



Διπλωματική Εργασία

Η επίδραση της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και συμπεριφορά του οδηγού σε επαρχιακή οδό



Μαρίνα Καραχάλια

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

Αθήνα, Ιούλιος 2025

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα Διπλωματική Εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των σπουδών μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην υλοποίησή της.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Γιώργο Γιαννή, καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και την πολύτιμη συμβολή του καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κύριο Μάριο Σεκαδάκη, για τη συνεχή υποστήριξη, την τεχνική βοήθεια και τις χρήσιμες παρατηρήσεις που συνέβαλαν ουσιαστικά στην εξέλιξη της εργασίας.

Ιδιαίτερη μνεία αξίζει στους συμμετέχοντες του πειράματος, χωρίς τους οποίους δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί το ερευνητικό μέρος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τα αγαπημένα μου πρόσωπα για τη διαρκή στήριξη, την ενθάρρυνση και την κατανόηση σε κάθε στάδιο αυτής της διαδρομής.

Αθήνα, Ιούλιος 2025
Μαρίνα Καραχάλια

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΕΠΑΡΧΙΑΚΗ ΟΔΟ

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

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και συμπεριφορά σε επαρχιακό οδικό περιβάλλον, μέσω χρήσης προσομοιωτή οδήγησης. Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 46 άτομα ηλικίας 19–27 ετών, τα οποία αξιολογήθηκαν ως προς την καρδιοαναπνευστική τους ικανότητα μέσω του δείκτη Μέγιστης Πρόσληψης Οξυγόνου (VO_{2max}). Ο δείκτης υπολογίστηκε με βάση την Καρδιακή Συχνότητα (BPM – Beats Per Minute) μετά την αποκατάσταση, έπειτα από σύντομη σωματική δραστηριότητα και στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο ομάδες φυσικής κατάστασης: υψηλής (High-fitness οδηγοί) και χαμηλής φυσικής κατάστασης (Low-fitness), βάσει βιβλιογραφικών ορίων του VO_{2max} . Ταυτόχρονα απάντησαν σε σχετικό ερωτηματολόγιο. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με στατιστικά μοντέλα γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι high-fitness οδηγοί εμφάνισαν μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης, μεγαλύτερη τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, υψηλότερη μέση ταχύτητα και, αντίθετα, μειωμένη πιθανότητα οδικού ατυχήματος. Η υψηλή φυσική κατάσταση φαίνεται να σχετίζεται με πιο σταθερή και ελεγχόμενη οδηγική συμπεριφορά, η οποία, παρά τον αυξημένο χρόνο αντίδρασης, ενδέχεται να συντελεί στη μείωση του κινδύνου ατυχήματος μέσω καλύτερης λήψης αποφάσεων.

Λέξεις-κλειδιά: Φυσική κατάσταση, VO_{2max} , Προσομοιωτής οδήγησης, Οδική ασφάλεια, Χρόνος αντίδρασης, Κίνδυνος ατυχήματος

THE IMPACT OF PHYSICAL FITNESS ON ROAD SAFETY AND DRIVER BEHAVIOR ON RURAL ROADS

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

Abstract

The scope of this thesis is to investigate the impact of physical fitness on road safety and driving behavior in a rural road environment, using a driving simulator. The experimental procedure involved 46 participants aged 19–27, who were evaluated in terms of their cardiorespiratory fitness through the Maximal Oxygen Uptake index (VO_{2max}). VO_{2max} was calculated based on heart rate (BPM – Beats Per Minute) after recovery from a short physical activity and then were categorized into two fitness groups: high fitness and low fitness, based on established VO_{2max} classification thresholds. Simultaneously, participants completed a related questionnaire. The data was analyzed using linear and logistic regression models. Results showed that high-fitness drivers demonstrated longer reaction times, greater variability in headway distance, higher average speeds, and, conversely, a lower probability of road accident involvement. Overall, higher physical fitness appears to be associated with more stable and controlled driving behavior, which, despite the increased reaction time, may contribute to reduced accident risk through improved decision-making.

Keywords: Physical fitness, VO_{2max} , Driving simulator, Road safety, Reaction time, Accident risk

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και στη συμπεριφορά του οδηγού, στο πλαίσιο οδήγησης σε επαρχιακό οδικό δίκτυο. Η μελέτη αξιοποιεί προσομοιωτή οδήγησης προκειμένου να καταγράψει και να αναλύσει τη σχέση μεταξύ διαφορετικών επιπέδων φυσικής κατάστασης και κρίσιμων παραμέτρων οδηγικής επίδοσης, με στόχο να αναδειχθούν πιθανές διαφοροποιήσεις στην οδική συμπεριφορά ανάλογα με τη φυσική ικανότητα των συμμετεχόντων.

Η πειραματική διαδικασία υλοποιήθηκε σε **προσομοιωτή οδήγησης**, με δείγμα 46 νέων οδηγών ηλικίας 19 έως 27 ετών. Κατά την εκτέλεση των σεναρίων οδήγησης, καταγράφηκαν αναλυτικά δεδομένα οδικής συμπεριφοράς, ενώ παράλληλα συλλέχθηκαν πληροφορίες για τα ατομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων μέσω ερωτηματολογίων. Κάθε οδηγός εκτέλεσε τρία διαφορετικά σενάρια σε επαρχιακή οδό, αντιπροσωπευτικά διαφορετικών συνθηκών κυκλοφορίας: μέρα με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

Τα στοιχεία της συλλογής, στη συνέχεια, επεξεργάστηκαν κατάλληλα δημιουργώντας βάσεις δεδομένων για ανάλυση. Κατά τη στατιστική ανάλυση, που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της **γλώσσας προγραμματισμού R**, εκτελέστηκε γραμμική και διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση για την πρόβλεψη οδηγικών χαρακτηριστικών και πιθανότητας ατυχημάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν ύστερα από πλήθος δοκιμών των μεταβλητών τους, ώστε να πληρούν τα κριτήρια ποιότητας και αποδοχής τους, είναι το μοντέλο για τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, το μέσο χρόνο αντίδρασης, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και για την πιθανότητα ατυχήματος.

Από τη **συνοπτική παρουσίαση των μαθηματικών μοντέλων** που ακολουθεί καθίσταται εφικτή η εξαγωγή των συμπερασμάτων τα οποία συμβάλλουν στην εκπλήρωση του στόχου της εργασίας. Τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης παρουσιάζονται μέσω του Πινάκων 6.1 ο οποίος περιλαμβάνει και τις τιμές της ελαστικότητας για τον προσδιορισμό της σχετικής επιρροής μεταξύ των μεταβλητών.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης.

		Διακώμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα				Μέσος χρόνος αντίδρασης				Μέση ταχύτητα οδήγησης				Πιθανότητα Ατυχήματος			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	z	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	24,762	2,076	0,31	2,42	0,137	1,987	0,10	1,00	2,364	2,267	0,04	-3484,28	-0,933	-1,936	-0,02	2,25
	Συνθήκες φωτισμού	141,339	10,828	1,77	13,84	0,553	7,093	0,42	4,03					1,604	3,228	0,18	-21,49
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-27,851	-2,134	-0,35	-2,73	-0,357	-4,577	-0,27	-2,60	-5,422	-5,397	-0,10	7990,50				
	Η φυσική κατάσταση επηρεάζει την συγκεντρωμένη οδήγηση	-23,323	-2,079	-0,29	-2,28	-0,212	-3,150	-0,16	-1,55								
	Εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό	-15,793	-2,141	-0,20	-1,55	-0,149	-3,409	-0,11	-1,09	1,561	2,335	0,03	-2300,02				
	Εμπλοκή σε ατύχημα ως οδηγός	-30,524	-2,974	-0,38	-2,99												
	Λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά	10,214	2,001	0,13	1,00												
	Κατηγορία δείκτη μάζας σώματος οδηγού					0,171	2,330	0,13	1,25								
	Διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση									2,348	2,322	0,04	-3460,16	-1,794	-3,153	-0,01	1,78
	Η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα									1,046	2,192	0,02	-1541,11	0,849	3,256	0,09	-10,92
	Εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο									-0,001	-6,503	-0,00001	1,00				
	Είδος αθλητικής δραστηριότητας που ασχολείται συχνότερα ο οδηγός													-1,061	-2,957	-0,008	1,00
	Μορφωτικό επίπεδο													0,724	2,038	0,09	-11,06
	Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα													0,763	2,223	0,09	-10,69
Συνεχείς	Βάρος οδηγού	-0,996	-2,567	-0,00012	1,00	-0,009	-2,940	-0,00007	1,000								
	Χρόνια συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα									0,248	2,494	0,00004	1,00				
	Δείκτης μάζας σώματος οδηγού									0,507	3,011	0,00009	2,05				
	Μήνες συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα το χρόνο													0,420	4,178	1,07	1,00
R ²		0,633				0,561				0,428							

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

- Η υψηλή φυσική κατάσταση φαίνεται να μειώνει την πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα ($\beta = -0,933$, $p < 0,10$). Η αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση της μεταβλητής fitness υποδηλώνει ότι οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση διατρέχουν **μικρότερο κίνδυνο ατυχήματος** στο επαρχιακό περιβάλλον του προσομοιωτή. Η συσχέτιση αυτή ενδέχεται να αντανakλά την αυξημένη ικανότητα διατήρησης προσοχής και την ταχύτερη επεξεργασία κυκλοφοριακών πληροφοριών, που χαρακτηρίζουν άτομα με υψηλότερα επίπεδα φυσικής κατάστασης, σύμφωνα και με ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- Η διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα βρέθηκε να επηρεάζεται θετικά από τη φυσική κατάσταση ($\beta = +24,762$, $p < 0,05$). Συγκεκριμένα, οι οδηγοί που ανήκουν στην ομάδα υψηλής φυσικής κατάστασης παρουσίασαν μεγαλύτερη μεταβλητότητα στην απόσταση που διατηρούν από το προπορευόμενο όχημα. Το εύρημα αυτό μπορεί να υποδηλώνει μια πιο **ευέλικτη και προσαρμοστική οδηγική συμπεριφορά**, με συχνότερες αναπροσαρμογές σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με τις συνθήκες της κυκλοφορίας. Παρά το γεγονός ότι η αυξημένη διακύμανση ενδέχεται να εκληφθεί ως αστάθεια, η μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα για την ίδια ομάδα οδηγών ($\beta = -0,933$, $p < 0,10$) υποστηρίζει την ερμηνεία ότι πρόκειται για **ενεργητική και αποτελεσματική στρατηγική οδήγησης**, η οποία συμβάλλει στην αποτροπή συγκρούσεων και στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας.
- Η ομάδα υψηλής φυσικής κατάστασης εμφάνισε αυξημένο μέσο χρόνο αντίδρασης ($\beta = +0,137$, $p < 0,05$), εύρημα που εκ πρώτης όψεως φαίνεται αντιφατικό με την υπόθεση ταχύτερης απόκρισης. Ωστόσο, ενδέχεται να αντανakλά μια **πιο επιφυλακτική ή στοχευμένα αργή στρατηγική απόκρισης**, με στόχο την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα, παρά τη βιαστική αντανakλαστική δράση. Παράλληλα, η ίδια ομάδα παρουσίασε μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα ($\beta = -0,933$, $p < 0,10$), ενισχύοντας την υπόθεση ότι η αυξημένη φυσική κατάσταση σχετίζεται με βελτιωμένη οδηγική συμπεριφορά, ακόμη και αν αυτή εκδηλώνεται με πιο ελεγχόμενους χρόνους απόκρισης. Το εύρημα υποδηλώνει **πιο συνειδητοποιημένη και ασφαλή αντίδραση**, η οποία ενδέχεται να συμβάλλει προληπτικά στην αποφυγή ατυχημάτων.
- Η φυσική κατάσταση σχετίζεται θετικά με τη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = +2,364$, $p < 0,05$), υποδεικνύοντας ότι οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση κινούνται σε ελαφρώς υψηλότερες ταχύτητες. Ωστόσο, το εύρημα αυτό δεν συνεπάγεται αυξημένο κίνδυνο. Αντιθέτως, σύμφωνα με την καμπύλη της Εικόνας 5.1, οι χαμηλότερες πιθανότητες εμπλοκής σε ατύχημα εντοπίζονται σε ταχύτητες ελαφρώς ανώτερες από τη μέση της ροής. Επομένως, η ταχύτερη οδήγηση των οδηγών με υψηλή φυσική κατάσταση ενδέχεται να αντανakλά την τοποθέτησή τους εντός αυτής της «βέλτιστης ζώνης» ταχύτητας, στην οποία η πιθανότητα ατυχήματος είναι μειωμένη, πιθανόν λόγω καλύτερης **ενσωμάτωσης** στην κυκλοφορία και **αυξημένης ικανότητας πρόβλεψης**.
- Η φυσική κατάσταση και ο BMI φαίνεται να συνδέονται με παρόμοιο τρόπο με την οδηγική απόδοση, καθώς καταγράφουν θετική επίδραση στα μοντέλα. Αντίθετα, η μεταβλητή του βάρους του οδηγού εμφανίζει αρνητική επίδραση, γεγονός που

υποδηλώνει ότι το αυξημένο βάρος χωρίς την αντίστοιχη φυσική κατάσταση δεν σχετίζεται θετικά με την οδήγηση. Η σύγκριση των γραφημάτων (5.1 και 5.4) ενισχύει αυτή την παρατήρηση, καθώς οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση εμφανίζουν ταυτόχρονα υψηλότερες τιμές BMI. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι, στους νεαρούς ενήλικες του δείγματος, ο αυξημένος BMI δεν αποτελεί δείκτη μειωμένης ικανότητας, αλλά αντιθέτως όταν συνοδεύεται από καλή φυσική κατάσταση, μπορεί να συνδέεται με **βελτιωμένη οδηγική συμπεριφορά**.

- Τα έτη συμμετοχής σε αθλητικές δραστηριότητες και η εργασία που απαιτεί σωματική προσπάθεια συσχετίστηκαν με αυξημένη μέση ταχύτητα ($\beta = +0,248$, $p < 0,05$ και $\beta = +1,046$, $p < 0,05$ αντίστοιχα), ενώ ο καθημερινός χρόνος περπατήματος ή ποδηλασίας σχετίστηκε με μεγαλύτερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = +10,214$, $p < 0,05$). Η θετική αυτή κατεύθυνση των επιδράσεων **ευθυγραμμίζεται** με τη μεταβλητή της φυσικής κατάστασης, ενισχύοντας την υπόθεση ότι η γενικότερη φυσική ενεργοποίηση, ανεξαρτήτως της μορφής της, συμβάλλει σε πιο **ενεργητική και δυναμική οδηγική συμπεριφορά**.
- Οι συνθήκες φωτισμού ανέδειξαν τη ισχυρότερη συνολική επίδραση μεταξύ όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως καταδεικνύεται από τις υψηλότερες τιμές του r σε κάθε μοντέλο. Συγκεκριμένα, σχετίστηκε με αυξημένη διακύμανση απόστασης ($\beta = +141,339$, $p < 0,05$), μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης ($\beta = +0,553$, $p < 0,05$) και υψηλότερη πιθανότητα ατυχήματος ($\beta = +1,604$, $p < 0,05$). Το εύρημα επιβεβαιώνει ότι ο χαμηλός φωτισμός αποτελεί **κρίσιμο εξωγενή παράγοντα**, ο οποίος ενδέχεται να υποβαθμίζει την οδηγική σταθερότητα, την ταχύτητα επεξεργασίας και τη συνολική ασφάλεια στο οδικό περιβάλλον.
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος ασκεί αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση σε όλα τα εξαρτημένα μεγέθη στα οποία περιλαμβάνεται. Συγκεκριμένα, σχετίστηκε με μειωμένη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = -27,851$, $p < 0,05$), συντομότερο χρόνο αντίδρασης ($\beta = -0,357$, $p < 0,05$) και χαμηλότερη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = -5,422$, $p < 0,05$). Η συνολική αυτή εικόνα υποδηλώνει μια **πιο αμυντική και συνετή οδηγική συμπεριφορά** σε συνθήκες αυξημένης κυκλοφορίας, με μειωμένες μεταβολές στην απόσταση και την ταχύτητα και **αυξημένη ετοιμότητα**, που ενδεχομένως απορρέει από την αυξημένη εγρήγορση που απαιτούν οι πυκνές κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Όσο περισσότερες ημέρες την εβδομάδα οδηγεί κάποιος σε επαρχιακή οδό, τόσο περισσότερο φαίνεται να έχει **εξοικειωθεί** με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου περιβάλλοντος. Η αυξημένη αυτή εμπειρία συνδέθηκε με μειωμένη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = -15,793$, $p < 0,05$), ταχύτερο χρόνο αντίδρασης ($\beta = -0,149$, $p < 0,05$) και υψηλότερη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = +1,561$, $p < 0,05$).
- Η εμπλοκή σε ατύχημα ως οδηγός συνδέεται με χαμηλότερη διακύμανση απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = -30,524$, $p < 0,05$), στοιχείο που ενδέχεται να αντανακλά μια **πιο ελεγχόμενη και σταθερή συμπεριφορά** μετά από εμπειρία ατυχήματος. Αντίστοιχα, η εμπλοκή σε τροχαίο με υλικές ζημιές μόνο σχετίζεται με χαμηλότερη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = -0,001$, $p < 0,05$), ενδεχομένως ως ένδειξη **αυξημένης επιφυλακτικότητας και συνειδητής αποφυγής κινδύνου** εκ μέρους των οδηγών που είχαν προηγούμενο συμβάν.

- Το **φύλο** και η **ηλικία** του οδηγού δεν εμφανίζονται ως στατιστικά σημαντικοί παράγοντες σε κανένα από τα μοντέλα, γεγονός που υποδηλώνει ότι δεν σχετίζονται με τους βασικούς δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς που εξετάστηκαν.
- Τα ευρήματα δείχνουν ότι δεν υπάρχει μία μόνο μεταβλητή που προβλέπει πλήρως την πιθανότητα ατυχήματος, αλλά ο συνδυασμός φυσικής κατάστασης, εμπειρίας, συμπεριφοράς και περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. φωτισμός, κυκλοφορία) παίζει κρίσιμο ρόλο.
- Η υψηλότερη εκπαίδευση ($\beta = +0,724, p < 0,05$) και το αυξημένο εισόδημα ($\beta = +0,763, p < 0,05$) συνδέονται με αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να αντανάκλα τη **συχνότερη χρήση** του οχήματος και την οδήγηση σε πιο **σύνθετα** και απαιτητικά **κυκλοφοριακά περιβάλλοντα**, που είναι πιθανότερο να χαρακτηρίζουν άτομα με υψηλότερο μορφωτικό και κοινωνικοοικονομικό προφίλ. Παρά τις γνωστικές ικανότητες που ενδέχεται να συνοδεύουν την ανώτερη μόρφωση, η αυξημένη έκθεση ενδέχεται να υπερκαλύπτει τα πιθανά προστατευτικά οφέλη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Γενική ανασκόπηση.....	1
1.2. Στόχος	4
1.3. Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας	4
1.4. Δομή	5
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	7
2.1 Γενικά	7
2.2 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες	7
2.2.1 Η φυσική κατάσταση και οι γνωστικές–εκτελεστικές διεργασίες που σχετίζονται με την οδήγηση.....	7
2.2.2 Επίδραση της φυσικής κατάστασης στον χρόνο αντίδρασης και στην οπτική επεξεργασία.....	9
2.2.3 Η συμβολή της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά και στην πρόληψη τροχαίων ατυχημάτων	9
2.3 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες	10
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	13
3.1 Εισαγωγή	13
3.2 Μαθηματικά πρότυπα.....	13
3.2.1 Γραμμικό μοντέλο	13
3.2.2 Διωνυμικό Λογιστικό Μοντέλο.....	13
3.3 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου.....	14
3.4 Εξήγηση αποτελεσμάτων	16
3.5 Λειτουργία λογισμικού στατιστικής ανάλυσης	17
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	19
4.1 Εισαγωγή	19
4.2 Πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης	19
4.2.1 Στόχος πειράματος	19
4.2.2 Προσομοιωτής.....	19
4.2.3 Σενάρια πειράματος.....	22
4.2.4 Συμμετέχοντες.....	23
4.2.5 Προετοιμασία και εφαρμογή πειράματος.....	23
4.3 Επεξεργασία στοιχείων.....	25
4.3.1 Επεξεργασία ερωτηματολογίων	25

4.3.2	Επεξεργασία μετρήσεων πειράματος	30
4.4	Βάση δεδομένων	30
4.5	Περιγραφικά χαρακτηριστικά δείγματος.....	31
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	34
5.1	Γενικά	34
5.2	Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.....	34
5.2.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα	34
5.2.2	Ποιότητα μοντέλου.....	37
5.2.3	Συσχέτιση μεταβλητών.....	38
5.2.4	Περιγραφική στατιστική μεταβλητών	38
5.2.5	Βαθμός επιρροής μεταβλητών.....	39
5.2.6	Ανάλυση ευαισθησίας	40
5.3	Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για το μέσο χρόνο αντίδρασης	41
5.3.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα	41
5.3.2	Ποιότητα μοντέλου.....	44
5.3.3	Συσχέτιση μεταβλητών.....	44
5.3.4	Περιγραφική στατιστική μεταβλητών	44
5.3.5	Βαθμός επιρροής μεταβλητών.....	45
5.3.6	Ανάλυση ευαισθησίας	46
5.4	Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη μέση ταχύτητα οδήγησης.....	46
5.4.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα	46
5.4.2	Ποιότητα μοντέλου.....	49
5.4.3	Συσχέτιση μεταβλητών.....	49
5.4.4	Περιγραφική στατιστική μεταβλητών	50
5.4.5	Βαθμός επιρροής μεταβλητών.....	51
5.4.6	Ανάλυση ευαισθησίας	51
5.5	Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για την πιθανότητα ατυχήματος.....	52
5.5.1	Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα	52
5.5.2	Στατιστική σημαντικότητα και ποιότητα μοντέλου	54
5.5.3	Συσχέτιση μεταβλητών.....	55
5.5.4	Περιγραφική στατιστική μεταβλητών	55
5.5.5	Βαθμός επιρροής μεταβλητών.....	56
5.5.6	Ανάλυση ευαισθησίας	57
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
6.1	Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	59

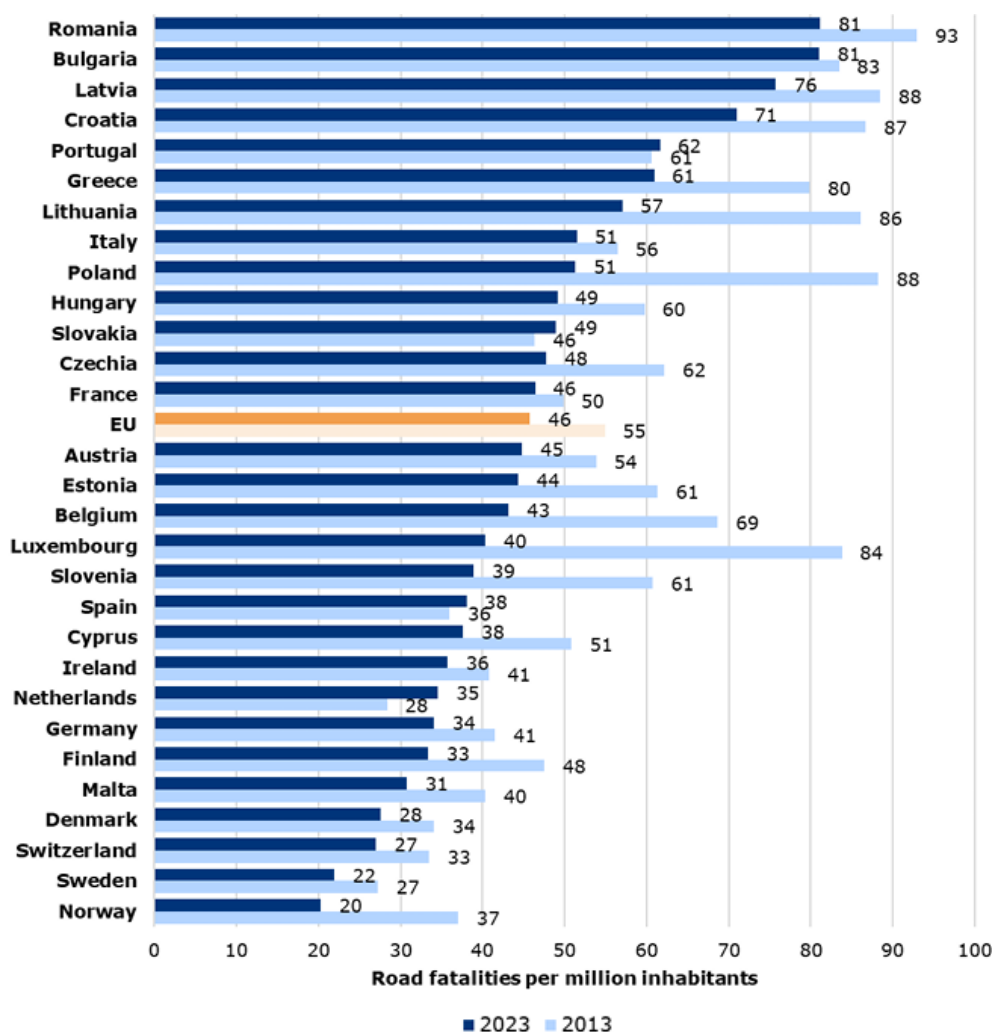
6.2	Συνολικά συμπεράσματα.....	61
6.3	Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας.....	63
6.4	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....		69

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

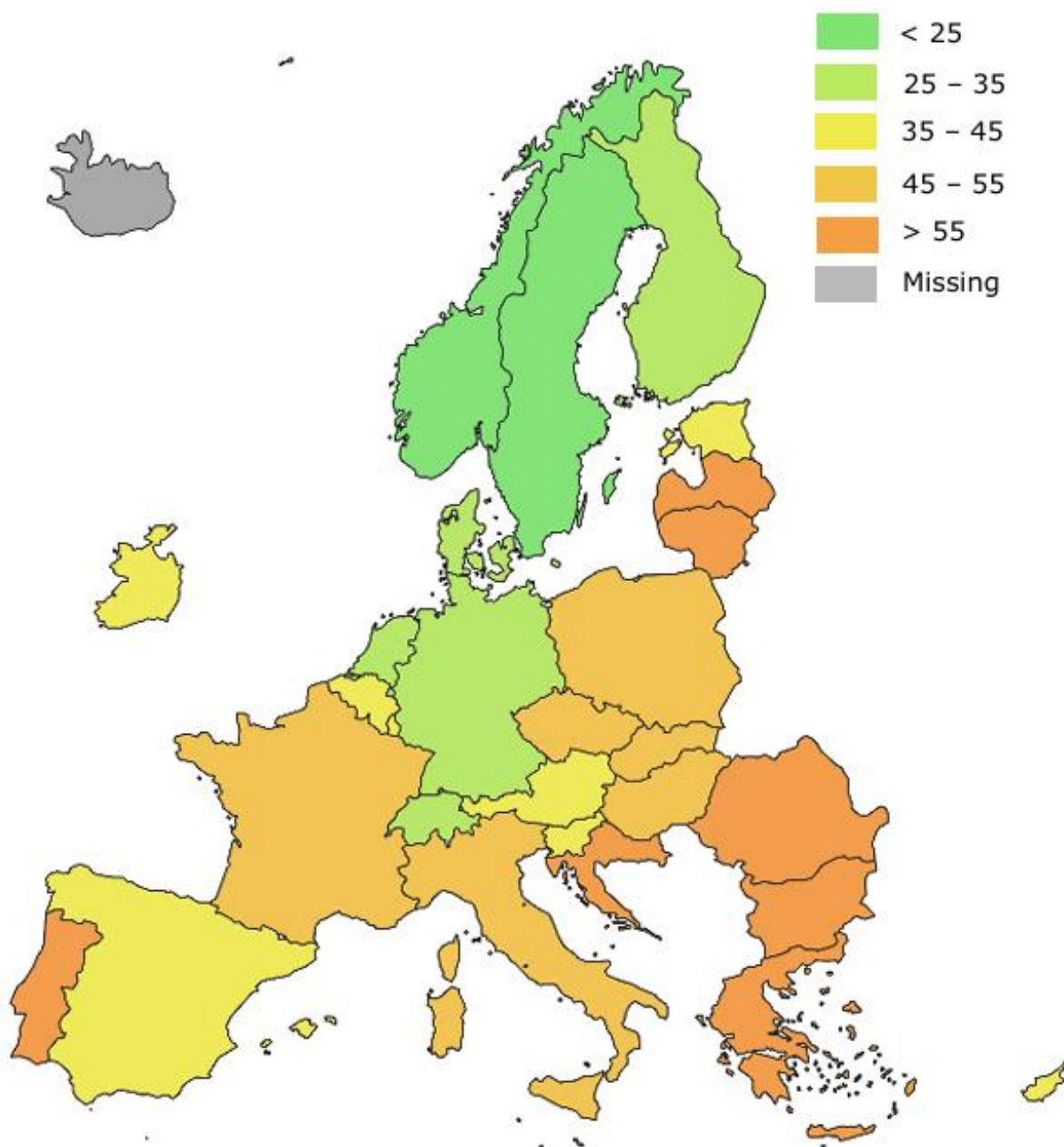
1.1. Γενική ανασκόπηση

Η οδική ασφάλεια αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους τομείς έρευνας στο πεδίο των μεταφορών, καθώς τα τροχαία ατυχήματα προκαλούν σοβαρές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, αλλά και σημαντικό βάρος στη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, περισσότεροι από 1,19 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους ετησίως σε τροχαία δυστυχήματα, ενώ 20 έως 50 εκατομμύρια τραυματίζονται, πολλοί εκ των οποίων υφίστανται μόνιμες αναπηρίες. **Τα τροχαία αποτελούν τη 12η κύρια αιτία θανάτου παγκοσμίως** και την 1η αιτία θανάτου στην ηλικιακή ομάδα 5–29 ετών, με το 90% των θανάτων να σημειώνεται σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος [WHO, 2023].

