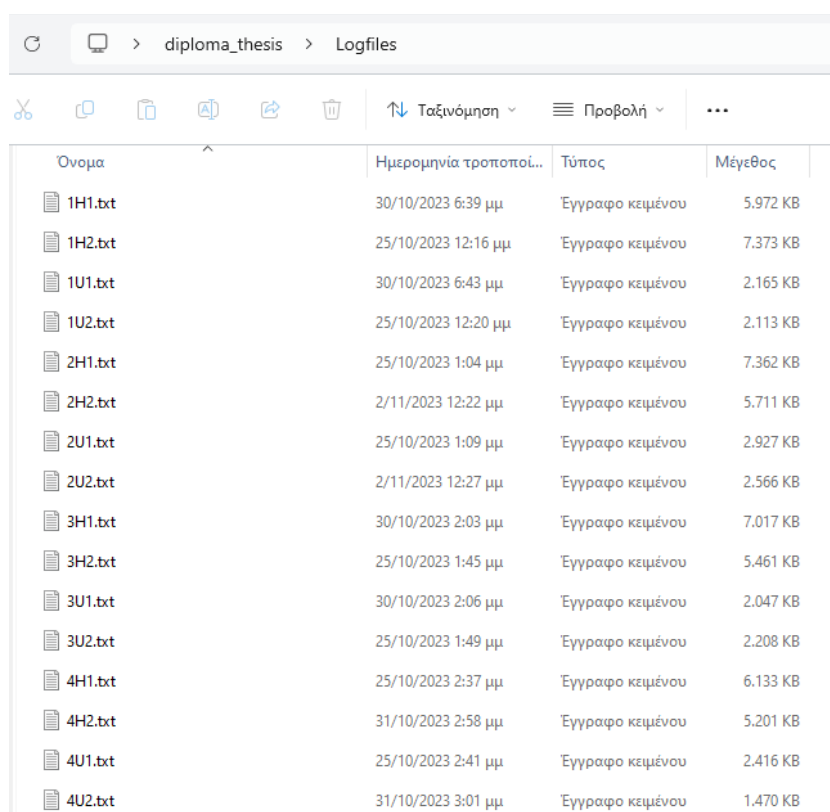
Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία από τα ερωτηματολόγια που αφορούν στην κούραση των οδηγών. Σύμφωνα με το Γράφημα 4.2, αξίζει να επισημανθεί ότι από το δείγμα το 51% των οδηγών θεωρεί την κούραση πολύ επικίνδυνη στην οδήγηση και το 26% πάρα πολύ επικίνδυνη. Επίσης, σύμφωνα με τους συμμετέχοντες το 14% οδηγάει με υψηλά επίπεδα κούρασης, ενώ το 3% με πολύ υψηλά.



Γράφημα 4.2: Αποτελέσματα Ερωτηματολογίου Σχετικά με την Κούραση

4.3.2 Επεξεργασία Μετρήσεων Πειράματος

Έχοντας ολοκληρωθεί οι μετρήσεις, πραγματοποιήθηκε η συλλογή και η οργάνωση των στοιχείων που εξάγονται από τον προσομοιωτή οδήγησης σε μορφή κειμένου (*.txt). Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, γινόταν η καταγραφή έως και 60 τιμών το δευτερόλεπτο για κάθε μια από τις μεταβλητές. Για την επεξεργασία των μετρήσεων, δημιουργήθηκε ένας φάκελος Logfiles με τα αρχεία (*.txt) του κάθε συμμετέχοντα και για τα τέσσερα (4) σενάρια που κλήθηκε να οδηγήσει. Τα ονόματα των αρχείων που περιλαμβάνει ο φάκελος αποτελούνται από τον αύξοντα αριθμό του συμμετέχοντα και το σενάριο όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.8, όπου παρατίθεται ένα απόσπασμα με τη μορφή του φακέλου Logfiles και την κωδικοποίηση των ονομασιών των αρχείων (*.txt). Για την ακρίβεια ο αριθμός στην αρχή της ονομασίας συμβολίζει τον αριθμό του συμμετέχοντα. Το H (Highway) συμβολίζει τον αυτοκινητόδρομο, το U (Urban) συμβολίζει το αστικό δίκτυο και οι δείκτες 1 και 2 συμβολίζουν τα σενάρια που εκτελέστηκαν ακούραστα και κουρασμένα αντίστοιχα.



Όνομα	Ημερομηνία τροποποι...	Τύπος	Μέγεθος
1H1.txt	30/10/2023 6:39 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.972 KB
1H2.txt	25/10/2023 12:16 μμ	Εγγραφο κειμένου	7.373 KB
1U1.txt	30/10/2023 6:43 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.165 KB
1U2.txt	25/10/2023 12:20 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.113 KB
2H1.txt	25/10/2023 1:04 μμ	Εγγραφο κειμένου	7.362 KB
2H2.txt	2/11/2023 12:22 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.711 KB
2U1.txt	25/10/2023 1:09 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.927 KB
2U2.txt	2/11/2023 12:27 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.566 KB
3H1.txt	30/10/2023 2:03 μμ	Εγγραφο κειμένου	7.017 KB
3H2.txt	25/10/2023 1:45 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.461 KB
3U1.txt	30/10/2023 2:06 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.047 KB
3U2.txt	25/10/2023 1:49 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.208 KB
4H1.txt	25/10/2023 2:37 μμ	Εγγραφο κειμένου	6.133 KB
4H2.txt	31/10/2023 2:58 μμ	Εγγραφο κειμένου	5.201 KB
4U1.txt	25/10/2023 2:41 μμ	Εγγραφο κειμένου	2.416 KB
4U2.txt	31/10/2023 3:01 μμ	Εγγραφο κειμένου	1.470 KB

Εικόνα 4.8: Απόσπασμα Κωδικοποίησης Αρχείων (*.txt) στον Φάκελο Logfiles

4.4 Βάση Δεδομένων

Το αποτέλεσμα των διαδικασιών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα 4.3.2 οδήγησαν στη δημιουργία ενός συγκεντρωτικού πίνακα (mastertable), απόσπασμα του οποίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.9. Ακόμα, για τη δημιουργία του συγκεντρωτικού πίνακα, προστέθηκαν τα στοιχεία του ερωτηματολογίου του κάθε συμμετέχοντα όπως κωδικοποιήθηκαν και απεικονίζονται στην Εικόνα 4.7.

Avg_x-pos	Avg_y-pos	Avg_z-pos	Avg_yaw	Avg_road	Avg_richt	Avg_rdist	Avg_rspur	Avg_ralpha	Avg_Dist
83,56346027	-0,01	-131,7284301	-0,835221845	62,77505416	0,64736062	39,18388895	4,625245696	2,580072192	706,7234
159,6157149	-0,01	-126,522676	-0,456996996	65,23321555	0,618238652	38,8285689	5,189929329	3,240267736	626,0251
111,4216085	-0,01	-134,8613849	-0,715927056	64,30796391	0,635935661	38,68400026	2,676861514	2,531761593	680,223
131,3451902	-0,009998591	-143,7661514	-0,649140474	67,2171646	0,600197294	40,42473506	2,895869504	2,185955073	672,5236
66,98701786	-0,01	-152,4107115	-0,60111283	65,61373626	0,66043956	41,72302198	4,581248626	2,940790577	759,6796
63,85433285	-0,01	-144,3961159	-0,68565035	64,18041441	0,666490696	40,19724693	4,8367045	2,748050244	745,2684
112,527349	-0,01	-124,4899273	-1,116523299	62,52803142	0,648404516	39,75381934	3,495415808	2,566735552	666,5503
133,8696815	-0,007922345	-126,0073883	-0,848982647	63,04928685	0,586529319	40,25770523	4,604204437	2,021860491	653,4632
110,3625502	-0,01	-135,4106116	-0,384688375	64,27842791	0,600574078	37,78258777	5,120272687	3,412658589	684,0519
78,21242617	-0,01	-141,3675225	-0,641446278	62,97789567	0,616976127	39,701229	2,491655172	3,133681061	724,8594
114,19827	-0,01	-120,4315654	-0,843620703	61,05274262	0,639803094	39,19763572	5,326272855	2,767596484	666,5952
102,7866468	-0,01	-119,1222529	-0,671329397	59,86189907	0,671693043	40,01105255	3,936937892	2,85684152	676,428
123,5389206	-0,01	-123,7959245	-0,787075881	62,7146797	0,614140654	37,88343488	3,158939451	3,126336931	653,7067
107,017165	-0,005083664	-169,5815108	-0,459439136	69,99410136	0,641266402	38,04845432	4,468932226	2,147441146	727,3269
101,7997468	-0,01	-157,4647481	-0,551337996	68,80305466	0,613612004	40,21674571	4,813972401	2,56486727	719,3716

Εικόνα 4.9: Απόσπασμα Πίνακα από την Επεξεργασία Μετρήσεων του Πειράματος

4.5 Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση των δεδομένων, κρίθηκε χρήσιμο να παρουσιαστούν ενδεικτικά χαρακτηριστικά των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης, ώστε να δημιουργηθεί μια πρώτη εικόνα πιθανής συσχέτισης μεταξύ των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών.

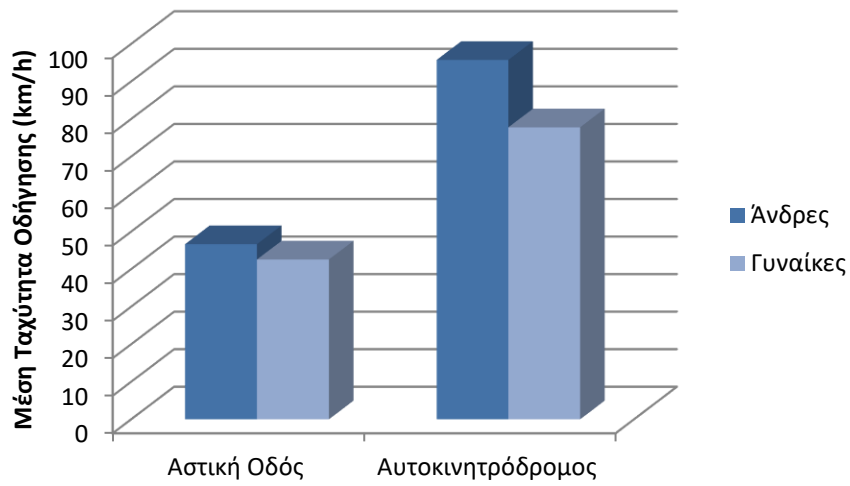
Συγκεκριμένα, βάσει του Πίνακα 4.3. παρατηρείται ότι:

- Η ταχύτητα οδήγησης παρουσιάζεται αυξημένη στα σενάρια που οι συμμετέχοντες οδήγησαν κουρασμένοι.
- Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα φαίνεται να μειώνεται όταν οι συμμετέχοντες οδήγησαν κουρασμένοι.
- Ο χρόνος αντίδρασης αντίστοιχα φαίνεται να αυξάνεται στις περιπτώσεις όπου οι συμμετέχοντες του πειράματος ήταν κουρασμένοι.

