



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

## Η επιρροή της φυσικής κατάστασης στη συμπεριφορά ασφάλειας του οδηγού σε αυτοκινητόδρομο



**Θεοφάνης Μήτσης**

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

Αθήνα, Μάρτιος 2026



# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σηματοδοτεί και την ολοκλήρωση του κύκλου των σπουδών μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Με την ευκαιρία αυτή, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς όλους όσους συνέβαλαν, με οποιονδήποτε τρόπο, στην υλοποίηση της εργασίας αυτής.

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Γιώργο Γιαννή, καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για την καθοδήγηση και την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον διδάκτορα Μάριο Σεκαδάκη για τη συνεχή υποστήριξη, την τεχνική βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις του, οι οποίες συνέβαλαν ουσιαστικά στην εξέλιξη και ολοκλήρωση της εργασίας.

Ξεχωριστή μνεία αξίζει και στους συμμετέχοντες του πειράματος, χωρίς τη συμβολή των οποίων δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση του ερευνητικού μέρους της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς την οικογένειά μου και τα αγαπημένα μου πρόσωπα για τη διαρκή στήριξη, την ενθάρρυνση και την κατανόηση που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια αυτής της διαδρομής.

Αθήνα, Μάρτιος 2026  
Θεοφάνης Μήτσης



# Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟ

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

## Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση του τρόπου με τον οποίο το επίπεδο φυσικής κατάστασης επηρεάζει την οδική συμπεριφορά ασφάλειας των οδηγών σε συνθήκες αυτοκινητοδρόμου, με τη χρήση 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 αυτός εκτιμήθηκε βάσει της καρδιακής συχνότητας (BPM: Beats Per Minute) κατά τη φάση ανάκαμψης, μετά από σύντομη σωματική άσκηση. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες κατατάχθηκαν σε δύο κατηγορίες φυσικής κατάστασης, υψηλή και χαμηλή (High-fitness και Low-fitness οδηγοί αντίστοιχα), σύμφωνα με καθιερωμένα βιβλιογραφικά όρια του  $VO_2max$ . Παράλληλα, συμπλήρωσαν σχετικό ερωτηματολόγιο. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με στατιστικά μοντέλα γραμμικής και λογιστικής παλινδρόμησης. Τα ευρήματα της μελέτης έδειξαν ότι οι οδηγοί υψηλής φυσικής κατάστασης παρουσίασαν μεγαλύτερη διακύμανση στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, υψηλότερη μέση ταχύτητα και αυξημένο χρόνο μέχρι την πιθανή σύγκρουση. Συνολικά, η υψηλή φυσική κατάσταση φαίνεται να συνδέεται με πιο συνεπή και ελεγχόμενη οδηγική συμπεριφορά, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις ενδέχεται να επιτρέπει τη μείωση της πιθανότητας ατυχήματος μέσω αποτελεσματικότερης λήψης αποφάσεων.

**Λέξεις-κλειδιά:** Φυσική κατάσταση,  $VO_2max$ , Προσομοιωτής οδήγησης, Αυτοκινητόδρομος, Οδική συμπεριφορά ασφάλειας, Πιθανότητα ατυχήματος



# THE EFFECT OF PHYSICAL FITNESS ON DRIVER SAFETY BEHAVIOR ON HIGHWAYS

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

---

## **Abstract**

The objective of this thesis is to investigate how physical fitness level influences drivers' safety-related driving behavior under highway conditions, using a driving simulator. The experimental procedure involved 46 participants aged 19-27, whose cardiorespiratory fitness was assessed using the maximum oxygen uptake ( $VO_2\text{max}$ ) index.  $VO_2\text{max}$  was estimated based on heart rate (BPM: Beats Per Minute) during the recovery phase following brief physical activity. Participants were then classified into two fitness categories, high-fitness and low-fitness, according to established  $VO_2\text{max}$  thresholds reported in the literature. Simultaneously, participants completed a relevant questionnaire. Data analysis was conducted using linear and logistic regression statistical models. The findings indicated that high-fitness drivers exhibited greater variability in headway distance to the leading vehicle, higher mean driving speed and increased time to collision. Overall, higher physical fitness appears to be associated with more consistent and controlled driving behavior, which in most cases may contribute to a reduced risk of accidents through more effective decision-making.

**Keywords:** Physical fitness,  $VO_2\text{max}$ , Driving simulator, Highway, Safety-related driving behavior, Accident risk



# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας** είναι η μελέτη της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια συμπεριφοράς του οδηγού, στο περιβάλλον οδήγησης αυτοκινητόδρομου. Για τον σκοπό αυτό, αξιοποιείται προσομοιωτής οδήγησης, μέσω του οποίου καταγράφεται και εξετάζεται η συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών επιπέδων φυσικής κατάστασης και βασικών δεικτών οδηγικής απόδοσης, με στόχο την ανάδειξη ενδεχόμενων διαφορών στη συμπεριφορά των οδηγών ανάλογα με τη φυσική τους ικανότητα.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε **προσομοιωτή οδήγησης**, με τη συμμετοχή 46 νεαρών οδηγών ηλικίας 19 έως 27 ετών. Κατά τη διάρκεια των σεναρίων οδήγησης συλλέχθηκαν λεπτομερή δεδομένα οδικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων, ενώ παράλληλα καταγράφηκαν τα ατομικά τους χαρακτηριστικά μέσω ερωτηματολογίων. Κάθε οδηγός ολοκλήρωσε τρία διαφορετικά σενάρια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο, τα οποία αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες: μέρα με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν οργανώθηκαν και επεξεργάστηκαν κατάλληλα, με τη δημιουργία βάσεων δεδομένων και ενός συγκεντρωτικού τελικού πίνακα αναφοράς για περαιτέρω ανάλυση. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της **γλώσσας προγραμματισμού R** και περιλάμβανε κυρίως γραμμική λογιστική παλινδρόμηση με στόχο την πρόβλεψη χαρακτηριστικών της οδηγικής συμπεριφοράς και της πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα. Μετά από εκτενή έλεγχο και δοκιμές των μεταβλητών, ώστε τα μοντέλα να πληρούν τα απαιτούμενα κριτήρια αξιοπιστίας και εγκυρότητας, προέκυψαν μοντέλα που αφορούν τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και τον χρόνο έως τη σύγκρουση.

Η **συνοπτική παρουσίαση των μαθηματικών μοντέλων** που ακολουθεί επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία συνεισφέρουν ουσιαστικά στην επίτευξη του στόχου της παρούσας εργασίας. Τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει επίσης και τις τιμές της ελαστικότητας για την εκτίμηση της σχετικής επιρροής των εξεταζόμενων μεταβλητών.

**Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης**

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		Διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα				Μέση ταχύτητα οδήγησης (Λογαριθμική)				Χρόνος έως τη σύγκρουση (Λογαριθμικός)			
		B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	30,194	2,229	0,10	1,04	0,059	2,205	0,014	1,84	0,140	2,522	0,055	2,94
	Κυκλοφοριακός φόρτος									-0,321	-5,256	-0,125	<b>-6,74</b>
	Συνθήκες φωτισμού					-0,070	-2,473	-0,017	-2,19	-0,211	-3,487	-0,082	-4,43
	Εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο	46,400	5,444	0,15	1,60								
	Ηεργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα	29,018	4,442	<b>0,10</b>	1,00	0,032	2,449	<b>0,008</b>	1,00				
	Διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση	-43,184	-3,212	-0,14	-1,49								
	Επίπεδο σωματικής κόπωσης οδηγού κατά το ατύχημα	-89,274	-8,087	-0,30	<b>-3,08</b>								
	Άνεση κατά την οδήγηση τη νύχτα σε αυτοκινητόδρομο					0,054	4,494	0,013	1,68	0,048	2,062	<b>0,019</b>	1,00
	Φύλο του οδηγού					0,100	3,452	0,024	<b>3,12</b>				
	Λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά									0,059	2,362	0,023	1,23
Ηφυσική κατάσταση επηρεάζει την οδήγηση σε επικίνδυνες συνθήκες									0,096	2,729	-0,037	-2,01	
Συνεχείς	Στροφές του κινητήρα	0,058	3,710	<b>-0,000002</b>	1,00								
	Απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή του δρόμου	-21,332	-2,311	0,000707	<b>-366,15</b>								
	Ώρες ενασχόλησης του οδηγού με αθλητική δραστηριότητα	9,620	4,738	-0,000319	165,12								
	Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση					-0,021	-5,915	0,000049	-1,06				
	Θέση τιμονιού σε μοίρες					-0,113	-4,205	0,000272	<b>-5,82</b>	-0,141	-2,728	0,000551	<b>17,56</b>
	Θέση πεντάλ φρένου σε ποσοστό					0,019	2,178	<b>-0,000047</b>	1,00				
	Μέση ταχύτητα σε χλμ/ώρα									-0,008	-4,625	<b>0,000031</b>	1,00
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,606</b>				<b>0,446</b>				<b>0,393</b>				

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

- Οι οδηγοί με υψηλότερη φυσική κατάσταση φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στην οδήγηση, καθώς μεταβάλλουν περισσότερο την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Η μεγαλύτερη αυτή διακύμανση μπορεί να ερμηνευθεί ως **ένδειξη ευέλικτης και ενεργητικής προσαρμογής της απόστασης ασφαλείας** ανάλογα με τις συνθήκες κυκλοφορίας. Το εύρημα αυτό ενισχύεται και από την παρουσία μεταβλητών σχετικών με τη σωματική δραστηριότητα, όπως οι ώρες άσκησης και η σωματική δραστηριότητα στην εργασία.
- Η φυσική κατάσταση σχετίζεται με μεγαλύτερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από το ότι η καλύτερη φυσική κατάσταση συνδέεται με υψηλότερα επίπεδα **συγκέντρωσης και γνωστικής λειτουργίας**, στοιχεία που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία επηρεάζουν θετικά την οδηγική απόδοση.
- Η αύξηση της ταχύτητας **μειώνει** γενικά τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που επιβεβαιώνει τη βασική αρχή της οδικής ασφάλειας ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα τόσο μικρότερος είναι ο διαθέσιμος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση.
- Οι οδηγοί με καλύτερη φυσική κατάσταση τείνουν να κινούνται με ελαφρώς υψηλότερες ταχύτητες, στοιχείο που υποδηλώνει πιο ενεργητική οδηγική συμπεριφορά. Ωστόσο, το γεγονός ότι οι ίδιοι οδηγοί εμφανίζουν και μεγαλύτερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση δείχνει ότι η υψηλότερη ταχύτητα στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν συνοδεύεται απαραίτητα από χαμηλότερο επίπεδο ασφαλείας, καθώς φαίνεται να συνδυάζεται με **καλύτερη διαχείριση της απόστασης** από τα προπορευόμενα οχήματα και μεγαλύτερο περιθώριο αντίδρασης. Η παρατήρηση αυτή ενισχύει την υπόθεση ότι η καλύτερη φυσική κατάσταση μπορεί να σχετίζεται με **αυξημένη εγρήγορση και αποτελεσματικότερη προσαρμογή** στις κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Παράγοντες που σχετίζονται με τη **σωματική δραστηριότητα** της καθημερινότητας, όπως η άσκηση, η φυσική δραστηριότητα στην εργασία και το περπάτημα ή ποδήλατο, εμφανίζουν επίσης θετική επίδραση σε δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς. Η θετική αυτή επίδραση, υποδηλώνει ότι ένας πιο ενεργός τρόπος ζωής ενδέχεται να συνδέεται με **αυξημένη οδηγική ετοιμότητα** και προσαρμοστικότητα στις κυκλοφοριακές συνθήκες. Το εύρημα αυτό ενισχύει τη συνολική υπόθεση της εργασίας ότι η φυσική κατάσταση και γενικότερα η σωματική δραστηριότητα μπορούν να **επηρεάζουν θετικά τη συμπεριφορά ασφαλείας των οδηγών**.

- Η σωματική κόπωση φαίνεται να επηρεάζει **αρνητικά** την οδηγική προσαρμοστικότητα, καθώς συνδέεται με μικρότερη μεταβολή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι η κόπωση περιορίζει την ικανότητα συγκέντρωσης και την ταχύτητα αντίδρασης του οδηγού, οδηγώντας σε **πιο στατική και λιγότερο ευέλικτη οδηγική συμπεριφορά**.
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, καθώς σε συνθήκες υψηλής κυκλοφορίας μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων. Ως αποτέλεσμα, περιορίζεται το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο αντίδρασης των οδηγών, γεγονός που **καθιστά την οδήγηση πιο απαιτητική**.
- Ορισμένες συνεχείς μεταβλητές, όπως ο μέσος αριθμός στροφών του κινητήρα ή η θέση του πεντάλ φρένου, παρουσιάζουν **σχετικά περιορισμένη επίδραση** σε σχέση με άλλους παράγοντες, όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, η ταχύτητα ή η φυσική κατάσταση του οδηγού. Το γεγονός αυτό ίσως υποδηλώνει ότι τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της οδήγησης ενδέχεται να επηρεάζονται περισσότερο από τις άμεσες κυκλοφοριακές συνθήκες παρά από τα ατομικά χαρακτηριστικά οδήγησης των οδηγών.
- Οι συνθήκες νυχτερινής οδήγησης επηρεάζουν σημαντικά την οδηγική συμπεριφορά, καθώς η **μειωμένη ορατότητα** περιορίζει την ικανότητα των οδηγών να αντιλαμβάνονται έγκαιρα τα εμπόδια και τις κινήσεις των άλλων οχημάτων. Για τον λόγο αυτό παρατηρείται γενικά **μείωση της μέσης ταχύτητας, αλλά και μικρότερο χρονικό περιθώριο αντίδρασης**.
- Παράλληλα, η αυτοαναφερόμενη άνεση κατά τη νυχτερινή οδήγηση εμφανίζει θετική σχέση τόσο με τη μέση ταχύτητα όσο και με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι, παρότι οι οδηγοί γενικά τείνουν να μειώνουν την ταχύτητά τους τη νύχτα, όσοι αισθάνονται μεγαλύτερη εξοικείωση και αυτοπεποίθηση σε αυτές τις συνθήκες τείνουν να διατηρούν υψηλότερες ταχύτητες και ενδέχεται να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα την οδήγηση κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι **η υποκειμενική αίσθηση άνεσης του οδηγού μπορεί να διαφοροποιεί τη συμπεριφορά του** ακόμη και υπό τις ίδιες εξωτερικές συνθήκες οδήγησης.