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το 2023 σημειώθηκαν 20.400 θάνατοι από τροχαία ατυχήματα και 1.500.000 τραυματίες. Στην Ελλάδα, καταγράφηκαν 621 θάνατοι το 2023, με τον δείκτη θνησιμότητας να ανέρχεται σε 61 νεκρούς ανά εκατομμύριο κατοίκων, **κατατάσσοντας τη χώρα στην 22η θέση μεταξύ των 27 κρατών-μελών της Ε.Ε.** (Εικόνα 1.1, 1.2).



Εικόνα 1.1: Αριθμός θανάτων από τροχαία ανά εκατομμύριο κατοίκους ανά χώρα, το 2023 σε σύγκριση με το 2013 [Πηγή: ERSO, 2025].



Εικόνα 1.2: Χάρτης Ευρώπης με κατανομή των θανάτων από τροχαία το 2023 [Πηγή: ERSO, 2025].
Το Λιχτενστάιν και η Ισλανδία δεν περιλαμβάνονται στο διάγραμμα, επειδή το 2023 είχαν λιγότερους από 10 θανάτους σε τροχαία ατυχήματα.

Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις είναι επίσης αξιοσημείωτες, καθώς το κόστος των τροχαίων ατυχημάτων εκτιμάται στο **1–3% του ΑΕΠ κάθε κράτους** [WHO, 2023].

Η διεθνής βιβλιογραφία αναγνωρίζει πλήθος παραγόντων που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια, όπως η κατάσταση του οδικού δικτύου, η τεχνική επάρκεια των οχημάτων και κυρίως η ανθρώπινη συμπεριφορά. Ανθρώπινοι παράγοντες όπως η κόπωση, η υπνηλία, η απόσπαση προσοχής και η ταχύτητα σχετίζονται άμεσα με την πρόκληση ατυχημάτων. Σύμφωνα με δεδομένα του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, η ποσοτική ανάλυση δεδομένων καταδεικνύει ότι **ο ανθρώπινος παράγοντας εμπλέκεται στο 95% περίπου των τροχαίων ατυχημάτων**, είτε ως

αποκλειστική αιτία είτε σε συνδυασμό με την κατάσταση του οδικού δικτύου ή του οχήματος (Πίνακας 1.1).

Πίνακας 1.1: Συμβολή των τριών κύριων παραγόντων στα οδικά ατυχήματα [Πηγή: NTUA Road Safety Observatory].

Άνθρωπος μόνο	65%
Άνθρωπος και Οδός	24%
Άνθρωπος και Όχημα	4,5%
Άνθρωπος, Οδός και Όχημα	1,25%
Οδός μόνο	2,5%
Οδός και Όχημα	0,25%
Όχημα μόνο	2,5%
Σύνολο	100,0%

Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στη γεωγραφική κατανομή των ατυχημάτων, καθώς **το μεγαλύτερο ποσοστό θανατηφόρων τροχαίων συμβαίνει σε Επαρχιακές Οδούς** (Rural Roads). Συγκεκριμένα, στην Ευρώπη το 53% των θανάτων σημειώνονται σε Επαρχιακές Οδούς, το 38% σε Αστικές Οδούς και μόλις το 9% σε Αυτοκινητόδρομους [ERSO, 2025]. Οι Επαρχιακοί Δρόμοι χαρακτηρίζονται από αυξημένη επικινδυνότητα λόγω υψηλότερων ταχυτήτων, περιορισμένων ελέγχων κυκλοφορίας, μειωμένης ορατότητας και λιγότερης αστυνόμευσης. Στην Ελλάδα, το φαινόμενο είναι ακόμη πιο έντονο, καθώς η συντριπτική πλειονότητα των θανατηφόρων τροχαίων ανά 100 ατυχήματα συμβαίνει στις Επαρχιακές Οδούς εκτός κατοικημένων περιοχών (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2: Θνησιμότητα από τροχαία ανά 100 ατυχήματα, ανά τύπο οδού και περιοχή [Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2021].

Θνησιμότητα ανά 100 ατυχήματα		
	Εντός κατοικημένης περιοχής	Εντός κατοικημένης περιοχής
Αυτοκινητόδρομος	9,0	19,0
Επαρχιακή οδός	12,1	19,1
Αστικό οδικό δίκτυο	3,1	12,6

Η διερεύνηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών των οδηγών στην οδική συμπεριφορά αποτελεί αντικείμενο αυξανόμενου επιστημονικού ενδιαφέροντος. Μεταβλητές όπως η ηλικία, το φύλο, η εμπειρία οδήγησης και η ψυχολογική κατάσταση των οδηγών, έχουν μελετηθεί σε πολυάριθμες έρευνες. Παράλληλα, η χρήση προσομοιωτών οδήγησης προσφέρει τη δυνατότητα ελεγχόμενων πειραματικών συνθηκών και αξιόπιστης παρακολούθησης της συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο.

Η **φυσική κατάσταση**, παρότι συνήθως εξετάζεται στο πλαίσιο της γενικής υγείας, διερευνάται στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας ως **παράγοντας που ενδέχεται να επηρεάζει και την οδική απόδοση**. Είναι αποδεδειγμένο ότι σχετίζεται με τη γνωστική εγρήγορση, τα αντανakλαστικά και τη διαχείριση στρεσογόνων καταστάσεων. Παράγοντες όπως η τιμή του δείκτη Μέγιστης Πρόσληψης Οξυγόνου (VO₂max), η συστηματική άσκηση και η καρδιοαναπνευστική κατάσταση δύνανται να επηρεάσουν την απόκριση του οδηγού σε κρίσιμα γεγονότα, όπως η αποφυγή εμποδίων ή η διατήρηση ασφαλών αποστάσεων.

Τα παραπάνω αναδεικνύουν την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της φυσικής κατάστασης ως παράγοντα που δύναται να επηρεάσει την οδική συμπεριφορά – θέμα το οποίο εξετάζεται αναλυτικά στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

1.2. Στόχος

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **διερεύνηση της σχέσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδικής συμπεριφοράς**, καθώς και της επίδρασης της στην **πιθανότητα πρόκλησης τροχαίου συμβάντος**. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία επικεντρώνεται σε νεαρούς οδηγούς ηλικίας κάτω των 27 ετών και εξετάζει εάν μεταβλητές όπως το $\dot{V}O_{2max}$, η συχνότητα άσκησης και άλλα σχετικά χαρακτηριστικά μπορούν να προβλέψουν κρίσιμες πτυχές της οδικής απόδοσης.

Η μελέτη αποσκοπεί στην κάλυψη ενός ερευνητικού κενού στη διεθνή βιβλιογραφία και στη διερεύνηση της συμβολής της φυσικής κατάστασης ως δυνητικού παράγοντα οδικής ασφάλειας, με στόχο την ενίσχυση της πρόληψης ατυχημάτων και την ανάπτυξη στοχευμένων παρεμβάσεων.

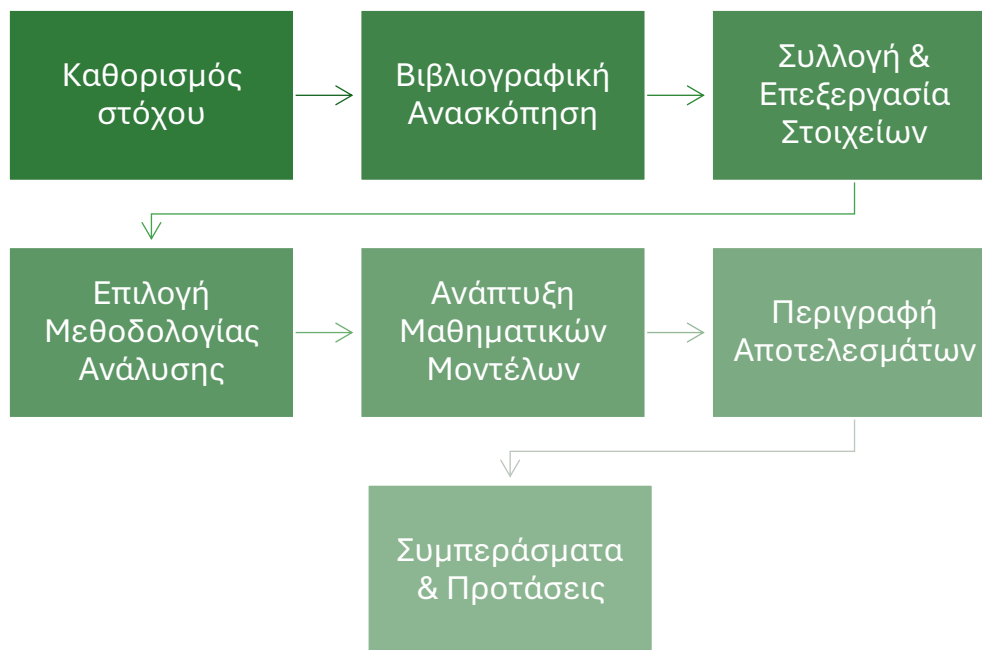
1.3. Μεθοδολογία Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα ενότητα περιγράφει τη **μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη των στόχων της Διπλωματικής Εργασίας**. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση με σκοπό την καταγραφή της υφιστάμενης γνώσης και τον εντοπισμό ερευνητικών κενών στο πεδίο της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά και την πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Η επισκόπηση περιλάμβανε διεθνείς και ελληνικές μελέτες, καθώς και τεχνικές εκθέσεις οργανισμών σχετικών με την οδική ασφάλεια και τη δημόσια υγεία.

Ακολούθως, σχεδιάστηκε το **πειραματικό σκέλος** της εργασίας, το οποίο περιλάμβανε τη συλλογή δεδομένων μέσω προσομοιωτή οδήγησης και ερωτηματολογίου. Το δείγμα αποτέλεσαν άτομα ηλικίας κάτω των 27 ετών, τα οποία κατανεμήθηκαν σε ομάδες ανάλογα με τη φυσική τους κατάσταση. Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε ελεγχόμενη άσκηση πριν την οδήγηση, καθώς και καταγραφή κρίσιμων δεικτών απόδοσης (χρόνος αντίδρασης, ταχύτητα, απόσταση από εμπόδιο, πιθανότητα ατυχήματος).

Στη συνέχεια, τα δεδομένα κωδικοποιήθηκαν και επεξεργάστηκαν με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά αξιοποιήθηκαν για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδικής συμπεριφοράς, καθώς και για τον εντοπισμό παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάζουν την πιθανότητα πρόκλησης συμβάντος.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, η σύνθεση των συμπερασμάτων και η διατύπωση προτάσεων για μελλοντική έρευνα και πρακτική αξιοποίηση των ευρημάτων. Η συνολική μεθοδολογική πορεία απεικονίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα ροής (Γράφημα 1.1).



Γράφημα 1.1: Βήματα μεθοδολογίας διπλωματικής εργασίας.

1.4. Δομή

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας, με σκοπό την εξασφάλιση της ομαλής ροής και της λογικής συνοχής μεταξύ των επιμέρους κεφαλαίων. Παρακάτω παρατίθενται συνοπτικά το περιεχόμενο του κάθε κεφαλαίου:

- **Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή**

Παρουσιάζεται το γενικό πλαίσιο της μελέτης, αναδεικνύοντας τη σημασία του προβλήματος των οδικών ατυχημάτων και τη συμβολή της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά. Διατυπώνονται οι βασικοί στόχοι και η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας, ενώ περιγράφεται συνοπτικά και η δομή της.

- **Κεφάλαιο 2^ο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

Εξετάζονται συναφείς ερευνητικές εργασίες και μεθοδολογίες από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία, με σκοπό τον εντοπισμό ερευνητικών κενών και τη θεωρητική θεμελίωση της παρούσας μελέτης.

- **Κεφάλαιο 3^ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο**

Εξηγείται το θεωρητικό υπόβαθρο που θα χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά, περιγράφονται οι τύποι των μαθηματικών μοντέλων, καθώς και τα κριτήρια για την αποδοχή τους. Έπειτα, γίνεται επεξήγηση των εντολών της γλώσσας προγραμματισμού R που θα χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη της στατιστικής ανάλυσης.

- **Κεφάλαιο 4^ο: Συλλογή και Επεξεργασία Δεδομένων**

Παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων από τον προσομοιωτή οδήγησης και το ερωτηματολόγιο. Επίσης, γίνεται αναλυτική περιγραφή της διεξαγωγής του πειράματος, καθώς και των χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων και των σεναρίων οδήγησης. Στη συνέχεια, περιγράφεται ο τρόπος εξαγωγής των δεδομένων από

τον προσομοιωτή και η διαδικασία επεξεργασίας τους με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού R. Τέλος, παρουσιάζονται κάποια ενδιαφέρον χαρακτηριστικά του δείγματος.

▪ **Κεφάλαιο 5ο: Ανάπτυξη και Εφαρμογή Μεθοδολογίας**

Παρουσιάζονται τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν, καθώς και τα βήματα που απαιτήθηκαν για να προκύψουν τα μοντέλα. Επιπλέον, ερμηνεύονται οι συντελεστές τους και γίνεται εξέταση των κριτηρίων αποδοχής και της ποιότητάς τους.

▪ **Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα και Προτάσεις**

Περιέχει τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των μαθηματικών μοντέλων και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα ή για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων σε πρακτικό επίπεδο.

▪ **Βιβλιογραφία και Παραρτήματα**

Τέλος, αναφέρεται η βιβλιογραφία της διπλωματικής εργασίας, η οποία περιλαμβάνει όλες τις πηγές και τις έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνησή της, καθώς και συμπληρωματικό υλικό που υποστηρίζει την ανάλυση.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αποσκοπεί στον προσδιορισμό του θεωρητικού πλαισίου της Διπλωματικής Εργασίας και στη διαμόρφωση της μεθοδολογικής προσέγγισης που θα ακολουθηθεί. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται μελέτες που σχετίζονται με το αντικείμενο της εργασίας, προκειμένου να αναδειχθούν βασικά ευρήματα και κατευθύνσεις για τη συνέχεια της ανάλυσης.

Η έμφαση δίνεται στη διερεύνηση της οδικής συμπεριφοράς υπό το πρίσμα της φυσικής κατάστασης του οδηγού. Μέσα από την ανασκόπηση σχετικής βιβλιογραφίας, εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο η φυσική κατάσταση μπορεί να επηρεάζει κρίσιμες πτυχές της οδήγησης, όπως η πιθανότητα πρόκλησης ατυχήματος.

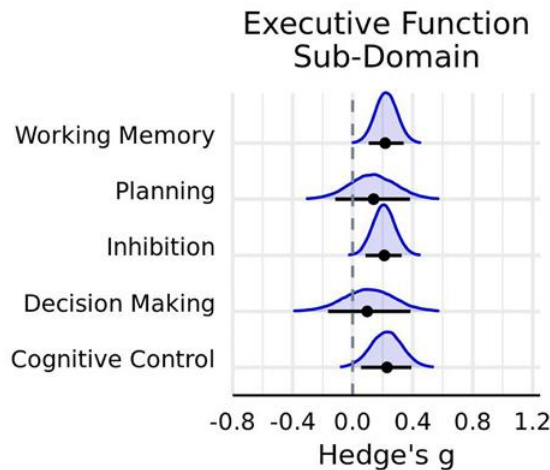
Παρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη σχέση μεταξύ φυσικών, γνωστικών και συμπεριφορικών χαρακτηριστικών του οδηγού, η **συστηματική μελέτη της φυσικής κατάστασης ως παράγοντα που επηρεάζει την οδική συμπεριφορά παραμένει περιορισμένη**. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη συμβολή της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας στο ερευνητικό πεδίο.

2.2 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες

2.2.1 Η φυσική κατάσταση και οι γνωστικές–εκτελεστικές διεργασίες που σχετίζονται με την οδήγηση

Η οδήγηση αποτελεί μια σύνθετη δραστηριότητα που απαιτεί συνεχή επεξεργασία πληροφοριών, επιλογή κατάλληλων αντιδράσεων, ικανότητα αυτοελέγχου και γρήγορη λήψη αποφάσεων. Όλες αυτές οι διεργασίες υπάγονται στο φάσμα των εκτελεστικών λειτουργιών και της προσοχής. Η φυσική κατάσταση, και ειδικότερα η **καρδιοαναπνευστική ικανότητα**, ενδέχεται να συνδέεται με τη βελτίωση αυτών των λειτουργιών, ενισχύοντας την ικανότητα του ατόμου να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σε απαιτητικές ή απρόβλεπτες κυκλοφοριακές συνθήκες.

Πολλαπλές εμπειρικές έρευνες έχουν εξετάσει τη σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης και γνωστικών λειτουργιών, με αρκετές από αυτές να καταδεικνύουν στοχευμένα οφέλη στις **εκτελεστικές διεργασίες**. Σύμφωνα με τη συστηματική ανασκόπηση και Bayesian μετα-ανάλυση των *Garrett et al. (2023)*, η οποία βασίστηκε σε 113 μελέτες με συνολικά 4.390 συμμετέχοντες, η φυσική δραστηριότητα συσχετίζεται θετικά με όλες τις βασικές υποκατηγορίες των εκτελεστικών λειτουργιών, όπως η εργασιακή μνήμη, ο σχεδιασμός, η αναστολή παρορμήσεων, η λήψη αποφάσεων και ο γενικός γνωστικός έλεγχος. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.3, τα μεγαλύτερα οφέλη εντοπίζονται στην ικανότητα αναστολής και στη διατήρηση πληροφοριών σε εργασιακή μνήμη. Οι λειτουργίες αυτές είναι ιδιαίτερες κρίσιμες για την οδήγηση, καθώς υποστηρίζουν τη διαχείριση πολλαπλών ερεθισμάτων, την επιλογή κατάλληλων αντιδράσεων και την αποφυγή λαθών σε καταστάσεις με υψηλό γνωστικό φόρτο.



Εικόνα 2.1: Εκτιμήσεις της επίδρασης της φυσικής δραστηριότητας σε πέντε βασικές εκτελεστικές λειτουργίες: Εργασιακή μνήμη, σχεδιασμός, αναστολή, λήψη αποφάσεων, γνωστικός έλεγχος [Πηγή: Garrett et al. (2023)].

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τις κατανομές των επιδράσεων (posterior distributions) για κάθε υποκατηγορία εκτελεστικής λειτουργίας. Η οριζόντια μαύρη γραμμή δείχνει το 89% διάστημα αξιοπιστίας κατανομής (89% HDI), ενώ η μαύρη τελεία αντιπροσωπεύει τη μέση εκτιμώμενη επίδραση (mode). Οι τιμές προέρχονται από 433 δείγματα μεγέθους επίδρασης (effect sizes).

Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν και με άλλες μελέτες. Για παράδειγμα, οι Erickson et al. (2019) διαπίστωσαν ότι η φυσική δραστηριότητα βελτιώνει λειτουργίες όπως η μνήμη, η ταχύτητα επεξεργασίας και η εκτελεστική λειτουργία, ιδιαίτερα μετά από άσκηση μέτριας ή υψηλής έντασης. Αντίστοιχα, οι Esmaeilzadeh et al. (2018) έδειξαν ότι η καλή φυσική κατάσταση, και ειδικά η εκρηκτική δύναμη, σχετίζεται με καλύτερη ικανότητα αυτοελέγχου και γρηγορότερη επεξεργασία πληροφοριών σε νεαρούς ενήλικες.

Επιπλέον, νευροφυσιολογικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η αυξημένη καρδιοαναπνευστική ικανότητα σχετίζεται με εντονότερη ενεργοποίηση του δεξιού κατώτερου μετωπιαίου φλοιού – περιοχής του εγκεφάλου που εμπλέκεται στον γνωστικό έλεγχο (Dupuy et al., 2015). Ωστόσο, δεν φαίνεται να εξηγούνται όλες οι θετικές επιδράσεις της φυσικής κατάστασης από βιολογικούς δείκτες. Για παράδειγμα, έρευνες που μελέτησαν τη σχέση με τον νευροτροφικό παράγοντα BDNF, μια πρωτεΐνη που βοηθά τη λειτουργία και ανάπτυξη των νευρώνων, δεν βρήκαν σταθερή σύνδεση με τη γνωστική απόδοση (Fortune et al., 2019). Αυτό δείχνει ότι η καλή φυσική κατάσταση πιθανόν βελτιώνει τη λειτουργία του εγκεφάλου κυρίως μέσα από αυξημένη ενεργοποίηση και καλύτερη κυκλοφορία του αίματος, και όχι απαραίτητα μέσω μόνιμων βιολογικών αλλαγών.

Στο πλαίσιο της οδήγησης, η ενίσχυση των εκτελεστικών λειτουργιών αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Ενδεικτικά, μελέτη των Giles et al. (2017) σε νέους ενήλικες έδειξε ότι η συστηματική άσκηση σχετίζεται με καλύτερο έλεγχο της προσοχής και της συναισθηματικής απόκρισης κατά τη διάρκεια απαιτητικών νοητικών εργασιών. Παρότι η μελέτη δεν εξετάζει την οδήγηση ευθέως, οι δεξιότητες αυτές είναι άμεσα συναφείς με την ικανότητα διατήρησης ψυχραιμίας και ανταπόκρισης σε απρόβλεπτα συμβάντα στον δρόμο. Ενδεικτικά, στη μελέτη των Marmeleira et al. (2008), άτομα τρίτης ηλικίας συμμετείχαν σε πρόγραμμα αερόβιας άσκησης διάρκειας 12 εβδομάδων και αξιολογήθηκαν μέσω προσομοιωτή οδήγησης. Μετά το πέρας του προγράμματος, οι συμμετέχοντες εμφάνισαν σημαντικές βελτιώσεις στον χρόνο αντίδρασης, την κινητική απόκριση και την ταχύτητα επεξεργασίας οπτικών ερεθισμάτων: τόσο σε απλές όσο και σε σύνθετες συνθήκες (single & dual task). Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι η συστηματική φυσική δραστηριότητα

μπορεί να ενισχύσει κρίσιμες δεξιότητες που σχετίζονται άμεσα με την ασφαλή οδήγηση, ακόμη και σε προχωρημένες ηλικίες.

Η θετική επίδραση της φυσικής κατάστασης στις νοητικές ικανότητες φαίνεται να διατηρείται και μακροπρόθεσμα. Σε μελέτη των *Jacobs et al. (2014)*, άτομα ηλικίας 18–30 ετών με υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα εμφάνισαν καλύτερες επιδόσεις σε δοκιμασίες συγκέντρωσης, μνήμης και πνευματικής ευελιξίας 25 χρόνια μετά. Αν και η έρευνα δεν εξετάζει άμεσα την οδήγηση, τα ευρήματα υποστηρίζουν ότι η καλή φυσική κατάσταση μπορεί να συνεισφέρει στη διατήρηση κρίσιμων δεξιοτήτων που σχετίζονται με την ασφαλή οδήγηση.

2.2.2 Επίδραση της φυσικής κατάστασης στον χρόνο αντίδρασης και στην οπτική επεξεργασία

Η ταχύτητα με την οποία εντοπίζονται και επεξεργάζονται οπτικά ερεθίσματα αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την οδική συμπεριφορά, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα που απαιτούν άμεσες αποφάσεις. Παρότι με την ηλικία παρατηρείται μείωση της ταχύτητας απόκρισης, όπως τεκμηριώνεται σε σειρά μελετών, η φυσική κατάσταση φαίνεται να ασκεί θετική επίδραση σε όλα τα ηλικιακά φάσματα, ενισχύοντας κρίσιμες λειτουργίες ακόμη και στις μεγαλύτερες ηλικίες.

Ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η αερόβια ικανότητα συνδέεται με ταχύτερη κινητική απόκριση, ειδικά σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, λειτουργώντας πιθανώς ως αντισταθμιστικός μηχανισμός στη γνωστική φθορά (*Etnier et al., 2009*). Παράλληλα, σύντομα προγράμματα άσκησης έχουν επιφέρει μετρήσιμες βελτιώσεις στον χρόνο αντίδρασης ηλικιωμένων οδηγών, ακόμη και σε απαιτητικές συνθήκες (*Marmeleira et al., 2011*).

Σε νεότερους πληθυσμούς, η τακτική άσκηση έχει συσχετιστεί με ταχύτερη απόκριση σε συγκριτικά πειράματα με video gaming, ενώ εξειδικευμένα προγράμματα εξάσκησης μπορούν να ενισχύσουν την περιφερειακή όραση και την ικανότητα κατανομής της προσοχής μεταξύ κεντρικών και περιφερειακών ερεθισμάτων, δεξιότητες θεμελιώδεις για την ασφαλή οδήγηση (*Klasnja et al., 2022, Matos et al., 2008*).

2.2.3 Η συμβολή της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά και στην πρόληψη τροχαίων ατυχημάτων

Η προηγούμενες ενότητες ανέδειξαν τη θετική συσχέτιση μεταξύ της φυσικής κατάστασης και επιμέρους γνωστικών λειτουργιών που είναι κρίσιμες για την ασφαλή οδήγηση, όπως η εκτελεστική λειτουργία, η επιλεκτική προσοχή και η ταχύτητα επεξεργασίας. Ωστόσο, προκειμένου να αποσαφηνιστεί κατά πόσο η βελτιωμένη φυσική κατάσταση μεταφράζεται και σε πρακτικά οφέλη στην οδική συμπεριφορά, απαιτείται η ανάλυση δεδομένων από πειράματα προσομοιωμένης οδήγησης καθώς και από μελέτες μεγάλης κλίμακας.

Σε πειραματική μελέτη με νέους ενήλικες οδηγούς, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης και απόδοσης σε προσομοιωμένη δοκιμασία αιφνίδιου φρεναρίσματος (*Meneghini et al., 2023*). Η φυσική κατάσταση αξιολογήθηκε μέσω του Queen's Step Test (εκτίμηση VO_2max) και μέσω δυναμόμετρου (εκτίμηση της δύναμης λαβής). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα σχετίστηκε με

σημαντικά χαμηλότερη πιθανότητα εμπλοκής σε σύγκρουση, ενώ η μυοσκελετική δύναμη δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Η μελέτη καταλήγει ότι η φυσική κατάσταση ενδέχεται να λειτουργεί προστατευτικά έναντι επικίνδυνων καταστάσεων στο οδικό περιβάλλον.

Σε μελέτη που περιλάμβανε 141 ενήλικες διαφορετικών ηλικιών, εξετάστηκε η επίδραση της ηλικίας, της φυσικής δραστηριότητας και της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας στην οδική επίδοση υπό συνθήκες γνωστικής επιβάρυνσης (Gökçe *et al.*, 2022). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία συμμετέχοντες παρουσίασαν μειωμένη οδική απόδοση, οδηγώντας με χαμηλότερη ταχύτητα και αυξημένη πλευρική απόκλιση. Παρότι δεν εντοπίστηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ηλικίας και επιπέδου φυσικής δραστηριότητας, η καρδιοαναπνευστική ικανότητα (VO₂peak) φάνηκε να μετριάξει την επίδραση της ηλικίας σε συγκεκριμένες παραμέτρους, όπως η ταχύτητα και η θέση εντός της λωρίδας. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η καλή φυσική κατάσταση, όπως αποτυπώνεται μέσω αντικειμενικών μετρήσεων, μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση βασικών οδικών δεξιοτήτων κατά την τρίτη ηλικία.

Πέραν των πειραματικών δεδομένων, σημαντικά είναι και τα ευρήματα από μελέτες που διερευνούν τη σχέση μεταξύ φυσικής δραστηριότητας και εμπλοκής σε τροχαία ατυχήματα σε βάθος χρόνου. Σε πρόσφατη μελέτη διάρκειας 2 ετών, στην οποία συμμετείχαν 1.504 Ιάπωνες ηλικιωμένοι οδηγοί, διαπιστώθηκε ότι η τακτική συμμετοχή σε άσκηση συσχετίστηκε με σημαντικά χαμηλότερο κίνδυνο εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα (Liu *et al.* 2025). Επιπλέον, η ευαλωτότητα (frailty), η οποία συνδέεται με μειωμένη φυσική και γνωστική λειτουργία, βρέθηκε να μεσολαβεί σημαντικά στη σχέση αυτή: η άσκηση φαίνεται να περιορίζει την εμφάνιση σωματικής και γνωστικής εξασθένησης, η οποία με τη σειρά της συνδέεται με μικρότερο κίνδυνο εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα.