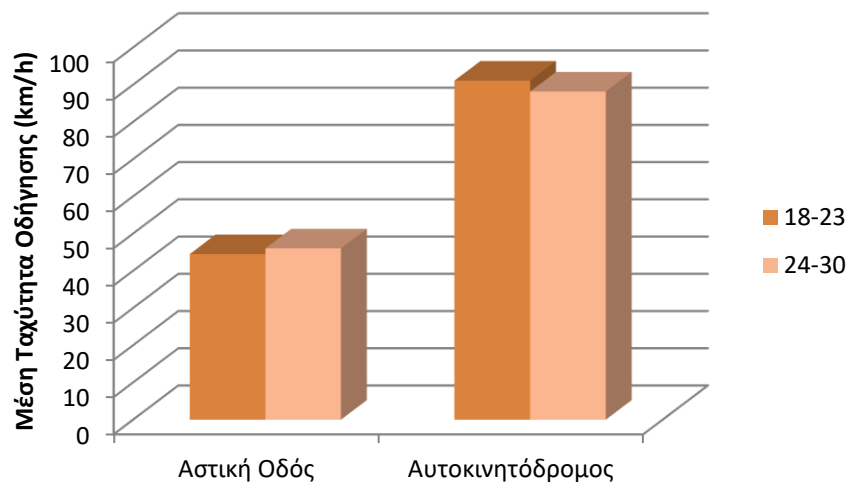
Πίνακας 4.3: Βασικές Τιμές Μετρήσεων για Κάθε Σενάριο Οδήγησης

	Αστική Οδός / Χωρίς Κούραση	Αστική Οδός / Με Κούραση	Αυτοκινητόδρομος / Χωρίς Κούραση	Αυτοκινητόδρομος / Με Κούραση
Ταχύτητα (km/h)	41,67018	48,37225	83,6941	96,86867
Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα (m)	132,4252	105,0395	120,1949	106,1925
Χρόνος Αντίδρασης (sec)	1,3494	1,7815	1,5733	1,71586

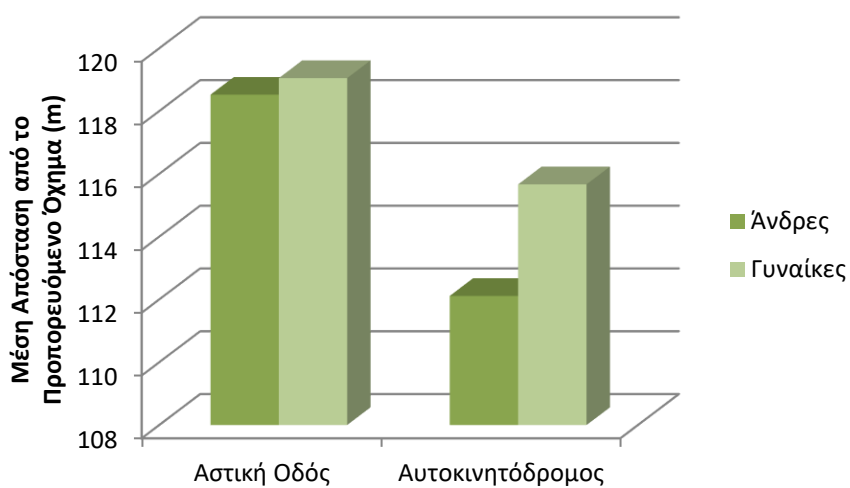
Τέλος, παρουσιάζεται η σύγκριση των ενδεικτικών χαρακτηριστικών οδήγησης που αναφέρθηκαν παραπάνω ως προς το φύλο και την ηλικιακή ομάδα του οδηγού με τα παρακάτω γραφήματα (Γραφήματα 4.3-4.8).



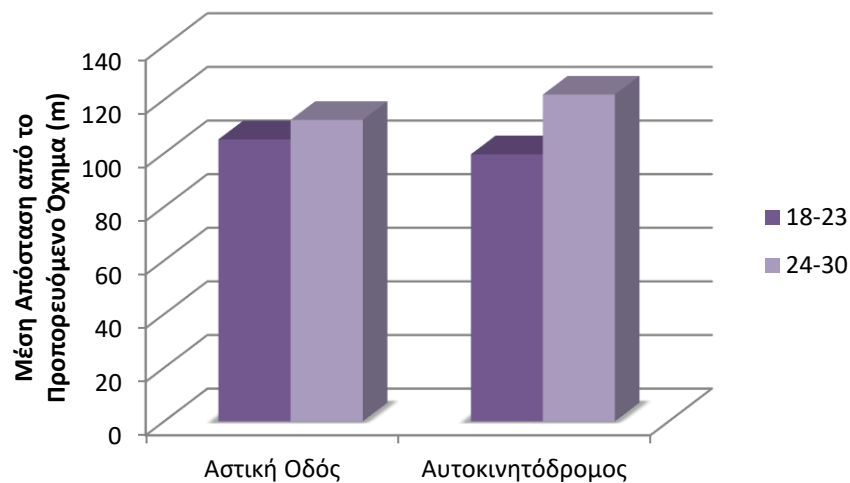
Γράφημα 4.3: Μέση Ταχύτητα ανά Φύλο



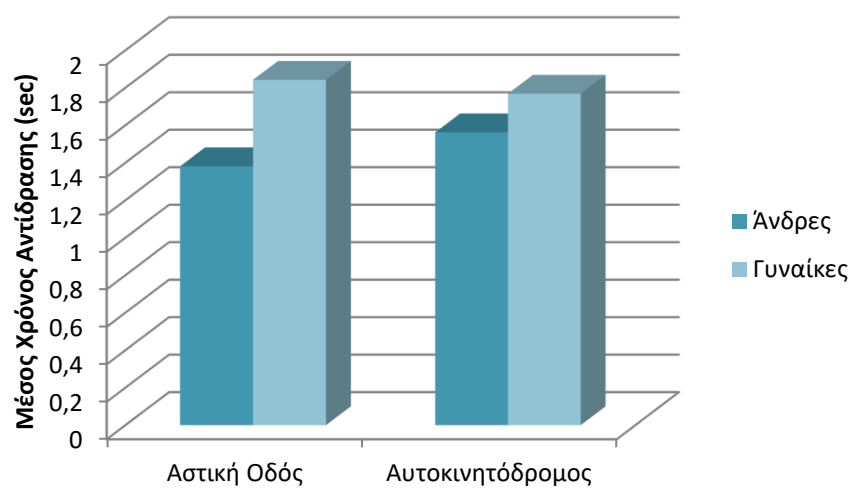
Γράφημα 4.4: Μέση Ταχύτητα ανά Ηλικιακή Ομάδα



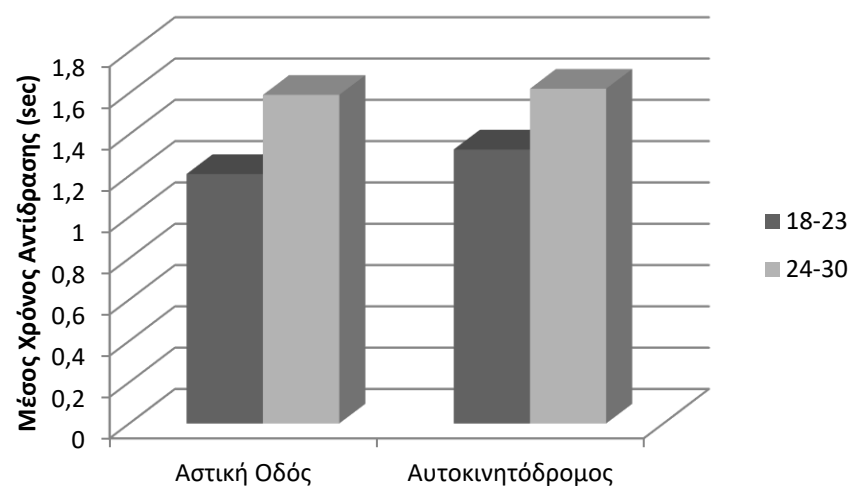
Γράφημα 4.5: Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα ανά Φύλο



Γράφημα 4.6: Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα ανά Ηλικιακή Ομάδα



Γράφημα 4.7: Μέσος Χρόνος Αντίδρασης ανά Φύλο



Γράφημα 4.8: Μέσος Χρόνος Αντίδρασης ανά Ηλικιακή Ομάδα

5. Εφαρμογή Μεθοδολογίας και Αποτελέσματα

5.1 Γενικά

Αυτό το κεφάλαιο εστιάζει στην εφαρμογή κατάλληλης μεθοδολογίας για την ανάπτυξη τεσσάρων (4) μαθηματικών μοντέλων, εστιάζοντας στα αποτελέσματα που προέκυψαν. Τα μοντέλα εστιάζουν στη μέση ταχύτητα οδήγησης, τον μέσο χρόνο αντίδρασης, τη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και την αναπτυσσόμενη επιτάχυνση. Χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού R, τα μοντέλα δημιουργήθηκαν από τις βάσεις δεδομένων. Πραγματοποιήθηκαν πολλές δοκιμές για την επιλογή των κατάλληλων μοντέλων, τα οποία πληρούν όλα τα κριτήρια αποδοχής.

Για κάθε μοντέλο παρουσιάζονται:

- Η εξίσωση, η οποία περιλαμβάνει τα στοιχεία των μεταβλητών, μαζί με την επεξήγησή τους.
- Η στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου.
- Η ποιότητα του μοντέλου, η οποία υποδηλώνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου.
- Η διαχωρισμένη συσχέτιση των μεταβλητών του σε διακριτές και συνεχείς με τη μέθοδο Spearman και Pearson, αντίστοιχα.

Τέλος, παρουσιάζονται μερικά χρήσιμα χαρακτηριστικά των μεταβλητών, σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική όπως: συχνότητα, ποσοστά, σύνολο τιμών, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή, μέση τιμή, τυπική απόκλιση, βαθμός επιρροής και ανάλυση ευαισθησίας. Συνολικά, η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε οδήγησε στην ανάπτυξη τεσσάρων (4) αξιόπιστων μαθηματικών μοντέλων, τα οποία μπορούν να χρησιμεύσουν για την πρόβλεψη και ανάλυση σημαντικών παραμέτρων.

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 δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

$$\text{Avg_Speed} = 11,962 + 7,074 \text{ fatigue} + 49,526 \text{ Ur_Hw} + 0,763 \text{ hrs_awake} + 2,896 \text{ routes_per_day} + 3,107 \text{ fatigue_driving_behavior_change}$$

όπου

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

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

Ανεξάρτητες Μεταβλητές:

fatigue: Οδήγηση με κούραση ή χωρίς κούραση | Χωρίς κούραση: 0, Με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Ur_Hw: Οδήγηση σε αστική οδό (urban) ή αυτοκινητόδρομο (highway) | αστική οδός: 0, αυτοκινητόδρομος: 1 (διακριτή μεταβλητή)

hrs_awake: Πόσες ώρες έχει να κοιμηθεί ο οδηγός (συνεχής μεταβλητή)

routes_per_day: Πόσες διαδρομές κάνει κάθε μέρα ο οδηγός σε αστική οδό και πόσες σε αυτοκινητόδρομο | 0:0, 1:1, 2:2, 3:3, 4:4, 5:5, >5:6 (διακριτή μεταβλητή)

fatigue_driving_behavior_change: Με ποιους τρόπους αλλάζουν τη συμπεριφορά τους οι οδηγοί όταν είναι κουρασμένοι (μέσος όρος των απαντήσεων) | Ακινητοποίηση του οχήματος: 1, Μείωση ταχύτητας: 2, Αύξηση ταχύτητας: 3, Οδήγηση στην άκρη της οδού: 4, Χρήση κινητού τηλεφώνου ή συνομιλία με συνεπιβάτες: 5, Κατανάλωση ενεργειακού ροφήματος: 6, Άνοιγμα παραθύρου: 7, Καμία αλλαγή στη συμπεριφορά: 8 (συνεχής μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. είναι μικρότερες από 0,05. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.1: Στοιχεία των Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

	Estimate	Std.Error	t value	Sig
(Constant)	11,962	5,406	2,213	0,028*
fatigue	7,074	2,881	2,456	0,015*
Ur_Hw	49,526	2,896	17,103	0,000***
hrs_awake	0,763	0,296	2,582	0,011*
routes_per_day	2,896	0,813	3,562	0,000***
fatigue_driving_behavior_change	3,107	0,754	4,119	0,000***

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99% *** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99,9%

Σύμφωνα με τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης συμπεραίνονται τα εξής:

Η κούραση οδηγεί σε αυξημένες ταχύτητες σε σχέση με την οδήγηση χωρίς κούραση. Η κούραση μπορεί να εντείνει το άγχος και την πίεση, οδηγώντας σε επιθετική οδήγηση ή υπερβολική ταχύτητα για να "φτάσει" ο οδηγός γρήγορα στον προορισμό του.