- Η εμπειρία οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο επηρεάζει επίσης τη συμπεριφορά των οδηγών, καθώς τα περισσότερα εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο σχετίζονται με μεγαλύτερη προσαρμογή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι πιο **έμπειροι οδηγοί είναι περισσότερο εξοικειωμένοι** με τη δυναμική της κυκλοφορίας και προσαρμόζουν καλύτερα την απόσταση ασφαλείας.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Γενική ανασκόπηση .....	1
1.1.1. Οδική ασφάλεια και ανθρώπινος παράγοντας .....	1
1.1.2. Η οδική ασφάλεια στην Ελλάδα .....	1
1.1.3. Οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο και δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας .....	3
1.1.4. Φυσική κατάσταση και οδική ασφάλεια .....	4
1.2. Στόχος .....	4
1.3. Μεθοδολογία .....	5
1.4. Δομή .....	6
<b>2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b> .....	<b>7</b>
2.1. Γενικά .....	7
2.2. Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες .....	7
2.2.1. Φυσική κατάσταση και λειτουργική ικανότητα οδήγησης .....	7
2.2.2. Καρδιοαναπνευστική ικανότητα και γνωστική ενίσχυση .....	8
2.2.3. Φυσική δραστηριότητα και δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας .....	9
2.3. Σύνοψη .....	10
<b>3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ</b> .....	<b>13</b>
3.1. Εισαγωγή .....	13
3.2. Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης .....	13
3.3. Κριτήρια αποδοχής μοντέλου .....	14
3.3.1. Εισαγωγή .....	14
3.3.2. Στατιστική σημαντικότητα μεταβλητών .....	14
3.3.3. Λογική εξήγηση των συντελεστών .....	14
3.3.4. Ποιότητα προσαρμογής του μοντέλου .....	15
3.3.5. Σφάλμα .....	15
3.4. Εξήγηση αποτελεσμάτων .....	16
3.4.1. Ερμηνεία της σχέσης μεταξύ μεταβλητών .....	16
3.4.2. Σύγκριση με τη διεθνή βιβλιογραφία .....	16

3.4.3. Ανάλυση ευαισθησίας – Ελαστικότητα .....	16
3.5. Λειτουργία του λογισμικού της στατιστικής ανάλυσης .....	17
<b>4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....</b>	<b>19</b>
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 οδήγησης του πειράματος .....	22
4.2.4. Συμμετέχοντες .....	23
4.2.5. Προετοιμασία και εφαρμογή πειράματος .....	24
4.3. Επεξεργασία στοιχείων .....	26
4.3.1. Επεξεργασία ερωτηματολογίων .....	26
4.3.2. Επεξεργασία μετρήσεων πειράματος .....	31
4.4. Βάση δεδομένων .....	32
4.5. Περιγραφικά χαρακτηριστικά δείγματος .....	33
<b>5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>37</b>
5.1. Γενικά .....	37
5.2. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα .....	37
5.2.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα .....	37
5.2.2. Ποιότητα μοντέλου .....	41
5.2.3. Συσχέτιση μεταβλητών .....	42
5.2.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών.....	42
5.2.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών .....	43
5.2.6. Ανάλυση ευαισθησίας .....	44
5.3. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη λογαριθμική τιμή της μέσης ταχύτητας οδήγησης .....	46
5.3.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα .....	46
5.3.2. Ποιότητα μοντέλου .....	49
5.3.3. Συσχέτιση μεταβλητών .....	49

5.3.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών.....	50
5.3.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών .....	51
5.3.6. Ανάλυση ευαισθησίας .....	51
5.4. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη λογαριθμική τιμή του μέσου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση .....	54
5.4.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα .....	54
5.4.2. Ποιότητα μοντέλου .....	57
5.4.3. Συσχέτιση μεταβλητών .....	57
5.4.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών.....	58
5.4.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών .....	59
5.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας .....	60
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>63</b>
6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων .....	63
6.2. Συνολικά αποτελέσματα .....	65
6.3. Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας .....	67
6.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	68
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>71</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>75</b>



---

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. Γενική Ανασκόπηση

### 1.1.1. Οδική ασφάλεια και ανθρώπινος παράγοντας

Η **οδική ασφάλεια** αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα δημόσιας υγείας σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με τον World Health Organization (WHO), περίπου 1,19 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους κάθε χρόνο σε τροχαία ατυχήματα, ενώ δεκάδες εκατομμύρια τραυματίζονται, συχνά με σοβαρές και μόνιμες επιπτώσεις. Τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου για **άτομα ηλικίας 5-29 ετών** (WHO, 2023), γεγονός που αναδεικνύει τη σοβαρότητα του προβλήματος, ιδίως στις νεότερες ηλικιακές ομάδες.

Ο ανθρώπινος παράγοντας εξακολουθεί να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο παρά τη βελτίωση των οδικών υποδομών και των τεχνολογιών παθητικής και ενεργητικής ασφάλειας των οχημάτων. Εκτιμάται ότι **περίπου το 95%** των τροχαίων ατυχημάτων σχετίζεται άμεσα ή έμμεσα με ανθρώπινο σφάλμα (European Parliament, 2025), όπως εσφαλμένη εκτίμηση κινδύνου, καθυστερημένος χρόνος αντίδρασης, απόσπαση προσοχής, κόπωση ή υπερβολική ταχύτητα.