2.3 Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες

Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από τις αναφερόμενες έρευνες, δημιουργήθηκε ο ακόλουθος πίνακας, ο οποίος συνοψίζει τα κύρια στοιχεία και τα συμπεράσματα που έχουν διατυπωθεί μέχρι σήμερα.

Πίνακας 2.1: Συνοπτικά στοιχεία και αποτελέσματα από συναφείς έρευνες.

Τίτλος έρευνας	Έρευνα	Συμμετέχοντες	Συμπεράσματα
A systematic review and Bayesian meta-analysis provide evidence for an effect of acute physical activity on cognition in young adults	Garrett <i>et al.</i> (2023)	4.390	Η οξεία φυσική δραστηριότητα φαίνεται να βελτιώνει σε μικρό βαθμό τη γνωστική λειτουργία νεαρών ενηλίκων, ενισχύοντας κυρίως τη μνήμη εργασίας, την ικανότητα αναστολής και τον χρόνο αντίδρασης.
Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines	Erickson <i>et al.</i> (2019)	-	Η φυσική δραστηριότητα συμβάλλει στη βελτίωση της μνήμης, της ταχύτητας επεξεργασίας και των εκτελεστικών λειτουργιών, με τα ισχυρότερα αποτελέσματα να παρατηρούνται έπειτα από άσκηση μέτριας έως υψηλής έντασης.
Association between physical fitness and cognitive performance in 19-24 year old males	Esmailzadeh <i>et al.</i> (2018)	211	Η καλή φυσική κατάσταση, και ειδικά η εκρηκτική δύναμη, σχετίζεται με καλύτερη ικανότητα αναστολής και

			γρηγορότερη επεξεργασία πληροφοριών σε νεαρούς ενήλικες.
Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women	Dupuy et al. (2015)	58	Η αυξημένη καρδιοαναπνευστική ικανότητα σχετίζεται με βελτιωμένη εκτελεστική λειτουργία και εντονότερη ενεργοποίηση του δεξιού κατώτερου μετωπιαίου φλοιού, περιοχής που εμπλέκεται στον γνωστικό έλεγχο και τη ρύθμιση της συμπεριφοράς.
An investigation into the relationship between cardiorespiratory fitness, cognition and BDNF in young healthy males	Fortune et al. (2019)	39	Η αυξημένη καρδιοαναπνευστική ικανότητα συσχετίστηκε με ταχύτερο χρόνο αντίδρασης σε νεαρούς ενήλικες, χωρίς όμως να συνοδεύεται από αυξημένα επίπεδα BDNF ή βελτίωση σε σύνθετες γνωστικές δοκιμασίες.
Habitual exercise is associated with cognitive control and cognitive reappraisal success	Giles et al. (2017)	74	Η συστηματική άσκηση σχετίζεται με καλύτερο έλεγχο της προσοχής και της συναισθηματικής απόκρισης κατά τη διάρκεια απαιτητικών νοητικών εργασιών.
The effects of an exercise program on several abilities associated with driving performance in older adults)	Marmeleira et al. (2008)	32	Η συστηματική φυσική δραστηριότητα μπορεί να ενισχύσει κρίσιμες δεξιότητες που σχετίζονται άμεσα με την ασφαλή οδήγηση, ακόμη και σε προχωρημένες ηλικίες.
Cardiorespiratory fitness and cognitive function in middle age	Jacobs et al. (2014)	2.747	Υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα στην πρώιμη ενήλικη ζωή σχετίζεται με καλύτερη γνωστική λειτουργία 25 χρόνια αργότερα, υποδηλώνοντας μακροπρόθεσμα οφέλη για δεξιότητες κρίσιμες στην ασφαλή οδήγηση.
Components of Response Time as a Function of Age, Physical Activity, and Aerobic Fitness	Etnier et al. (2009)	41	Η αερόβια ικανότητα συνδέεται με ταχύτερη κινητική απόκριση, ειδικά σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, λειτουργώντας πιθανώς ως αντισταθμιστικός μηχανισμός στη γνωστική φθορά
Exercise Can Improve Speed of Behavior in Older Drivers	Marmeleira et al. (2011)	26	Σύντομα προγράμματα άσκησης έχουν επιφέρει μετρήσιμες βελτιώσεις στον χρόνο αντίδρασης ηλικιωμένων οδηγών
The Effects of Regular Physical Activity and Playing Video Games on Reaction Time in Adolescents	Klasnja et al. (2022)	67	Η τακτική άσκηση έχει συσχετιστεί με ταχύτερη απόκριση σε συγκριτικά πειράματα με video gaming
Useful Field of Vision and Peripheral Reaction Time in novice drivers – Transfer to a real driving situation after a Perceptual-Motor Training Program	Matos et al. (2009)	32	Εξειδικευμένα προγράμματα εξάσκησης μπορούν να ενισχύσουν την περιφερειακή όραση και την ικανότητα κατανομής της προσοχής μεταξύ κεντρικών και περιφερειακών ερεθισμάτων
Physical fitness is associated with simulator driving performance in young drivers	Meneghini et al. (2024)	69	Η ομάδα συμμετεχόντων που είχε καλύτερη φυσική κατάσταση βάσει της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας παρουσίασε λιγότερα ατυχήματα.

Lifestyle Matters: Effects of Habitual Physical Activity on Driving Skills in Older Age	Gökçe et al. (2022)	141	Σταδιακή μείωση της οδικής απόδοσης στους ηλικιωμένους, με την καρδιοαναπνευστική ικανότητα να μετριάξει αυτή την επίδραση.
Mediating role of frailty/pre-frailty on the association between exercise participation and traffic crashes among Japanese community-dwelling older drivers	Liu et al. (2025)	1.504	Η τακτική άσκηση συσχετίστηκε με μειωμένο κίνδυνο τροχαίων ατυχημάτων στους ηλικιωμένους, μέσω της μείωσης της ευαλωτότητας.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε ότι η φυσική κατάσταση σχετίζεται θετικά με γνωστικές λειτουργίες που είναι κρίσιμες για την οδήγηση, με καλύτερη απόδοση σε συνθήκες προσομοιωμένης οδήγησης και με μειωμένο κίνδυνο τροχαίων ατυχημάτων. Τα δεδομένα αυτά ενισχύουν τη θεωρητική βάση της παρούσας μελέτης και υποστηρίζουν την ανάγκη πειραματικής διερεύνησης του ρόλου της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά νεαρών ενηλίκων.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το **θεωρητικό πλαίσιο που θα υποστηρίξει τη στατιστική ανάλυση** αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, με στόχο την εξαγωγή κατάλληλων αποτελεσμάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που επιλέχθηκαν για τον σκοπό αυτό περιλαμβάνουν τη γραμμική παλινδρόμηση και τη διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση, οι οποίες θα εφαρμοστούν σε συνεχείς και διακριτές εξαρτημένες μεταβλητές, αντίστοιχα. Οι μεταβλητές αυτές θα προέρχονται από δεδομένα οδήγησης που συλλέγονται μέσω πειραματικών διαδικασιών με χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Παρουσιάζεται επίσης η μεθοδολογία αξιολόγησης αυτών των μοντέλων για την ορθή επιλογή τους, καθώς και η διαδικασία εκτέλεσης εντολών για τη διενέργεια της ανάλυσης μέσω εξειδικευμένου λογισμικού.

3.2 Μαθηματικά πρότυπα

3.2.1 Γραμμικό μοντέλο

Το γραμμικό μοντέλο προκύπτει από την ανάπτυξη εξίσωσης, η οποία υπολογίζεται μέσω της γραμμικής παλινδρόμησης. Η γραμμική παλινδρόμηση διερευνά τη σχέση μεταξύ μιας συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής, η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή, και μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Η σχέση αυτή περιγράφεται από την εξίσωση του μοντέλου:

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

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 .

3.2.2 Διωνυμικό Λογιστικό Μοντέλο

Αντίστοιχα με το γραμμικό μοντέλο, προκύπτει και το διωνυμικό λογιστικό μοντέλο με τη διαφορά ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και για τη διαμόρφωσή του εφαρμόζεται η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

Η μορφή της εξίσωσης είναι η εξής:

$$y_i = \text{logit}(P_i) = \ln \frac{P_i}{1-P_i} = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_n x_{ni} + \varepsilon_i, \quad (3.2)$$

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 $x_1, x_2, \dots, x_n = 0$)

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

Η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει την τιμή 1 με πιθανότητα επιτυχίας P και την τιμή 0 με πιθανότητα αποτυχίας $1-P$.

3.3 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

Για τη διαμόρφωση των προαναφερθέντων μοντέλων, απαιτείται η **εξέταση διάφορων παραγόντων για την αξιολόγηση και αποδοχή τους**. Πρωτίστως, μία από τις βασικές προϋποθέσεις είναι ότι οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής y στα γραμμικά μοντέλα πρέπει να ακολουθούν κανονική κατανομή. Καθίσταται απαραίτητος, επίσης, ο έλεγχος των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό σημαίνει ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους. Τα βασικά κριτήρια τα οποία ελέγχονται για την αποδοχή των μοντέλων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Λογική εξήγηση συντελεστών μοντέλου

Μετά τη δημιουργία της εξίσωσης του μοντέλου εξετάζεται αν τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης έχουν λογική ερμηνεία. Εάν δεν έχουν, η μεταβλητή απορρίπτεται. Ελέγχεται αν το πρόσημο είναι θετικό όταν αναμένεται αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης και αρνητικό όταν αναμένεται μείωση.

- Στατιστική σημαντικότητα

Ορίζεται για τα μοντέλα το επίπεδο εμπιστοσύνης, επιλέγοντας μοντέλα που διαθέτουν υψηλές τιμές. Για τα γραμμικά μοντέλα η αξιολόγησή τους, γίνεται βάση του ελέγχου t -test (κριτήριο κατανομής Student) με τον συντελεστή t να προσδιορίζει τη στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών για την επιλογή των κατάλληλων.

Ο τύπος είναι ο εξής:

$$t_i = \frac{\beta_i}{s_{\beta i}}, \quad (3.3)$$

όπου

β_i : οι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών x_i

$s_{\beta i}$: το τυπικό σφάλμα των συντελεστών παλινδρόμησης β_i .

Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή t είναι για 95% επίπεδο εμπιστοσύνης 1,7 και για 90% επίπεδο εμπιστοσύνης 1,3.

Για τα λογιστικά μοντέλα, γίνεται ο έλεγχος Wald test (z -test), ο οποίος λειτουργεί όπως ο έλεγχος t -test.

Ο τύπος είναι ο εξής:

$$z_i = \frac{\beta_i}{s_{\beta i}}, \quad (3.4)$$

όπου

β_i : οι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών x_i

$s_{\beta i}$: το τυπικό σφάλμα των συντελεστών παλινδρόμησης β_i .

Οι τιμές του συντελεστή z είναι ίδιες με του συντελεστή t , για μεγάλο δείγμα.

▪ Ποιότητα μοντέλου

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

Ο τύπος είναι ο εξής:

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

όπου

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

n : το σύνολο των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής y_i

λαμβάνοντας τιμές από 0 έως 1.

Η τιμή R^2 όσο μεγαλύτερη είναι (πλησιάζοντας τη μονάδα) τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση των μεταβλητών Y και X , δηλαδή τόσο ορθότερη είναι η πρόβλεψη του μοντέλου ελαχιστοποιώντας το σφάλμα.

Αντιθέτως, στα λογιστικά μοντέλα δεν πραγματοποιείται έλεγχος του συντελεστή προσδιορισμού, αλλά πραγματοποιείται έλεγχος του ποσοστού πρόβλεψης του μοντέλου, το οποίο ζητείται να έχει τιμή μεγαλύτερη του 70%, εφόσον σε αυτά τα μοντέλα επιζητείται η εκτίμηση της σχέσης που αναπτύσσεται μεταξύ της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

▪ Σφάλμα

Το σφάλμα της εξίσωσης του μοντέλου, θα πρέπει να πληροί τρεις προϋποθέσεις, οι οποίες είναι να ακολουθεί κανονική κατανομή, να έχει σταθερή διασπορά, $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$ και να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \forall i \neq j$. Η διασπορά του σφάλματος, εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Αυτό σημαίνει ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 , τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη του μαθηματικού μοντέλου.

3.4 Εξήγηση αποτελεσμάτων

Μετά την διαδικασία αποδοχής ακολουθεί η εξήγηση των αποτελεσμάτων του μαθηματικού μοντέλου, για την οποία απαιτείται ο προσδιορισμός των παρακάτω στοιχείων:

- Εξήγηση σχέσεων εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών

Η σχέση της εξαρτημένης μεταβλητής με τις ανεξάρτητες ορίζεται βάσει των προσήμων των συντελεστών παλινδρόμησης. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης, ενώ το αρνητικό πρόσημο μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης.

- Επιβεβαίωση (ή όχι) διεθνούς βιβλιογραφίας

Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων από την εξήγηση της σχέσης της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές με τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας. Από την σύγκριση αυτή, ακολουθεί η επιβεβαίωση ή όχι των στοιχείων που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

- Ελαστικότητα

Υπολογίζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής στις μεταβολές των ανεξάρτητων μεταβλητών, προκειμένου να προσδιοριστεί πόσο επηρεάζεται η εξαρτημένη μεταβλητή από τις μεταβολές των ανεξάρτητων κατά 1%.

Ο τύπος είναι ο εξής:

$$e_i = \left(\frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} \right) \left(\frac{x_i}{y_i} \right), \quad (3.6)$$

Η εφαρμογή αυτής της σχέσης έχει νόημα μόνο στην περίπτωση συνεχών μεταβλητών. Για τις διακριτές μεταβλητές χρησιμοποιείται η έννοια της ψευδοελαστικότητας από την οποία υπολογίζεται η μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από μια μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία κλάση των τιμών της.

Η ψευδοελαστικότητα εφαρμόζεται και στην περίπτωση των λογιστικών προτύπων. Για τις διακριτές μεταβλητές, όπου περιγράφεται με τη μεταβολή της πιθανότητας, ο τύπος είναι ο εξής:

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

όπου

I: το πλήθος των πιθανών επιλογών

P_i: η πιθανότητα της εναλλακτικής i

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

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

β_ix_n: η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει τιμή 0

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

για τις συνεχείς μεταβλητές, αντίστοιχα:

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

όπου

I: το πλήθος των πιθανών επιλογών

P_i: η πιθανότητα της εναλλακτικής i

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

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

3.5 Λειτουργία λογισμικού στατιστικής ανάλυσης

Για την ανάπτυξη και αξιολόγηση των μοντέλων χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού **R**, σε συνδυασμό με τις βιβλιοθήκες `readxl` και `openxlsx`, για την εισαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων.

Οι βασικές εντολές που αξιοποιήθηκαν στο πλαίσιο της ανάλυσης παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- Για γραμμικό μοντέλο:

`data <- read_excel("Mastertable_Rural.xlsx")`: Εισαγωγή του πλήρους πίνακα δεδομένων από αρχείο Excel.

`data$Variable <- as.numeric(data$Variable)`: Μετατροπή επιλεγμένων μεταβλητών σε αριθμητική μορφή, όπως απαιτείται για την εκτέλεση της παλινδρόμησης.

`model <- lm(Y ~ X1 + X2 + ..., data = data)`: Κατασκευή μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τη Y και ανεξάρτητες τις X1, X2 κ.λπ.

`summary(model)`: Παρουσίαση των βασικών αποτελεσμάτων του μοντέλου (συντελεστές, p-values, R², standard error).

`cor(data[, c("X1", "X2", ...)], method = "pearson")`: Υπολογισμός συντελεστών συσχέτισης τύπου Pearson μεταξύ συνεχών μεταβλητών,

`cor(data[, c("X1", "X2", ...)], method = "spearman")`: Υπολογισμός συντελεστών συσχέτισης τύπου Spearman μεταξύ τακτικών (ordinal) ή δυαδικών μεταβλητών.

- Για διωνυμικό λογιστικό μοντέλο:

`model <- glm(Y ~ X1 + X2 + ..., data = data, family = binomial)`: Κατασκευή μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης, όπου η Y είναι δυαδική μεταβλητή.

`summary(model)$coefficients[, "Pr(>|z|)"]`: Εξαγωγή των p-value για τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας των συντελεστών.

`pred <- predict(model, type = "response")`: Υπολογισμός των προβλεπόμενων πιθανοτήτων για κάθε παρατήρηση βάσει του μοντέλου.

table(pred > 0.5, data\$Y): Δημιουργία πίνακα συχνοτήτων (confusion matrix), με κατώφλι πρόβλεψης το 0.5, για την αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας του μοντέλου.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Όπως αναδείχθηκε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και το θεωρητικό υπόβαθρο της μελέτης, για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδικής συμπεριφοράς κρίθηκε απαραίτητη η συλλογή εμπειρικών δεδομένων μέσω πειραματικής διαδικασίας. Για τον σκοπό αυτό, επιλέχθηκε η χρήση **προσομοιωτή οδήγησης σε επαρχιακή οδό**, ο οποίος επιτρέπει την καταγραφή παραμέτρων οδήγησης σε ελεγχόμενες συνθήκες, χωρίς την παρουσία πραγματικού κινδύνου.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων της μελέτης. Αρχικά, παρουσιάζεται η διαδικασία καταγραφής των στοιχείων που προέκυψαν από το πείραμα προσομοιωμένης οδήγησης, καθώς και από τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες. Περιγράφονται τα σενάρια οδήγησης που χρησιμοποιήθηκαν, τα κριτήρια επιλογής των οδηγών και τα βασικά στάδια υλοποίησης του πειράματος.

Στη συνέχεια, αναλύονται τα βήματα επεξεργασίας των δεδομένων, τόσο από τον προσομοιωτή όσο και από τα ερωτηματολόγια, με σκοπό την οργάνωσή τους σε μια ενιαία και κατάλληλα δομημένη βάση. Τέλος, παρουσιάζονται τα βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος.

4.2 Πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης

4.2.1 Στόχος πειράματος

Μέσω του πειράματος που πραγματοποιήθηκε σε προσομοιωτή οδήγησης, διερευνάται η επίδραση της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και συμπεριφορά του οδηγού σε επαρχιακή οδό, υπό την ταυτόχρονη επίδραση επιλεγμένων παραμέτρων. Συγκεκριμένα, εξετάζονται χαρακτηριστικά των οδηγών (όπως ηλικία, φύλο, εμπειρία οδήγησης, επίπεδο φυσικής κατάστασης κτλ.), ο κυκλοφοριακός φόρτος (α) χαμηλός, (β) υψηλός και οι συνθήκες φωτισμού (α) ημέρα, (β) νύχτα.

4.2.2 Προσομοιωτής

Η πειραματική διαδικασία διεξήχθη στον προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulation FPF) της Γερμανικής εταιρείας Foerst, που διαθέτει το εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για ερευνητικούς σκοπούς. Οι πραγματικές συνθήκες οδήγησης προσομοιώνονται ρεαλιστικά όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.1, καθώς ο προσομοιωτής διαθέτει εξωτερικά χαρακτηριστικά παρόμοια με ενός οχήματος (ρυθμιζόμενο κάθισμα οδήγησης, τιμόνι, γκάζι, φρένο, συμπλέκτη, πίνακα οργάνων οχήματος, κιβώτιο πέντε (5) ταχυτήτων, φλας, υαλοκαθαριστήρες, φώτα, κόρνα και μίζα). Επιπλέον, διαθέτει και ρεαλιστικό ψηφιακό περιβάλλον οδήγησης, το οποίο διακρίνεται στην Εικόνα 4.2, μέσω τριών (3) LCD40'' οθονών.



Εικόνα 4.1: Εξωτερικά χαρακτηριστικά προσομοιωτή οδήγησης.



Εικόνα 4.2: Ψηφιακό περιβάλλον προσομοιωτή οδήγησης.

Ειδικότερα, το ψηφιακό περιβάλλον προσφέρει μια απεικόνιση του οδικού δικτύου από την οπτική γωνία του οδηγού και παρέχει έναν πλήρη έλεγχο μέσω καθρεπτών. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα επιλογής οδήγησης σε διάφορες συνθήκες, οι οποίες αφορούν τον τύπο της οδού (υπεραστική οδός, αστική οδός, αυτοκινητόδρομος), τις κυκλοφοριακές συνθήκες (κανονικός κυκλοφοριακός φόρτος, αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος), τον φωτισμό (ομίχλη, νύχτα, μέρα), και τον καιρό (καλός, βροχή, χιόνι). Στις συνθήκες αυτές συμπεριλαμβάνονται και γεγονότα τα οποία εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της οδήγησης, όπως η διέλευση πεζών ή η εσφαλμένη συμπεριφορά άλλων οχημάτων, καθώς και η εμφάνιση κάποιου άγριου ζώου (Εικόνα 4.3), τα οποία έχουν σκοπό τη μελέτη της συμπεριφοράς του οδηγού σε επικίνδυνα συμβάντα.



Εικόνα 4.3: Εμφάνιση επικίνδυνων γεγονότων.

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων που διεξάγονται με τον προσομοιωτή οδήγησης, οι μετρήσεις καταγράφονται σε χρονικά διαστήματα των 16-17ms, το οποίο σημαίνει ότι είναι περίπου 60 το δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή. Τα δεδομένα αυτά εξάγονται αυτόματα από το πρόγραμμα μέσω αρχείου μορφής κειμένου για κάθε διαφορετικό σενάριο οδήγησης και συμμετέχοντα. Οι μεταβλητές παρουσιάζονται με τις αντίστοιχες ονομασίες τους, όπως παρατίθενται από τον προσομοιωτή οδήγησης και την επεξήγηση τους στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Μεταβλητές προσομοιωτή οδήγησης.

Variable	Explanation
Time	current real-time in milliseconds since start of the drive.
x-pos	x-position of vehicle in m.
y-pos	y-position of vehicle in m.
z-pos	z-position of vehicle in m.
road	road number of the vehicle in [int].
richt	direction of the vehicle on the road in [BOOL] (0/1).
rdist	distance of the vehicle from the beginning of the drive in m.
rspur	track of the vehicle from the middle of the road in m.
ralpha	direction of the vehicle compared to the road direction in degrees.
Dist	driven course in meters since begin of the drive.
Speed	actual speed in km/h.
Brk	brake pedal position in percent.
Acc	gas pedal position in percent.
Clutch	clutch pedal position in percent.
Gear	chosen gear (0 = idle, 6 = reverse).
RPM	motor revolution in 1/min.
HWay	headway, distance to the ahead driving vehicle in m.
DLeft	distance to the left road board in m.
DRicht	distance to the right road board in m.
Wheel	steering wheel position in degrees.
THead	time to headway, i.e. to collision with the ahead driving vehicle in ms.
TTL	time to line crossing, time until the road border line is exceeded, in ms.
TTC	time to collision (all obstacles), in ms.
AccLat	acceleration lateral, in m/s^2
AccLon	acceleration longitudinal, in m/s^2
EvVis	event-visible-flag/event-indication, 0 = no event, 1 = event.
EvDist	event-distance in m.
Err1No	number of the most important driving failure since the last data set
Err1Val	state date belonging to the failure, content varies according to type of failure.
Err2No	number of the next driving failure (maybe empty).

Err2Val
Err3No
Err3Val

additional date to failure 2.
number of the further driving failure (maybe empty).
additional date to failure 3.

4.2.3 Σενάρια πειράματος

Για την παρούσα Διπλωματική Εργασία, όπως ήδη έχει οριστεί, ο τύπος της οδού για την οποία διεξήχθη το πείραμα είναι η επαρχιακή οδός. Το ψηφιακό επαρχιακό περιβάλλον που παρέχεται από τον προσομοιωτή αποτελείται από οδό με όριο ταχύτητας 70 χλμ/ώρα, δύο κατευθύνσεων, με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση, χωρίς διαχωριστική νησίδα και με κατάλληλη σήμανση (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4: Επαρχιακό περιβάλλον προσομοιωτή οδήγησης.

Για την εξέταση όμως πολλών παραγόντων, που μπορούν πιθανόν να επηρεάζουν τη συμπεριφορά του οδηγού, επιλέχθηκαν **τρία διαφορετικά σενάρια**, τα οποία παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.5, 4.6, 4.7. Τα σενάρια αυτά διακρίνονται σε οδήγηση τη μέρα με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και τη νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

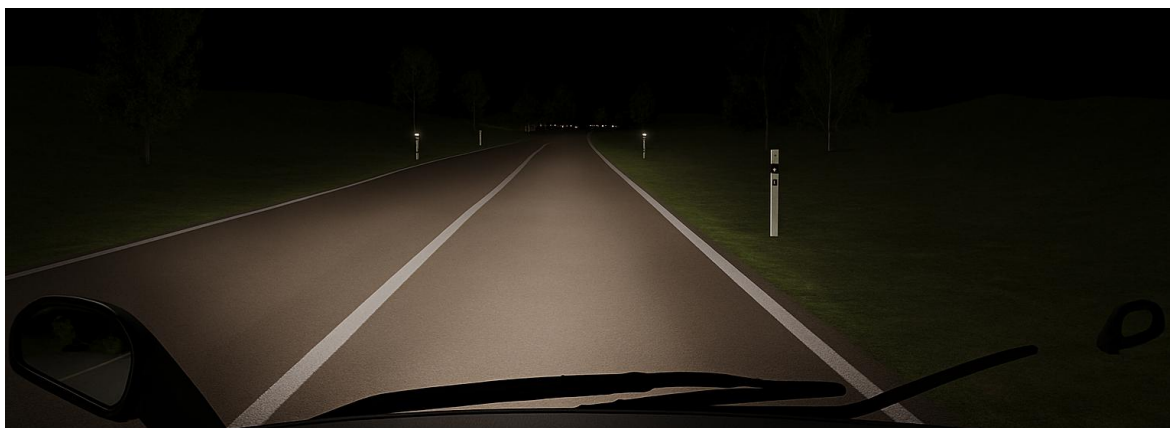
Σε κάθε ένα από τα τρία αυτά σενάρια, επίσης εμφανίζονταν δύο επικίνδυνα γεγονότα (διέλευση άγριου ζώου-ελάφι) όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο.



Εικόνα 4.5: 1ο Σενάριο – Μέρα/Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος.



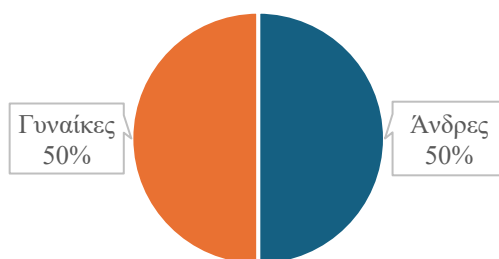
Εικόνα 4.6: 2ο Σενάριο – Μέρα/Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος.



Εικόνα 4.7: 3ο Σενάριο – Νύχτα/Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος.

4.2.4 Συμμετέχοντες

Για την υλοποίηση του πειράματος, επιλέχθηκαν ως ομάδα δείγματος 46 εθελοντές οδηγοί, 23 άντρες και 23 γυναίκες. Όλοι οι συμμετέχοντες είναι **νεαρής ηλικίας (19- 27 ετών) και έχουν στην κατοχή τους δίπλωμα οδήγησης**. Σύμφωνα με το Γράφημα 4.1, η κατανομή τους, βάσει φύλου, είναι 23 άντρες και 23 γυναίκες.



Γράφημα 4.1: Κατανομή φύλου.

4.2.5 Προετοιμασία και εφαρμογή πειράματος

Το πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης πραγματοποιήθηκε μεταξύ μέσα Μαρτίου και αρχές Απριλίου του 2025 και συμμετείχαν 46 εθελοντές οδηγοί. Για τη σωστή εφαρμογή του πειράματος ήταν απαραίτητη η προετοιμασία των σεναρίων καθώς και το σχέδιο

υλοποίησής τους, ώστε να επιτευχθούν παρόμοιες συνθήκες για όλους τους οδηγούς. Το πείραμα οργανώθηκε σε τρία στάδια.

Το πρώτο στάδιο περιλάμβανε τη συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου (παρατίθεται στο Παράρτημα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας), το οποίο αποτελούνταν από ερωτήσεις που αφορούσαν την οδική εμπειρία του συμμετέχοντα, τη φυσική κατάσταση και την σωματική δραστηριότητά του, την επίδραση της φυσικής κατάστασής του στην οδήγηση, το ιστορικό των τροχαίων ατυχημάτων και τέλος την συμπλήρωση κάποιων γενικών στοιχείων του. Οι ερωτήσεις στηρίχτηκαν στο **Baecke Questionnaire**, το οποίο είναι ένα τυποποιημένο ερωτηματολόγιο για τη μέτρηση της τακτικής σωματικής δραστηριότητας σε επιδημιολογικές μελέτες.