Η μεταβλητή Ur_Hw έχει χρησιμοποιηθεί καθώς στον mastertable κρίθηκε αναγκαίο να ενσωματωθούν σε ενιαίο πίνακα τα δεδομένα από την αστική οδό και τον αυτοκινητόδρομο ώστε η ανάλυση να καταλήξει στα βέλτιστα μαθηματικά μοντέλα. Παρόλο που ο συντελεστής της μεταβλητής έχει ένα προφανές αποτέλεσμα της **αυξημένης ταχύτητας στον αυτοκινητόδρομο** συγκριτικά με την αστική οδό, η μεταβλητή είναι αναγκαία σαν εργαλείο για τη λειτουργία του εν λόγω μοντέλου.

Η αύξηση των ωρών που είναι ξύπνιος ο οδηγός οδηγεί σε αυξημένες ταχύτητες. Το παραπάνω δεδομένο έρχεται να υποστηρίξει και την αρχική συσχέτιση της κούρασης με την ταχύτητα. Οι παραπάνω ώρες που ένας οδηγός παραμένει ξύπνιος και άρα αυξάνεται η κούραση λόγω έλλειψης ύπνου καταλήγει στην αύξηση της αναπτυσσόμενης ταχύτητας.

Η αύξηση των διαδρομών που εκτελεί ο οδηγός κατά μέσο όρο μέσα σε μια μέρα αυξάνουν τη μέση ταχύτητα. Το εύρημα αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί καθώς η αύξηση των διαδρομών συνδράμει και αυτή στην αύξηση της κούρασης και την εξοικείωση του οδηγού με το όχημα και το περιβάλλον. Παράλληλα, η συχνή καθημερινή χρήση του αυτοκινήτου

αυξάνει την πίεση και το άγχος, ενώ η μονοτονία και η ρουτίνα οδηγούν συχνά στην αύξηση της ταχύτητας.

Σύμφωνα με το παραπάνω αποτέλεσμα του μοντέλου **όσο πιο ήπια είναι τα μέτρα που λαμβάνει ο οδηγός για την αντιμετώπιση της κούρασης κατά την οδήγηση, τόσο πιο πολύ αυξάνεται η ταχύτητα**. Το παραπάνω εύρημα έρχεται και αυτό σε συμφωνία με την ευρύτερη εικόνα που έχουν διαμορφώσει οι προηγούμενες μεταβλητές για το μοντέλο. Όταν ο οδηγός δεν λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα για να ελαχιστοποιήσει την επίδραση της κούρασης στην οδηγική του συμπεριφορά, τόσο περισσότερο καταλήγει να οδηγεί σε υψηλότερες ταχύτητες.

5.2.2 Στατιστική Σημαντικότητα και Ποιότητα Μοντέλου

Παρατηρείται πολύ καλή προσαρμογή του μοντέλου, καθώς ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου R^2 έχει τιμή 0,693 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2: Ποιότητα Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

R	0,833
R Square	0,693
Adjusted R Square	0,683
Std. Error of the Estimate	16,44

5.2.3 Συσχέτιση Μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους μεταξύ διακριτών και συνεχών μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Ur_Hw, και routes_per_day) και προέκυψε ο Πίνακας 5.3 που παρουσιάζεται στη συνέχεια. Παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς οι τιμές κυμαίνονται κοντά στο 0,4.

Πίνακας 5.3: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

			fatigue	Ur_Hw	routes_per_day
Spearman's rho	fatigue	Correlation Coefficient	1	0	0
	Ur_Hw	Correlation Coefficient	0	1	-0,460
	routes_per_day	Correlation Coefficient	0	-0,460	1

Αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκε η συσχέτιση των συνεχών μεταβλητών με τη συσχέτιση Pearson, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.4). Η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν παρουσιάζεται υψηλή καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0,4.

Πίνακας 5.4: Συσχέτιση Συνεχών Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

Pearson's rho			hrs_awake	fatigue_driving_behavior_change
	hrs_awake	Correlation Coefficient	1	-0,171
	fatigue_driving_behavior_change	Correlation Coefficient	-0,171	1

5.2.4 Περιγραφική Στατιστική Μεταβλητών

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.5) παρουσιάζονται χαρακτηριστικά για την κάθε διακριτή μεταβλητή σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως η συχνότητα και τα ποσοστά.

Πίνακας 5.5: Περιγραφική Στατιστική των Διακριτών Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

Valid	fatigue			Valid	routes_per_day		
		Frequency	Percent			Frequency	Percent
	0	81	50%		0	54	33%
	1	81	50%		1	26	16%
Valid	Ur_Hw			Valid			
		Frequency	Percent		2	40	25%
	0	70	43%		3	16	10%
	1	92	57%		4	12	7%
Total			162	Total			162

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική.

Πίνακας 5.6: Περιγραφική Στατιστική των Συνεχών Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
hrs_awake	162	1	28	10,154	4,964
fatigue_driving_behavior_change	162	2	8	4,677	1,750

5.2.5 Βαθμός Επιρροής Μεταβλητών

Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη μέση ταχύτητα οδήγησης, 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 και στον Πίνακα 5.7, τη μεγαλύτερη επιρροή στην μέση ταχύτητα οδήγησης παρατηρείται ότι την έχει το σενάριο οδήγησης σε αστική οδό ή αυτοκινητόδρομο. Πιο συγκεκριμένα, η επιρροή του περιβάλλοντος είναι 17 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή που έχει ο αριθμός των διαδρομών που πραγματοποιεί ο οδηγός εντός μίας μέρας, όπου παρουσιάζει τη μικρότερη επιρροή. Αντίστοιχα, η επιρροή της κούρασης στη μέση ταχύτητα οδήγησης είναι 2,4 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή

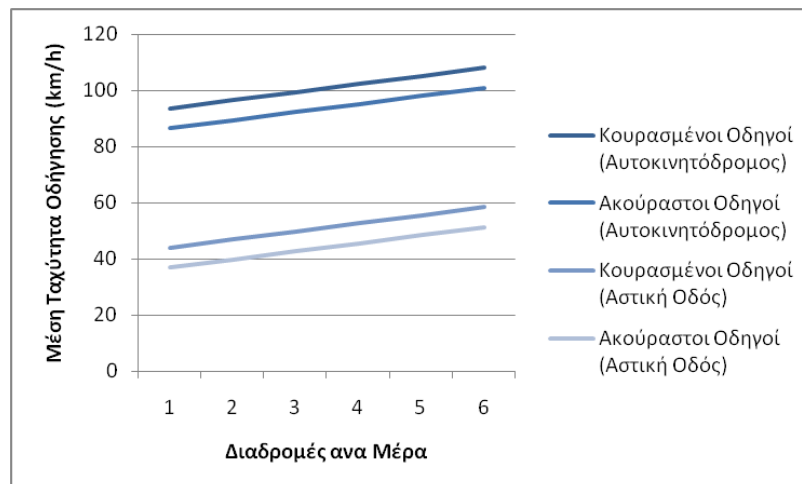
του αριθμού διαδρομών. Για τις συνεχείς μεταβλητές, τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση ταχύτητα παρατηρείται να την έχει ο αριθμός των ωρών που έχει παραμείνει ξύπνιος ο οδηγός. Συγκεκριμένα, έχει επιρροή 2 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή με τη μικρότερη τιμή, δηλαδή τη μεταβλητή του τρόπου αλλαγής της συμπεριφοράς του οδηγού εξαιτίας της κούρασης.

Πίνακας 5.7: Ελαστικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Ταχύτητας Οδήγησης

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*
Διακριτές	Σενάριο Κούρασης	7,074	2,456	0,208	2,443
	Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου	49,526	17,103	1,456	17,104
	Διαδρομές ανά Μέρα	2,896	2,582	0,085	1,000
Συνεχείς	Ώρες Ξύπνιος	0,763	3,562	0,000	2,111
	Αλλαγή Συμπεριφοράς λόγω κούρασης	3,107	4,119	0,001	1,000

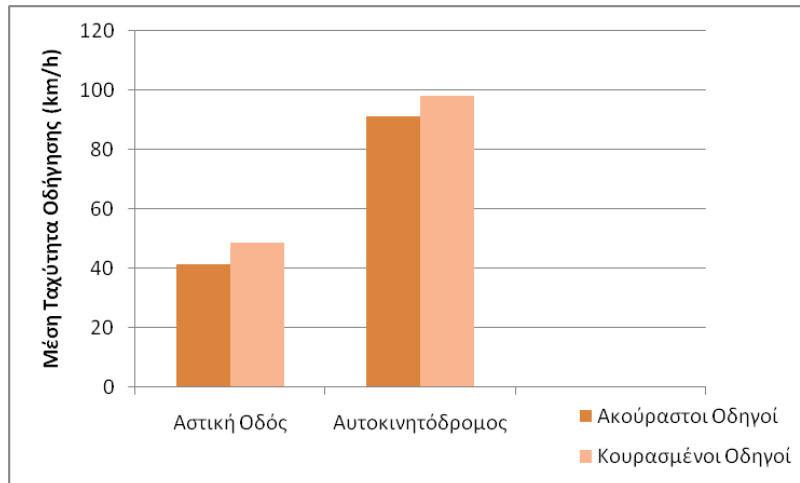
5.2.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για την ανάλυση της ευαισθησίας της μεταβλητής *routes_per_day* (Διαδρομές ανά Μέρα) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.1 με συσχέτιση της κατηγορίας οδού και την ύπαρξη ή μη κούρασης των οδηγών. Για τη μεταβλητή *Ur_Hw* (Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.2 για κουρασμένους και ακούραστους οδηγούς, αντίστοιχα.



$$\text{hrs_awake} = \text{mean}, \text{fatigue_driving_behavior_change} = \text{mean}$$

Διάγραμμα 5.1: Επιρροή των Διαδρομών ανά Μέρα, του Τύπου της Οδού και της Κούρασης στη Μέση Ταχύτητα Οδήγησης



hrs_ awake = mean, routes_per_day = mean, fatigue_driving_behavior_change = mean

Διάγραμμα 5.2: Επιρροή του Τύπου της Οδού και της Κούρασης στη Μέση Ταχύτητα Οδήγησης

Παρατηρείται πως η κούραση προκαλεί αύξηση της ταχύτητας οδήγησης σε αστική οδό και σε αυτοκινητόδρομο. Επιπλέον, ο παράγοντας των διαδρομών ανά μέρα φαίνεται να συμβάλλει στην αύξηση της ταχύτητας αφού και αυτός αποτελεί ένα τεκμήριο κούρασης.