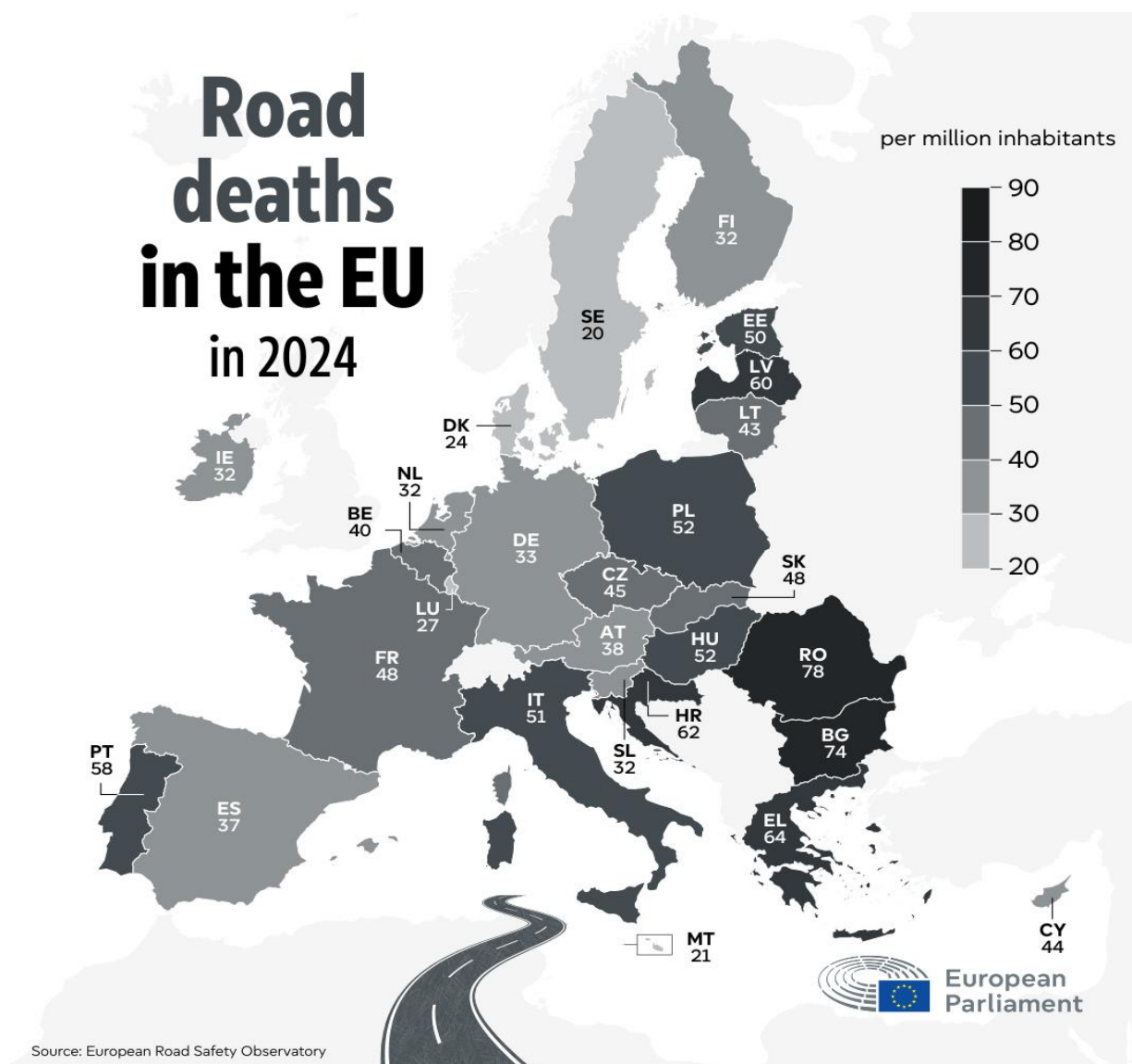
### 1.1.2. Η οδική ασφάλεια στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), το 2023 καταγράφηκαν **10.553 τροχαία** ατυχήματα που είχαν αποτέλεσμα θάνατο ή τραυματισμό ατόμων, με συνολικά **13.461 παθόντες**.

Από αυτούς, **646 ήταν θάνατοι**, **659 σοβαρά τραυματίες** και 12.156 ελαφρά τραυματίες.

Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι οι **βαριές συνέπειες (θάνατοι και σοβαροί τραυματισμοί)** αντιπροσωπεύουν σημαντικό ποσοστό των τροχαίων, γεγονός που καθιστά την ανάλυση του ανθρώπινου παράγοντα και της συμπεριφοράς οδηγών κρίσιμη για την πρόληψη τέτοιων συμβάντων. Κύριες αιτίες αναφέρονται η υπερβολική ταχύτητα, η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ και η απόσπαση προσοχής (π.χ. χρήση κινητού).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, σύμφωνα με στοιχεία της European Commission, καταγράφηκαν περίπου **20.400 θάνατοι** από τροχαία ατυχήματα το 2023 με μέσο δείκτη **46 θανάτους ανά εκατομμύριο κατοίκους**.



**Εικόνα 1.1:** Θάνατοι από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκους στην Ε.Ε. το 2024  
[Πηγή: ERSO, 2025]

Η Ελλάδα παρουσιάζει υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας από τροχαία σε σχέση με την Ε.Ε., (**3η θέση** ανάμεσα στα 27 κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης με περίπου **64 θανάτους ανά εκατομμύριο κατοίκους** το 2024) με σημαντική συμμετοχή των σοβαρών τραυματισμών στο συνολικό φορτίο θυμάτων, γεγονός που ενισχύει την ανάγκη για κατανόηση του ανθρώπινου παράγοντα και της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στη συμπεριφορά οδήγησης.

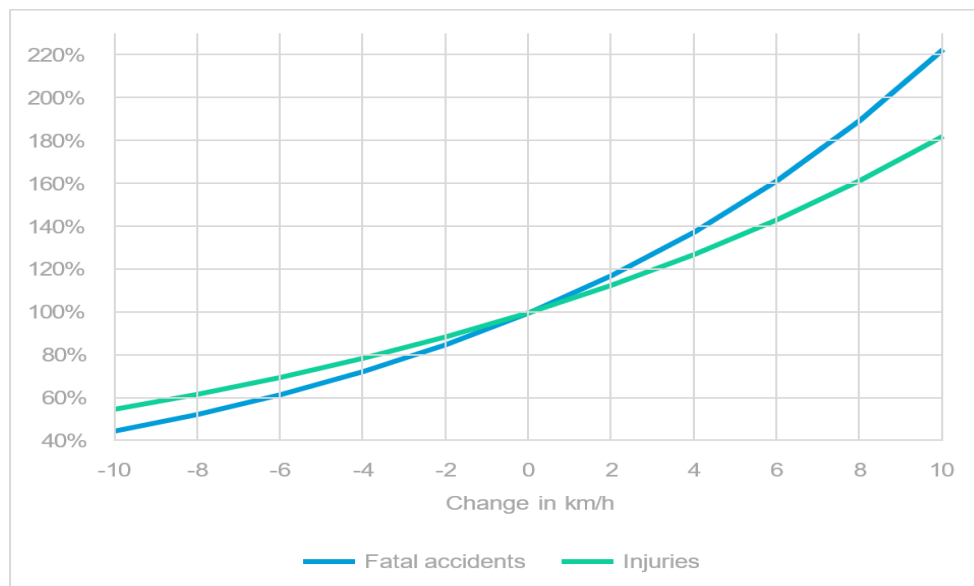
### 1.1.3. Οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο και δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας

Η οδήγηση αποτελεί μια σύνθετη γνωστική και ψυχοκινητική δραστηριότητα που απαιτεί συνεχή επεξεργασία πληροφοριών, ταχεία λήψη αποφάσεων και ακριβή κινητικό έλεγχο. Ιδιαίτερα σε περιβάλλον αυτοκινητοδρόμου, όπου οι ταχύτητες είναι αυξημένες και τα **χρονικά περιθώρια αντίδρασης περιορισμένα**, ακόμη και μικρές διαφοροποιήσεις στον χρόνο αντίδρασης μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες. Για παράδειγμα, με βάση τον βασικό φυσικό υπολογισμό της απόστασης αντίδρασης (ταχύτητα × χρόνος), καθυστέρηση ενός δευτερολέπτου σε ταχύτητα 120 km/h συνεπάγεται επιπλέον διανυόμενη απόσταση περίπου 33 μέτρων πριν την έναρξη της πέδησης (AASHTO, 2018). Συνεπώς, η διερεύνηση ατομικών χαρακτηριστικών που επηρεάζουν τη **γνωστική και σωματική απόδοση του οδηγού** αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

Η ασφαλής οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο προϋποθέτει:

- Διατήρηση κατάλληλης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα,
- Σταθερό και ελεγχόμενο προφίλ ταχύτητας,
- Έγκαιρη αντίδραση σε απρόβλεπτα γεγονότα,
- Ικανότητα διατήρησης προσοχής σε συνθήκες μονοτονίας.

Οι αυτοκινητόδρομοι θεωρούνται γενικά ασφαλέστεροι σε σύγκριση με το αστικό και επαρχιακό οδικό δίκτυο, ως προς τον αριθμό ατυχημάτων ανά διανυόμενο χιλιόμετρο. Ωστόσο, όταν συμβαίνουν ατυχήματα σε τέτοιο περιβάλλον, **η σοβαρότητά τους είναι συνήθως μεγαλύτερη**, λόγω των υψηλών ταχυτήτων και της αυξημένης κινητικής ενέργειας των οχημάτων. Παρότι οι αυτοκινητόδρομοι διαθέτουν υψηλότερα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας, η υπέρβαση αυτών των ορίων ή ακόμη και μικρές αυξήσεις της ταχύτητας επηρεάζουν σημαντικά τον κίνδυνο ατυχήματος (ERSO, 2021).



**Γράφημα 1.1:** Συσχέτιση μεταξύ μεταβολής της ταχύτητας και της πιθανότητας ατυχήματος  
[Πηγή: ERSO Thematic report – Speeding, 2021]

#### 1.1.4. Φυσική κατάσταση και οδική ασφάλεια

Η φυσική κατάσταση, και ειδικότερα η καρδιοαναπνευστική ικανότητα, αποτελεί βασικό δείκτη συνολικής υγείας και λειτουργικής επάρκειας του οργανισμού. Ο δείκτης Μέγιστης Πρόσληψης Οξυγόνου ( $VO_2max$ ), η καρδιακή συχνότητα (Beats Per Minute - BPM) και ιδιαίτερα η ταχύτητα επαναφοράς της μετά από άσκηση αποτελούν πρακτικούς δείκτες εκτίμησης της φυσικής κατάστασης. Ταχύτερη αποκατάσταση συνδέεται με καλύτερη **προσαρμοστικότητα του οργανισμού σε απαιτητικές ή και επικίνδυνες συνθήκες**.

Δεδομένου ότι η οδήγηση αποτελεί δραστηριότητα που απαιτεί συνεχή αξιολόγηση δυναμικών ερεθισμάτων και ταχεία προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες συνθήκες, η φυσική κατάσταση ενδέχεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση ασφαλούς οδηγικής συμπεριφοράς. Ειδικά σε περιβάλλον υψηλής ταχύτητας, όπως ο αυτοκινητόδρομος, η ικανότητα διατήρησης σταθερού επιπέδου διέγερσης χωρίς υπερβολική ένταση ή αδράνεια μπορεί να συμβάλλει σε πιο **ορθολογική και ελεγχόμενη λήψη αποφάσεων**.

Τα στοιχεία αυτά υπογραμμίζουν την ανάγκη για εκτενέστερη μελέτη της φυσικής κατάστασης ως **παράγοντα** που μπορεί να επηρεάσει την οδική συμπεριφορά ασφάλειας, θέμα που αναλύεται διεξοδικά στα επόμενα κεφάλαια.

## 1.2. Στόχος

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη της επιρροής της φυσικής κατάστασης στη **συμπεριφορά ασφάλειας του οδηγού** σε περιβάλλον αυτοκινητόδρομου με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Η έρευνα εστιάζει σε νεαρούς οδηγούς κάτω των 27 ετών και εξετάζει κατά πόσο το γενικότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης του οδηγού (με κύρια μεταβλητή το  $VO_2max$ ) μπορεί να προβλέψει σημαντικές πτυχές της οδικής απόδοσης, χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα σχετικά ερωτηματολόγια. Η μελέτη θα πραγματοποιηθεί μέσω της **ανάπτυξης μαθηματικών μοντέλων**, προκειμένου να εξεταστεί πώς επηρεάζονται τα μεγέθη και οι οδηγικές μεταβλητές που παρέχει ο προσομοιωτής στα επιμέρους σενάρια οδήγησης.