Κατά το δεύτερο στάδιο οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν ως προς την καρδιοαναπνευστική τους ικανότητα με δύο συμπληρωματικές μεθόδους: τη χρήση του αισθητήρα στήθους Garmin HRM Pro+ για την παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού και το **Queen's College Step Test** για την εκτίμηση της $\text{VO}_{2\text{max}}$, βάσει της αποκατάστασης του καρδιακού ρυθμού. Στην συνέχεια, οι συμμετέχοντες κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο ομάδες φυσικής κατάστασης: υψηλής (High-fitness οδηγοί) και χαμηλής φυσικής κατάστασης (Low-fitness), βάσει βιβλιογραφικών ορίων του $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Heyward, 1998).



***Εικόνα 4.8:** Queen's College Step Test: ο συμμετέχων ανεβοκατεβαίνει ένα κουτί 41,3 εκ. για τρία λεπτά, με ρυθμό 24 βημάτων/λεπτό για τους άντρες και 22 βημάτων/λεπτό για τις γυναίκες.*

Στο τρίτο στάδιο, πριν την έναρξη των πειραμάτων, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να οδηγήσουν 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 οδικές 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, φρένου.

Μετά τη δοκιμαστική διαδρομή, οι 46 συμμετέχοντες κλήθηκαν να οδηγήσουν στον προσομοιωτή οδήγησης σε τρία (3) σεναρία, μέρα με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 4.2.3. Ο συντονιστής του πειράματος κατέγραφε τυχόν παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος που θα έπρεπε να ληφθούν υπ' όψη στην επερχόμενη ανάλυση. Σε όλα τα

σενάρια υπήρχαν δύο (2) συμβάντα, δηλαδή επικίνδυνα γεγονότα, στα οποία ο οδηγός καλείται να πάρει γρήγορες αποφάσεις για την αποφυγή ατυχήματος.

4.3 Επεξεργασία στοιχείων

4.3.1 Επεξεργασία ερωτηματολογίων

Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας, συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα ερωτηματολόγια των 46 συμμετεχόντων του πειράματος, με σκοπό την ενσωμάτωση των δεδομένων στη βάση πληροφοριών για τις ανάγκες της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Για την καταχώρηση των δεδομένων, κρίθηκε απαραίτητη η αντιστοίχιση των ερωτήσεων με μεταβλητές και η κωδικοποίηση των απαντήσεων με κάποιο λογικό και κοινό σύστημα όπως παρατίθενται και στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Ονομασία μεταβλητών ερωτηματολογίου / Κωδικοποίηση απαντήσεων.

Ερωτήσεις Ερωτηματολογίου							Ονομασία Μεταβλητών
A. Οδική εμπειρία συμμετέχοντα							
Q _{A.1}	Πόσα χρόνια έχετε το δίπλωμα οδήγησης;	χρόνια					A_licence (years)
Q _{A.2}	Πόσα χρόνια οδηγείτε;	χρόνια					A_driving (years)
Q _{A.3}	Πόσες ημέρες οδηγείτε την εβδομάδα σε επαρχιακές οδούς;	0 (0)	1-2 (1)	3-4 (2)	≥5 (3)		A_days_in_rural (per week)
Q _{A.4}	Πόσα χιλιόμετρα διανύετε την εβδομάδα σε επαρχιακές οδούς;	<20 (0)	20-50 (1)	50-100 (2)	100-150 (3)	>150 (3)	A_km_rural (per week)
Q _{A.5}	Πόσες διαδρομές κάνετε τη μέρα σε επαρχιακές οδούς;	0 (0)	1-2 (1)	3-4 (2)	≥5 (3)		A_trips_rural (per day)
Q _{A.6}	Πόσο άνετα αισθάνεστε όταν οδηγείτε νύχτα, συγκριτικά με το όταν οδηγείτε μέρα σε επαρχιακές οδούς;	καθόλου (0)	λίγο (1)	αρκετά (2)	πολύ (3)	πάρα πολύ (4)	A_comfort_night_rural
B. Φυσική Δραστηριότητα							
Q _{B.1}	Πόσο ικανοποιητική θεωρείτε την φυσική σας κατάσταση;	καθόλου (0)	λίγο (1)	μέτρια (2)	πολύ (3)	πάρα πολύ (4)	B_fitness_self_rating
Q _{B.2}	Κάνετε κάποια αθλητική δραστηριότητα τους τελευταίους 12 μήνες;	όχι (0)	ναι (1)				B_exercised_last_12m
Q _{B.3}	Με ποια αθλητική δραστηριότητα ασχολείστε συχνότερα;	άθλημα (1)	γυμναστήριο (2)	χορός (3)	πολεμική τέχνη (4)	άλλο (5)	B_main_activity
Q _{B.3.1}	Πόσες ώρες την εβδομάδα;	ώρες					B_hours_per_week
Q _{B.3.2}	Πόσους μήνες τον χρόνο;	μήνες					B_months_per_year

Q _{B.3.3}	Πόσα χρόνια;	χρόνια					B_years_active
Q _{B.4}	Σε σύγκριση με άλλα άτομα της ηλικίας μου, θεωρώ ότι ο χρόνος που αφιερώνω για αθλητικές δραστηριότητες είναι:	πολύ λιγότερος (0)	λιγότερος (1)	ίσος (2)	περισσότερος (3)	πολύ περισσότερος (4)	B_fitness_comparison
Q _{B.5}	Όταν ανεβαίνω σκαλιά, λαχανιάζω:	πολύ λίγο (0)	λίγο (1)	μέτρια (2)	πολύ (3)	πάρα πολύ (4)	B_stairs_breathlessness
Q _{B.6}	Στον ελεύθερό μου χρόνο:	αθλούμαι (1)	βλέπω τηλεόραση – κινητό (2)	περπατάω (3)	κάνω ποδήλατο (4)	άλλο (5)	B_leisure_activities
Q _{B.7}	Πόσα λεπτά περπατάτε ή κάνετε ποδήλατο μέσα σε μια τυπική ημέρα;	<5 (0)	5-15 (1)	16-30 (2)	31-45 (3)	>45 (4)	B_walk_bike_minutes_day
Q _{B.8}	Η εργασία σας απαιτεί σωματική δραστηριότητα;	ποτέ (0)	σπάνια (1)	μερικές φορές (2)	συχνά (3)	πολύ συχνά (4)	B_work_physical_demand
Γ.	Επίδραση της Φυσικής Δραστηριότητας στην Οδήγηση						
Q _{Γ.1}	Έχετε παρατηρήσει διαφορές στην οδήγησή σας όταν έχετε σωματική κόπωση;	όχι (0)	ναι (1)				C_fatigue_differences
Q _{Γ.2}	Πιστεύετε ότι η φυσική σας κατάσταση επηρεάζει την ικανότητά σας να οδηγείτε συγκεντρωμένα;	όχι (0)	ναι (1)				C_fitness_affects_focus
Q _{Γ.3}	Πόσο άνετα αισθάνεστε να οδηγείτε μετά από έντονη σωματική δραστηριότητα;	δυσκολεύομαι (0)	λιγότερο άνετα (1)	μέτρια (2)	άνετα (3)	πολύ άνετα (4)	C_drive_comfort_after_exercise
Q _{Γ.4}	Έχετε παρατηρήσει αν η φυσική σας κατάσταση επηρεάζει τον τρόπο που αντιμετωπίζετε επικίνδυνες καταστάσεις στην οδήγηση;	όχι, άλλοι παράγοντες είναι πιο σημαντικό (1)	όχι, δεν παρατηρώ διαφορά (2)	ναι, αλλά μόνο σε μικρό βαθμό (3)	ναι, αισθάνομαι πιο έτοιμος να αντιδράσω (4)	C_fitness_effect_on_emergency_response	
Δ.	Ιστορικό οδικών συμβάντων συμμετέχοντα:						
Q _{Δ.1}	Έχετε εμπλακεί σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός;	όχι (0)	ναι (1)	δεν απάντησε (2)	D_crash_as_driver		
Q _{Δ.2}	Αν ναι, πόσες φορές;						
Q _{Δ.2.1}	Με υλικές ζημιές μόνο:	0 (0)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	>3 (4)	D_accidents_only_damage
Q _{Δ.2.2}	Με παθόντες:	0 (0)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	>3 (4)	D_accidents_with_injuries
Q _{Δ.3}	Σε πόσα από τα ατυχήματα που εμπλακήκατε, είχατε προηγουμένως κάνει σωματική άσκηση;	0 (0)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	>3 (4)	D_crashes_after_exercises

Q _{Δ.4}	Τα περισσότερα ατυχήματα στα οποία εμπλακήκατε συνέβησαν:	μετά από έντονη σωματική δραστηριότητα (1)	όταν ήσασταν σωματικά κουρασμένος (2)	όταν ήσασταν ξεκούραστος (3)	χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένη σχέση με την κόπωση (4)	D_driver_state_in_crashes	
E.	Γενικά στοιχεία συμμετέχοντα						
Q _{E.1}	Ηλικία:	ετών				E_age	
Q _{E.2}	Φύλο:	άντρας (1)	γυναίκα (2)			E_gender	
Q _{E.3}	Ύψος:	cm				E_height (cm)	
Q _{E.4}	Σωματικό βάρος	kg				E_weight (kg)	
Q _{E.5}	Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;	ανύπαντρος/η (1)	παντρεμένος/η (2)	διαζευγμένος/η (3)	χήρος/α (4)	E_marital_statuses	
Q _{E.6}	Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;	πρωτοβάθμια (1)	δευτεροβάθμια (2)	ΑΕΙ (3)	μεταπτυχιακό (4)	διδακτορικό (5)	E_education_level
Q _{E.7}	Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό εισόδημά σας;	<10.000 (1)	10.000-25.000 (2)	>25.000 (3)			E_income_level

Με βάση, λοιπόν, την παραπάνω κωδικοποίηση καταγράφηκαν οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων για κάθε έναν από τους συμμετέχοντες. Δημιουργήθηκε ένας συνολικός πίνακας (46 επί 34) των αποτελεσμάτων με 34 στήλες, τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου και 46 γραμμές, τους συμμετέχοντες του πειράματος, του οποίου απόσπασμα φαίνεται στην Εικόνα 4.9.

Participant	A_licence (years)	A_driving (years)	A_days_in_rural (per week)	A_km_rural (per week)	A_trips_rural (per day)	A_comfort_night_rural
1	4	4	0	0	0	2
2	3	3	0	0	0	1
3	4	4	0	0	0	3
4	5	5	0	0	0	1
5	3	3	0	0	0	2
6	3	3	1	0	1	2
7	4	4	0	0	0	0
8	3	2	1	0	0	4
9	2	2	1	0	1	2
10	8	8	0	0	0	4
11	5	5	0	0	0	4
12	1	1	1	1	0	3
13	4	4	2	1	1	4
14	2	2	1	0	0	3
15	5	3	0	0	0	1
16	4	0	0	0	0	2

Εικόνα 4.9: Απόσπασμα πίνακα αποτελεσμάτων ερωτηματολογίου.

Ακόμη, για τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου Q_{B.3} και Q_{B.6}, δημιουργήθηκε επιπλέον ομαδοποίηση των απαντήσεων όπως φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 4.3:

Πίνακας 4.3: Επιπρόσθετη ονομασία μεταβλητών ερωτηματολογίου / Κωδικοποίηση απαντήσεων για τις ερωτήσεις Q_{B.3} και Q_{B.6}.

Q _{B.3}	Με ποια αθλητική δραστηριότητα ασχολείστε συχνότερα;	άθλημα (1)	γυμναστήριο (2)	χορός (3)	πολεμική τέχνη (4)	άλλο (5)	B_main_activity
------------------	--	------------	-----------------	-----------	--------------------	----------	-----------------

							B_main_activit y_binary
καμία δραστηριότη ητα (1)	ήπια δραστηρι ότητα (2)	μικτή δραστηρ ιότητα (3)	πολεμι κή τέχνη (4)	χορός (5)	γυμναστ ήριο (6)	άθλη μα (7)	B_main_activit y_grouped
		καμία (1)	συνδυα σμένη (2)	ατομικ ή (3)	ομαδική (4)		B_main_activit y_context
Q _{B.6}	Στον ελεύθερό μου χρόνο:	αθλούμα ι (1)	βλέπω τηλεόρ αση – κινητό (2)	περπατ άω (3)	κάνω ποδήλατ ο (4)	άλλο (5)	B_leisure_activ ities
		παθητικ ή δραστηρ ιότητα (1)	συνδυα σμός παθητι κής & φυσική ς (2)	φυσική δραστη ριότητ α (3)			B_leisure_activ ities_grouped

Επιπλέον, στον πίνακα προστέθηκαν στήλες με τα αποτελέσματα του Queen's Step Test για κάθε ένα συμμετέχοντα, δηλαδή το *BPM*, το *VO₂max* και στήλη *Fitness_categorisation*, η οποία υποδηλώνει αν ο συμμετέχων ανήκει στην ομάδα low (κωδικοποίηση – 0) ή αν ανήκει στην κατηγορία high fitness (κωδικοποίηση – 1).

Ακόμη, από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου *Q_{E.3}* και *Q_{E.4}*, υπολογίστηκε και ο **Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI)**, μέσω του τύπου:

$$BMI = \text{Βάρος (kg)} / (\text{Ύψος (m)})^2 \quad (4.1)$$

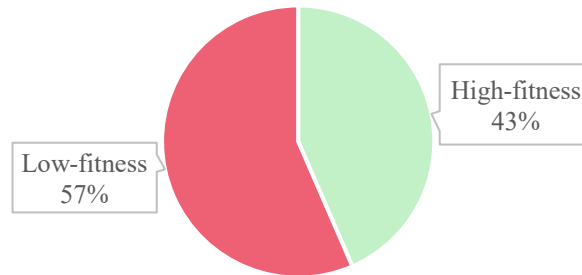
Οι τιμές καταγράφηκαν στη στήλη *BMI*. Στη συνέχεια, για λόγους ανάλυσης, κάθε τιμή ταξινομήθηκε σε κατηγορία BMI σύμφωνα με τις οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.). Η κατηγοριοποίηση καταχωρήθηκε στη στήλη *BMI_categorisation* ως εξής:

- 1: Ελλιποβαρής (BMI < 18,5),
- 2: Κανονικό βάρος (BMI 18,5 – 24,9),
- 3: Υπέρβαρος (BMI 25 – 29,9),
- 4: Παχύσαρκος (BMI ≥ 30).

BPM	VO ₂ max	Fitness_categorisation	BMI	BMI_categorisation
136	40,69	1	20,32	2
170	34,41	0	21,26	2
146	50,01	1	21,97	2
170	39,93	0	29,98	4
150	48,33	1	25,61	3
151	47,91	1	21,85	2

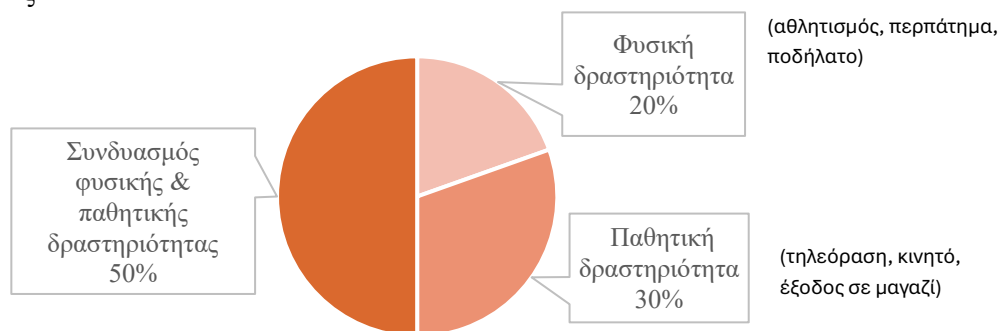
Εικόνα 4.10: Απόσπασμα πίνακα αποτελεσμάτων πρόσθετων στηλών: *BPM*, *VO₂max*, *Fitness_categorisation*, *BMI*, *BMI_categorisation*.

Στο Γράφημα 4.2 απεικονίζεται η κατανομή των συμμετεχόντων του πειράματος ανάλογα με το επίπεδο φυσικής κατάστασης. Το 57% (26 άτομα) ταξινομήθηκε στην ομάδα χαμηλής φυσικής κατάστασης (low-fitness) εκ των οποίων τα 10 ήταν άντρες και τα 16 γυναίκες, ενώ το 43% (20 άτομα) στην ομάδα υψηλής φυσικής κατάστασης (high-fitness), εκ των οποίων τα 13 ήταν άντρες και τα 7 γυναίκες.



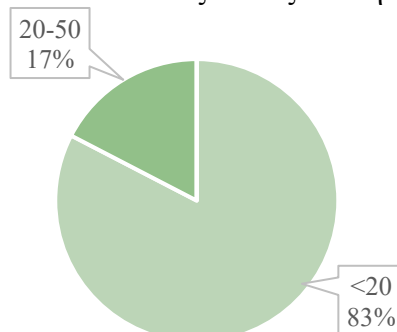
Γράφημα 4.2: Κατανομή φυσικής κατάστασης συμμετεχόντων πειράματος.

Ενδιαφέροντα συμπεράσματα προκύπτουν από τα δεδομένα του Γραφήματος 4.3, καθώς αποκαλύπτεται ότι η πλειονότητα των συμμετεχόντων δεν ακολουθεί σταθερά ούτε ενεργό ούτε παθητικό τρόπο ζωής, αλλά επιλέγει έναν συνδυασμό και των δύο (50%). Το εύρημα αυτό αντανακλά χαρακτηριστικά της καθημερινότητας των νεαρών ενηλίκων. Ωστόσο, το σχετικά χαμηλό ποσοστό ατόμων που δηλώνουν αμιγώς ενεργό τρόπο ζωής (20%), ενισχύει την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της σχέσης φυσικής κατάστασης και οδηγικής συμπεριφοράς.



Γράφημα 4.3: Είδη δραστηριοτήτων στον ελεύθερο χρόνο των συμμετεχόντων.

Ακόμη, τα δεδομένα του Γραφήματος 4.4 καταδεικνύουν ότι η συντριπτική πλειονότητα των συμμετεχόντων (83%) διανύει λιγότερα από 20 χιλιόμετρα την εβδομάδα σε επαρχιακές οδούς, ενώ μόνο το 17% διανύει 20–50 χλμ. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει περιορισμένη έκθεση των νεαρών ενηλίκων σε επαρχιακό οδικό δίκτυο, στοιχείο που ενδέχεται να επηρεάζει την εμπειρία τους σε τέτοιου είδους οδικές συνθήκες.



Γράφημα 4.4: Χιλιόμετρα που διανύουν οι συμμετέχοντες την εβδομάδα σε επαρχιακές οδούς.

4.3.2 Επεξεργασία μετρήσεων πειράματος

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων, ακολούθησε η συλλογή και οργάνωση των δεδομένων που καταγράφηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης, σε μορφή αρχείων κειμένου (*.txt). Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, καταγράφονταν έως και 60 τιμές ανά δευτερόλεπτο για κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή. Για την ανάλυση των δεδομένων δημιουργήθηκε ένας φάκελος με τίτλο **SIM DATA**, ο οποίος περιέχει τα αρχεία (*.txt) κάθε συμμετέχοντα για τα τρία (3) σενάρια οδήγησης στα οποία συμμετείχε. Τα ονόματα των αρχείων αποτελούνται από τον αριθμό του συμμετέχοντα και το αντίστοιχο σενάριο, όπως παρουσιάζεται ενδεικτικά στην Εικόνα 4.11. Συγκεκριμένα, ο αριθμός στην αρχή δηλώνει τον κωδικό του συμμετέχοντα, το γράμμα R (Rural) παραπέμπει στην επαρχιακή οδό, ενώ οι αριθμοί 1, 2 και 3 αντιστοιχούν στην οδήγηση την μέρα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, την μέρα με υψηλό φόρτο και τη νυχτερινή οδήγηση με χαμηλό φόρτο αντίστοιχα.

Name	Date modified	Type	Size
 1R1	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,869 KB
 1R2	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,883 KB
 1R3	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,533 KB
 2R1	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,568 KB
 2R2	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,571 KB
 2R3	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,637 KB
 3R1	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,868 KB
 3R2	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,669 KB
 3R3	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,868 KB
 4R1	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,456 KB
 4R2	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,607 KB
 4R3	4/9/2025 12:30 AM	Text Document	2,435 KB

Εικόνα 4.11: Απόσπασμα κωδικοποίησης αρχείων (.txt) στον φάκελο SIM DATA.*

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων database, με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού R, η οποία περιλάμβανε τη μέση τιμή (“Avg”) και τη τυπική απόκλιση (“Std”) των δεδομένων που εξήγαγε ο προσομοιωτής οδήγησης για κάθε συνδυασμό των συμμετεχόντων και σεναρίου οδήγησης. Επιπλέον, μέσω της R εκτιμήθηκαν τα γεγονότα (“Events”) κατά τη διάρκεια οδήγησης κάθε συμμετέχοντα, δηλαδή τα ατυχήματα λόγω κάποιου εμποδίου.

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 4.12. Για τη δημιουργία του συγκεντρωτικού πίνακα, προστέθηκαν τα στοιχεία του ερωτηματολογίου του κάθε συμμετέχοντα όπως κωδικοποιήθηκαν και απεικονίζονται στην Εικόνα 4.9, καθώς και οι στήλες της Εικόνας 4.10.

Participant	Scenario	Avg_x-pos	Avg_y-pos	Avg_z-pos	Avg_yaw	Avg_road	Avg_richt	Avg_rdist	Avg_rspur
1	R1	317,5885637	0,190001929	-2221,560711	1,035821839	2	0	1504,151627	1,34979647
1	R2	255,2072821	0,19	-2110,33167	1,192988362	2	0	1348,554702	1,595267497
1	R3	247,5684525	0,190004102	-2094,858321	1,187432509	2	0	1319,167615	1,609012409
2	R1	277,2987342	0,190001811	-2087,697361	0,981716733	2	0	1344,612521	1,861628939
2	R2	264,3333526	0,19	-2112,058506	1,237134783	2	0	1358,078986	1,857662091
2	R3	239,3386405	0,190000871	-2038,982704	0,994367146	2	0	1257,36961	1,870947277
3	R1	297,6720126	0,190001725	-2152,160639	1,010440148	2	0	1422,699352	1,486270704
3	R2	285,520429	0,19	-2147,505813	1,102510232	2	0	1407,149526	1,452582825
3	R3	237,476436	0,190000798	-2085,971649	1,22574753	2	0	1308,026849	1,373078765
4	R1	313,8709982	0,19	-2204,165172	1,114141233	2	0	1482,56818	1,296245725
4	R2	289,3884648	0,19	-2143,60458	1,257989264	2	0	1409,42298	1,529692308
4	R3	254,1573208	0,19	-2099,601228	1,1610853	2	0	1336,667722	1,360249251
5	R1	287,2687528	0,190001706	-2153,483927	1,001902517	2	0	1412,69886	1,633525849
5	R2	281,1056546	0,19	-2122,29401	1,259839084	2	0	1377,791569	1,613192128
5	R3	244,8705776	0,19	-2078,83643	1,268002551	2	0	1299,33393	1,524587023
6	R1	294,7334653	0,190000825	-2187,262382	1,159145759	2	0	1457,449278	1,558341584
6	R2	295,1821036	0,19	-2148,607053	1,447748447	2	0	1418,17113	1,667630832
6	R3	282,6506322	0,190001555	-2145,190768	1,418372377	2	0	1401,783901	1,490025663

Εικόνα 4.12: Απόσπασμα συγκεντρωτικού πίνακα από την επεξεργασία μετρήσεων του πειράματος.

4.5 Περιγραφικά χαρακτηριστικά δείγματος

Στην ενότητα αυτή, κρίθηκε χρήσιμο να παρουσιαστούν κάποια χαρακτηριστικά του δείγματος που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και είναι χρήσιμα για τη στατιστική ανάλυση. Βάσει του Πίνακα 4.4, είναι εύλογο να γίνουν κάποιες αρχικές παρατηρήσεις, που αφορούν την επίδραση της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και συμπεριφορά του οδηγού, οι οποίες είναι οι εξής:

Πίνακας 4.4: Βασικές τιμές μετρήσεων για κάθε ομάδα φυσικής κατάστασης.

	Low-fitness οδηγοί	High-fitness οδηγοί
Μέση ταχύτητα οχήματος (km/h)	54,22	55,70
Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα (m)	109,65	116,58
Μέσος χρόνος αντίδρασης (sec)	1,66	1,67

- Η ταχύτητα οδήγησης εμφανίζεται ελαφρώς υψηλότερη στους οδηγούς με υψηλή φυσική κατάσταση (55,70 km/h), σε σύγκριση με αυτούς με χαμηλή φυσική κατάσταση (54,22 km/h), χωρίς ωστόσο η διαφορά να είναι έντονη.
- Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα παρουσιάζει μεγαλύτερη τυπική απόκλιση στους οδηγούς υψηλής φυσικής κατάστασης (116,58 m έναντι 109,65 m), γεγονός που ενδέχεται να υποδηλώνει μεγαλύτερη μεταβλητότητα στη ρύθμιση της απόστασης ασφαλείας.
- Ο χρόνος αντίδρασης δεν διαφοροποιείται σημαντικά μεταξύ των δύο ομάδων (1,67 sec για την ομάδα υψηλής φυσικής κατάστασης και 1,66 sec για την ομάδα χαμηλής).

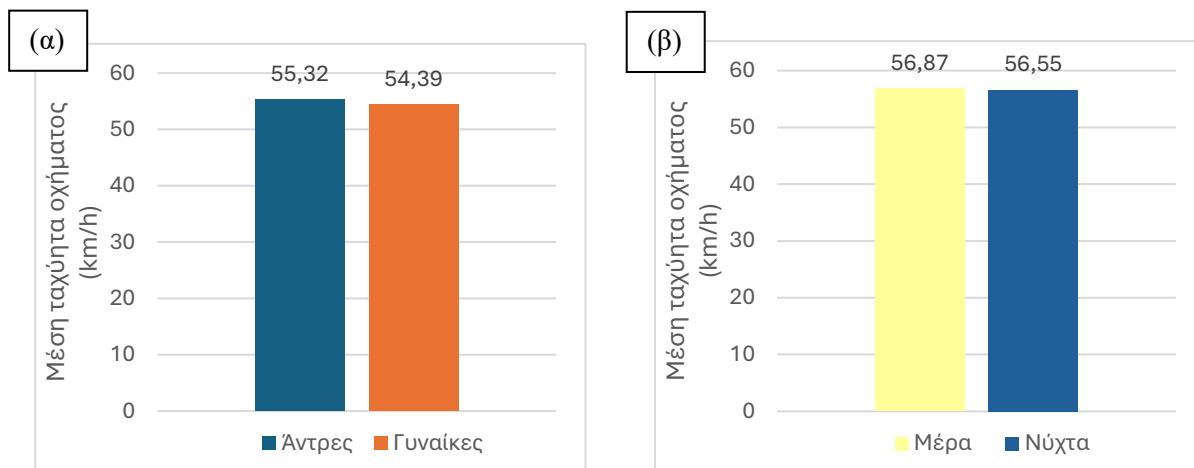
Επιπλέον, από τον Πίνακα 4.5, είναι διακριτό ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι ελαφρώς υψηλότερη στους οδηγούς χαμηλής φυσικής κατάστασης (42,95%) σε σύγκριση με τους οδηγούς υψηλής φυσικής κατάστασης (41,67%), με τη διαφορά να είναι μικρή.

Πίνακας 4.5: Ποσοστό ατυχημάτων για κάθε ομάδα φυσικής κατάστασης.