5.3 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης

5.3.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

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

$$\text{Avg_ReactionTime} = 0,939 + 0,226 \text{ fatigue} + 0,361 \text{ Ur_Hw} + 0,406 \text{ gender} + 0,116 \text{ routes_per_day} + 0,136 \text{ intense_level_mle}$$

όπου

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Avg_ReactionTime: Μέσος χρόνος αντίδρασης (sec) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές:

fatigue: Οδήγηση με κούραση ή χωρίς κούραση | Χωρίς κούραση: 0, Με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Ur_Hw: Οδήγηση σε αστική οδό (urban) ή αυτοκινητόδρομο (highway) | αστική οδός: 0, αυτοκινητόδρομος: 1 (διακριτή μεταβλητή)

gender: Φύλο | Άνδρες: 1, Γυναίκες: 2, Άλλο: 3 (διακριτή μεταβλητή)

routes_per_day: Πόσες διαδρομές κάνει κάθε μέρα ο οδηγός σε αστική οδό και πόσες σε αυτοκινητόδρομο | 0:0, 1:1, 2:2, 3:3, 4:4, 5:5, >5:6 (διακριτή μεταβλητή)

intense_level_mle: Πόσο έντονη ήταν η γυμναστική ή χειρωνακτική εργασία που έκανε ο οδηγός κατά τη διάρκεια της μέρας| Καθόλου: 1, Λίγο: 2, Αρκετά: 3, Πολύ: 4, Πάρα πολύ: 5 (διακριτή μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.8) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. είναι μικρότερες από 0,05. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.8: Στοιχεία των Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης

	Estimate	Std.Error	t value	Sig
(Constant)	0,939	0,143	6,586	0,000***
fatigue	0,226	0,101	2,237	0,032*
Ur_Hw	0,361	0,122	2,960	0,006**
gender	0,406	0,107	3,801	0,001***
routes_per_day	0,116	0,038	3,040	0,005**
intense_level_mle	0,136	0,065	2,077	0,045*

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99% *** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99,9%

Σύμφωνα με τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης συμπεραίνονται τα εξής:

Η αύξηση της κούρασης συνεπάγεται σε αύξηση του μέσου χρόνου αντίδρασης. Όταν ο οδηγός είναι κουρασμένος, δυσκολεύεται να επεξεργαστεί πληροφορίες γρήγορα και αποτελεσματικά. Επιπλέον, μειώνεται η συγκέντρωση και η επαγρύπνηση, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η αδυναμία λήψης αποφάσεων.

Η μεταβλητή Ur_Hw έχει χρησιμοποιηθεί αφού στο mastertable κρίθηκε αναγκαίο να ενσωματωθούν σε ενιαίο πίνακα τα δεδομένα από την αστική οδό και τον αυτοκινητόδρομο ώστε η ανάλυση να καταλήξει στα βέλτιστα μαθηματικά μοντέλα. Στην παρούσα περίπτωση προκύπτει ότι **ο χρόνος αντίδρασης είναι αυξημένος στο σενάριο του αυτοκινητοδρόμου** καθώς η ταχύτητα οδήγησης είναι αυξημένη σε σχέση με της αστικής οδού και συνεπώς απαιτείται περισσότερος χρόνος αντίδρασης.

επίσης, φαίνεται ότι **οι γυναίκες οδηγοί παρουσιάζουν υψηλότερους χρόνους αντίδρασης.** Στατιστικά, οι άνδρες οδηγούν περισσότερα χιλιόμετρα από τις γυναίκες, άρα ίσως έχουν μεγαλύτερη εμπειρία και εξοικείωση στην οδό. Καθώς επίσης οι γυναίκες τυπικά έχουν μικρότερο σωματότυπο, άρα ίσως χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να χειριστούν το όχημα.

Οι αυξημένες διαδρομές ανά μέρα με αυτοκίνητο οδηγούν σε υψηλότερους χρόνους αντίδρασης. Η οδήγηση, ειδικά σε συνθήκες συμφόρησης, μπορεί να είναι κουραστική. Η κούραση επηρεάζει τα αντανακλαστικά και τον χρόνο αντίδρασης, καθιστώντας πιο δύσκολη την έγκαιρη αντίδραση σε απρόβλεπτα ερεθίσματα στην οδό. Παράλληλα αν οι οδηγοί πραγματοποιούν συχνά την ίδια διαδρομή, μπορεί να εξοικειωθούν και να εφησυχάσουν. Η εφησυχασμός μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη εγρήγορση και αυξημένο χρόνο αντίδρασης.

Η σωματική άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση των μυών, συμπεριλαμβανομένων και των μυών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του τιμονιού, των φρένων και του γκαζιού. **Η σωματική κούραση μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια και την ταχύτητα των κινήσεων,**

αυξάνοντας τον χρόνο αντίδρασης. Επιπρόσθετα, η σωματική άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση του κεντρικού νευρικού συστήματος, το οποίο επεξεργάζεται τα ερεθίσματα και λαμβάνει αποφάσεις.

5.3.2 Στατιστική Σημαντικότητα και Ποιότητα Μοντέλου

Παρατηρείται αρκετά καλή προσαρμογή του μοντέλου, καθώς ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου R^2 έχει τιμή 0,519 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.9.

Πίνακας 5.9: Ποιότητα Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης

R	0,720
R Square	0,519
Adjusted R Square	0,448
Std. Error of the Estimate	0,306

5.3.3 Συσχέτιση Μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους μεταξύ διακριτών και συνεχών μεταβλητών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για όλες τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Ur_Hw, gender, routes_per_day και intense_level_mle) και προέκυψε ο Πίνακας 5.10 που παρουσιάζεται στη συνέχεια. Παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς οι τιμές κυμαίνονται κοντά στο 0,4.

Πίνακας 5.10: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης

		fatigue	Ur_Hw	gender	routes_per_day	intense_level_mle
Spearman's rho	fatigue	Correlation Coefficient	1	0	0	0,284
	Ur_Hw	Correlation Coefficient	0	1	0	-0,559
	gender	Correlation Coefficient	0	0	1	-0,313
	routes_per_day	Correlation Coefficient	0	-0,559	1	0,129
	intense_level_mle	Correlation Coefficient	0,284	-0,284	0,155	0,129

5.3.4 Περιγραφική Στατιστική Μεταβλητών

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.11) 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 Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης

Valid	fatigue		Valid	routes_per_day			
	Frequency	Percent		Frequency	Percent		
	0	81		50%	0	54	33%
	1	81		50%	1	26	16%
Total	162	2		40	25%		
Valid	Ur_Hw			3	16	10%	
	Frequency	Percent		4	12	7%	
	0	70		43%	5	2	2%
	1	92		57%	6	12	7%
	Total	162		Total	162		
Valid	gender		Valid	intense_level_mle			
	Frequency	Percent		Frequency	Percent		
	1	106		65%	1	0	0%
	2	56		35%	2	12	32%
Total	162	3		11	30%		
		4		10	27%		
		5		4	11%		
		Total		37			

5.3.5 Βαθμός Επιρροής Μεταβλητών

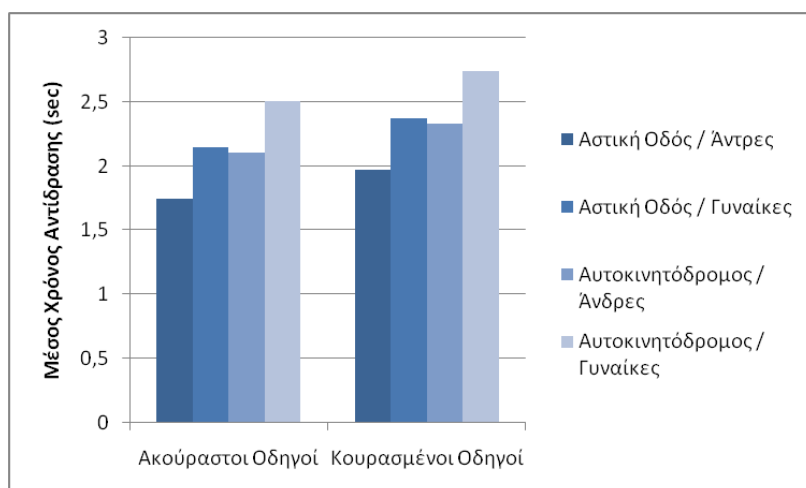
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μέσο χρόνο αντίδρασης, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.12, τη μεγαλύτερη επιρροή στον χρόνο αντίδρασης παρατηρείται να την έχει το φύλο. Πιο συγκεκριμένα, η επιρροή του φύλου είναι 3,5 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή που έχει ο αριθμός των διαδρομών που πραγματοποιεί ο συμμετέχοντας εντός μίας μέρας, όπου είναι η μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στον χρόνο αντίδρασης. Αντίστοιχα, η επιρροή του περιβάλλοντος οδήγησης φαίνεται να είναι 3 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή. Ο παράγοντας της κούρασης επίσης είναι περίπου 2 φορές μεγαλύτερος από τη μεταβλητή του αριθμού διαδρομών ανά μέρα.

Πίνακας 5.12: Ελαστικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών Μοντέλου Μέσου Χρόνου Αντίδρασης

Διακριτές	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	t	e	e*
	Σενάριο Κούρασης	0,226	2,237	0,168	1,951
	Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου	0,361	2,960	0,268	3,110
	Φύλο	0,406	3,801	0,302	3,500
	Διαδρομές ανά Μέρα	0,116	3,040	0,086	1,000
	Ένταση γυμναστικής ή χειρωνακτικής εργασίας	0,136	2,077	0,101	1,172

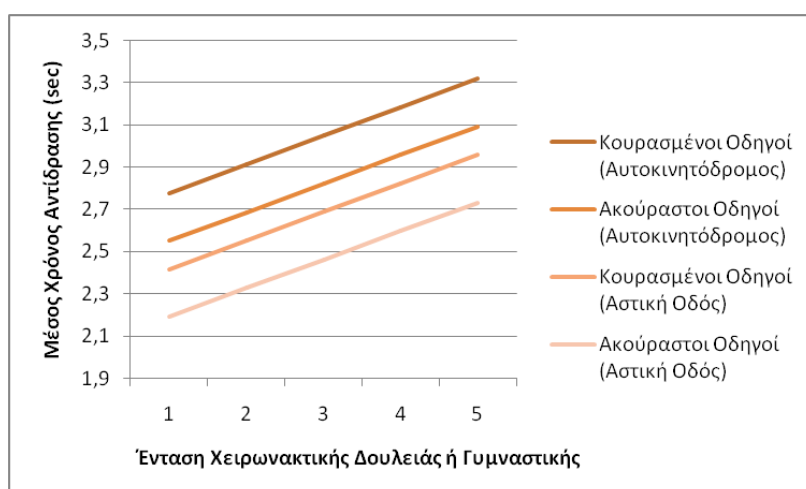
5.3.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για την ανάλυση της ευαισθησίας της μεταβλητής fatigue (κουρασμένος ή ακούραστος οδηγός) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.3 με συσχέτιση της κατηγορίας οδού και του φύλου. Για τη μεταβλητή intense_level_mle (ένταση της χειρωνακτικής εργασίας) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.4 για κουρασμένους και ακούραστους οδηγούς και για διάφορους τύπους οδών.



routes_per_day = mean, intense_level_mle = mean

Διάγραμμα 5.3: Επιρροή της Κούρασης, του Τύπου της Οδού και του Φύλου στον Μέσο Χρόνο Αντίδρασης



gender = 2, routes_per_day = mean

Διάγραμμα 5.4: Επιρροή της Έντασης της Χειρωνακτικής Εργασίας ή Γυμναστικής, της Κούρασης και του Τύπου της Οδού στον Μέσο Χρόνο Αντίδρασης

Παρατηρείται πως η κούραση προκαλεί αύξηση του μέσου χρόνου αντίδρασης σε αστική οδό και σε αυτοκινητόδρομο και ειδικά στις γυναίκες οδηγούς. Επιπλέον, ο παράγοντας της χειρωνακτικής εργασίας φαίνεται να συμβάλλει στην αύξηση του χρόνου αντίδρασης αφού και αυτός αποτελεί ένα τεκμήριο κούρασης.