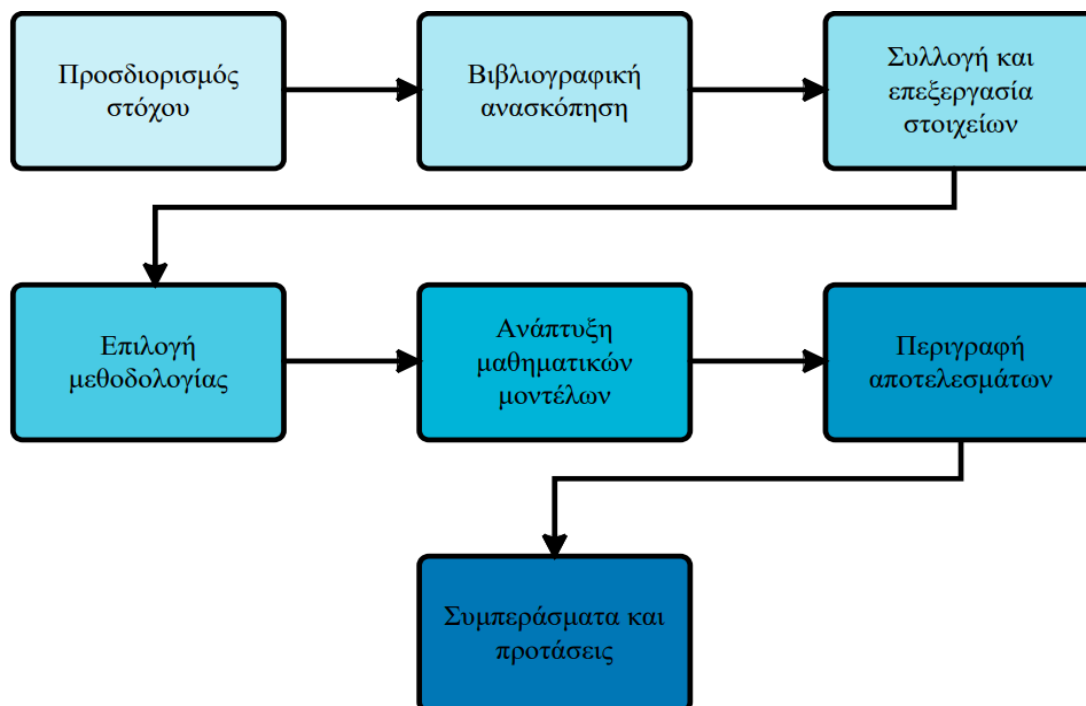
Η παρούσα μελέτη στοχεύει στη διερεύνηση της επίδρασης της φυσικής κατάστασης ως πιθανού παράγοντα για την οδική ασφάλεια και την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του οδηγού, με απώτερο σκοπό **τη μείωση των ατυχημάτων** μέσω της πρόληψής τους και το σχεδιασμό κατάλληλων, στοχευμένων παρεμβάσεων.

### 1.3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η **μεθοδολογική προσέγγιση** που υιοθετήθηκε για την επίτευξη των στόχων της Διπλωματικής Εργασίας.

Σε πρώτο στάδιο, διενεργήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση με στόχο την αποτύπωση της υπάρχουσας γνώσης και τον εντοπισμό ερευνητικών ελλείψεων σχετικά με την επίδραση της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά. Αναζητήθηκαν τόσο διεθνείς όσο και ελληνικές επιστημονικές έρευνες, καθώς και τεχνικές εκθέσεις φορέων που έχουν σχέση με την οδική ασφάλεια και την δημόσια υγεία. Στη συνέχεια, διαμορφώθηκε το **πειραματικό μέρος** της έρευνας, το οποίο περιλάμβανε συλλογή δεδομένων μέσω **προσομοιωτή οδήγησης** και δομημένου ερωτηματολογίου. Το δείγμα απαρτιζόταν από άτομα ηλικίας κάτω των 27 ετών, τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το επίπεδο της φυσικής τους κατάστασης. Η πειραματική διαδικασία περιελάμβανε **σωματική άσκηση** πριν από την οδήγηση για τον προσδιορισμό του  $VO_2\max$ , καθώς και καταγραφή βασικών δεικτών απόδοσης, όπως ο χρόνος αντίδρασης, η ταχύτητα και η απόσταση από διάφορα εμπόδια. Ακολούθως, τα δεδομένα κωδικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με τη **χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R**, με σκοπό την ανάπτυξη κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η **ερμηνεία των αποτελεσμάτων**, η διαμόρφωση των τελικών συμπερασμάτων και η διατύπωση προτάσεων για περαιτέρω έρευνα και πρακτική αξιοποίηση των ευρημάτων. Η συνολική μεθοδολογική διαδικασία αποτυπώνεται στο ακόλουθο διάγραμμα ροής (Γράφημα 1.2).



*Γράφημα 1.2: Διάγραμμα ροής των βημάτων σύνθεσης*

## 1.4. Δομή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας, μέσα από μια συνοπτική περιγραφή του περιεχομένου κάθε κεφαλαίου.

Στο **κεφάλαιο 1**, γίνεται μία σύντομη παρουσίαση του αντικειμένου της οδικής ασφάλειας και της συμβολής της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά. Παρουσιάζεται η κατάσταση της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα και οι ιδιαιτερότητες της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο. Τέλος, περιγράφεται ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και η συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας και της δομής της.

Στο **κεφάλαιο 2**, γίνεται παρουσίαση χρήσιμων συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη μελέτη της υπάρχουσας ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας σε έρευνες με παρεμφερές αντικείμενο.

Στο **κεφάλαιο 3**, περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο που αξιοποιείται για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων. Αρχικά, αναλύονται οι κατηγορίες των μαθηματικών μοντέλων και τα κριτήρια αξιολόγησης και αποδοχής τους. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά και επεξήγηση των εντολών της γλώσσας προγραμματισμού R, η οποία χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της στατιστικής ανάλυσης.

Στο **κεφάλαιο 4**, αναπτύσσεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων που προέκυψαν από τον προσομοιωτή οδήγησης και το ερωτηματολόγιο. Παράλληλα, υπάρχει λεπτομερής περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας και των σεναρίων οδήγησης που εφαρμόστηκαν. Επιπλέον, περιγράφεται η εξαγωγή των δεδομένων, από τα οποία δημιουργήθηκαν οι τελικές βάσεις δεδομένων και η στατιστική τους επεξεργασία με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R, ενώ παρατίθενται και βασικά χαρακτηριστικά του δείγματος.

Στο **κεφάλαιο 5**, παρουσιάζονται τα μαθηματικά μοντέλα που διαμορφώθηκαν, καθώς και η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξή τους. Παράλληλα, αναλύονται οι συντελεστές τους και αξιολογούνται τα κριτήρια αποδοχής και η συνολική τους επίδοση με τη βοήθεια διαγραμμάτων ευαισθησίας για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Στο **κεφάλαιο 6**, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των μαθηματικών μοντέλων, ενώ παράλληλα διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και για την πρακτική αξιοποίηση των αποτελεσμάτων.