	Low-fitness οδηγοί	High-fitness οδηγοί
Αριθμός ατυχημάτων	67	50
Αριθμός επικίνδυνων συμβάντων	156	120
Πιθανότητα ατυχήματος	42,95%	41,67%

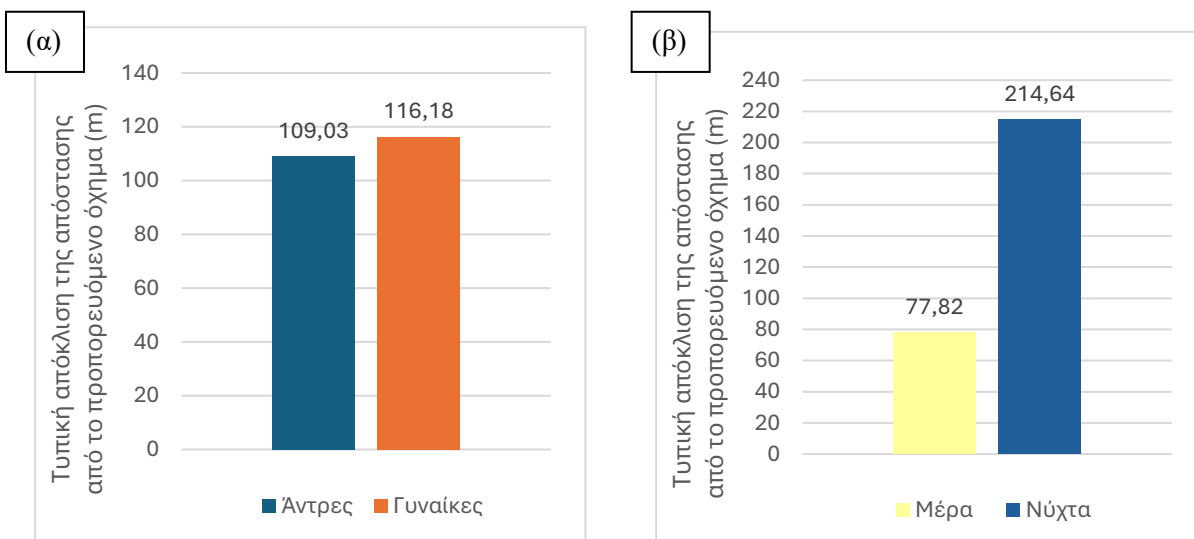
Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η σύγκριση των χαρακτηριστικών **μεγεθών ως προς το φύλο και τις συνθήκες φωτισμού σε χαμηλές κυκλοφοριακές συνθήκες**.

Μεγαλύτερη ταχύτητα οδήγησης παρουσιάζεται στους άντρες οδηγούς και με ανεπαίσθητη διαφορά κατά τη διάρκεια της μέρας, σύμφωνα με το Γράφημα 4.5.



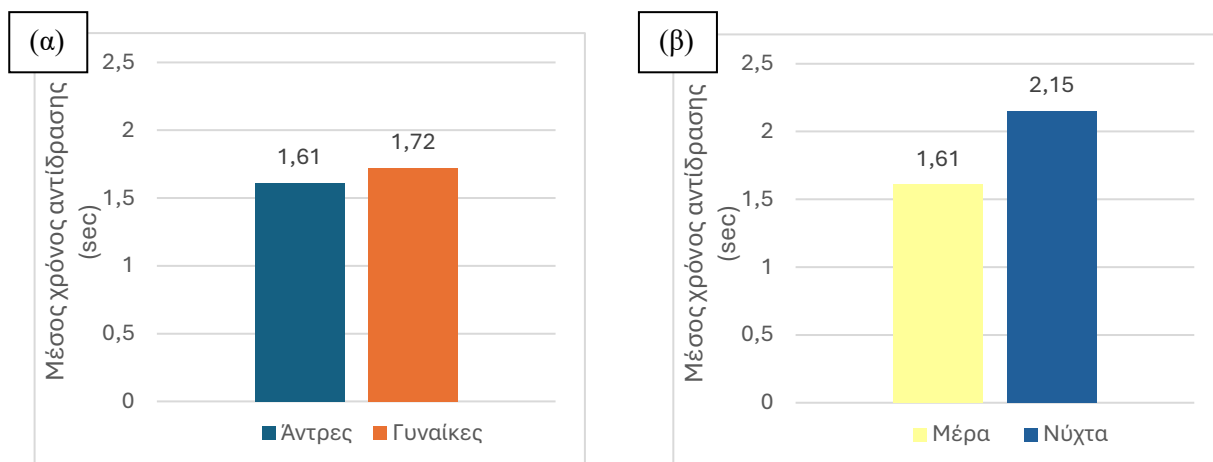
Γράφημα 4.5: Μέση ταχύτητα οχήματος (α) ανά φύλο και (β) συνθήκες φωτισμού.

Από το Γράφημα 4.6 είναι κατανοητό ότι μεγαλύτερη τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα εμφανίζουν οι γυναίκες οδηγοί συγκριτικά με τους άντρες οδηγούς, ενώ η οδήγηση τη νύχτα συγκριτικά με τη μέρα σημειώνει αξιοσημείωτη διαφορά.



Γράφημα 4.6: Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα (α) ανά φύλο και (β) συνθήκες φωτισμού.

Ο χρόνος αντίδρασης βάσει του Γραφήματος 4.7 σε επικίνδυνα συμβάντα είναι μεγαλύτερος για τις γυναίκες οδηγούς σε σχέση με τους άντρες και για την οδήγηση σε νυχτερινό περιβάλλον.



Γράφημα 4.7: Μέσος χρόνος αντίδρασης ανά (α) φύλο και (β) συνθήκες φωτισμού.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά

Στο παρόν Κεφάλαιο αναλύεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας με στόχο την ανάπτυξη τεσσάρων (4) μαθηματικών μοντέλων και τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από αυτήν. Η διαδικασία περιλάμβανε πλήθος δοκιμών και ελέγχων, προκειμένου να εντοπιστούν οι βέλτιστοι συνδυασμοί μεταβλητών για κάθε μοντέλο. Συγκεκριμένα, τα τελικά μοντέλα αφορούν τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, τον μέσο χρόνο αντίδρασης, τη μέση ταχύτητα του οχήματος και την πιθανότητα ατυχήματος.

Τα μαθηματικά μοντέλα αναπτύχθηκαν από τα στοιχεία των βάσεων δεδομένων με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού R, μέσω πλήθους δοκιμών, ώστε να επιλεγθούν τα κατάλληλα, τα οποία πληρούν όλα τα κριτήρια αποδοχής. Για κάθε ένα από τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν, παρουσιάζεται η εξίσωση και η στατιστική σημαντικότητα του, που περιλαμβάνει τα στοιχεία των μεταβλητών, σε συνδυασμό με την επεξήγηση τους. Ακόμα, περιλαμβάνεται η ποιότητα του μοντέλου που υποδηλώνει την ύπαρξη καλής προσαρμογής του μοντέλου καθώς και 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 η συχνότητα, τα ποσοστά, το σύνολο τιμών, η μέγιστη, η ελάχιστη, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των μεταβλητών, καθώς και ο βαθμός επιρροής και η ανάλυση της ευαισθησίας του.

Για την ανάπτυξη των μοντέλων εξαιρέθηκε ο 24^{ος} συμμετέχων, καθώς συμμετείχε σε 2 από τα 3 σενάρια, χωρίς αυτό να προκαλεί κάποια επίδραση στο γενικότερο πείραμα.

5.2 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα

5.2.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

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

$$\text{Std HWay} = 152,193 + 24,762 * \text{Fitness} + 141,339 * \text{Day_Night} - 27,851 * \text{Traffic} - 23,323 * \text{Focus} - 15,793 * \text{Days_Rural} - 30,524 * \text{Crash} + 10,214 * \text{Walk_Bike} - 0,996 * \text{Weight},$$

όπου

Εξαρτημένη μεταβλητή

Std Hway: διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα (m)
(συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές

Fitness: ομάδα φυσικής κατάστασης | low-fitness: 0, high-fitness: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Day_Night: συνθήκες φωτισμού | μέρα: 0, νύχτα: 1
(διακριτή μεταβλητή)

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

Focus: η φυσική κατάσταση επηρεάζει την συγκεντρωμένη οδήγηση | όχι: 0, ναι: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Days_Rural: εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό | 0: 0, 1-2: 1, 3-4: 2, ≥ 5 : 3
(διακριτή μεταβλητή)

Crash: εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός | όχι: 0, ναι: 1, δεν απάντησε: 2
(διακριτή μεταβλητή)

Walk_Bike: λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά | <5 : 0, 5-15: 1, 16-30: 2, 31-45: 3, >45 : 4
(διακριτή μεταβλητή)

Weight: βάρος οδηγού
(συνεχής μεταβλητή)

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

Πίνακας 5.1: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου.

Coefficients ^a				
	Estimate	Std. Error	t-value	Sig.
(Constant)	+152,193	35,677	4,266	0,000**
Fitness	+24,762	11,929	2,076	0,040**
Day_Night	+141,339	13,053	10,828	0,000**
Traffic	-27,851	13,053	-2,134	0,035**
Focus	-23,323	11,218	-2,079	0,040**
Days_Rural	-15,793	7,376	-2,141	0,034**
Crash	-30,524	10,263	-2,974	0,004**
Walk_Bike	+10,214	5,105	2,001	0,048**
Weight	-0,996	0,388	-2,567	0,011**

a. Dependent Variable: **Std Hway**

** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

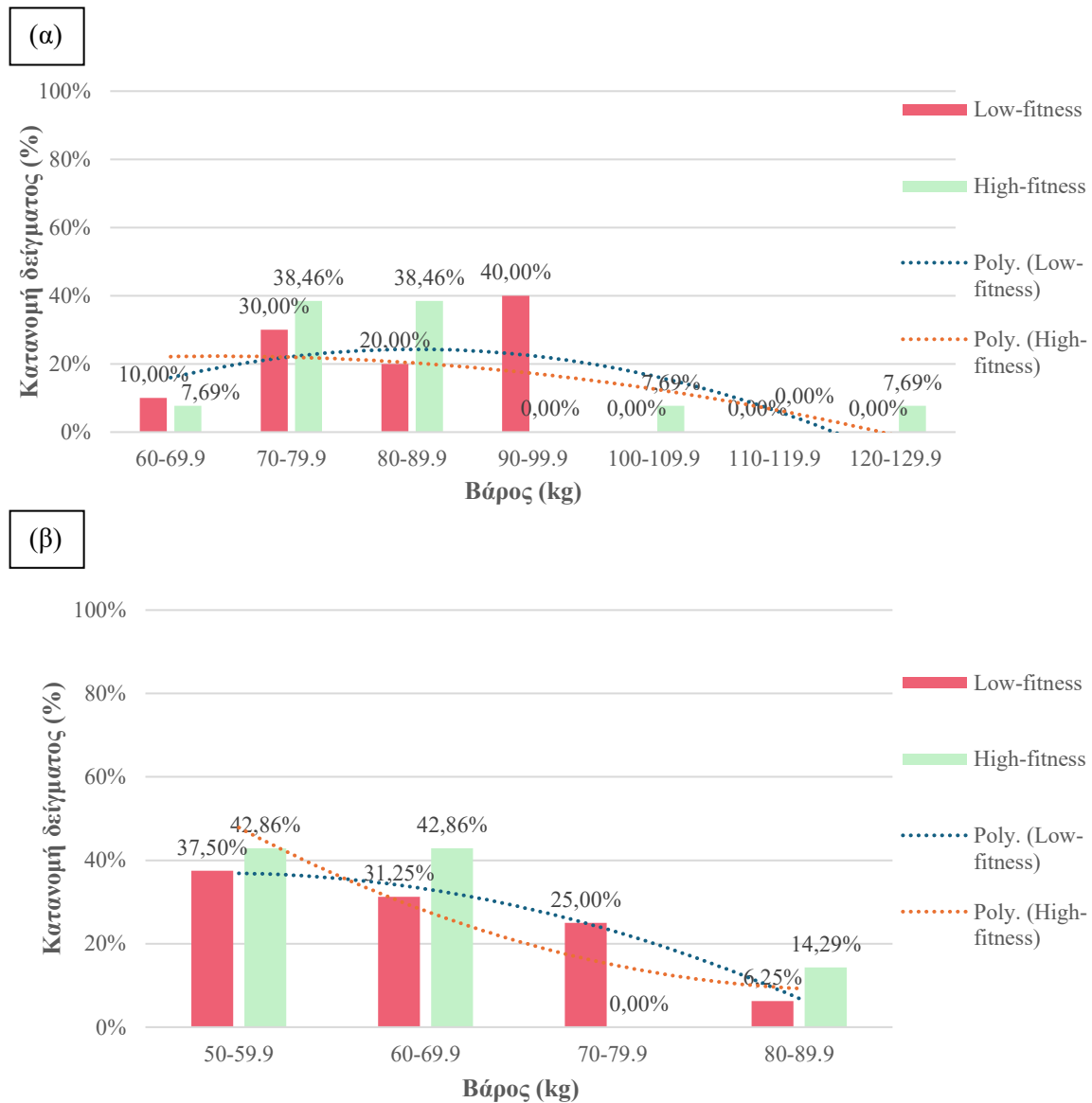
Από τη μαθηματική σχέση του μοντέλου που προκύπτει, συμπεραίνονται **ενδιαφέροντα και αξιοσημείωτα αποτελέσματα** προς ανάλυση:

- Η φυσική κατάσταση ($\beta = +24,762$) σχετίζεται θετικά με τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι οδηγοί με υψηλότερα επίπεδα φυσικής κατάστασης τείνουν να υιοθετούν ένα πιο **δυναμικό και ευέλικτο οδηγικό μοτίβο**. Η συμπεριφορά τους χαρακτηρίζεται από **αυξημένη προσαρμοστικότητα** στις εκάστοτε κυκλοφοριακές συνθήκες.

- Η οδήγηση τη νύχτα ($\beta = +141,339$) οδηγεί σε σημαντική αύξηση της διακύμανσης της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Η έντονη αυτή μεταβολή μπορεί να αποδοθεί σε **μειωμένη ορατότητα ή πιο επιφυλακτική οδήγηση**, καθώς και η **αύξηση γνωστικού φόρτου** κατά τη διάρκεια της νυχτερινής οδήγησης, συχνά μεταφράζεται σε λιγότερο σταθερή οδηγική συμπεριφορά.
- Σε συνθήκες αυξημένου κυκλοφοριακού φόρτου ($\beta = -27,851$), παρατηρείται μείωση στη διακύμανση της απόστασης. Αυτό είναι εναρμονισμένο με την υπόθεση ότι σε περιβάλλοντα με περιορισμένο διαθέσιμο χώρο και μικρότερα περιθώρια αντίδρασης, οι οδηγοί τείνουν να **διατηρούν σταθερή και μειωμένη απόσταση** από τα προπορευόμενα οχήματα, λειτουργώντας περισσότερο μηχανικά και με χαμηλότερη ταχύτητα.
- Η μεταβλητή «Focus» ($\beta = -23,323$) αποτυπώνει την υποκειμενική πεποίθηση των συμμετεχόντων ότι η φυσική τους κατάσταση επηρεάζει την ικανότητά τους να οδηγούν συγκεντρωμένα, χωρίς να προσδιορίζεται η κατεύθυνση αυτής της επίδρασης. Η αρνητική της συσχέτιση με τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα υποδηλώνει ότι όσοι αναγνωρίζουν κάποια επίδραση οδηγούν με **μεγαλύτερη συνέπεια και λιγότερες διακυμάνσεις**. Αν και πρόκειται για αυτοαναφορική μεταβλητή, το εύρημα ενδέχεται να αντανακλά μεγαλύτερη **επίγνωση των απαιτήσεων της οδήγησης** σε επίπεδο συγκέντρωσης ή και την πεποίθηση ότι η **φυσική κατάσταση συμβάλλει** ουσιαστικά στην οδηγική ικανότητα.
- Η συχνότητα οδήγησης σε επαρχιακούς δρόμους ($\beta = -15,793$) σχετίζεται με μειωμένη διακύμανση της απόστασης. Πιθανή ερμηνεία είναι ότι οι οδηγοί με συχνή έκθεση σε επαρχιακές οδούς έχουν **εξοικειωθεί** με το περιβάλλον αυτό και αναπτύσσουν **σταθερότερο οδηγικό μοτίβο** λόγω της εμπειρίας τους.
- Η εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ($\beta = -30,524$) σχετίζεται με πιο παθητική οδήγηση, δηλαδή με πιο συνεπή διατήρηση της απόστασης. Το αποτέλεσμα αυτό ενδέχεται να αντανακλά **αυξημένη προσοχή ή αποφυγή ρίσκου**, ως απόρροια προηγούμενης αρνητικής εμπειρίας. Εναλλακτικά, μπορεί να αντικατοπτρίζει **τροποποίηση συμπεριφοράς** μέσω εκμάθησης.
- Η αύξηση της καθημερινής φυσικής δραστηριότητας, όπως το περπάτημα ή η χρήση ποδηλάτου ($\beta = +10,214$), συσχετίζεται θετικά με την διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το εύρημα αυτό **συνάδει** με το πρόσημο της βασικής μεταβλητής «Fitness», ενισχύοντας την υπόθεση ότι η φυσική κατάσταση συμβάλλει σε **αυξημένη εγρήγορση και ευελιξία** κατά την οδήγηση.
- Το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής «Weight» ($\beta = -0,996$) ενδέχεται να αντανακλά τον ρόλο του αυξημένου σωματικού βάρους ως δείκτη χαμηλότερης φυσικής κατάστασης. Η **αντίθετη κατεύθυνση** σε σχέση με τη μεταβλητή «Fitness», η οποία παρουσιάζει θετική συσχέτιση, ενισχύει την ερμηνεία ότι η καλή φυσική κατάσταση συνδέεται με πιο ευέλικτη και προσαρμοστική οδηγική συμπεριφορά, ενώ το αυξημένο βάρος ενδέχεται να σχετίζεται με έναν **πιο σταθερό αλλά λιγότερο δυναμικό οδηγικό ρυθμό**.

Η σχέση φυσικής κατάστασης και βάρους παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στο Διάγραμμα 5.1, που βασίζεται στα δεδομένα του παρόντος πειράματος, αποτυπώνεται σαφώς ότι η αύξηση του σωματικού βάρους συσχετίζεται με χαμηλότερα επίπεδα φυσικής κατάστασης. Ειδικότερα, οι high-fitness συμμετέχοντες συγκεντρώνονται κυρίως στις μεσαίες κατηγορίες βάρους: 70–90 kg για τους άντρες (Διάγραμμα 5.1α) και 50–70 kg για τις γυναίκες (Διάγραμμα 5.1β). Αντίθετα, στις υψηλότερες κατηγορίες βάρους εμφανίζονται σχεδόν αποκλειστικά low-fitness συμμετέχοντες, γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι το

αυξημένο βάρος ενδέχεται να αντανakλά χαμηλότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης. Η παρατήρηση αυτή ευθυγραμμίζεται με την αρνητική επίδραση της μεταβλητής «Weight» στο τελικό μοντέλο.



Διάγραμμα 5.1: Κατανομή ποσοστού συμμετεχόντων ανά κατηγορία βάρους και επίπεδο φυσικής κατάστασης, για τους άντρες (α) και για τις γυναίκες (β).

5.2.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.2 έχει τιμή 0,633 και είναι ο μεγαλύτερος από όλες τις δοκιμές που έγιναν. Αυτό δείχνει την ύπαρξη σχετικά καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Πίνακας 5.2: Ποιότητα μοντέλου.

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,796 ^a	0,633	0,610	61,916

a. Predictors: (Constant), Fitness, Day_Night, Traffic, Focus, Days_Rural, Crash, Walk_Bike, Weight

5.2.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Από τη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών του Πίνακα 5.3, συγκεκριμένα με συσχέτιση Spearman αφού πρόκειται μόνο για διακριτές μεταβλητές, προκύπτει ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, αφού οι τιμές είναι μικρότερες από 0,4.

Πίνακας 5.3: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών.

	Fitness	Day Night	Traffic	Focus	Days Rural	Crash	Walk Bike
Fitness	1,000	0,000	0,000	0,206	0,217	-0,157	-0,349
Day_Night	0,000	1,000	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
Traffic	0,000	-0,500	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Focus	0,206	0,000	0,000	1,000	-0,039	-0,169	-0,007
Days_Rural	0,217	0,000	0,000	-0,039	1,000	-0,220	-0,168
Crash	-0,157	0,000	0,000	-0,169	-0,220	1,000	0,068
Walk_Bike	-0,349	0,000	0,000	-0,007	-0,168	0,068	1,000

5.2.4 Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Από τον Πίνακα 5.4 επισημαίνονται χρήσιμα χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως συχνότητα, ποσοστά για την κάθε τιμή αλλά και για το σύνολο των τιμών τους.

Πίνακας 5.4: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών.

Fitness				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	78	57,8	57,8	57,8
1	57	42,2	42,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Walk Bike				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	18	13,3	13,3	13,3
1	27	20,0	20,0	33,3
2	60	44,4	44,4	77,8
3	15	11,1	11,1	88,9
4	15	11,1	11,1	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Traffic				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	90	66,7	66,7	66,7
1	45	33,3	33,3	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Days Rural				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	81	60,0	60,0	60,0
1	39	28,9	28,9	88,9
2	12	8,9	8,9	97,8
3	3	2,2	2,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Focus				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	66	48,9	48,9	48,9
1	69	51,1	51,1	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Day Night				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	90	66,7	66,7	66,7
1	45	33,3	33,3	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Crash				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	78	57,8	57,8	57,8
1	54	40,0	40,0	97,8
2	3	2,2	2,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Επιπλέον, το ίδιο παρουσιάζεται και με τον Πίνακα 5.5 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών, σύνολο τιμών, μέγιστη, ελάχιστη, μέση και τυπική απόκλιση.

Πίνακας 5.5: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Weight	135	51	125	72,73	14,37
Valid N (listwise)	135				

5.2.5 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

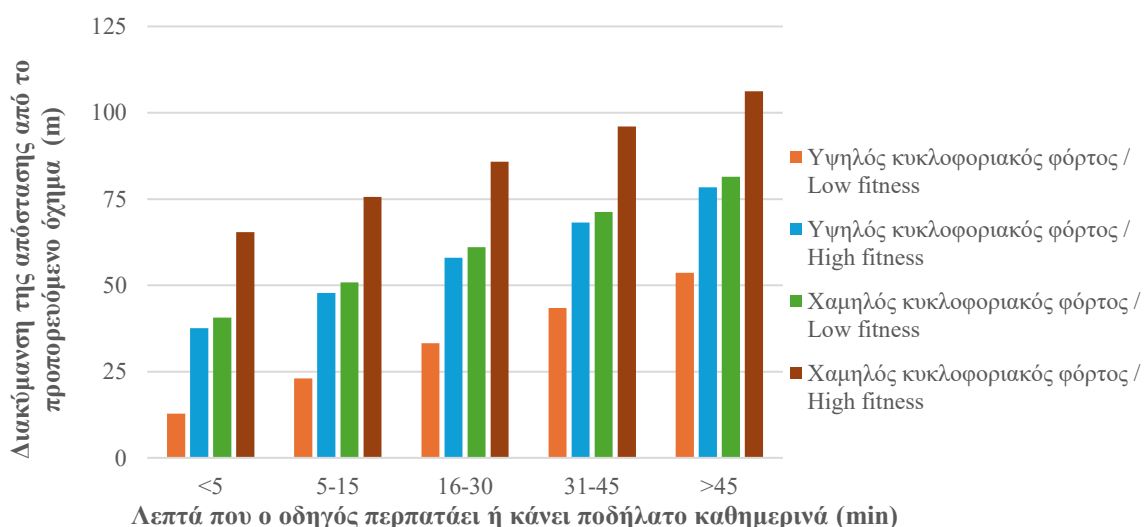
Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας e για την κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας φαίνονται στον Πίνακα 5.6 γίνεται κατανοητός ο βαθμός επιρροής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Επίσης, υπολογίστηκε και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη. Προκύπτει, λοιπόν, ότι η μεγαλύτερη επιρροή στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα εμφανίζεται από τη μεταβλητή που περιγράφει τις συνθήκες φωτισμού (οδήγηση μέρα ή νύχτα). Συγκεκριμένα παρατηρείται 13,87 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη της μεταβλητής που αφορά τα λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά, η οποία έχει τη μικρότερη επιρροή. Επιπλέον, οι αμέσως επόμενες σε μέγεθος τιμές παρουσιάζονται στις μεταβλητές που αφορούν την εμπλοκή σε ατύχημα ως οδηγός και τον κυκλοφοριακό φόρτο επηρεάζοντας την εξαρτημένη μεταβλητή 2,99 και 2,73 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή των λεπτών που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.6: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών.

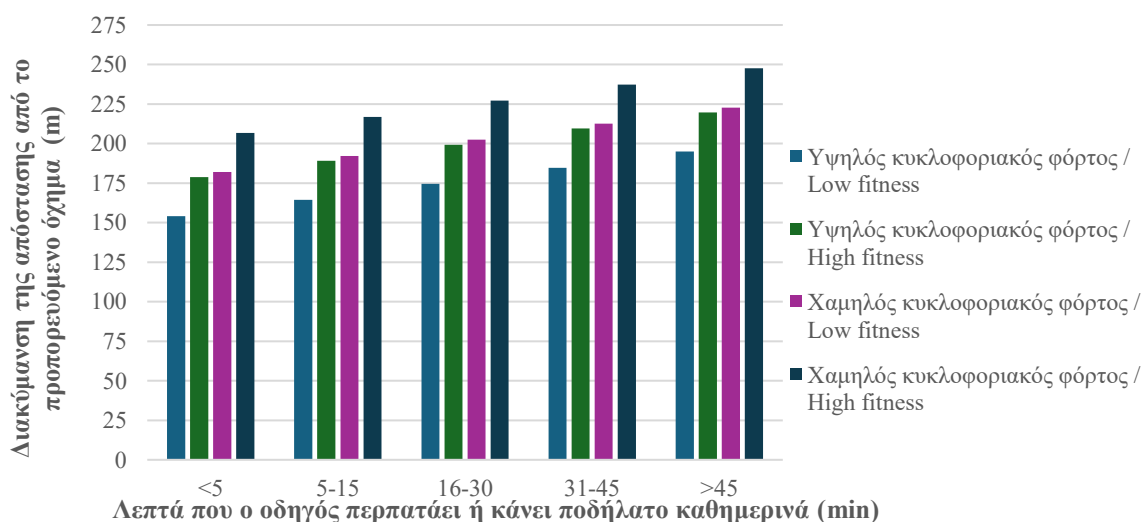
Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	24,762	2,076	0,31	2,42
	Συνθήκες φωτισμού	141,339	10,828	1,77	13,84
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-27,851	-2,134	-0,35	-2,73
	Η φυσική κατάσταση επηρεάζει την συγκεντρωμένη οδήγηση	-23,323	-2,079	-0,29	-2,28
	Εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό	-15,793	-2,141	-0,20	-1,55
	Εμπλοκή σε ατύχημα ως οδηγός	-30,524	-2,974	-0,38	-2,99
	Λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά	10,214	2,001	0,13	1,00
Συνεχείς	Βάρος οδηγού	-0,996	-2,567	-0,00012	1,00

5.2.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκαν διαγράμματα (Διάγραμμα 5.2 και 5.3) στα οποία γίνεται κατανοητή η επιρροή των λεπτών που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα για high και low-fitness οδηγούς και συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Τα διαγράμματα αυτά διακρίνονται σε οδήγηση κατά τη διάρκεια της μέρας και σε οδήγηση κατά τη διάρκεια της νύχτας.



Διάγραμμα 5.2: Επιρροή των λεπτών που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα τη μέρα για high/low-fitness οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. (Focus: 1, Days_Rural: 1, Weight: 72,73kg (Average), Crash: 0)



Διάγραμμα 5.3: Επιρροή των λεπτών που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα τη νύχτα για high/low-fitness οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο. (Focus: 1, Days_Rural: 1, Weight: 72,73kg (Average), Crash: 0)

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι όσο περισσότερα λεπτά ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά τόσο μεγαλύτερη είναι η διακύμανση της

απόστασης που διατηρεί από το προπορευόμενο όχημα όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγούμενως. Επιπρόσθετα όμως, γίνεται αντιληπτό ότι για τις συνθήκες μέρας σε οποιοδήποτε κυκλοφοριακές συνθήκες, παρουσιάζονται μικρότερες διακυμάνσεις. Επίσης, ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος και για τις δύο συνθήκες φωτισμού με high και low-fitness οδηγούς προκαλεί την ύπαρξη μικρότερων διακυμάνσεων σε σχέση με τον χαμηλό. Τέλος, για όλες τις περιπτώσεις η υψηλή φυσική κατάσταση προκαλεί αύξηση της διακύμανσης της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα.

5.3 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για το μέσο χρόνο αντίδρασης

5.3.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

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

Average Reaction Time = $1,996 + 0,137 * \text{Fitness} + 0,553 * \text{Day_Night} - 0,357 * \text{Traffic} - 0,009 * \text{Weight} - 0,212 * \text{Focus} - 0,149 * \text{Days_Rural} + 0,171 * \text{BMI_categorisation}$,

όπου

Εξαρτημένη μεταβλητή

Average Reaction Time: μέσος χρόνος αντίδρασης (sec)
(συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές

Fitness: ομάδα φυσικής κατάστασης | low-fitness: 0, high-fitness: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Day_Night: συνθήκες φωτισμού | μέρα: 0, νύχτα: 1
(διακριτή μεταβλητή)

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

Weight: βάρος οδηγού
(συνεχής μεταβλητή)

Focus: η φυσική κατάσταση επηρεάζει την συγκεντρωμένη οδήγηση | όχι: 0, ναι: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Days_Rural: εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό | 0: 0, 1-2: 1, 3-4: 2, ≥ 5 : 3
(διακριτή μεταβλητή)

BMI_categorisation: κατηγορία δείκτη μάζας σώματος οδηγού | Ελλιποβαρής ($\text{BMI} < 18.5$): 1, Κανονικό βάρος ($\text{BMI} 18.5 - 24.9$): 2, Υπέρβαρος ($\text{BMI} 25 - 29.9$): 3, Παχύσαρκος ($\text{BMI} \geq 30$): 4
(διακριτή μεταβλητή)

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

Πίνακας 5.7: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου.