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:

$$\text{Avg_Hway} = 91,470 - 19,785 \text{ fatigue} + 57,973 \text{ Ur_Hw} - 127,456 \text{ Volume} + 2,395 \text{ age} - 7,756 \text{ fatigue_driving_symptoms}$$

όπου

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Avg_HWay: Μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα (m) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές:

fatigue: Οδήγηση με κούραση ή χωρίς κούραση | Χωρίς κούραση: 0, Με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Ur_Hw: Οδήγηση σε αστική οδό (urban) ή αυτοκινητόδρομο (highway) | αστική οδός: 0, αυτοκινητόδρομος: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Volume: Φόρτος κυκλοφορίας | Χαμηλός φόρτος: 0, Υψηλός φόρτος: 1 (διακριτή μεταβλητή)

age: Ηλικία οδηγού (συνεχής μεταβλητή)

fatigue_driving_symptoms: Ποια συμπτώματα παρουσιάζουν οι οδηγοί εξαιτίας της κούρασης (μέσος όρος των απαντήσεων) | Τάση για ύπνο: 1, Έλλειψη συγκέντρωσης: 2, Χασμουρητό: 3, Ανοιγόκλειμα ματιών: 4, Κανένα σύμπτωμα: 5, Άλλο: 6 (συνεχής μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.13) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. είναι μικρότερες από 0,05. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.12: Στοιχεία των Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Απόστασης από το Προπορευόμενο Όχημα

	Estimate	Std.Error	t value	Sig
(Constant)	91,470	25,889	3,533	0,001***
fatigue	-19,785	5,148	-3,843	0,000***
Ur_Hw	57,973	6,219	9,322	0,000***
Volume	-127,456	6,832	-18,657	0,000***
age	2,395	1,078	2,222	0,028*
fatigue_driving_symptoms	-7,756	3,220	-2,409	0,017*

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99% *** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99,9%

Σύμφωνα με τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης συμπεραίνονται τα εξής:

Η κούραση φαίνεται να επηρεάζει την ικανότητα των οδηγών να εστιάσουν σε ερεθίσματα που σχετίζονται με την οδήγηση, όπως η διατήρηση ασφαλούς απόστασης από τα προπορευόμενα οχήματα. Η αϋπνία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση, έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο ατυχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συγκρούσεων από πίσω. Παράλληλα, η κούραση μπορεί να μειώσει το επίπεδο εγρήγορσης του οδηγού, καθιστώντας πιο δύσκολο να εστιάσει στην οδό και να αντιδράσει γρήγορα σε απρόσμενες καταστάσεις.

Η μεταβλητή Ur_Hw έχει χρησιμοποιηθεί αφού στο mastertable κρίθηκε αναγκαίο να ενσωματωθούν σε ενιαίο πίνακα τα δεδομένα από την αστική οδό και τον αυτοκινητόδρομο ώστε η ανάλυση να καταλήξει στα βέλτιστα μαθηματικά μοντέλα. Στην προκειμένη περίπτωση προκύπτει ότι **εμφανίζεται αύξηση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα στον αυτοκινητόδρομο.** Το παραπάνω συμπέρασμα μπορεί να μοιάζει προφανές αλλά η χρήση της μεταβλητής είναι σημαντική.

Όταν η οδός έχει υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, υπάρχει λιγότερος διαθέσιμος χώρος για να κινηθούν τα οχήματα και άρα **προκύπτει μείωση των αποστάσεων από τα προπορευόμενα.** Επιπλέον, η αυξημένη πυκνότητα των οχημάτων μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτες αλλαγές ταχύτητας, στροφές, φρεναρίσματα, και άλλες ενέργειες από τους υπόλοιπους οδηγούς.

Οι μεγαλύτεροι ηλικιακά οδηγοί συνήθως έχουν πιο αργά αντανakλαστικά αλλά παράλληλα έχουν και μεγαλύτερη αίσθηση του κινδύνου και των ευθυνών σε σχέση με τους μικρότερους οδηγούς. Γενικά οι μεγαλύτεροι συμμετέχοντες φαίνεται να οδηγούν πιο συντηρητικά, να εναρμονίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό με τους κανόνες ασφαλείας και οδήγησης. Έτσι **διατηρούν μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα** για να νιώθουν πιο ασφαλείς.

Τέλος, **ηπιότερα συμπτώματα της κούρασης κατά την οδήγηση φαίνεται οδηγούν σε μικρότερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα σε σχέση με πιο έντονα συμπτώματα.** Το παραπάνω εύρημα μπορεί να έχει μια λογική ερμηνεία αφού σύμφωνα και με την έρευνα Wijayanto et al. (2021), η έλλειψη επίγνωσης της κούρασης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα ατυχήματα. Τα συμπτώματα όπως το χασμουρητό ή το ανοιγόκλειμα των ματιών θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένδειξη στον οδηγό για τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κούρασης.

5.4.2 Στατιστική Σημαντικότητα και Ποιότητα Μοντέλου

Παρατηρείται αρκετά καλή προσαρμογή του μοντέλου, καθώς ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου R^2 έχει τιμή 0,705 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.13.

Πίνακας 5.13: Ποιότητα Μοντέλου Μέσης Απόστασης από το Προπορευόμενο Όχημα

R	0,840
R Square	0,705
Adjusted R Square	0,695
Std. Error of the Estimate	32,76

5.4.3 Συσχέτιση Μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους μεταξύ διακριτών και συνεχών μεταβλητών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue, Ur_Hw και Volume) και προέκυψε ο Πίνακας 5.14 που παρουσιάζεται στη συνέχεια. Παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς οι τιμές κυμαίνονται κοντά στο 0,4.

Πίνακας 5.14: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Απόστασης από το Προπορευόμενο Όχημα

		fatigue	Ur_Hw	Volume
Spearman's rho	fatigue	Correlation Coefficient	1	0
	Ur_Hw	Correlation Coefficient	0	0,456
	Volume	Correlation Coefficient	0	0,456

Αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκε η συσχέτιση των συνεχών μεταβλητών με τη συσχέτιση Pearson, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.15). Η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν παρουσιάζεται υψηλή καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0,4.

Πίνακας 5.15: Συσχέτιση Συνεχών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Απόστασης από το Προπορευόμενο Όχημα

		age	fatigue_driving_symptoms
Pearson's rho	age	Correlation Coefficient	1
	fatigue_driving_symptoms	Correlation Coefficient	0,187

5.4.4 Περιγραφική Στατιστική Μεταβλητών

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.16) παρουσιάζονται χαρακτηριστικά για την κάθε διακριτή μεταβλητή σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως η συχνότητα και τα ποσοστά.

Πίνακας 5.16: Περιγραφική Στατιστική των Διακριτών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Απόστασης από το Προπορευόμενο Όχημα

Valid	fatigue			Valid	Ur_Hw		
	Frequency	Percent			Frequency	Percent	
	0	81	50%		0	70	43%
	1	81	50%		1	92	57%
	Total	162			Total	162	

Valid	Volume		
	Frequency	Percent	
	0	116	72%
	1	46	28%
	Total	162	

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.17 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική.

Πίνακας 5.17: Περιγραφική Στατιστική των Συνεχών Μεταβλητών

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
age	162	18	30	24,444	2,482
fatigue_driving_symptoms	162	1,5	5	2,874	0,767

5.4.5 Βαθμός Επιρροής Μεταβλητών

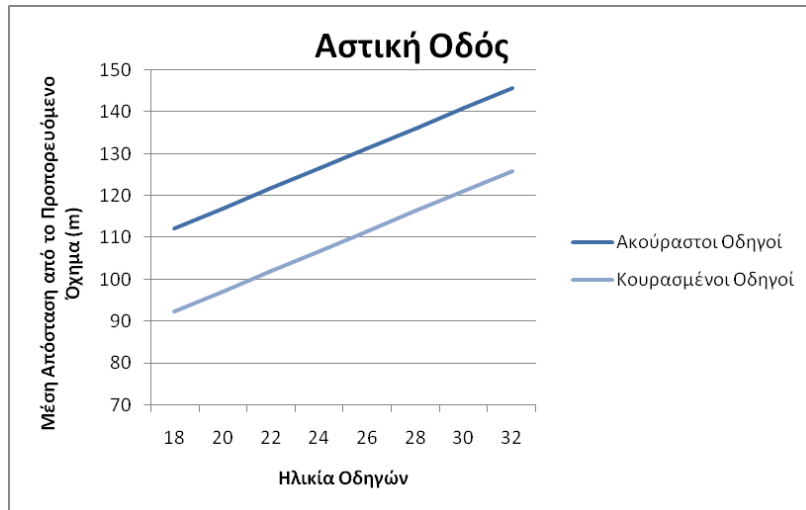
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.18, τη μεγαλύτερη επιρροή στην μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα παρατηρείται να την έχει ο φόρτος κυκλοφορίας. Πιο συγκεκριμένα, η επιρροή του φόρτου είναι 6,5 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή που έχει η επιρροή της κούρασης. Αντίστοιχα, η επιρροή του περιβάλλοντος οδήγησης σε αστική οδό ή αυτοκινητόδρομο είναι 3 φορές μεγαλύτερη από την μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή. Για τις συνεχείς μεταβλητές τη μεγαλύτερη επιρροή στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα παρατηρείται να την έχει η ηλικία του οδηγού. Συγκεκριμένα, έχει επιρροή 8,5 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή με τη μικρότερη, δηλαδή εκείνη των συμπτωμάτων της κούρασης.

Πίνακας 5.18: Ελαστικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Απόστασης από το Προπορευόμενο Όχημα

	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	t	e	e*
Διακριτές	Σενάριο Κούρασης	-19,785	-3,843	-0,155	1,000
	Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου	57,973	9,322	0,455	-2,930
	Υψηλός και Χαμηλός Φόρτος	-127,456	-18,657	-1,000	6,442
Συνεχείς	Ηλικία Οδηγού	2,395	2,222	0,000	8,449
	Συμπτώματα Κούρασης στην Οδήγηση	-7,756	-2,409	-0,001	1,000

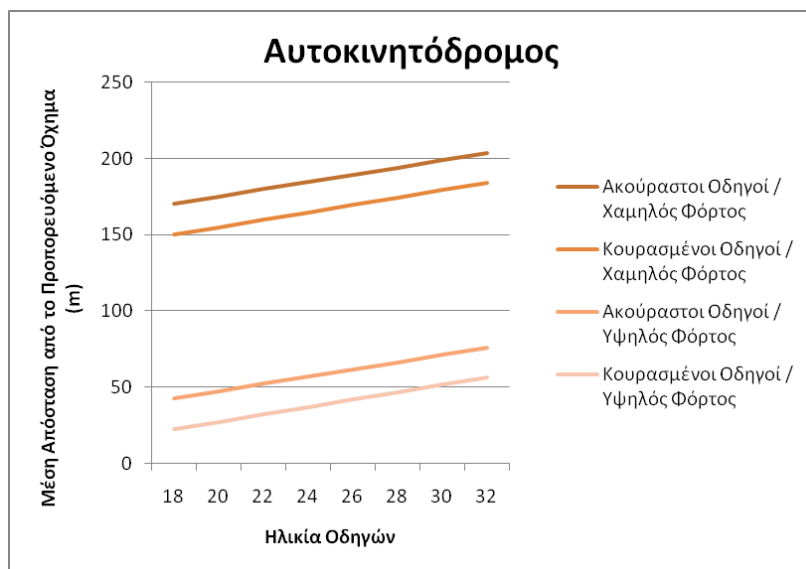
5.4.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για την ανάλυση της ευαισθησίας της μεταβλητής age (ηλικία οδηγών) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.5 με συσχέτιση της κούρασης για αστική οδό. Επιπλέον, αντίστοιχο διάγραμμα (Διάγραμμα 5.6) διαμορφώθηκε για τη συσχέτιση της κούρασης και του φόρτου για αυτοκινητόδρομο.