Στο **κεφάλαιο 7**, παρατίθενται όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές, οι πηγές και οι έρευνες που αξιοποιήθηκαν για την υλοποίηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

---

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1. Γενικά

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται μια **επισκόπηση των δημοσιευμένων ερευνών** που σχετίζονται με το θέμα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας με σκοπό την ανάδειξη των κύριων ευρημάτων και τη διαμόρφωση κατευθύνσεων για τη συνέχεια της ανάλυσης. Η αναζήτηση επικεντρώθηκε στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η φυσική κατάσταση ενδεχομένως επηρεάζει την οδική συμπεριφορά του οδηγού. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η επιρροή σε παραμέτρους απόδοσης και σε κρίσιμους δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας κατά την οδήγηση γενικότερα, αλλά και σε περιβάλλον αυτοκινητόδρομου.

Παρά τις εκτεταμένες μελέτες και μετα-αναλύσεις με επίκεντρο την οδική ασφάλεια και την γενικότερη επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα ως προς αυτή, **οι έρευνες που εστιάζονται ειδικά στη φυσική κατάσταση** ως παράγοντα διαμόρφωσης της οδικής συμπεριφοράς παραμένουν **περιορισμένες και αποσπασματικές**. Κατά συνέπεια, η παρούσα Διπλωματική Εργασία συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση της κατανόησης αυτού του τομέα.

### 2.2. Συναφείς έρευνες και μεθοδολογίες

#### 2.2.1. Φυσική κατάσταση και λειτουργική ικανότητα οδήγησης

Η φυσική κατάσταση αποτελεί πολυδιάστατη έννοια που περιλαμβάνει την καρδιοαναπνευστική αντοχή, τη μυϊκή δύναμη, την ισορροπία, την ευλυγισία και τον κινητικό συντονισμό, στοιχεία τα οποία επηρεάζουν τη λειτουργική ικανότητα του ατόμου στην εκτέλεση σύνθετων δραστηριοτήτων, όπως η οδήγηση. Η οδήγηση, ιδιαίτερα σε συνθήκες αυτοκινητοδρόμου, απαιτεί συνδυασμό αισθητηριακών, γνωστικών και κινητικών λειτουργιών, καθώς και **διατήρηση σταθερού ελέγχου του οχήματος για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα**.

Η σημασία της φυσικής λειτουργικότητας για την οδηγική ικανότητα έχει αναδειχθεί σε ερευνητικά δεδομένα. Οι Anstey et al. (2012) έδειξαν ότι οι οδηγοί με χαμηλότερη φυσική λειτουργικότητα είχαν σημαντικά υψηλότερη πιθανότητα εμπλοκής σε τροχαία ατυχήματα, ακόμη και μετά τον έλεγχο άλλων παραγόντων κινδύνου. Αντίστοιχα, οι Katayama et al. (2024) διαπίστωσαν ότι η μυϊκή δύναμη κάτω άκρων εξηγούσε σημαντικό ποσοστό της διακύμανσης της οδηγικής επίδοσης, **με στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ φυσικής ικανότητας και βαθμολογίας οδήγησης**.

Η επίδραση της φυσικής άσκησης σε δεξιότητες σχετιζόμενες με την οδήγηση έχει διερευνηθεί και **πειραματικά**. Οι Marmeleira et al. (2008) έδειξαν ότι υψηλότερα επίπεδα αυτοαναφερόμενης φυσικής δραστηριότητας συσχετίζονται με καλύτερη επίδοση οπτικής προσοχής και οπτικής ταχύτητας επεξεργασίας σε ηλικιωμένους οδηγούς, ενώ σε μεταγενέστερη μελέτη οι ίδιοι ερευνητές (Marmeleira et al., 2011) κατέγραψαν βελτιώσεις σε δείκτες χρόνου αντίδρασης ηλικιωμένων οδηγών κατά περίπου 8% κατά τη διάρκεια δοκιμασιών πραγματικής οδήγησης μετά από πρόγραμμα άσκησης 8 εβδομάδων.

Ιδιαίτερα σημαντική για τη μελέτη της οδηγικής συμπεριφοράς είναι η **χρήση προσομοιωτών οδήγησης**. Οι προσομοιωτές παρέχουν αντικειμενικούς δείκτες όπως η τυπική απόκλιση θέσης λωρίδας, η μεταβλητότητα ταχύτητας και ο χρόνος αντίδρασης, οι οποίοι αποτελούν αξιόπιστα μέτρα οδηγικής επίδοσης (de Winter et al., 2012). Σε πρόσφατη μελέτη με 69 νεαρούς οδηγούς, οι Meneghini et al. (2024) διαπίστωσαν ότι η ομάδα με υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα παρουσίασε σημαντικά λιγότερα ατυχήματα και καλύτερη συνολική οδηγική επίδοση στον προσομοιωτή, με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ ομάδων φυσικής κατάστασης.

### 2.2.2. Καρδιοαναπνευστική ικανότητα και γνωστική ενίσχυση

**Η καρδιοαναπνευστική ικανότητα** αποτελεί βασικό συστατικό της φυσικής κατάστασης και έχει συνδεθεί με σημαντικές προσαρμογές στη λειτουργία του εγκεφάλου και τις γνωστικές επιδόσεις. Η μετα-ανάλυση των Colcombe και Kramer (2003) έδειξε ότι η **αερόβια άσκηση** επιφέρει μέτριο μέγεθος επίδρασης (περίπου 0.48 στην κλίμακα Cohen) στις εκτελεστικές λειτουργίες. Αντίστοιχα, οι Erickson et al. (2011) διαπίστωσαν αύξηση του όγκου του ιππόκαμπου κατά περίπου 2% μετά από πρόγραμμα αερόβιας άσκησης διάρκειας ενός έτους, συνοδευόμενη από **βελτίωση της μνήμης**.

Η μετα-ανάλυση των Garrett et al. (2023), η οποία περιέλαβε **4.390 συμμετέχοντες**, έδειξε μικρού έως μέτριου μεγέθους βελτιώσεις σε γνωστικές λειτουργίες μετά από οξεία φυσική δραστηριότητα, με μεγέθη επίδρασης περίπου 0.10 - 0.20 για τον χρόνο αντίδρασης και τη μνήμη εργασίας. Παράλληλα, οι Dupuy et al. (2015) διαπίστωσαν σημαντική **θετική συσχέτιση μεταξύ καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και εκτελεστικής λειτουργίας**, καθώς και αυξημένη οξυγόνωση του προμετωπιαίου φλοιού σε άτομα με υψηλότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης.

Σε μελέτη με 211 νεαρούς άνδρες ηλικίας 19-24 ετών, οι Esmaeilzadeh et al. (2018) έδειξαν ότι τα άτομα με υψηλότερη φυσική κατάσταση παρουσίασαν σημαντικά ταχύτερη επεξεργασία πληροφοριών και καλύτερη ικανότητα αναστολής σε σύγκριση με άτομα χαμηλότερης φυσικής κατάστασης. Παρόμοια, οι Fortune et al. (2019) διαπίστωσαν ότι η **υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα σχετίζεται με μικρότερο χρόνο αντίδρασης σε νεαρούς ενήλικες**.