Coefficients^a				
	Estimate	Std. Error	t-value	Sig.
(Constant)	+1,996	0,180	11,099	0,000**
Fitness	+0,137	0,069	1,987	0,049**
Day_Night	+0,553	0,078	7,093	0,000**
Traffic	-0,357	0,078	-4,577	0,000**
Weight	-0,009	0,003	-2,940	0,004**
Focus	-0,212	0,067	-3,150	0,002**
Days_Rural	-0,149	0,044	-3,409	0,001**
BMI categorisation	+0,171	0,073	2,330	0,021**

a. Dependent Variable: **Average reaction time**

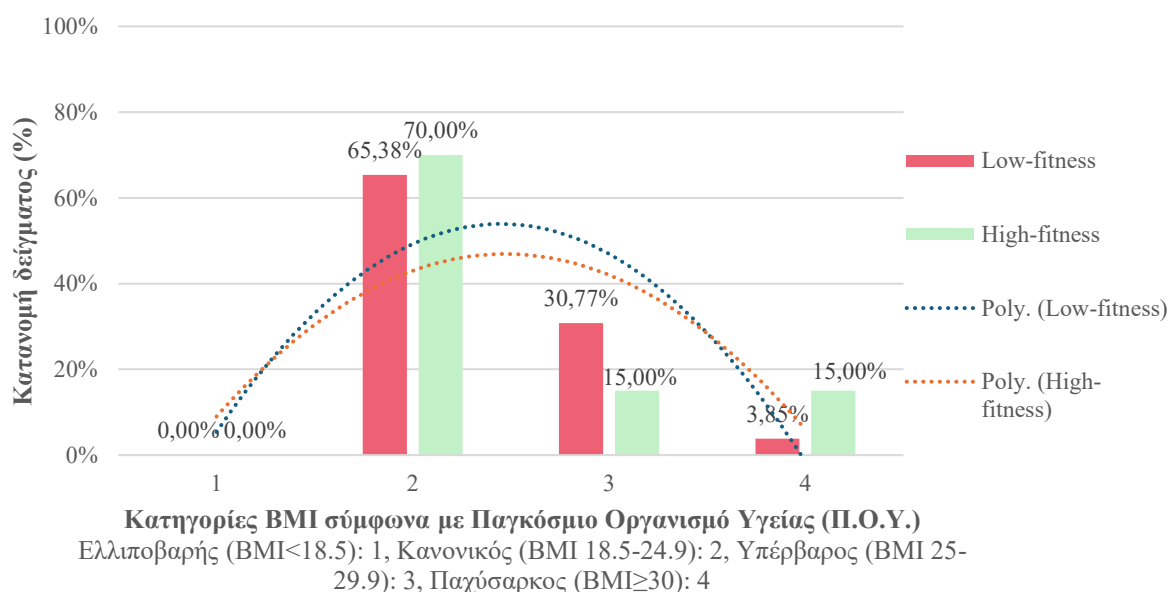
** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Από τη μαθηματική σχέση του μοντέλου που προκύπτει, συμπεραίνονται **ενδιαφέροντα και αξιοσημείωτα αποτελέσματα** προς ανάλυση:

- Η φυσική κατάσταση ($\beta = +0,137$) εμφανίζει θετική επίδραση, με τους συμμετέχοντες υψηλής φυσικής κατάστασης να παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης. Αν και το εύρημα αυτό αποκλίνει από τη βιβλιογραφία που συνδέει τη φυσική κατάσταση με αυξημένη ταχύτητα απόκρισης, ενδέχεται να αντανάκλα την **υιοθέτηση διαφορετικής στρατηγικής απόκρισης**, όπως προτίμηση για αυξημένη γνωστική επεξεργασία πριν την εκτέλεση. Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να επιμηκύνει τον χρόνο απόκρισης **χωρίς να υποδηλώνει απαραίτητα μειωμένη απόδοση**.
- Η νυχτερινή οδήγηση ($\beta = +0,553$) αυξάνει τον χρόνο αντίδρασης σημαντικά. Το εύρημα αυτό συνδέεται εύλογα με τις **δυσκολίες στην οπτική αντίληψη** που προκαλεί ο περιορισμένος φωτισμός, όπως η μειωμένη ευκρίνεια και η πιο αργή αναγνώριση οπτικών ερεθισμάτων.
- Σε περιβάλλον με αυξημένη κυκλοφορία ($\beta = -0,357$) οι οδηγοί ανταποκρίθηκαν ταχύτερα. Η ταχύτερη αυτή αντίδραση πιθανώς οφείλεται στην **αυξημένη εγρήγορση και συγκέντρωση** που απαιτείται σε πιο απαιτητικές και απρόβλεπτες κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Αξιοσημείωτο είναι ότι το μεγαλύτερο βάρος ($\beta = -0,009$) συσχετίστηκε με ελαφρώς ταχύτερους χρόνους αντίδρασης, ενώ αντίθετη επίδραση παρατηρήθηκε για τις υψηλότερες κατηγορίες BMI ($\beta = +0,171$), οι οποίες συνδέθηκαν με βραδύτερη απόκριση. Η φαινομενική αυτή αντίφαση πιθανόν αποδίδεται στη **διαφορετική φύση των δύο δεικτών**: το σωματικό βάρος αποτελεί γραμμικό μέγεθος, ενώ το BMI ενσωματώνει και το ύψος, συχνά οδηγώντας σε κατηγοριοποιήσεις που δεν αντανάκλουν επακριβώς τη φυσική κατάσταση. Η παρατήρηση αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε συνδυασμό με το εύρημα ότι η υψηλότερη φυσική ικανότητα σχετίστηκε επίσης με μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης, γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι ταχύτερη απόκριση δεν συνεπάγεται απαραίτητα καλύτερη επίδοση, αλλά ενδέχεται να αντανάκλα διαφορετικά πρότυπα ή στρατηγικές απόκρισης.

- Η μεταβλητή «Focus» ($\beta = -0,212$) εμφάνισε αρνητική επίδραση στον χρόνο αντίδρασης, υποδηλώνοντας ότι τα άτομα που αντιλαμβάνονται τη φυσική τους κατάσταση ως παράγοντα που επηρεάζει τη συγκεντρωμένη οδήγηση ανταποκρίνονται ταχύτερα. Δεδομένου ότι πρόκειται για αυτοαναφορική εκτίμηση, το εύρημα ενδέχεται να αντανακλά **αυξημένη επίγνωση των νοητικών απαιτήσεων της οδήγησης** και μια πιο ενεργή προσπάθεια διατήρησης της οδηγικής ετοιμότητας.
- Η συχνότερη οδήγηση σε επαρχιακό περιβάλλον ($\beta = -0,149$) συσχετίστηκε αρνητικά με τον χρόνο αντίδρασης, γεγονός που υποδηλώνει ότι σχετίζεται με **βελτιωμένη απόδοση**, πιθανώς λόγω εξοικείωσης με πολύπλοκες οδηγικές καταστάσεις και εναλλαγές περιβάλλοντος.

Η σχέση φυσικής κατάστασης και BMI παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Το Διάγραμμα 5.4 παρουσιάζει την κατανομή των συμμετεχόντων ανά κατηγορία Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI), σύμφωνα με την κατάταξη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.), και επίπεδο φυσικής κατάστασης. Παρατηρείται ότι στην κατηγορία «κανονικού βάρους» (BMI: 18.5–24.9) καταγράφεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση συμμετεχόντων τόσο με χαμηλή (65,38%) όσο και με υψηλή φυσική κατάσταση (70,00%), υποδεικνύοντας ότι στη κανονική BMI περιοχή ανήκει το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος, ανεξαρτήτως επιπέδου φυσικής κατάστασης. Ωστόσο, αξιοσημείωτο εύρημα αποτελεί η κατανομή στις ανώτερες BMI κατηγορίες. Συγκεκριμένα, στην ομάδα των υπέρβαρων (BMI: 25–29.9), το ποσοστό συμμετεχόντων με υψηλή φυσική κατάσταση μειώνεται μεν στο 15,00%, παραμένει όμως σημαντικό, ενώ στην κατηγορία των παχύσαρκων (BMI ≥ 30), παρατηρείται υψηλότερο ποσοστό high-fitness συμμετεχόντων (15,00%) σε σύγκριση με εκείνους που έχουν χαμηλή φυσική κατάσταση (3,85%). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι η υψηλή τιμή BMI δεν ταυτίζεται κατ' ανάγκη με χαμηλή φυσική κατάσταση. Το εύρημα ενισχύει τη θέση ότι ο δείκτης BMI δεν διαφοροποιεί επαρκώς τη σωματική σύσταση, καθώς άτομα με αυξημένη μυϊκή μάζα δύνανται να κατατάσσονται ως υπέρβαρα ή παχύσαρκα, παρότι διαθέτουν υψηλά επίπεδα φυσικής κατάστασης.



Διάγραμμα 5.4: Κατανομή ποσοστού συμμετεχόντων ανά κατηγορία BMI (Π.Ο.Υ.) και επίπεδο φυσικής κατάστασης οδηγού.

5.3.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.8 έχει τιμή 0,561 και δείχνει την ύπαρξη σχετικά καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Πίνακας 5.8: Ποιότητα μοντέλου.

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,749 ^a	0,561	0,537	0,370

a. Predictors: (Constant), Fitness, Day_Night, Traffic, Weight, Focus, Days_Rural, BMI_categorisation

5.3.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Από τη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών του Πίνακα 5.9, συγκεκριμένα με συσχέτιση Spearman αφού πρόκειται μόνο για διακριτές μεταβλητές, προκύπτει ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, αφού οι τιμές είναι μικρότερες από 0,4.

Πίνακας 5.9: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών

	Fitness	Day Night	Traffic	Focus	Days Rural	BMI_categorisation
Fitness	1,000	0,000	0,000	0,206	0,217	-0,060
Day_Night	0,000	1,000	-0,500	0,000	0,000	0,000
Traffic	0,000	-0,500	1,000	0,000	0,000	0,000
Focus	0,206	0,000	0,000	1,000	-0,039	0,089
Days_Rural	0,217	0,000	0,000	-0,039	1,000	-0,097
BMI_categorisation	-0,060	0,000	0,000	0,089	-0,097	1,000

5.3.4 Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Από τον Πίνακα 5.10 επισημαίνονται χρήσιμα χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως συχνότητα, ποσοστά για την κάθε τιμή αλλά και για το σύνολο των τιμών τους.

Πίνακας 5.10: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών.

Fitness					BMI_categorisation				
Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	0	78	57,8	57,8		2	93	68,9	68,9
	1	57	42,2	42,2		3	33	24,4	93,3
	Total	135	100,0	100,0		4	9	6,7	100,0
						Total	135	100,0	100,0

Days_Rural					Day_Night				
Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	0	81	60,0	60,0		0	90	66,7	66,7
	1	39	28,9	88,9		1	45	33,3	100,0
	2	12	8,9	97,8		Total	135	100,0	100,0
	3	3	2,2	100,0					
	Total	135	100,0	100,0					

Focus				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	66	48,9	48,9	48,9
1	69	51,1	51,1	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Traffic				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	90	66,7	66,7	66,7
1	45	33,3	33,3	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Επιπλέον, το ίδιο παρουσιάζεται και με τον Πίνακα 5.11 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών, σύνολο τιμών, μέγιστη, ελάχιστη, μέση και τυπική απόκλιση.

Πίνακας 5.11: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Weight	135	51	125	72,73	14,37
Valid N (listwise)	135				

5.3.5 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας e για την κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας φαίνονται στον Πίνακα 5.12 γίνεται κατανοητός ο βαθμός επιρροής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Επίσης, υπολογίστηκε και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη. Προκύπτει, λοιπόν, ότι η μεγαλύτερη επιρροή στο μέσο χρόνο αντίδρασης εμφανίζεται από τη μεταβλητή που περιγράφει τις συνθήκες φωτισμού (οδήγηση μέρα ή νύχτα). Συγκεκριμένα παρατηρείται 4,03 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη της μεταβλητής της ομάδας φυσικής κατάστασης του οδηγού, η οποία έχει τη μικρότερη επιρροή. Επιπλέον, οι αμέσως επόμενες σε μέγεθος τιμές παρουσιάζονται στις μεταβλητές που αφορούν τον κυκλοφοριακό φόρτο κατά την οδήγηση και τον ισχυρισμό ότι η φυσική κατάσταση επηρεάζει τη συγκέντρωση στην οδήγηση επηρεάζοντας την εξαρτημένη μεταβλητή 2,60 και 1,55 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή της ομάδας φυσικής κατάστασης του οδηγού, αντίστοιχα.

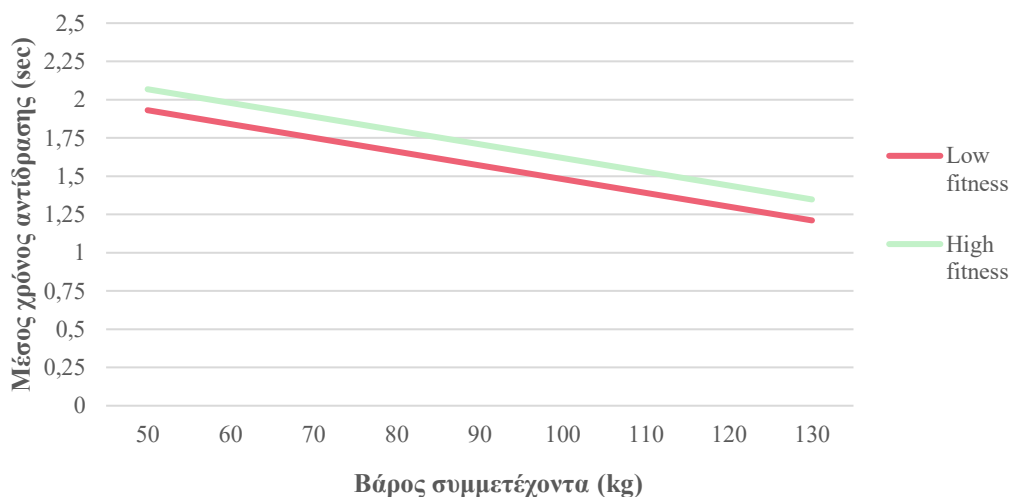
Πίνακας 5.12: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	0,137	1,987	0,10	1,00
	Συνθήκες φωτισμού	0,553	7,093	0,42	4,03
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-0,357	-4,577	-0,27	-2,60
	Η φυσική κατάσταση επηρεάζει την συγκεντρωμένη οδήγηση	-0,212	-3,150	-0,16	-1,55
	Εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό	-0,149	-3,409	-0,11	-1,09
	Κατηγορία δείκτη μάζας σώματος οδηγού	0,171	2,330	0,13	1,25
Συνεχείς	Βάρος οδηγού	-0,009	-2,940	-0,00007	1,000

5.3.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκε το Διάγραμμα 5.5 στο οποίο γίνεται κατανοητή η επιρροή του βάρους του οδηγού στο μέσο χρόνο αντίδρασης για τους high και low-fitness οδηγούς σε συνθήκες χαμηλού φόρτου κατά τη νυχτερινή οδήγηση.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος του οδηγού τόσο μικρότερος είναι ο μέσος χρόνος αντίδρασης όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγουμένως. Επιπρόσθετα όμως, γίνεται αντιληπτό ότι οι high-fitness οδηγοί, παρουσιάζουν μεγαλύτερους μέσους χρόνους συγκριτικά με τους low-fitness σε οποιοσδήποτε κατηγορίες βάρους.



*Διάγραμμα 5.5: Επιρροή του βάρους του οδηγού στο μέσο χρόνο αντίδρασης τη νύχτα για high/low-fitness οδηγούς και χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
(Focus: 1, Days_Rural: 2, BMI_categorisation: 2)*

5.4 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη μέση ταχύτητα οδήγησης

5.4.1 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:

$$\text{Avg Speed} = 43,229 + 2,364 * \text{Fitness} - 5,422 * \text{Traffic} + 1,561 * \text{Days_Rural} + 0,248 * \text{Years} + 2,348 * \text{Fatigue_Differences} + 0,507 * \text{BMI} + 1,046 * \text{Work} - 0,001 * \text{Damage},$$

όπου

Εξαρτημένη μεταβλητή

Avg Speed: μέση ταχύτητα οδήγησης
(συνεχής μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές

Fitness: ομάδα φυσικής κατάστασης | low-fitness: 0, high-fitness: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Traffic: κυκλοφοριακός φόρτος | χαμηλός: 0, υψηλός: 1

(διακριτή μεταβλητή)

Days_Rural: εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό | 0: 0, 1-2: 1, 3-4: 2, ≥ 5 : 3
(διακριτή μεταβλητή)

Years: χρόνια συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα
(συνεχής μεταβλητή)

Fatigue_Differences: διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση | όχι: 0, ναι: 1
(διακριτή μεταβλητή)

BMI: δείκτης μάζας σώματος οδηγού
(συνεχής μεταβλητή)

Work: η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα | ποτέ: 0, σπάνια: 1, μερικές φορές: 2, συχνά: 3, πολύ συχνά: 4
(διακριτή μεταβλητή)

Damage: εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο | 0: 0, 1: 1, 2: 2, 3: 3, >3 : 4
(διακριτή μεταβλητή)

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου σύμφωνα με τον Πίνακα 5.13, στον οποίο παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου, οι τιμές του t-test για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 και του Sig. μικρότερες από 0,05, οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επίσης, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.13: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου.

Coefficients ^a				
	Estimate	Std. Error	t-value	Sig.
(Constant)	+43,229	4,347	9,944	0,000**
Fitness	+2,364	1,043	2,267	0,025**
Traffic	-5,422	1,005	-5,397	0,000**
Days_Rural	+1,561	0,668	2,335	0,021**
Years	+0,248	0,099	2,494	0,014**
Fatigue_Differences	+2,348	1,011	2,322	0,022**
BMI	+0,507	0,168	3,011	0,003**
Work	+1,046	0,477	2,192	0,030**
Damage	-0,001	0,000	-6,503	0,000**

a. Dependent Variable: **Average Speed**

** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

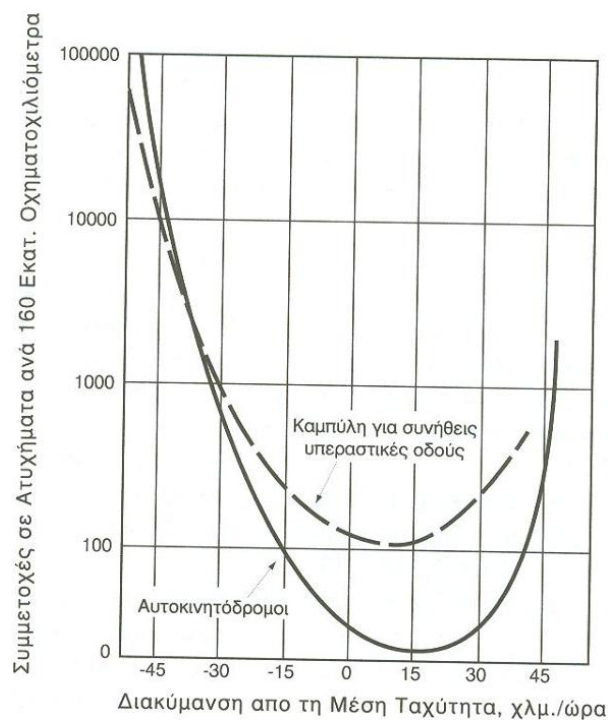
Από τη μαθηματική σχέση του μοντέλου που προκύπτει, συμπεραίνονται **ενδιαφέροντα και αξιοσημείωτα αποτελέσματα** προς ανάλυση:

- Η φυσική κατάσταση ($\beta = +2,364$) σχετίζεται θετικά με τη μέση ταχύτητα υποδηλώνοντας ότι οι συμμετέχοντες με υψηλότερη φυσική κατάσταση οδηγούν ταχύτερα. Το εύρημα αυτό συνάδει με τη βιβλιογραφία που συνδέει τη φυσική κατάσταση με **αυξημένη ψυχοκινητική ετοιμότητα και αυτοπεποίθηση**.

- Ο κυκλοφοριακός φόρτος ($\beta = -5,422$) έχει αρνητική επιρροή στη μέση ταχύτητα, καθώς σε συνθήκες υψηλής κυκλοφορίας οι οδηγοί **περιορίζονται από εξωτερικούς παράγοντες**, οδηγώντας με σημαντικά χαμηλότερες ταχύτητες.
- Η συχνότητα μετακινήσεων σε επαρχιακή οδό ($\beta = +1,561$) εμφανίζει θετική επίδραση, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι οδηγοί με εμπειρία σε επαρχιακές διαδρομές αναπτύσσουν υψηλότερες ταχύτητες, πιθανόν λόγω **αυξημένης εξοικείωσης με το περιβάλλον**.
- Τα περισσότερα χρόνια ενασχόλησης με κάποια φυσική δραστηριότητα ($\beta = +0,248$) σχετίζονται με υψηλότερη ταχύτητα, ενισχύοντας την υπόθεση ότι η μακροχρόνια συμμετοχή σε άσκηση σχετίζεται με καλύτερη οδηγική επίδοση, πιθανώς λόγω **βελτιωμένης νευρομυϊκής λειτουργίας ή αυξημένης αυτοπεποίθησης**.
- Όσοι δήλωσαν ότι παρατηρούν αλλαγές στην οδηγική τους συμπεριφορά υπό κόπωση ($\beta = +2,348$) παρουσίασαν υψηλότερη μέση ταχύτητα, πιθανώς αντανακλώντας **μεγαλύτερη εξοικείωση** με έντονες σωματικές συνθήκες ή **υπερεκτίμηση** των ικανοτήτων τους. Αντίθετα, όσοι δεν αναφέρουν αλλαγές ενδέχεται είτε να οδηγούν πιο συντηρητικά από προεπιλογή, είτε να μην αναγνωρίζουν τις επιπτώσεις της κόπωσης στην απόδοσή τους.
- Ο BMI ($\beta = +0,507$) παρουσιάζει θετική επίδραση, υποδηλώνοντας ότι άτομα με υψηλότερο BMI τείνουν να οδηγούν ταχύτερα. Το εύρημα αυτό αποκτά ενδιαφέρον σε συνδυασμό με την προηγούμενη παρατήρηση πως **όσο αυξάνεται ο BMI, τόσο καλύτερη είναι η φυσική κατάσταση** στο συγκεκριμένο δείγμα. Αυτό πιθανότατα εξηγεί την αυξημένη ταχύτητα ως αποτέλεσμα βελτιωμένης φυσικής ετοιμότητας και όχι αυξημένου σωματικού βάρους.
- Η μεταβλητή που αφορά την απαίτηση για σωματική δραστηριότητα κατά την εργασία ($\beta = +1,046$) εμφάνισε θετική συσχέτιση με τη μέση ταχύτητα, υποδηλώνοντας ότι τα άτομα με πιο απαιτητική φυσικά εργασία τείνουν να οδηγούν γρηγορότερα. Πιθανή εξήγηση αποτελεί η αυξημένη **φυσική ενεργοποίηση** ή η γενικότερη εξοικείωση με απαιτητικές καταστάσεις, που ενδέχεται να μεταφέρεται και στο οδηγικό τους στυλ.
- Η μεταβλητή εμπλοκή σε τροχαίο ($\beta = -0,001$) εμφανίζει αρνητικό συντελεστή, γεγονός που υποδηλώνει ελαφρώς μειωμένη μέση ταχύτητα για όσους έχουν εμπλακεί σε ατύχημα. Αν και η επίδραση είναι εξαιρετικά μικρή, το πρόσημο μπορεί να ερμηνευτεί ως ένδειξη περισσότερο **επιφυλακτικής οδηγικής συμπεριφοράς** μετά από ατύχημα, έστω και σε περιορισμένο βαθμό.

Η θετική επίδραση της φυσικής κατάστασης στη μέση ταχύτητα ενδέχεται να μην συνεπάγεται αυξημένο κίνδυνο, όπως θα υπέθετε κανείς αρχικά. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.1, η πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα **δεν αυξάνεται γραμμικά** με την ταχύτητα. Αντιθέτως, οδήγηση με μικρή θετική απόκλιση από τη μέση ταχύτητα της ροής σχετίζεται με τη χαμηλότερη πιθανότητα ατυχήματος, πιθανόν λόγω καλύτερης ενσωμάτωσης στην κυκλοφορία και μεγαλύτερης ικανότητας πρόβλεψης των συμπεριφορών των άλλων οδηγών.

Επομένως, η αύξηση της ταχύτητας που παρατηρείται σε άτομα με καλή φυσική κατάσταση μπορεί να αντανακλά βελτιωμένη οδηγική ικανότητα και ετοιμότητα, και όχι αυξημένο ρίσκο.



Εικόνα 5.1: Μεταβολή του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα σε σχέση με τη διαφορά από τη μέση ταχύτητα [Σχήμα 7.19, Βιβλίο: «Οδική Ασφάλεια» των Ι.Μ Φραντζεσκάκη – Ι. Γκόλια].

5.4.2 Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.14 έχει τιμή 0,428 και είναι ο μεγαλύτερος από όλες τις δοκιμές που έγιναν. Αυτό δείχνει την ύπαρξη σχετικά καλής προσαρμογής του μοντέλου.

Πίνακας 5.14: Ποιότητα μοντέλου.

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0,654 ^a	0,428	0,391	5,503

a. Predictors: (Constant), Fitness, Traffic, Days_Rural, Years, Fatigue_Differencies, BMI, Work, Damage

5.4.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Από τη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών του Πίνακα 5.15 και του Πίνακα 5.16, συγκεκριμένα με συσχέτιση Spearman για διακριτές μεταβλητές και με συσχέτιση Pearson για συνεχείς, προκύπτει ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, αφού οι τιμές είναι μικρότερες από 0,4.

Πίνακας 5.15: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών.

	Fitness	Traffic	Days_Rural	Fatigue_Differencies	Work	Damage
Fitness	1,000	0,000	0,217	-0,220	0,130	0,229
Traffic	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Days_Rural	0,217	0,000	1,000	0,020	0,043	0,351
Fatigue_Differencies	-0,220	0,000	0,020	1,000	0,031	0,002
Work	0,130	0,000	0,043	0,031	1,000	0,259
Damage	0,229	0,000	0,351	0,002	0,259	1,000

Πίνακας 5.16: Συσχέτιση συνεχών μεταβλητών.

	Years	BMI
Years	1,000	-0,192
BMI	-0,192	1,000

5.4.4 Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Από τον Πίνακα 5.17 επισημαίνονται χρήσιμα χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως συχνότητα, ποσοστά για την κάθε τιμή αλλά και για το σύνολο των τιμών τους. Από τον Πίνακα 5.4 επισημαίνονται χρήσιμα χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως συχνότητα, ποσοστά για την κάθε τιμή αλλά και για το σύνολο των τιμών τους.

Πίνακας 5.17: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών.

Fitness				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	78	57,8	57,8	57,8
1	57	42,2	42,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Fatigue Differences				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	54	40,0	40,0	40,0
1	81	60,0	60,0	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Traffic				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	90	66,7	66,7	66,7
1	45	33,3	33,3	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Work				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	57	42,2	42,2	42,2
1	42	31,1	31,1	73,3
2	24	17,8	17,8	91,1
3	9	6,7	6,7	97,8
4	3	2,2	2,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Damage				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	81	60,0	60,0	60,0
1	42	31,1	31,1	91,1
2	12	8,90	8,90	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Days Rural				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	81	60,0	60,0	60,0
1	39	28,9	28,9	88,9
2	12	8,9	8,9	97,8
3	3	2,2	2,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Επιπλέον, το ίδιο παρουσιάζεται και με τον Πίνακα 5.18 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών, σύνολο τιμών, μέγιστη, ελάχιστη, μέση και τυπική απόκλιση.

Πίνακας 5.18: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Years	135	0,00	18,00	4,87	5,05
BMI	135	18,71	31,25	23,77	2,94
Valid N (listwise)	135				

5.4.5 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας e για την κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας φαίνονται στον Πίνακα 5.19 γίνεται κατανοητός ο βαθμός επιρροής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Επίσης, υπολογίστηκε και ο βαθμός e^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη. Προκύπτει, λοιπόν, ότι η μεγαλύτερη επιρροή στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα εμφανίζεται από τη μεταβλητή που περιγράφει τον κυκλοφοριακό φόρτο. Συγκεκριμένα παρατηρείται 7990,50 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη της μεταβλητής που αφορά την εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο, η οποία έχει τη μικρότερη επιρροή. Επιπλέον, οι αμέσως επόμενες σε μέγεθος τιμές παρουσιάζονται στις μεταβλητές που αφορούν την ομάδα της φυσικής κατάστασης του οδηγού και το αν ο οδηγός παρατηρεί διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση επηρεάζοντας την εξαρτημένη μεταβλητή 3484,28 και 3460,16 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή που αφορά την εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο, αντίστοιχα.