Ur Hw = 0, Volume = 0, fatigue driving symptoms = mean

Διάγραμμα 5.5: Επιρροή της Ηλικίας των Οδηγών και της Κούρασης στη Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα σε Αστική Οδό



Ur Hw = 1, fatigue driving symptoms = mean

Διάγραμμα 5.6: Επιρροή της Ηλικίας των Οδηγών, της Κούρασης και του Φόρτου στη Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα σε Αυτοκινητόδρομο

Όπως γίνεται αντιληπτό η αύξηση της ηλικίας προκαλεί αύξηση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα σε αστική οδό και σε αυτοκινητόδρομο και ειδικά στους ακούραστους οδηγούς. Επιπλέον, ο παράγοντας του φόρτου φαίνεται να επηρεάζει διαφορετικά τους κουρασμένους από τους ακούραστους οδηγούς στον αυτοκινητόδρομο.

5.5 Ανάπτυξη Μαθηματικού Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

5.5.1 Μαθηματικό Μοντέλο και Στατιστική Σημαντικότητα

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

$$\text{Avg_AccLon} = -0,359 - 0,102 \text{ fatigue} + 0,233 \text{ Ur_Hw} - 0,019 \text{ years_drive} + 0,047 \text{ fatigue_driving_symptoms}$$

όπου

Εξαρτημένη Μεταβλητή:

Avg_AccLon: Μέση διαμήκης επιτάχυνση (m/sec²) (συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες Μεταβλητές:

fatigue: Οδήγηση με κούραση ή χωρίς κούραση | Χωρίς κούραση: 0, Με κούραση: 1 (διακριτή μεταβλητή)

Ur_Hw: Οδήγηση σε αστική οδό (urban) ή αυτοκινητόδρομο (highway) | αστική οδός: 0, αυτοκινητόδρομος: 1 (διακριτή μεταβλητή)

years_drive: Πόσα χρόνια οδηγάει ο συμμετέχοντας (συνεχής μεταβλητή)

fatigue_driving_symptoms: Ποια συμπτώματα παρουσιάζουν οι οδηγοί εξαιτίας της κούραση (μέσος όρος των απαντήσεων) | Τάση για ύπνο: 1, Έλλειψη συγκέντρωσης: 2, Χασμουρητό: 3, Ανοιγόκλειμα ματιών: 4, Κανένα σύμπτωμα: 5, Άλλο: 6 (συνεχής μεταβλητή)

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.19) παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Όσον αφορά στη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου, παρατηρείται ότι όλες οι τιμές του t test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. είναι μικρότερες από 0,05. Συνεπώς, το μοντέλο έχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ακόμα, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.19: Στοιχεία των Μεταβλητών του Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

	Estimate	Std.Error	t value	Sig
(Constant)	-0,359	0,056	-6,348	0,000***
fatigue	-0,102	0,028	-3,633	0,000***
Ur_Hw	0,233	0,029	8,158	0,000***
years_drive	-0,019	0,006	-3,292	0,001**
fatigue_driving_symptoms	0,047	0,017	2,757	0,007**

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99% *** Επίπεδο εμπιστοσύνης 99,9%

Σύμφωνα με τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης συμπεραίνονται τα εξής:

Η κούραση μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα του οδηγού να λαμβάνει γρήγορες και σωστές αποφάσεις, όπως τότε και πόσο να επιταχύνει. Ο οδηγός μπορεί να διστάσει ή να καθυστερήσει να επιταχύνει σε κρίσιμες στιγμές, επηρεάζοντας τη ροή της κυκλοφορίας. Η κούραση μπορεί να επηρεάσει τον συντονισμό και την ακρίβεια των κινήσεων, μειώνοντας την ικανότητα του οδηγού να ελέγχει το γκάζι και το τιμόνι με ακρίβεια. Η αδυναμία αυτή μπορεί να δυσκολέψει την πίεση του γκαζιού με δύναμη.

Η μεταβλητή Ur_Hw έχει χρησιμοποιηθεί αφού στο mastertable κρίθηκε αναγκαίο να ενσωματωθούν σε ενιαίο πίνακα τα δεδομένα από την αστική οδό και τον αυτοκινητόδρομο ώστε η ανάλυση να καταλήξει στα βέλτιστα μαθηματικά μοντέλα. Στην προκειμένη περίπτωση προκύπτει ότι **μεγαλύτερη μέση επιτάχυνση εμφανίζεται στον αυτοκινητόδρομο**. Το παραπάνω συμπέρασμα μπορεί να μοιάζει προφανές αλλά η χρήση της μεταβλητής είναι σημαντική.

Οι **συμμετέχοντες με περισσότερα χρόνια εμπειρίας στην οδήγηση** συνήθως έχουν μεγαλύτερη αίσθηση του κινδύνου και των ευθυνών σε σχέση με τους μικρότερους οδηγούς. Γενικά οι μεγαλύτεροι οδηγοί φαίνεται να οδηγούν πιο συντηρητικά, να εναρμονίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό με τους κανόνες ασφαλείας και οδήγησης. Έτσι **διατηρούν χαμηλότερη επιτάχυνση** για να νιώθουν πιο ασφαλείς.

Τέλος, **τα συμπτώματα της κούρασης κατά την οδήγηση φαίνεται να μειώνονται με την αύξηση της επιτάχυνσης**. Το παραπάνω εύρημα μπορεί να έχει μια λογική ερμηνεία αφού σύμφωνα και με την έρευνα Wijayanto et al. (2021), η έλλειψη επίγνωσης της κούρασης μπορεί να οδηγήσει σε επιθετική συμπεριφορά. Τα συμπτώματα όπως το χασμουρητό ή το ανοιγόκλειμα των ματιών θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένδειξη στον οδηγό για τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κούρασης, όπως η μείωση της επιτάχυνσης.

5.5.2 Στατιστική Σημαντικότητα και Ποιότητα Μοντέλου

Παρατηρείται αρκετά καλή προσαρμογή του μοντέλου, καθώς ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου R^2 έχει τιμή 0,367 όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.20.

Πίνακας 5.20: Ποιότητα Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

R	0,606
R Square	0,367
Adjusted R Square	0,354
Std. Error of the Estimate	0,179

5.5.3 Συσχέτιση Μεταβλητών

Για τη συσχέτιση των μεταβλητών, πραγματοποιείται ο διαχωρισμός τους μεταξύ διακριτών και συνεχών μεταβλητών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η συσχέτιση Spearman για τις διακριτές μεταβλητές (fatigue και Ur_Hw) και προέκυψε ο Πίνακας 5.21 που παρουσιάζεται στη συνέχεια. Παρατηρείται ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0,4.

Πίνακας 5.21: Συσχέτιση Διακριτών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

		fatigue		Ur_Hw
Spearman's rho	fatigue	Correlation Coefficient	1	0
	Ur_Hw	Correlation Coefficient	0	1

Αντίστοιχα, πραγματοποιήθηκε η συσχέτιση των συνεχών μεταβλητών με τη συσχέτιση Pearson, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.22). Η συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν παρουσιάζεται υψηλή καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0,4.

Πίνακας 5.22: Συσχέτιση Συνεχών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

		years_drive		fatigue_driving_symptoms
Pearson's rho	years_drive	Correlation Coefficient	1	0,124
	fatigue_driving_symptoms	Correlation Coefficient	0,124	1

5.5.4 Περιγραφική Στατιστική Μεταβλητών

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.23) 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 Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

Valid	fatigue		
		Frequency	Percent
	0	81	50%
	1	81	50%
	Total	162	

Valid	Ur_Hw		
		Frequency	Percent
	0	70	43%
	1	92	57%
	Total	162	

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 5.24 παρουσιάζονται κάποια από τα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική.

Πίνακας 5.24: Περιγραφική Στατιστική των Συνεχών Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
years_drive	162	1	12	4,556	2,522
fatigue_driving_symptoms	162	1,5	5	2,874	0,767

5.5.5 Βαθμός Επιρροής Μεταβλητών

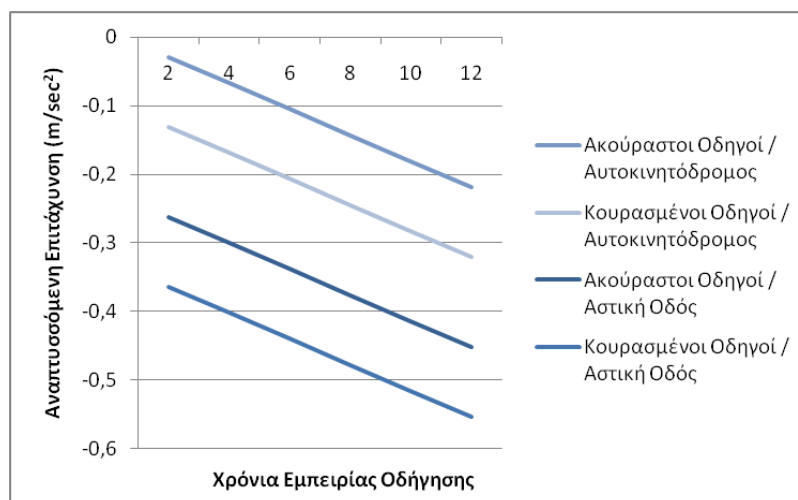
Στη συνέχεια, για να βρεθεί ο βαθμός επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στη μέση αναπτυσσόμενη επιτάχυνση, υπολογίζεται η ελαστικότητα e και ο βαθμός της σχετικής επιρροής e^* , δηλαδή ο λόγος των ανεξάρτητων μεταβλητών προς την ανεξάρτητη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5.25, τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση διαμήκη επιτάχυνση παρατηρείται να την έχει ο τύπος της οδού. Πιο συγκεκριμένα, η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου είναι 2,3 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή που έχει η κούραση. Για τις συνεχείς μεταβλητές τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση διαμήκη επιτάχυνση παρατηρείται να την έχουν τα χρόνια οδήγησης. Συγκεκριμένα, έχει επιρροή 1,5 φορές μεγαλύτερη από τη μεταβλητή με τη μικρότερη επιρροή, δηλαδή εκείνη των συμπτωμάτων της κούρασης.