Για τις συνεχείς μεταβλητές παρατηρείται ότι ο δείκτης μάζας σώματος του οδηγού επηρεάζει 2,05 φορές περισσότερο τα χρόνια συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα.

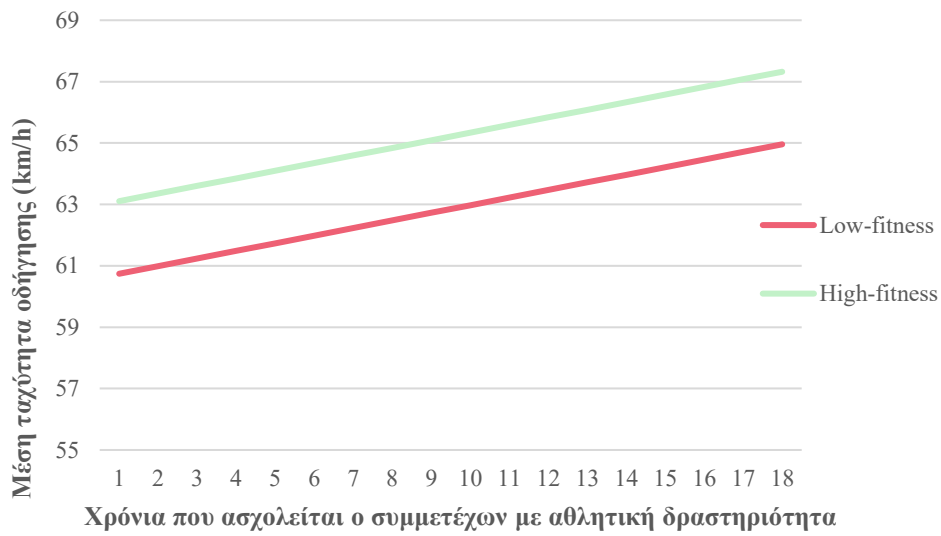
Πίνακας 5.19: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e^*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	2,364	2,267	0,04	-3484,28
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-5,422	-5,397	-0,10	7990,50
	Εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό	1,561	2,335	0,03	-2300,02
	Διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση	2,348	2,322	0,04	-3460,16
	Η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα	1,046	2,192	0,02	-1541,11
	Εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο	-0,001	-6,503	-0,00001	1,00
Συνεχείς	Χρόνια συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα	0,248	2,494	0,00004	1,00
	Δείκτης μάζας σώματος οδηγού	0,507	3,011	0,00009	2,05

5.4.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκε το διάγραμμα (Διάγραμμα 5.6) στο οποίο γίνεται κατανοητή η επιρροή των χρόνων συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα στη μέση ταχύτητα οδήγησης για high και low-fitness οδηγούς και συνθήκες χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

Σύμφωνα, λοιπόν, με το παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται ότι όσα περισσότερα χρόνια ασχολείται ο οδηγός με κάποια αθλητική δραστηριότητα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μέση ταχύτητα οδήγησης όπως προέκυψε και από το μαθηματικό μοντέλο προηγουμένως. Επιπρόσθετα όμως, γίνεται αντιληπτό ότι οι high-fitness οδηγοί, παρουσιάζουν μεγαλύτερες μέσες ταχύτητες συγκριτικά με τους low-fitness για κάθε χρόνο συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα.



Διάγραμμα 5.6: Επιρροή των χρόνων που ο οδηγός ασχολείται με κάποια αθλητική δραστηριότητα στη μέση ταχύτητα οδήγησης για high/low-fitness οδηγούς και χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. (BMI: 23,77 (Average), Damage: 0, Fatigue:0, Work: 2, Days Rural: 2)

5.5 Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για την πιθανότητα ατυχήματος

5.5.1 Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το διωνυμικό λογιστικό μοντέλο για την πιθανότητα ατυχήματος, το οποίο προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση εφαρμόζοντας λογιστική παλινδρόμηση ύστερα από πλήθος δοκιμών, δίνεται από την εξής σχέση:

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

$$\text{NumOfCrashesAverage} = 3,064 - 0,933 * \text{Fitness} - 1,061 * \text{Main_Activity_Context} + 0,420 * \text{Months} + 0,849 * \text{Work} - 1,794 * \text{Fatigue_Differences} + 1,604 * \text{Day_Night} + 0,724 * \text{Education} + 0,763 * \text{Income},$$

όπου

Εξαρτημένη μεταβλητή

NumOfCrashesAverage: ύπαρξη ατυχήματος | όχι: 0, ναι: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Ανεξάρτητες μεταβλητές

Fitness: ομάδα φυσικής κατάστασης | low-fitness: 0, high-fitness: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Main_Activity_Context: είδος αθλητικής δραστηριότητας που ασχολείται συχνότερα ο οδηγός | Καμία: 1, Συνδυασμένη: 2, Ατομική: 3, Ομαδική/Κοινωνική: 4
(διακριτή μεταβλητή)

Months: μήνες συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα το χρόνο
(συνεχής μεταβλητή)

Work: η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα | ποτέ: 0, σπάνια: 1, μερικές φορές: 2, συχνά: 3, πολύ συχνά: 4
(διακριτή μεταβλητή)

Fatigue_Differences: διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση | όχι: 0, ναι: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Day_Night: συνθήκες φωτισμού | μέρα: 0, νύχτα: 1
(διακριτή μεταβλητή)

Education: μορφωτικό επίπεδο | πρωτοβάθμια: 1, δευτεροβάθμια: 2, ΑΕΙ: 3, μεταπτυχιακό: 4, διδακτορικό: 5
(διακριτή μεταβλητή)

Income: ετήσιο οικογενειακό εισόδημα | <10.000: 1, 10.000-25.000: 2, >25.000: 3
(διακριτή μεταβλητή)

Όσον αφορά τη στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου σύμφωνα με τον Πίνακα 5.20, στον οποίο παρουσιάζονται τα στοιχεία τα οποία εξάγονται από το ειδικό λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου, οι τιμές του z-test (Wald) για κάθε μεταβλητή είναι μεγαλύτερες από 1,7 οπότε έχουν επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, όμως από τις τιμές του Sig. εμφανίζεται και τιμή μεγαλύτερη από 0,05 με επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Επίσης, τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία.

Πίνακας 5.20: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου.

	Estimate	Std. Error	z-value	Sig.
(Constant)	-3,064	1,460	-2,098	0,036**
Fitness	-0,933	0,482	-1,936	0,053*
Main_Activity_Context	-1,061	0,359	-2,957	0,003**
Months	+0,420	0,101	4,178	0,000**
Work	+0,849	0,261	3,256	0,001**
Fatigue_Differences	-1,794	0,569	-3,153	0,002**
Day_Night	+1,604	0,497	3,228	0,001**
Education	+0,724	0,355	2,038	0,042**
Income	+0,763	0,343	2,223	0,026**

* Επίπεδο εμπιστοσύνης 90%

** Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Από τη μαθηματική σχέση του μοντέλου που προκύπτει, συμπεραίνονται **ενδιαφέροντα και αξιοσημείωτα αποτελέσματα** προς ανάλυση:

- Η φυσική κατάσταση ($\beta = -0,933$) σχετίζεται με μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα, καθώς τα άτομα με υψηλότερη φυσική κατάσταση εμφανίζουν αυξημένη ικανότητα συγκέντρωσης, καλύτερο έλεγχο και στρατηγικότερη προσέγγιση στην οδήγηση, όπως έχει διαπιστωθεί και σε προηγούμενες μελέτες. Παρότι στο παρόν δείγμα οι συμμετέχοντες με υψηλή φυσική κατάσταση παρουσίασαν ελαφρώς αυξημένο μέσο χρόνο αντίδρασης, το εύρημα αυτό δεν φαίνεται να συνεπάγεται αυξημένο κίνδυνο. Αντιθέτως, πιθανώς αντικατοπτρίζει πιο **ελεγχόμενη και συνειδητή οδηγική στρατηγική**, η οποία λειτουργεί προστατευτικά.

- Η ενασχόληση με κάποια αθλητική δραστηριότητα ($\beta = -1,061$) σχετίζεται με μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα. Η άσκηση ενδέχεται να καλλιεργεί χαρακτηριστικά όπως **μεθοδικότητα** και **ικανότητα προσαρμογής** σε απαιτητικά περιβάλλοντα, στοιχεία που πιθανώς ενισχύουν τη συνολική οδική ασφάλεια.
- Η χρονική διάρκεια ενασχόλησης με τη φυσική άσκηση σε μήνες/έτος ($\beta = +0,420$) εμφανίζει θετική συσχέτιση με την πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να υποδηλώνει ότι η διάρκεια, ως μεμονωμένος δείκτης, δεν αποτυπώνει επαρκώς το πραγματικό επίπεδο φυσικής κατάστασης. Παράγοντες όπως η ένταση, η συχνότητα ή η ποιότητα της άσκησης ενδεχομένως να ασκούν σημαντικότερη επιρροή, χωρίς όμως να καταγράφονται από τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Επιπλέον, καθώς η δήλωση της διάρκειας βασίζεται σε αυτοαναφορά, δεν αποκλείεται ορισμένοι συμμετέχοντες να υπερεκτίμησαν το επίπεδο της ενασχόλησής τους με τη φυσική δραστηριότητα. Τέλος, η αυξημένη διάρκεια άσκησης μπορεί να αντανakλά έναν πιο δραστήριο τρόπο ζωής και, κατά συνέπεια, **μεγαλύτερη έκθεση στον δρόμο**, παράγοντας που συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο εμπλοκής σε τροχαίο.
- Η σωματική καταπόνηση λόγω εργασίας ($\beta = +0,849$) συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο εμπλοκής, όπως αποτυπώνεται από το θετικό πρόσημο του συντελεστή. Το αποτέλεσμα ενδέχεται να αντανakλά σωματική **κόπωση**, **μειωμένη συγκέντρωση** ή **εξάντληση** έπειτα από χειρωνακτική εργασία.
- Οι οδηγοί που αναγνωρίζουν ότι η σωματική κόπωση επηρεάζει την οδηγική τους συμπεριφορά ($\beta = -1,794$) φαίνεται να υιοθετούν πιο **προσεκτικές ή αμυντικές στρατηγικές**, γεγονός που συνδέεται με μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα.
- Οι νυχτερινές συνθήκες οδήγησης ($\beta = +1,604$) σχετίζονται με σημαντικά αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα. Η θετική τιμή του συντελεστή επιβεβαιώνει τον αυξημένο κίνδυνο που συνδέεται με τη νυχτερινή οδήγηση, πιθανώς λόγω περιορισμένης ορατότητας, μειωμένων αντανakλαστικών και αυξημένων πιθανοτήτων κόπωσης, όπως τεκμηριώνεται και σε σειρά ερευνών.
- Το υψηλότερο εκπαιδευτικό επίπεδο ($\beta = +0,724$) παρουσιάζει θετική σχέση με την πιθανότητα ατυχήματος, εύρημα που μπορεί να αντανakλά την υπερεκτίμηση των ικανοτήτων από πλευράς συμμετεχόντων ή το γεγονός ότι οι οδηγοί με υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο τείνουν να έχουν **αυξημένη έκθεση σε κυκλοφοριακά δίκτυα** λόγω εντονότερης επαγγελματικής ή κοινωνικής δραστηριότητας, ή και χρήση οχημάτων σε πιο **σύνθετα περιβάλλοντα**, κάτι που αυξάνει την πιθανότητα εμπλοκής παρά τις γνωστικές ικανότητες που ενδεχομένως συνοδεύουν την ανώτερη μόρφωση.
- Το υψηλότερο εισόδημα των συμμετεχόντων ($\beta = +0,763$) συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής. Μία πιθανή εξήγηση είναι η **συχνότερη** χρήση οχήματος λόγω εντατικότερων δραστηριοτήτων, η χρήση **ταχύτερων** οχημάτων ή η εμπλοκή σε πιο **σύνθετες** κυκλοφοριακές καταστάσεις.

5.5.2 Στατιστική σημαντικότητα και ποιότητα μοντέλου

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5.21) παρουσιάζεται η πιθανότητα επιτυχημένης πρόβλεψης του μοντέλου για την πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος. Παρατηρείται σχετικά καλό ποσοστό επιτυχημένης πρόβλεψης του μοντέλου και στις δύο περιπτώσεις μη ύπαρξης ή ύπαρξης ατυχήματος, με ποσοστά 54,2% και 82,8% αντίστοιχα.

Πίνακας 5.21: Ποσοστό πρόβλεψης μοντέλου.

Observed	Predicted		
	NumofCrashesAverage		Percentage Correct
	0	1	
NumofCrashesAverage	0	26	54,2
	1	15	82,8
Overall Percentage			72,6

5.5.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Από τη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών του Πίνακα 5.22, συγκεκριμένα με συσχέτιση Spearman αφού πρόκειται μόνο για διακριτές μεταβλητές, προκύπτει ότι δεν παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, αφού οι τιμές είναι μικρότερες από 0,4.

Πίνακας 5.22: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών.

	Fitness	Main_Activity_Context	Work	Fatigue_Differences	Day_Night	Education	Income
Fitness	1,000	0,057	0,130	-0,220	0,000	-0,079	-0,061
Main_Activity_Context	0,057	1,000	0,135	-0,088	0,000	-0,080	0,092
Work	0,130	0,135	1,000	0,031	0,000	-0,072	-0,246
Fatigue_Differences	-0,220	-0,088	0,031	1,000	0,000	0,112	-0,004
Day_Night	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
Education	-0,079	-0,080	-0,072	0,112	0,000	1,000	0,076
Income	-0,061	0,092	-0,246	-0,004	0,000	0,076	1,000

5.5.4 Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Από τον Πίνακα 5.23 επισημαίνονται χρήσιμα χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών σύμφωνα με την περιγραφική στατιστική, όπως συχνότητα, ποσοστά για την κάθε τιμή αλλά και για το σύνολο των τιμών τους.

Πίνακας 5.23: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών.

Fitness					Main_Activity_Context				
Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
	0	78	57,8	57,8		1	15	11,1	11,1
	1	57	42,2	100,0		2	15	11,1	22,2
	Total	135	100,0	100,0		3	72	53,3	75,5
						4	33	24,4	≈100,0
						Total	135	≈100,0	≈100,0

Fatigue Differences				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	54	40,0	40,0	40,0
1	81	60,0	60,0	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Day Night				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	90	66,7	66,7	66,7
1	45	33,3	33,3	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Income				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1	15	11,1	11,1	11,1
2	54	40,0	40,0	51,1
3	66	48,9	48,9	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Work				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0	57	42,2	42,2	42,2
1	42	31,1	31,1	73,3
2	24	17,8	17,8	91,1
3	9	6,7	6,7	97,8
4	3	2,2	2,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Education				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 2	54	40	40	40
3	75	55,6	55,6	95,6
4	3	2,2	2,2	97,8
5	3	2,2	2,2	100,0
Total	135	100,0	100,0	

Επιπλέον, το ίδιο παρουσιάζεται και με τον Πίνακα 5.24 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών, σύνολο τιμών, μέγιστη, ελάχιστη, μέση και τυπική απόκλιση.

Πίνακας 5.24: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Months	135	0	12	8,11	4
Valid N (listwise)	135				

5.5.5 Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας ϵ για την κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας φαίνονται στον Πίνακα 5.25 γίνεται κατανοητός ο βαθμός επιρροής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Επίσης, υπολογίστηκε και ο βαθμός ϵ^* της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη. Προκύπτει, λοιπόν, ότι η μεγαλύτερη επιρροή στη πιθανότητα ατυχήματος εμφανίζεται από τη μεταβλητή που αφορά τις συνθήκες φωτισμού. Συγκεκριμένα παρατηρείται 21,49 φορές μεγαλύτερη επιρροή από την αντίστοιχη της μεταβλητής που αφορά το είδος της αθλητικής δραστηριότητας με την οποία ο οδηγός ασχολείται συχνότερα, η οποία έχει τη μικρότερη επιρροή. Επιπλέον, οι αμέσως επόμενες σε μέγεθος τιμές παρουσιάζονται στις μεταβλητές που αφορούν το μορφωτικό επίπεδο του οδηγού και το αν η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα επηρεάζοντας την εξαρτημένη μεταβλητή 11,06 και 10,92 φορές περισσότερο από τη μεταβλητή που αφορά το είδος της αθλητικής δραστηριότητας με την οποία ο οδηγός ασχολείται συχνότερα, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.25: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	z	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	-0,933	-1,936	-0,02	2,25
	Είδος αθλητικής δραστηριότητα που ασχολείται συχνότερα ο οδηγός	-1,061	-2,957	-0,008	1,00
	Η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα	0,849	3,256	0,09	-10,92
	Διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση	-1,794	-3,153	-0,01	1,78
	Συνθήκες φωτισμού	1,604	3,228	0,18	-21,49
	Μορφωτικό επίπεδο	0,724	2,038	0,09	-11,06
	Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα	0,763	2,223	0,09	-10,69
Συνεχείς	Μήνες συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα το χρόνο	0,420	4,178	1,07	1,00

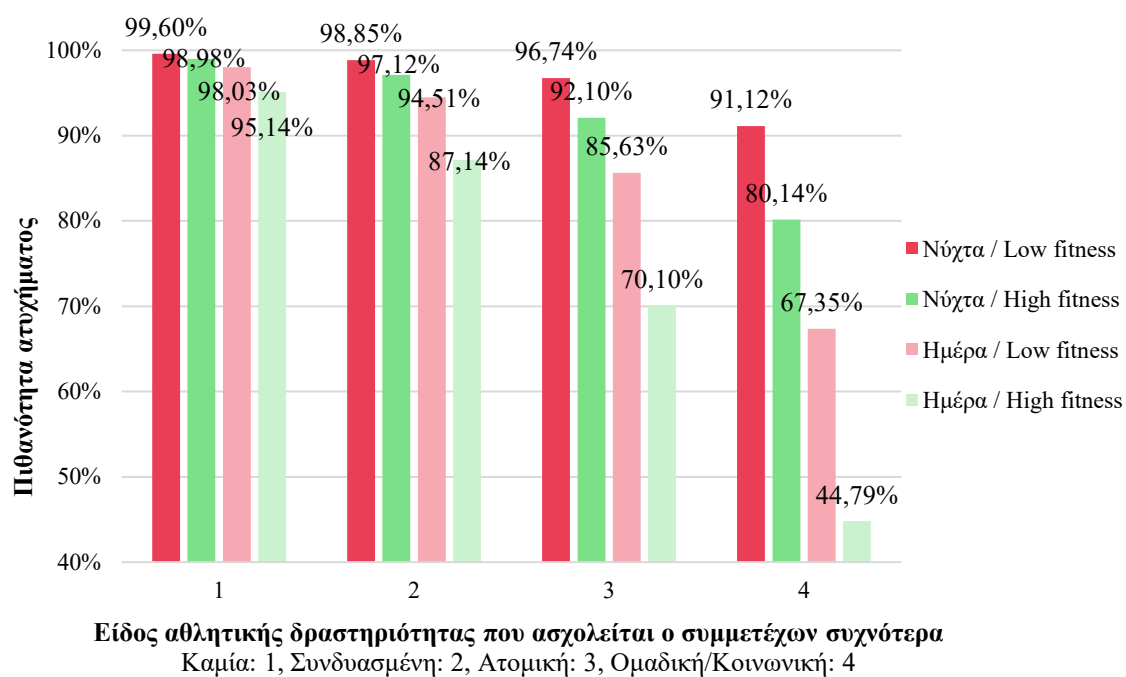
5.5.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκε το διάγραμμα (Διάγραμμα 5.7) στο οποίο γίνεται κατανοητή η επιρροή του είδους της αθλητικής δραστηριότητας στην πιθανότητα ατυχήματος για high και low-fitness οδηγούς και οδήγηση κατά τη διάρκεια της μέρας και της νύχτας.

Το παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνει την πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα, σε συνάρτηση με το είδος αθλητικής δραστηριότητας στην οποία συμμετέχει συχνότερα ο οδηγός, τη φυσική του κατάσταση, καθώς και τις συνθήκες φωτισμού κατά την οδήγηση. Παρατηρείται ότι οι οδηγοί με χαμηλή φυσική κατάσταση και απουσία οποιασδήποτε αθλητικής δραστηριότητας εμφανίζουν την υψηλότερη πιθανότητα ατυχήματος, ιδιαίτερα όταν οδηγούν τη νύχτα (99,6%). Αντίθετα, η ομάδα με υψηλή φυσική κατάσταση και συμμετοχή σε ομαδική/κοινωνική άσκηση (κατηγορία 4), υπό συνθήκες ημέρας, εμφανίζει το χαμηλότερο ποσοστό (44,79%).

Η φυσική κατάσταση φαίνεται να λειτουργεί προστατευτικά, μειώνοντας συστηματικά την πιθανότητα ατυχήματος, τόσο κατά την ημέρα όσο και κατά τη νύχτα. Επιπλέον, το είδος της αθλητικής δραστηριότητας παίζει σημαντικό ρόλο: οι συμμετέχοντες σε ομαδικές ή κοινωνικές μορφές άσκησης παρουσιάζουν σαφώς μικρότερο κίνδυνο, πιθανώς λόγω της ανάπτυξης στρατηγικών συνεργασίας, πειθαρχίας και κοινωνικής συνείδησης που μεταφέρονται και στην οδική συμπεριφορά. Η νυχτερινή οδήγηση συνοδεύεται γενικά από υψηλότερες πιθανότητες ατυχήματος, ιδίως για άτομα με χαμηλή φυσική κατάσταση ή χωρίς συστηματική συμμετοχή σε κάποια μορφή άσκησης.

Τα παραπάνω ευρήματα ενισχύουν την υπόθεση ότι η φυσική κατάσταση και το πλαίσιο της αθλητικής δραστηριότητας συνιστούν κρίσιμους παράγοντες για την πρόληψη ατυχημάτων, με τη συνθήκη φωτισμού να εντείνει τις διαφορές μεταξύ των επιμέρους ομάδων.



Διάγραμμα 5.7: Επιρροή του είδους της αθλητικής δραστηριότητας στην πιθανότητα ατυχήματος για high/low-fitness οδηγούς και οδήγηση τη μέρα και τη νύχτα.
(Months: 8 (Average), Work: 2, Fatigue_Differences: 0, Education: 2, Income: 2)

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και στη συμπεριφορά του οδηγού, στο πλαίσιο οδήγησης σε επαρχιακό οδικό δίκτυο. Η μελέτη αξιοποιεί προσομοιωτή οδήγησης προκειμένου να καταγράψει και να αναλύσει τη σχέση μεταξύ διαφορετικών επιπέδων φυσικής κατάστασης και κρίσιμων παραμέτρων οδηγικής επίδοσης, με στόχο να αναδειχθούν πιθανές διαφοροποιήσεις στην οδική συμπεριφορά ανάλογα με τη φυσική ικανότητα των συμμετεχόντων.

Η πειραματική διαδικασία υλοποιήθηκε σε **προσομοιωτή οδήγησης**, με δείγμα 46 νέων οδηγών ηλικίας 19 έως 27 ετών. Κατά την εκτέλεση των σεναρίων οδήγησης, καταγράφηκαν αναλυτικά δεδομένα οδικής συμπεριφοράς, ενώ παράλληλα συλλέχθηκαν πληροφορίες για τα ατομικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων μέσω ερωτηματολογίων. Κάθε οδηγός εκτέλεσε τρία διαφορετικά σενάρια σε επαρχιακή οδό, αντιπροσωπευτικά διαφορετικών συνθηκών κυκλοφορίας: μέρα με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

Τα στοιχεία της συλλογής, στη συνέχεια, επεξεργάστηκαν κατάλληλα δημιουργώντας βάσεις δεδομένων για ανάλυση. Κατά τη στατιστική ανάλυση, που πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της **γλώσσας προγραμματισμού R**, εκτελέστηκε γραμμική και διωνυμική λογιστική παλινδρόμηση για την πρόβλεψη οδηγικών χαρακτηριστικών και πιθανότητας ατυχημάτων. Τα μαθηματικά μοντέλα που προέκυψαν ύστερα από πλήθος δοκιμών των μεταβλητών τους, ώστε να πληρούν τα κριτήρια ποιότητας και αποδοχής τους, είναι το μοντέλο για τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, το μέσο χρόνο αντίδρασης, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και για την πιθανότητα ατυχήματος.

Από τη **συνοπτική παρουσίαση των μαθηματικών μοντέλων** που ακολουθεί καθίσταται εφικτή η εξαγωγή των συμπερασμάτων τα οποία συμβάλλουν στην εκπλήρωση του στόχου της εργασίας. Τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης παρουσιάζονται μέσω του Πίνακα 6.1 ο οποίος περιλαμβάνει και τις τιμές της ελαστικότητας για τον προσδιορισμό της σχετικής επιρροής μεταξύ των μεταβλητών.

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης.

		Διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα				Μέσος χρόνος αντίδρασης				Μέση ταχύτητα οδήγησης				Πιθανότητα Ατυχήματος			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	z	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	24,762	2,076	0,31	2,42	0,137	1,987	0,10	1,00	2,364	2,267	0,04	-3484,28	-0,933	-1,936	-0,02	2,25
	Συνθήκες φωτισμού	141,339	10,828	1,77	13,84	0,553	7,093	0,42	4,03					1,604	3,228	0,18	-21,49
	Κυκλοφοριακός φόρτος	-27,851	-2,134	-0,35	-2,73	-0,357	-4,577	-0,27	-2,60	-5,422	-5,397	-0,10	7990,50				
	Η φυσική κατάσταση επηρεάζει την συγκεντρωμένη οδήγηση	-23,323	-2,079	-0,29	-2,28	-0,212	-3,150	-0,16	-1,55								
	Εβδομαδιαίες διαδρομές σε επαρχιακή οδό	-15,793	-2,141	-0,20	-1,55	-0,149	-3,409	-0,11	-1,09	1,561	2,335	0,03	-2300,02				
	Εμπλοκή σε ατύχημα ως οδηγός	-30,524	-2,974	-0,38	-2,99												
	Λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά	10,214	2,001	0,13	1,00												
	Κατηγορία δείκτη μάζας σώματος οδηγού					0,171	2,330	0,13	1,25								
	Διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση									2,348	2,322	0,04	-3460,16	-1,794	-3,153	-0,01	1,78
	Η εργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα									1,046	2,192	0,02	-1541,11	0,849	3,256	0,09	-10,92
	Εμπλοκή σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός με υλικές ζημιές μόνο									-0,001	-6,503	-0,00001	1,00				
	Είδος αθλητικής δραστηριότητας που ασχολείται συχνότερα ο οδηγός													-1,061	-2,957	-0,008	1,00
	Μορφωτικό επίπεδο													0,724	2,038	0,09	-11,06
	Ετήσιο οικογενειακό εισόδημα													0,763	2,223	0,09	-10,69
Συνεχείς	Βάρος οδηγού	-0,996	-2,567	-0,00012	1,00	-0,009	-2,940	-0,00007	1,000								
	Χρόνια συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα									0,248	2,494	0,00004	1,00				
	Δείκτης μάζας σώματος οδηγού									0,507	3,011	0,00009	2,05				
	Μήνες συμμετοχής σε αθλητική δραστηριότητα το χρόνο													0,420	4,178	1,07	1,00
R ²		0,633				0,561				0,428							

6.2 Συνολικά συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το προηγούμενο κεφάλαιο, σε συνδυασμό με τη σύνοψη των μαθηματικών μοντέλων που προηγήθηκε, στην ενότητα αυτή είναι εφικτή η διατύπωση των συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Η υψηλή φυσική κατάσταση φαίνεται να μειώνει την πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα ($\beta = -0,933$, $p < 0,10$). Η αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση της μεταβλητής fitness υποδηλώνει ότι οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση διατρέχουν **μικρότερο κίνδυνο ατυχήματος** στο επαγγελματικό περιβάλλον του προσομοιωτή. Η συσχέτιση αυτή ενδέχεται να αντανakλά την αυξημένη ικανότητα διατήρησης προσοχής και την ταχύτερη επεξεργασία κυκλοφοριακών πληροφοριών, που χαρακτηρίζουν άτομα με υψηλότερα επίπεδα φυσικής κατάστασης, σύμφωνα και με ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- Η διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα βρέθηκε να επηρεάζεται θετικά από τη φυσική κατάσταση ($\beta = +24,762$, $p < 0,05$). Συγκεκριμένα, οι οδηγοί που ανήκουν στην ομάδα υψηλής φυσικής κατάστασης παρουσίασαν μεγαλύτερη μεταβλητότητα στην απόσταση που διατηρούν από το προπορευόμενο όχημα. Το εύρημα αυτό μπορεί να υποδηλώνει μια πιο **ευέλικτη και προσαρμοστική οδηγική συμπεριφορά**, με συχνότερες αναπροσαρμογές σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με τις συνθήκες της κυκλοφορίας. Παρά το γεγονός ότι η αυξημένη διακύμανση ενδέχεται να εκληφθεί ως αστάθεια, η μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα για την ίδια ομάδα οδηγών ($\beta = -0,933$, $p < 0,10$) υποστηρίζει την ερμηνεία ότι πρόκειται για **ενεργητική και αποτελεσματική στρατηγική οδήγησης**, η οποία συμβάλλει στην αποτροπή συγκρούσεων και στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας.
- Η ομάδα υψηλής φυσικής κατάστασης εμφάνισε αυξημένο μέσο χρόνο αντίδρασης ($\beta = +0,137$, $p < 0,05$), εύρημα που εκ πρώτης όψεως φαίνεται αντιφατικό με την υπόθεση ταχύτερης απόκρισης. Ωστόσο, ενδέχεται να αντανakλά μια **πιο επιφυλακτική ή στοχευμένα αργή στρατηγική απόκρισης**, με στόχο την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα, παρά τη βιαστική αντανakλαστική δράση. Παράλληλα, η ίδια ομάδα παρουσίασε μειωμένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα ($\beta = -0,933$, $p < 0,10$), ενισχύοντας την υπόθεση ότι η αυξημένη φυσική κατάσταση σχετίζεται με βελτιωμένη οδηγική συμπεριφορά, ακόμη και αν αυτή εκδηλώνεται με πιο ελεγχόμενους χρόνους απόκρισης. Το εύρημα υποδηλώνει **πιο συνειδητοποιημένη και ασφαλή αντίδραση**, η οποία ενδέχεται να συμβάλλει προληπτικά στην αποφυγή ατυχημάτων.
- Η φυσική κατάσταση σχετίζεται θετικά με τη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = +2,364$, $p < 0,05$), υποδεικνύοντας ότι οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση κινούνται σε ελαφρώς υψηλότερες ταχύτητες. Ωστόσο, το εύρημα αυτό δεν συνεπάγεται αυξημένο κίνδυνο. Αντιθέτως, σύμφωνα με την καμπύλη της Εικόνας 5.1, οι χαμηλότερες πιθανότητες εμπλοκής σε ατύχημα εντοπίζονται σε ταχύτητες ελαφρώς ανώτερες από τη μέση της ροής. Επομένως, η ταχύτερη οδήγηση των οδηγών με υψηλή φυσική κατάσταση ενδέχεται να αντανakλά την τοποθέτησή τους εντός αυτής της «βέλτιστης ζώνης» ταχύτητας, στην οποία η πιθανότητα ατυχήματος είναι μειωμένη, πιθανόν λόγω καλύτερης **ενσωμάτωσης** στην κυκλοφορία και **αυξημένης ικανότητας πρόβλεψης**.

- Η φυσική κατάσταση και ο BMI φαίνεται να συνδέονται με παρόμοιο τρόπο με την οδηγική απόδοση, καθώς καταγράφουν θετική επίδραση στα μοντέλα. Αντίθετα, η μεταβλητή του βάρους του οδηγού εμφανίζει αρνητική επίδραση, γεγονός που υποδηλώνει ότι το αυξημένο βάρος χωρίς την αντίστοιχη φυσική κατάσταση δεν σχετίζεται θετικά με την οδήγηση. Η σύγκριση των γραφημάτων (5.1 και 5.4) ενισχύει αυτή την παρατήρηση, καθώς οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση εμφανίζουν ταυτόχρονα υψηλότερες τιμές BMI. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι, στους νεαρούς ενήλικες του δείγματος, ο αυξημένος BMI δεν αποτελεί δείκτη μειωμένης ικανότητας, αλλά αντιθέτως όταν συνοδεύεται από καλή φυσική κατάσταση, μπορεί να συνδέεται με **βελτιωμένη οδηγική συμπεριφορά**.
- Τα έτη συμμετοχής σε αθλητικές δραστηριότητες και η εργασία που απαιτεί σωματική προσπάθεια συσχετίστηκαν με αυξημένη μέση ταχύτητα ($\beta = +0,248$, $p < 0,05$ και $\beta = +1,046$, $p < 0,05$ αντίστοιχα), ενώ ο καθημερινός χρόνος περπατήματος ή ποδηλασίας σχετίστηκε με μεγαλύτερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = +10,214$, $p < 0,05$). Η θετική αυτή κατεύθυνση των επιδράσεων **ευθυγραμμίζεται** με τη μεταβλητή της φυσικής κατάστασης, ενισχύοντας την υπόθεση ότι η γενικότερη φυσική ενεργοποίηση, ανεξαρτήτως της μορφής της, συμβάλλει σε πιο **ενεργητική και δυναμική οδηγική συμπεριφορά**.
- Οι συνθήκες φωτισμού ανέδειξαν τη ισχυρότερη συνολική επίδραση μεταξύ όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών, όπως καταδεικνύεται από τις υψηλότερες τιμές του e σε κάθε μοντέλο. Συγκεκριμένα, σχετίστηκε με αυξημένη διακύμανση απόστασης ($\beta = +141,339$, $p < 0,05$), μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης ($\beta = +0,553$, $p < 0,05$) και υψηλότερη πιθανότητα ατυχήματος ($\beta = +1,604$, $p < 0,05$). Το εύρημα επιβεβαιώνει ότι ο χαμηλός φωτισμός αποτελεί **κρίσιμο εξωγενή παράγοντα**, ο οποίος ενδέχεται να υποβαθμίζει την οδηγική σταθερότητα, την ταχύτητα επεξεργασίας και τη συνολική ασφάλεια στο οδικό περιβάλλον.
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος ασκεί αρνητική και στατιστικά σημαντική επίδραση σε όλα τα εξαρτημένα μεγέθη στα οποία περιλαμβάνεται. Συγκεκριμένα, σχετίστηκε με μειωμένη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = -27,851$, $p < 0,05$), συντομότερο χρόνο αντίδρασης ($\beta = -0,357$, $p < 0,05$) και χαμηλότερη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = -5,422$, $p < 0,05$). Η συνολική αυτή εικόνα υποδηλώνει μια **πιο αμυντική και συνετή οδηγική συμπεριφορά** σε συνθήκες αυξημένης κυκλοφορίας, με μειωμένες μεταβολές στην απόσταση και την ταχύτητα και **αυξημένη ετοιμότητα**, που ενδεχομένως απορρέει από την αυξημένη εγρήγορση που απαιτούν οι πυκνές κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Όσο περισσότερες ημέρες την εβδομάδα οδηγεί κάποιος σε επαρχιακή οδό, τόσο περισσότερο φαίνεται να έχει **εξοικειωθεί** με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου περιβάλλοντος. Η αυξημένη αυτή εμπειρία συνδέθηκε με μειωμένη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = -15,793$, $p < 0,05$), ταχύτερο χρόνο αντίδρασης ($\beta = -0,149$, $p < 0,05$) και υψηλότερη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = +1,561$, $p < 0,05$).
- Η εμπλοκή σε ατύχημα ως οδηγός συνδέεται με χαμηλότερη διακύμανση απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ($\beta = -30,524$, $p < 0,05$), στοιχείο που ενδέχεται να αντανakλά μια **πιο ελεγχόμενη και σταθερή συμπεριφορά** μετά από εμπειρία ατυχήματος. Αντίστοιχα, η εμπλοκή σε τροχαίο με υλικές ζημιές μόνο σχετίζεται με χαμηλότερη μέση ταχύτητα οδήγησης ($\beta = -0,001$, $p < 0,05$), ενδεχομένως ως ένδειξη

αυξημένης επιφυλακτικότητας και συνειδητής αποφυγής κινδύνου εκ μέρους των οδηγών που είχαν προηγούμενο συμβάν.

- Το **φύλο** και η **ηλικία** του οδηγού δεν εμφανίζονται ως στατιστικά σημαντικοί παράγοντες σε κανένα από τα μοντέλα, γεγονός που υποδηλώνει ότι δεν σχετίζονται με τους βασικούς δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς που εξετάστηκαν.
- Τα ευρήματα δείχνουν ότι δεν υπάρχει μία μόνο μεταβλητή που προβλέπει πλήρως την πιθανότητα ατυχήματος, αλλά ο συνδυασμός φυσικής κατάστασης, εμπειρίας, συμπεριφοράς και περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. φωτισμός, κυκλοφορία) παίζει κρίσιμο ρόλο.
- Η υψηλότερη εκπαίδευση ($\beta = +0,724$, $p < 0,05$) και το αυξημένο εισόδημα ($\beta = +0,763$, $p < 0,05$) συνδέονται με αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να αντανakλά τη **συχνότερη χρήση** του οχήματος και την οδήγηση σε πιο **σύνθετα** και απαιτητικά **κυκλοφοριακά περιβάλλοντα**, που είναι πιθανότερο να χαρακτηρίζουν άτομα με υψηλότερο μορφωτικό και κοινωνικοοικονομικό προφίλ. Παρά τις γνωστικές ικανότητες που ενδέχεται να συνοδεύουν την ανώτερη μόρφωση, η αυξημένη έκθεση ενδέχεται να υπερκαλύπτει τα πιθανά προστατευτικά οφέλη.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Η **παρούσα μελέτη** ανέδειξε τη φυσική κατάσταση ως έναν παράγοντα που δύναται να επηρεάσει ουσιαστικά την οδηγική συμπεριφορά και την πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα. Οι οδηγοί με υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα εμφάνισαν, στατιστικά, μειωμένο κίνδυνο ατυχήματος, παρά το γεγονός ότι παρουσίασαν μεγαλύτερο χρόνο αντίδρασης και αυξημένη διακύμανση στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι η υψηλή φυσική κατάσταση ενδέχεται να σχετίζεται με την υιοθέτηση διαφορετικής οδηγικής στρατηγικής, πιθανώς περισσότερο ευέλικτης και προσαρμοστικής, η οποία ενισχύει την ικανότητα του οδηγού να διαχειρίζεται αποτελεσματικά σύνθετες ή απρόβλεπτες κυκλοφοριακές συνθήκες.

Με βάση τα παραπάνω, κρίνεται σκόπιμο να ενισχυθεί η σύνδεση μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδικής ασφάλειας, όχι μόνο σε επίπεδο ερευνητικής διερεύνησης αλλά και σε πρακτικές παρεμβάσεις πρόληψης. Δείκτες όπως η καρδιακή συχνότητα ή ο δείκτης VO_{2max} μπορούν να αξιοποιηθούν συμπληρωματικά στο πλαίσιο της **εκπαίδευσης νέων οδηγών**, ώστε να αναδειχθεί ο ρόλος της φυσικής κατάστασης σε κρίσιμες πτυχές της οδηγικής συμπεριφοράς. Επιπλέον, η ενσωμάτωση σύντομων δοκιμασιών προσοχής, αντίληψης ή οπτικοκινητικού συντονισμού κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης μπορεί να προσφέρει στον εκπαιδευτή τη δυνατότητα να εντοπίσει τομείς στους οποίους υστερεί ο κάθε υποψήφιος οδηγός. Με βάση την απόδοση στις δοκιμασίες αυτές, μπορούν να σχεδιαστούν απλές στοχευμένες ασκήσεις ενδυνάμωσης ή συντονισμού, προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε εκπαιδευόμενου. Η χρήση αυτών των εργαλείων δεν προτείνεται ως προϋπόθεση για την απόκτηση άδειας, αλλά ως πρακτικός τρόπος ενίσχυσης της αυτογνωσίας και βελτίωσης δεξιοτήτων που σχετίζονται άμεσα με την οδική ασφάλεια.

Στο ίδιο πλαίσιο, η ανάπτυξη μίας απλής **ψηφιακής εφαρμογής (app)** ή web εργαλείο που θα περιλαμβάνει σύντομες δοκιμασίες αντίληψης και συντονισμού μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο αυτοαξιολόγησης οδηγού. Με βάση τις επιδόσεις του, η εφαρμογή μπορεί να προτείνει βασικές ασκήσεις ή αλλαγές στον τρόπο ζωής που ενισχύουν τη φυσική κατάσταση και τις συναφείς οδηγικές δεξιότητες.

Επιπλέον, σε νεαρούς οδηγούς που παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο λόγω παχυσαρκίας ή καθιστικής ζωής ή άλλων παραγόντων υγείας, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν **εξειδικευμένα προγράμματα άσκησης**, τα οποία να συνδυάζουν βασική σωματική ενδυνάμωση με ασκήσεις αντίληψης, συντονισμού και προσοχής. Παρεμβάσεις αυτού του τύπου μπορούν να λειτουργήσουν ενισχυτικά στη βελτίωση φυσικής κατάστασης και οδηγικής απόδοσης, εστιάζοντας σε κρίσιμες δεξιότητες ασφάλειας στον δρόμο.

Σε πληθυσμούς οδηγών που υποβάλλονται σε εντατικά προγράμματα εκπαίδευσης ή δραστηριοποιούνται επαγγελματικά σε απαιτητικές συνθήκες (όπως στρατεύσιμοι, οδηγοί βαρέων οχημάτων ή οδηγοί μεταφορών), είναι δυνατή η ενσωμάτωση σύντομων, στοχευμένων παρεμβάσεων **σωματικής άσκησης ρουτίνας**. Τέτοιες παρεμβάσεις μπορεί να περιλαμβάνουν διαλείμματα με ήπιες ασκήσεις κινητοποίησης, συντονισμού ή ενδυνάμωσης, πριν ή μετά την οδήγηση, καθώς και ενότητες εκπαίδευσης με ασκήσεις αντίληψης και προσοχής. Ο στόχος είναι η ενίσχυση δεξιοτήτων όπως η συγκέντρωση, η ευελιξία αντίδρασης και η κινητική ακρίβεια, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την ασφαλή οδήγηση. Παράλληλα, η **ενίσχυση φυσικής κατάστασης** σε αυτούς τους πληθυσμούς μπορεί να συμβάλει στη μείωση της κόπωσης, στην αύξηση της αντοχής και στην καλύτερη διαχείριση των απαιτήσεων ενός απαιτητικού οδηγικού έργου.

Τέλος, η διοργάνωση **κοινών καμπανιών ευαισθητοποίησης** από φορείς οδικής ασφάλειας, αθλητικές οργανώσεις και υπηρεσίες πρωτοβάθμιας υγείας μπορεί να αναδείξει τη φυσική κατάσταση όχι μόνο ως δείκτη ευεξίας, αλλά και ως παράγοντα που μειώνει τον κίνδυνο τροχαίων ατυχημάτων. Η σύνδεση της φυσικής άσκησης με την ασφαλή οδήγηση ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών τομέων και μπορεί να οδηγήσει σε δράσεις πρόληψης εφαρμόσιμες στην καθημερινότητα των οδηγών.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ανέδειξαν τη φυσική κατάσταση ως παράγοντα που συνδέεται με διαφοροποιήσεις στην οδηγική συμπεριφορά και στη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαίο ατύχημα, ακόμη και όταν καταγράφονται επιμέρους αποκλίσεις από τις συνήθειες προσδοκίες, όπως η αυξημένη διακύμανση στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα ή ο μεγαλύτερος χρόνος αντίδρασης. Η παρατήρηση ότι οι συμμετέχοντες με υψηλότερη φυσική κατάσταση εμφάνισαν χαμηλότερη πιθανότητα ατυχήματος υποδεικνύει την ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης των υποκείμενων μηχανισμών και της συνολικής στρατηγικής που ακολουθούν οι οδηγοί αυτοί.

Σε αυτό το πλαίσιο, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν, σε επόμενες μελέτες, τα ακόλουθα:

- **Η φύση και η δυναμική των οδηγικών στρατηγικών** που ενδέχεται να υιοθετούν άτομα με υψηλότερη φυσική κατάσταση. Ειδικότερα, απαιτείται εμβάθυνση στους μηχανισμούς λήψης απόφασης, στη διαχείριση κινδύνου και στην προσαρμογή σε

αιφνίδιες κυκλοφοριακές απαιτήσεις, ώστε να αποσαφηνιστεί κατά πόσο πρόκειται για ευέλικτες στρατηγικές που ενισχύουν την οδική ασφάλεια.

- Η πειραματική αξιολόγηση στοχευμένων **παρεμβάσεων σωματικής άσκησης**, με σκοπό να διερευνηθεί εάν και κατά πόσο η βελτίωση της φυσικής κατάστασης οδηγεί σε τροποποίηση κρίσιμων οδηγικών δεικτών, όπως ο χρόνος απόκρισης, η σταθερότητα ταχύτητας ή η ακρίβεια κατά την τήρηση λωρίδας.
- Η **χρήση νευρογνωστικών εργαλείων**, όπως ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα ή δοκιμασίες λειτουργικής εγκεφαλικής απεικόνισης, για τη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και εκτελεστικών λειτουργιών σε οδηγικό πλαίσιο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μετρήσεις προσοχής, γνωστικής ευελιξίας και ετοιμότητας απόκρισης σε καταστάσεις αυξημένων απαιτήσεων.
- Η αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης σε **ποικίλα και απαιτητικά οδηγικά σενάρια**, πέραν της νυχτερινής οδήγησης, όπως οδήγηση σε αυτοκινητοδρόμους, σε ολισθηρές επιφάνειες (π.χ. βροχή) ή σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας. Οι συνθήκες αυτές προσφέρουν επιπλέον πληροφορίες για την ικανότητα του οδηγού να προσαρμόζεται σε μεταβαλλόμενα και εν δυνάμει επικίνδυνα περιβάλλοντα.
- Η **διεύρυνση του δείγματος** σε επόμενες μελέτες, τόσο ως προς το πλήθος των συμμετεχόντων όσο και ως προς το ηλικιακό εύρος, με στόχο να διαπιστωθεί αν οι συσχετίσεις που εντοπίστηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα επεκτείνονται και σε άλλες πληθυσμιακές ομάδες οδηγών.
- Η **διαχρονική παρακολούθηση** οδηγών με διαφορετικά επίπεδα φυσικής κατάστασης, ώστε να εντοπιστούν πιθανά προγνωστικά πρότυπα για την εξέλιξη της οδηγικής απόδοσης και της συμπεριφοράς σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ. Χ., Τσαμπούλας Δ. Α., “Διαχείριση Κυκλοφορίας” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1997
- [2] Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Ι. Κ. Γκόλιας, “Οδική Ασφάλεια” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994
- [3] Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Γκόλιας Ι. Κ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ. Χ., “Κυκλοφοριακή Τεχνική” Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009
- [4] Foerst Driving Simulators, 2019, <https://www.fahrsimulatoren.eu/en/>
- [5] European Commission (2025) Annual statistical report on road safety in the EU, 2025. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport.
- [6] World Health Organization. (2023). Global status report on road safety 2023. Geneva: WHO.
- [7] NTUA Road Safety Observatory, NRSO, 2019, <https://www.nrso.ntua.gr>
- [8] Erickson, K. I., Hillman, C. H., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: A review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(6), 1242–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>
- [9] Dupuy, O., Gauthier, C. J., Fraser, S. A., Desjardins-Crèpeau, L., Desjardins, M., Mekary, S., Lesage, F., Hoge, R. D., Pouliot, P., & Bherer, L. (2015). Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 66. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00066>
- [10] Fortune, J. M., Kelly, Á. M., Robertson, I. H., & Hussey, J. (2019). An investigation into the relationship between cardiorespiratory fitness, cognition and BDNF in young healthy males. *Neuroscience Letters*, 701, 134–139. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.03.012>
-

-
- [11] Giles, G. E., Cantelon, J. A., Eddy, M. D., Brunyé, T. T., Urry, H. L., Mahoney, C. R., & Kanarek, R. B. (2017). Habitual exercise is associated with cognitive control and cognitive reappraisal success. *Experimental Brain Research*, 235, 3785–3797. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-5098-x>
- [12] Marmeleira, J. F., Godinho, M. B., & Fernandes, O. M. (2009). The effects of an exercise program on several abilities associated with driving performance in older adults. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.09.008>
- [13] Zhu, N., Jacobs, D. R. Jr, Schreiner, P. J., Yaffe, K., Bryan, N., Launer, L. J., Whitmer, R. A., Sidney, S., Demerath, E., Thomas, W., Bouchard, C., He, K., Reis, J. P., & Sternfeld, B. (2014). Cardiorespiratory fitness and cognitive function in middle age: the CARDIA study. *Neurology*, 82(15), 1339–1346. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000310>
- [14] Garrett, J., Chak, C., Bullock, T., & Giesbrecht, B. (2024). A systematic review and Bayesian meta-analysis provide evidence for an effect of acute physical activity on cognition in young adults. *Communications Psychology*, 2, Article 124. <https://doi.org/10.1038/s44271-024-00124-2>
- [15] Esmaeilzadeh, S., Hartman, E., Farzizadeh, R., Azevedo, L. B., Kalantari, H.-A., Dziembowska, I., Kostencka, A., Narimani, M., & Abravesh, A. (2018). Association between physical fitness and cognitive performance in 19–24 year old males. *Biology of Sport*, 35(3), 299–306. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.78056>
- [16] Marmeleira, J. F. F., de Melo, F. M. S., Tlemcani, M., & Godinho, M. A. B. (2011). Exercise can improve speed of behavior in older drivers. *Journal of Aging and Physical Activity*, 19(1), 48–61. <https://doi.org/10.1123/japa.19.1.48>
- [17] Etnier, J. L., Sibley, B. A., Pomeroy, J., & Kao, J. C. (2003). Components of response time as a function of age, physical activity, and aerobic fitness. *Journal of Aging and Physical Activity*, 11(3), 319–332. <https://doi.org/10.1123/JAPA.11.3.319>
- [18] Klasnja, A., Milenovic, N., Lukac, S., Knezevic, A., Klasnja, J., & Karan Rakic, V. (2022). The effects of regular physical activity and playing video games on reaction time in adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9278. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159278>
- [19] Liu, J., Fujii, Y., Fujii, K., Seol, J., Nagata, K., & Okura, T. (2025). Mediating role of frailty/pre-frailty on the association between exercise participation and traffic crashes among
-

Japanese community-dwelling older drivers. BMC Geriatrics, 25, 341.
<https://doi.org/10.1186/s12877-025-05998-3>

[20] Meneghini, V., Stinchcombe, A., Gagnon, S., Mahumane, C., & Rodrigues Barbosa, A. (2024). Physical fitness is associated with simulator driving performance in young drivers. *Advances in Transportation Studies: an international Journal*, Issue LXIV. <https://www.atsinternationaljournal.com/2024-issues/physical-fitness-is-associated-with-simulator-driving-performance-in-young-drivers/>

[21] Gökçe, E., Stojan, R., Mack, M., Bock, O., & Voelcker-Rehage, C. (2022). Lifestyle Matters: Effects of Habitual Physical Activity on Driving Skills in Older Age. *Brain Sciences*, 12(5), 608. <https://doi.org/10.3390/brainsci12050608>

[22] Heyward, V. H. (1998). *The Physical Fitness Specialist Certification Manual* (3rd ed.). Dallas, TX: The 531 Cooper Institute for Aerobics Research.

[23] World Health Organization. (2010.). A healthy lifestyle – WHO recommendations. WHO Regional Office for Europe. <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations>

[24] Wood, R. (2005). Queens College Step Test. Topend Sports. Retrieved July 7, 2025, from <https://www.topendsports.com/testing/tests/step-queens.htm>

[25] Federal Highway Administration. *Maximum Safe Speed for Motor Vehicles*. National Highway Safety Bureau Staff Report, 1969.

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



www.transport.ntua.gr

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

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

A/A συμμετέχοντα: _____

Ημερομηνία πειράματος: ____/____/____

A. Οδική εμπειρία συμμετέχοντα:

1. Πόσα χρόνια έχετε το δίπλωμα οδήγησης; _____ χρόνια
2. Πόσα χρόνια οδηγείτε; _____ χρόνια
3. Πόσες ημέρες οδηγείτε την εβδομάδα **σε επαρχιακές οδούς**;
☐ 0 ☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ ≥5
4. Πόσα χιλιόμετρα διανύετε την εβδομάδα **σε επαρχιακές οδούς**;
☐ <20 ☐ 20-50 ☐ 50-100 ☐ 100-150 ☐ >150
5. Πόσες διαδρομές κάνετε τη μέρα **σε επαρχιακές οδούς**;
☐ 0 ☐ 1-2 ☐ 3-4 ☐ ≥5
6. Πόσο άνετα αισθάνεστε όταν οδηγείτε νύχτα, συγκριτικά με το όταν οδηγείτε μέρα **σε επαρχιακές οδούς**;
☐ καθόλου ☐ λίγο ☐ αρκετά ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

B. Φυσική Δραστηριότητα:

1. Πόσο ικανοποιητική θεωρείτε την φυσική σας κατάσταση;

☐ καθόλου ☐ λίγο ☐ μέτρια ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

2. Κάνατε κάποια αθλητική δραστηριότητα τους τελευταίους 12 μήνες;

☐ Όχι ☐ Ναι

3. Με ποια αθλητική δραστηριότητα ασχολείστε συχνότερα;

☐ άθλημα ☐ γυμναστήριο ☐ χορός ☐ πολεμική τέχνη ☐ άλλο: _____

Πόσες ώρες την εβδομάδα; _____

Πόσους μήνες τον χρόνο; _____

Πόσα χρόνια; _____

4. Σε σύγκριση με άλλα άτομα της ηλικίας μου, θεωρώ ότι ο χρόνος που αφιερώνω για αθλητικές δραστηριότητες είναι:

☐ πολύ λιγότερος ☐ λιγότερος ☐ ίσος ☐ περισσότερος ☐ πολύ περισσότερος

5. Όταν ανεβαίνω σκαλιά, λαχανιάζω:

☐ πολύ λίγο ☐ λίγο ☐ μέτρια ☐ πολύ ☐ πάρα πολύ

6. Στον ελεύθερό μου χρόνο:

☐ αθλούμαι ☐ βλέπω τηλεόραση - κινητό ☐ περπατάω ☐ κάνω ποδήλατο

☐ άλλο: _____

7. Πόσα λεπτά περπατάτε ή κάνετε ποδήλατο μέσα σε μια τυπική ημέρα;

☐ <5 ☐ 5-15 ☐ 16-30 ☐ 31-45 ☐ >45

8. Η εργασία σας απαιτεί σωματική δραστηριότητα;

☐ ποτέ ☐ σπάνια ☐ μερικές φορές ☐ συχνά ☐ πολύ συχνά

Γ. Επίδραση της Φυσικής Δραστηριότητας στην Οδήγηση

1. Έχετε παρατηρήσει διαφορές στην οδήγησή σας όταν έχετε σωματική κόπωση;

☐ Όχι ☐ Ναι

2. Πιστεύετε ότι η φυσική σας κατάσταση επηρεάζει την ικανότητά σας να οδηγείτε συγκεντρωμένα;

☐ Όχι ☐ Ναι

3. Πόσο άνετα αισθάνεστε να οδηγείτε μετά από έντονη σωματική δραστηριότητα;

☐ Δυσκολεύομαι ☐ Λιγότερο άνετα ☐ Μέτρια ☐ Άνετα ☐ Πολύ άνετα

4. Έχετε παρατηρήσει αν η φυσική σας κατάσταση επηρεάζει τον τρόπο που αντιμετωπίζετε επικίνδυνες καταστάσεις στην οδήγηση;

- ☐ Όχι, πιστεύω ότι άλλοι παράγοντες είναι πιο σημαντικοί
☐ Όχι, δεν παρατηρώ διαφορά
☐ Ναι, αλλά μόνο σε μικρό βαθμό
☐ Ναι, αισθάνομαι πιο έτοιμος να αντιδράσω

Δ. Ιστορικό οδικών συμβάντων συμμετέχοντα:

1. Έχετε εμπλακεί σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός; ☐ Όχι ☐ Ναι

2. Αν ναι, πόσες φορές;

▪ Με υλικές ζημιές μόνο:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

▪ Με παθόντες:

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

3. Σε πόσα από τα ατυχήματα που εμπλακήκατε, είχατε προηγουμένως κάνει σωματική άσκηση;

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ >3

4. Τα περισσότερα ατυχήματα στα οποία εμπλακήκατε συνέβησαν:

- ☐ Μετά από έντονη σωματική δραστηριότητα
- ☐ Όταν ήσασταν σωματικά κουρασμένος
- ☐ Όταν ήσασταν ξεκούραστος
- ☐ Χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένη σχέση με την κόπωση

Ε. Γενικά στοιχεία συμμετέχοντα:

1. Ηλικία: _____ ετών

2. Φύλο: ☐ Άντρας ☐ Γυναίκα

3. Ύψος: _____ cm

4. Σωματικό βάρος: _____ kg

5. Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;

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

6. Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;

☐ Πρωτοβάθμια ☐ Δευτεροβάθμια ☐ ΑΕΙ ☐ Μεταπτυχιακό ☐
Διδακτορικό

7. Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό εισόδημά σας;

☐ <10.000 ☐ 10.000-25.000 ☐ >25.000