Πίνακας 5.25: Ελαστικότητα Ανεξάρτητων Μεταβλητών Μοντέλου Μέσης Διαμήκους Επιτάχυνσης

	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	t	e	e*
Διακριτές	Σενάριο Κούρασης	-0,102	-3,633	-0,338	1,000
	Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου	0,233	8,158	0,769	-2,274
Συνεχείς	Χρόνια Οδήγησης	-0,019	-3,292	-0,001	1,494
	Συμπτώματα Κούρασης στην Οδήγηση	0,047	2,757	0,002	1,000

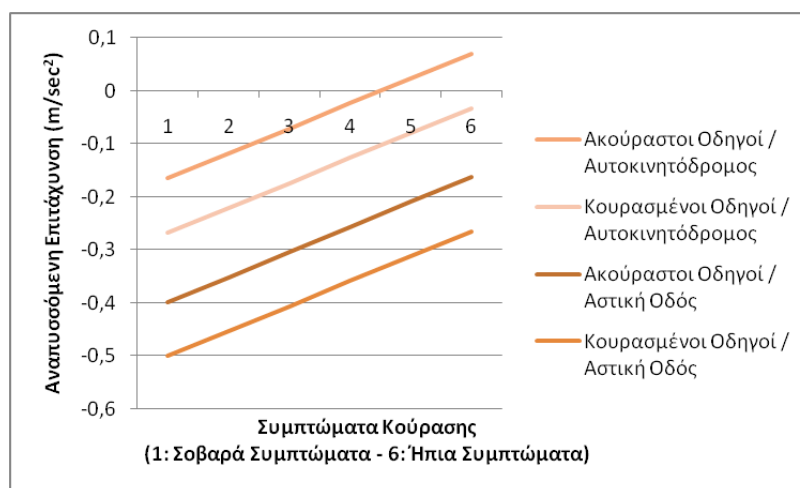
5.5.6 Ανάλυση Ευαισθησίας

Για την ανάλυση της ευαισθησίας της μεταβλητής years_drive (χρόνια οδήγησης) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.7 με συσχέτιση της κούρασης και το είδος της οδού. Για τη μεταβλητή fatigue_driving_symptoms (συμπτώματα κουρασμένων οδηγών) δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.8 για κουρασμένους και ακούραστους οδηγούς και για διάφορους τύπους οδών.



fatigue driving symptoms = mean

Διάγραμμα 5.7: Επιρροή των Χρόνων Οδήγησης, της Κούρασης και του Τύπου της Οδού στη Μέση Διαμήκη Επιτάχυνση



years drive = mean

Διάγραμμα 5.8: Επιρροή των Συμπτωμάτων κούρασης, της ύπαρξης Κούρασης και του Τύπου της Οδού στη Μέση Διαμήκη Επιτάχυνση

Όπως φαίνεται η αύξηση των χρόνων εμπειρίας οδήγησης προκαλεί μείωση της αξονικής επιτάχυνσης σε αστική οδό και σε αυτοκινητόδρομο και ειδικά στους κουρασμένους οδηγούς. Επιπλέον, τα σοβαρά συμπτώματα της κούρασης φαίνεται να οδηγούν σε μειωμένες επιταχύνσεις.

6. Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη συσχέτιση της κούρασης από έλλειψη ύπνου με την οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων σε **αστική οδό και αυτοκινητόδρομο**, αξιοποιώντας δεδομένα από **πείραμα σε προσομοιωτή οδήγησης**. Σκοπός της είναι η μελέτη της επιρροής της κούρασης σε οδηγικά χαρακτηριστικά, όπως είναι η μέση ταχύτητα οδήγησης, ο μέσος χρόνος αντίδρασης, η μέση απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και η μέση διαμήκης επιτάχυνση.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε με τη **συμμετοχή 35 νεαρών οδηγών** (18-30 ετών) σε προσομοιωμένα σενάρια οδήγησης, τόσο σε αστικό περιβάλλον όσο και σε αυτοκινητόδρομο. Αρχικά, από το πείραμα οδήγησης καταγράφηκαν δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά οδήγησής τους, ενώ παράλληλα συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο. Στη συνέχεια, κλήθηκαν να οδηγήσουν ξανά τα ίδια σενάρια, χωρίς να έχουν κοιμηθεί το προηγούμενο βράδυ.

Τα δεδομένα που άντλησε ο προσομοιωτής οδήγησης, σε συνδυασμό με τις απαντήσεις από το ερωτηματολόγιο, υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου πίνακα δεδομένων για κάθε συμμετέχοντα. Ακολούθησε η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων με την εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης, με σκοπό την πρόβλεψη της **ταχύτητας, του χρόνου αντίδρασης, της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα και της επιτάχυνσης**. Πραγματοποιήθηκε πλήθος ελέγχων για την αξιοπιστία των μοντέλων πρόβλεψης, τα οποία τελικά εγκρίθηκαν και υιοθετήθηκαν. Τα μοντέλα αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 6.1, όπου περιλαμβάνονται και οι τιμές ελαστικότητας, οι οποίες αποτυπώνουν την επιρροή των μεταβλητών στα υπό διερεύνηση οδηγικά χαρακτηριστικά. Η ανάλυση των τιμών αυτών θα οδηγήσει στα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

Πίνακας 6.1: Γραμμικά Μοντέλα Πρόβλεψης Οδηγικών Χαρακτηριστικών

		Μέση Ταχύτητα				Μέσος Χρόνος Αντίδρασης				Μέση Απόσταση από το Προπορευόμενο Όχημα				Μέση Διαμήκης Επιτάχυνση			
		B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*
Διακριτές	Ανεξάρτητες Μεταβλητές																
	Σενάριο Κούρασης	7,074	2,456	0,208	2,443	0,226	2,237	0,168	1,951	0,226	2,237	0,168	1,951	-0,102	-3,633	-0,338	1,000
	Σενάριο Αστικής Οδού ή Αυτοκινητοδρόμου	49,526	17,103	1,456	17,104	0,361	2,960	0,268	3,110	0,361	2,960	0,268	3,110	0,233	8,158	0,769	-2,274
	Διαδρομές ανά Μέρα	2,896	2,582	0,085	1,000	0,116	3,040	0,086	1,000								
	Φύλο					0,406	3,801	0,302	3,500								
	Ένταση γυμναστικής ή χειρωνακτικής εργασίας					0,136	2,077	0,101	1,172								
Συνεχείς	Υψηλός και Χαμηλός Φόρτος									-127,456	-18,657	-1,000	6,442				
	Ώρες Ξύπνιος	0,763	3,562	0,000	2,111												
	Αλλαγή Συμπεριφοράς λόγω κούρασης	3,107	4,119	0,001	1,000												
	Ηλικία Οδηγού									2,395	2,222	0,000	8,449				
	Συμπτώματα Κούρασης στην Οδήγηση									-7,756	-2,409	-0,001	1,000	0,047	2,757	0,002	1,000
	Χρόνια Οδήγησης													-0,019	-3,292	-0,001	1,494
R ²		0,693				0,519				0,705				0,370			

6.2 Συνολικά Συμπεράσματα

Για την εξαγωγή των συμπερασμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το προηγούμενο κεφάλαιο. Σε συνδυασμό με τα μαθηματικά μοντέλα και τη σχετική επιρροή μεταξύ των μεταβλητών, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1, διατυπώνονται τα παρακάτω συμπεράσματα.

- **Η κούραση δυσχεράνει την οδηγική συμπεριφορά του οδηγού και τον καθιστά πιο ευάλωτο στην πρόκληση ατυχήματος.** Αυτό πιθανόν εξηγείται από το γεγονός ότι η κούραση επηρεάζει αρνητικά τη νοητική λειτουργία, μειώνοντας την ικανότητα συγκέντρωσης, κρίσης, λήψης αποφάσεων και **αυξάνοντας τον χρόνο αντίδρασης**. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λάθη στην οδήγηση, όπως λανθασμένες εκτιμήσεις της ταχύτητας και των αποστάσεων. Επιπλέον, η κούραση ίσως μπορεί να μειώσει την ψυχραιμία κατά την οδήγηση, καθιστώντας τους οδηγούς πιο επιρρεπείς σε επιθετικές συμπεριφορές, όπως η **υπερβολική ταχύτητα και η μείωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**.
- **Η εκτέλεση πολλών οδικών διαδρομών στη διάρκεια μιας μέρας** μπορεί να προκαλέσει κούραση, μειώνοντας την εγρήγορσή και **αυξάνοντας τον χρόνο αντίδρασης και την ταχύτητα οδήγησης**. Ειδικά σε αστικά περιβάλλοντα η ύπαρξη υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου πιθανόν να προκαλέσει στρες και να διαταράξει την ψυχραιμία του οδηγού. Παράλληλα, η υπερβολική εξοικείωση με το οδηγικό περιβάλλον ίσως δημιουργεί μια εντύπωση αυτοπεποίθησης που θα μπορούσε να καθιστά τον οδηγό επικίνδυνο και επιθετικό.
- **Η γυμναστική ή η χειρωνακτική εργασία αποτελούν και αυτές έναν παράγοντα αύξησης της κούρασης** και έρχεται σε συμφωνία με τα υπόλοιπα ευρήματα της κούρασης αφού και αυτό συντελεί στην **αύξηση του χρόνου αντίδρασης** αφού ίσως επέρχεται χαλάρωση των αναγκάων αντανakλαστικών. Η έντονη άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε κόπωση των μυών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που χρησιμοποιούνται για την οδήγηση. Αυτό είναι πιθανό να επηρεάσει την ικανότητα ελέγχου του οχήματος, τον έλεγχο του φρένου και του γκαζιού, και των ελιγμών.
- **Οι γυναίκες οδηγοί παρουσιάζουν υψηλότερους χρόνους αντίδρασης συγκριτικά με τους άντρες.** Στατιστικά, οι άνδρες οδηγούν περισσότερα χιλιόμετρα από τις γυναίκες, άρα ίσως έχουν μεγαλύτερη εμπειρία και εξοικείωση στο δρόμο. Καθώς επίσης οι γυναίκες τυπικά έχουν μικρότερο σωματότυπο, άρα πιθανόν να χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να χειριστούν το όχημα.
- Σε **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο παρατηρείται σημαντική μείωση της μέσης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος επηρεάζει περισσότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι ο αριθμός των οχημάτων αυξάνεται και λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων και οι οδηγοί διατηρούν ίδιες ταχύτητες.
- Οι ώρες που ένας οδηγός παραμένει ξύπνιος συντελούν και αυτές στην αύξηση της κούρασης. Έτσι και αυτό το εύρημα έρχεται σε συμφωνία με τα ευρύτερα αποτελέσματα για την αύξηση της επιθετικότητας με την αύξηση της κούρασης. Πιθανόν διότι **όσο περισσότερες ώρες ένας οδηγός παραμένει άυπνος** τόσο

περισσότερο μειώνεται η ψυχραιμία του, καθιστώντας τον πιο επιρρεπή σε επιθετικές συμπεριφορές, όπως είναι η **υπερβολική ταχύτητα**.

- **Όσο πιο ήπια είναι τα μέτρα που λαμβάνει ο οδηγός για την αντιμετώπιση της κούρασης τόσο πιο πολύ αυξάνεται η ταχύτητα του.** Σύμφωνα με τις διαπιστώσεις που έχουν ήδη γίνει η κούραση μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες ταχύτητες. Έτσι, όταν ο οδηγός λάβει μέτρα για την ελαχιστοποίηση της κούρασης όπως η ακινητοποίηση του οχήματος ή η κατανάλωση κάποιου ενεργειακού ποτού ή καφεΐνης, γίνεται προσπάθεια ουσιαστικά προς την αντιμετώπιση της επιρροής της κούρασης και της ανάρμοστης οδηγικής συμπεριφοράς που αυτή προκαλεί.
- **Ηπιότερα συμπτώματα κούρασης κατά την οδήγηση φαίνεται να οδηγούν σε μείωση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, ενώ η επιτάχυνση αυξάνεται.** Το παραπάνω εύρημα έχει μια λογική ερμηνεία αφού η έλλειψη επίγνωσης της κούρασης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα ατυχήματα και πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά. Τα συμπτώματα όπως το χασμουρητό ή το ανοιγόκλειμα των ματιών θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένδειξη στον οδηγό για τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της κούρασης.
- **Οι μεγαλύτεροι ηλικιακά οδηγοί και οι οδηγοί που έχουν περισσότερα χρόνια εμπειρίας στην οδήγηση** συνήθως έχουν πιο αργά αντανάκλαστικά αλλά παράλληλα πιθανόν να έχουν και μεγαλύτερη αίσθηση του κινδύνου και των ευθυνών σε σχέση με τους νεαρότερους οδηγούς. Γενικά οι μεγαλύτεροι συμμετέχοντες ίσως οδηγούν πιο συντηρητικά και εναρμονίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό με τους κανόνες ασφαλείας και οδήγησης. Έτσι **διατηρούν χαμηλότερες ταχύτητες και μεγαλύτερη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα** ίσως για να νιώθουν πιο ασφαλείς.

6.3 Προτάσεις για τη Βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας

Η οδική ασφάλεια αποτελεί καίριο ζήτημα, καθώς η ορθή οδηγική συμπεριφορά είναι απαραίτητη για την αποφυγή ατυχημάτων και θλιβερών συνεπειών. Η παρούσα εργασία εστιάζει στην επίδραση της κούρασης από αϋπνία κατά την οδήγηση και προτείνει λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

1. Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση:

- Εκστρατείες ενημέρωσης: Το κοινό οφείλει να γνωρίζει τους κινδύνους της οδήγησης μετά από ελλιπή ύπνο. Η ενημέρωση μπορεί να γίνει μέσω τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών μηνυμάτων, διαδικτύου, έντυπου τύπου και κοινωνικών δικτύων.
- Εκπαίδευση οδηγών: Η σωστή εκπαίδευση των οδηγών, τόσο αρχικά όσο και μετεκπαιδευτικά, οφείλει να περιλαμβάνει ενημέρωση για τις επιπτώσεις της έλλειψης ύπνου στην οδηγική ικανότητα.

2. Νομοθετικά μέτρα:

- Καθορισμός αυστηρών ορίων ύπνου: Θέσπιση και αυστηρή τήρηση κανονισμών που καθορίζουν τον ελάχιστο χρόνο ύπνου για τους οδηγούς, λαμβάνοντας υπόψη το είδος και τη διάρκεια του οδηγικού τους έργου.
- Αυστηρότερες κυρώσεις: Επιβολή αυστηρών προστίμων και ποινών σε οδηγούς που εντοπίζονται να οδηγούν υπό την επήρεια κούρασης.

3. Τεχνολογικές λύσεις:

- Ανάπτυξη συστημάτων ανίχνευσης κούρασης: Εξοπλισμός οχημάτων με συστήματα που μπορούν να ανιχνεύσουν σημάδια κούρασης στον οδηγό, όπως πτώση βλεφάρων, χασμουρητό ή απόκλιση από τη λωρίδα κυκλοφορίας, και να τον προειδοποιούν.
- Εφαρμογές για κινητά και έξυπνα ρολόγια: Δημιουργία και προώθηση εφαρμογών που καταγράφουν τον χρόνο ύπνου και τον βαθμό εγρήγορσης του οδηγού, αποτρέποντας την οδήγηση σε περίπτωση κούρασης.

4. Προσωπική ευθύνη:

- Καλλιέργεια υπεύθυνης οδηγικής συμπεριφοράς: Οι οδηγοί οφείλουν να αναγνωρίζουν τα σημάδια κούρασης και να αποφεύγουν την οδήγηση όταν νιώθουν κουρασμένοι.
- Προγραμματισμός διαλειμμάτων: Κατά την οδήγηση μεγάλων αποστάσεων, οι οδηγοί οφείλουν να προγραμματίζουν συχνά διαλείμματα για ξεκούραση και αναζωογόνηση.
- Η υιοθέτηση των προαναφερθέντων μέτρων, σε συνδυασμό με την καλλιέργεια υπεύθυνης οδηγικής κουλτούρας, δύναται να συμβάλει σημαντικά στην πρόληψη ατυχημάτων που οφείλονται στην οδήγηση από κουρασμένους οδηγούς.

6.4 Περαιτέρω Έρευνα

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση και η παρούσα διπλωματική εργασία έφεραν στο φως κενά και αδυναμίες στην έρευνα σχετικά με την επίδραση της κούρασης από αϋπνία κατά την οδήγηση. Η διερεύνηση αυτών των κενών κρίνεται απαραίτητη και προς τούτο, προτείνονται συγκεκριμένες μελλοντικές έρευνες που θα ολοκληρώσουν την μελέτη του θέματος.

- Εξέταση μεγαλύτερου δείγματος συμμετεχόντων από αυτό της παρούσας εργασίας για τη διεξαγωγή της προσομοίωσης, διότι πιθανόν να καθιστούσαν ισχυρότερη την επιρροή των μεταβλητών στα μαθηματικά μοντέλα.
- Προσθήκη επιπλέον ηλικιακών ομάδων, από αυτές της παρούσας διπλωματικής εργασίας, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να αφορούν μεγαλύτερο πλήθος οδηγών, αντίστοιχο με τις ηλικίες.
- Επιλογή διαφορετικών στατιστικών μεθόδων ανάλυσης, από εκείνες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν τόσο στην παρούσα εργασία, όσο και στη βιβλιογραφία, για την εξέταση της ανάπτυξης και άλλων μοντέλων τα οποία πιθανόν να επιφέρουν, επίσης, σημαντικά αποτελέσματα.
- Οδήγηση σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες (π.χ. περιορισμένη ορατότητα λόγω ομίχλης, ολισθηρό οδόστρωμα λόγω βροχής, κακή ποιότητα οδοστρώματος σε επαρχιακούς δρόμους).
- Ανάπτυξη και αξιολόγηση μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης της κούρασης όπως ο σχεδιασμός και η υλοποίηση παρεμβάσεων (π.χ. προγράμματα εκπαίδευσης, εφαρμογές για κινητά) για την πρόληψη και αντιμετώπιση της κούρασης κατά την

οδήγηση. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων στην αύξηση της εγρήγορσης και στη μείωση των κινδύνων ατυχημάτων.

- Συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Χρήση σύγχρονων μεθόδων (π.χ. eye-tracking, οχήματα με αισθητήρες) για την καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς και της εγρήγορσης σε πραγματικό χρόνο. Ανάλυση δεδομένων για την κατανόηση των ρεαλιστικών συνθηκών που οδηγούν σε κούραση και ατυχήματα.

1. Abe T, Komada Y, Nishida Y, Hayashida K, Inoue Y. Short sleep duration and long spells of driving are associated with the occurrence of Japanese drivers' rear-end collisions and single-car accidents. *Journal of Sleep Research*. 2010
2. Anderson C, Horne JA. Driving drowsy also worsens driver distraction. *Sleep Med*. 2013
3. Beeli G, Koenke S, Gasser K, Jancke L. Brain stimulation modulates driving behavior. *Behav Brain Funct*. 2008
4. Contardi S, Pizza F, Sancisi E, Mondini S, Cirignotta F. Reliability of a driving simulation task for evaluation of sleepiness. *Brain Res Bull*. 2004
5. Czeisler CA, Wickwire EM, Barger LK, Dement WC, Gamble K, Hartenbaum N, et al. Sleep-deprived
6. EPRS, European Commission, "ROAD SAFETY IN THE EUROPEAN UNION Trends, statistics and main challenges", Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017
7. European Commission (2021) Road safety thematic report – Fatigue. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport.
8. Filtiness AJ, Reyner LA, Horne JA. Driver sleepiness-comparisons between young and older men during a monotonous afternoon simulated drive. *Biol Psychol*. 2012
9. Foerst Driving Simulators, 2019, <https://www.fahrsimulatoren.eu/en/>
10. Garner AA, Miller MM, Field J, Noe O, Smith Z, Beebe DW. Impact of experimentally manipulated sleep on adolescent simulated driving. *Sleep Med*. 2015
11. Horne JA, Reyner LA. Driver sleepiness. *J Sleep Res*. 1995
12. Jackson ML, Kennedy GA, Clarke C, Gullo M, Swann P, Downey LA, et al. The utility of automated measures of ocular metrics for detecting driver drowsiness during extended wakefulness. *Accident Analysis & Prevention*. 2016
13. Kosmadopoulos A, Sargent C, Zhou X, Darwent D, Matthews RW, Dawson D, et al. The efficacy of objective and subjective predictors of driving performance during sleep restriction and circadian misalignment. *Accident Analysis & Prevention*. 2015
14. Liu C, Hosking SG, Lenne M. Predicting driver drowsiness using vehicle measures: Recent insights and future challenges. *Journal of Safety Research*. 2009
15. Lowden A, Anund A, Kecklund G, Peters B, Åkerstedt T. Wakefulness in young and elderly subjects driving at night in a car simulator. *Accident Analysis & Prevention*. 2009

16. Matthews R, Ferguson S, Zhou X, Sargent C, Darwent D, Kennaway D, et al. Time-of-day mediates the influences of extended wake and sleep restriction on simulated driving. *Chronobiology international*. 2012
17. Morris DM, Pilcher JJ, Switzer FS III. Lane heading difference: An innovative model for drowsy driving detection using retrospective analysis around curves. *Accident Analysis & Prevention*. 2015
18. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, 2021
19. Papadelis C, Lithari C, Kourtidou-Papadeli C, Bamidis PD, Portouli E, Bekiaris E. Monitoring driver's sleepiness on-board for preventing road accidents. *Studies In Health Technology And Informatics*. 2009;
20. Philip P, Taillard J, Sagaspe P, Valtat C, Sanchez-Ortuno M, Moore N, et al. Age, performance and sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*. 2004
21. Pizza F, Contardi S, Mostacci B, Mondini S, Cirignotta F. A driving simulation task: correlations with Multiple Sleep Latency Test. *Brain research bulletin*. 2004
22. THE ROYAL SOCIETY FOR THE PREVENTION OF ACCIDENTS DRIVER FATIGUE AND ROAD ACCIDENTS A LITERATURE REVIEW AND POSITION PAPER FEBRUARY. 2001
23. Rupp T, Arnedt J, Acebo C, Carskadon M. Performance on a dual driving simulation and subtraction task following sleep restriction. *Perceptual and motor skills*. 2004
24. Saleem S. Risk assessment of road traffic accidents related to sleepiness during driving: a systematic review. *East Mediterr Health J*. 2022
25. Sagaspe P, Taillard J, Bayon V, Lagarde E, Moore N, Boussuge J, et al. Sleepiness, near-misses and driving accidents among a representative population of French drivers. *Journal of sleep research*. 2010
26. Ting P-H, Hwang J-R, Doong J-L, Jeng M-C. Driver fatigue and highway driving: A simulator study. *Physiology & Behavior*. 2008
27. Verster J, Taillard J, Sagaspe P, Olivier B, Philip P. Prolonged nocturnal driving can be as dangerous as severe alcohol-impaired driving. *Journal of sleep research*. 2011
28. Wijayanto, Titis & Marcillia, Syam & Lufityanto, Galang & Wisnugraha, Bonifatius & Alma, Tasya & Abdianto, Rayanda. 2020
29. Ελληνική Στατιστική Αρχή, ΕΛΣΤΑΤ, 2021
30. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Γκόλιας Ι. Κ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ. Χ., “Κυκλοφοριακή Τεχνική” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009
31. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας, “Οδική Ασφάλεια” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994
32. Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ. Χ., Τσαμπούλας Δ. Α., “Διαχείριση Κυκλοφο- ρίας” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1997

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



www.transport.ntua.gr

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

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

A/A Συμμετέχοντα: Ημερομηνία:

A ΜΕΡΟΣ:

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις στη 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 κουρασμένοι/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