---

Οι γνωστικές λειτουργίες αυτές αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την ασφαλή οδήγηση. Σε πειραματικές συνθήκες προσομοιωτή, οι Stojan et al. (2021) έδειξαν ότι η καρδιοαναπνευστική ικανότητα επηρεάζει έμμεσα την οδηγική απόδοση μέσω γνωστικών μηχανισμών, ιδιαίτερα σε καταστάσεις αυξημένου γνωστικού φορτίου.

Συνεπώς, διαμορφώνεται ένας ενδιάμεσος μηχανισμός:

**Καρδιοαναπνευστική ικανότητα → Βελτίωση γνωστικών λειτουργιών → Βελτίωση οδηγικής συμπεριφοράς ασφάλειας.**

### 2.2.3. Φυσική δραστηριότητα και δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας

Η τακτική φυσική δραστηριότητα συμβάλλει στη **διατήρηση της λειτουργικής κινητικότητας και της νευρογνωστικής υγείας** σε όλη τη διάρκεια της ζωής. Οι Hillman et al. (2008) έδειξαν ότι η φυσική δραστηριότητα σχετίζεται με βελτιωμένη απόδοση σε δοκιμασίες εκτελεστικού ελέγχου, ενώ οι Stillman et al. (2016) διαπίστωσαν ότι υψηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας σχετίζονται με καλύτερη δομική ακεραιότητα εγκεφαλικών περιοχών που εμπλέκονται στη γνωστική λειτουργία.

Η φυσική δραστηριότητα φαίνεται επίσης να επηρεάζει **τον χρόνο αντίδρασης**, ο οποίος αποτελεί κρίσιμο δείκτη συμπεριφοράς ασφάλειας κατά την οδήγηση. Οι Etnier et al. (2009), σε πειραματική μελέτη με 41 συμμετέχοντες, έδειξαν ότι η υψηλότερη αερόβια ικανότητα σχετίζεται με ταχύτερη κινητική απόκριση, ιδιαίτερα σε μεγαλύτερες ηλικίες. Επιπλέον, οι Jacobs et al. (2014), σε διαχρονική μελέτη με 2.747 άτομα, διαπίστωσαν ότι η υψηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα στην πρώιμη ενήλικη ζωή σχετίζεται με καλύτερη γνωστική λειτουργία δεκαετίες αργότερα.

Η χρήση προσομοιωτών οδήγησης επιτρέπει την **αντικειμενική αξιολόγηση δεικτών συμπεριφοράς ασφάλειας** σε συνθήκες που προσομοιώνουν ρεαλιστικά σενάρια αυτοκινητοδρόμου, όπως αλλαγές λωρίδας και αιφνίδια συμβάντα. Τα ευρήματα από μελέτες προσομοιωτή δείχνουν ότι η φυσική κατάσταση και η φυσική δραστηριότητα μπορούν να επηρεάσουν τους δείκτες αυτούς όπως τη σταθερότητα πορείας, τη μεταβλητότητα ταχύτητας και την αποτελεσματικότητα αντίδρασης, στοιχεία που συνδέονται άμεσα με την οδηγική ασφάλεια (Stojan et al., 2021; Meneghini et al., 2024).

Πρόσφατες έρευνες που αξιοποιούν προσομοιωτές οδήγησης επιβεβαιώνουν τη σημασία της φυσιολογικής κατάστασης του οδηγού για την οδηγική απόδοση. Συγκεκριμένα, μελέτη που χρησιμοποίησε πολυτροπικά φυσιολογικά δεδομένα, όπως καρδιακό ρυθμό και εγκεφαλική δραστηριότητα, έδειξε ότι οι μεταβολές στη φυσική κατάσταση σχετίζονται με **αυξημένη απόκλιση λωρίδας και μειωμένη σταθερότητα ελέγχου του οχήματος**, ενώ τα μοντέλα πρόβλεψης της οδηγικής επίδοσης παρουσίασαν υψηλή ακρίβεια που ξεπερνά το 85% (Zhang et al., 2025).

Συνολικά, η φυσική δραστηριότητα και η φυσική κατάσταση φαίνεται να λειτουργούν ως **προστατευτικοί παράγοντες**, ενισχύοντας τόσο τη σωματική όσο και τη γνωστική ικανότητα που απαιτείται για ασφαλή οδήγηση, ιδιαίτερα σε απαιτητικά περιβάλλοντα όπως οι αυτοκινητόδρομοι.

### 2.3. Σύνοψη

Στη συνέχεια παρατίθεται ένας **πίνακας** που συνοψίζει τα αποτελέσματα των ερευνών που παρατέθηκαν προηγουμένως, με στόχο να παρουσιαστεί συνοπτικά μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των γνώσεων που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

***Πίνακας 2.1:** Συνοπτική παρουσίαση στοιχείων και ευρημάτων από συναφείς έρευνες.*

Συγγραφείς	Έτος	Τίτλος Έρευνας	Βασικό Συμπέρασμα
Anstey et al.	2012	Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults	Η φυσική λειτουργία αποτελεί προγνωστικό παράγοντα οδικής ασφάλειας.
Katayama et al.	2024	Physical function and driving performance in older drivers	Η μυϊκή δύναμη και ισορροπία προβλέπουν την οδηγική επίδοση.
Marmeleira et al.	2008	The effects of an exercise program on abilities associated with driving performance in older adults	Η άσκηση βελτιώνει δεξιότητες σχετικές με την οδήγηση.
Marmeleira et al.	2011	Exercise can improve speed of behavior in older drivers	Παρατηρήθηκε βελτίωση στον χρόνο αντίδρασης μετά από πρόγραμμα άσκησης.
de Winter et al.	2012	Driving simulator fidelity and validity: A review	Οι προσομοιωτές παρέχουν αξιόπιστους δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς.
Meneghini et al.	2024	Physical fitness is associated with simulator driving performance in young drivers	Η καλύτερη φυσική κατάσταση σχετίζεται με λιγότερα ατυχήματα σε προσομοιωτή.

Colcombe & Kramer	2003	Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study	Η φυσική κατάσταση σχετίζεται θετικά με τη γνωστική λειτουργία.
Erickson et al.	2011	Exercise training increases size of hippocampus and improves memory	Παρατηρήθηκε αύξηση του όγκου του ιππόκαμπου και βελτίωση μνήμης.
Garrett et al.	2023	A systematic review and Bayesian meta-analysis of acute physical activity effects on cognition in young adults	Παρατηρήθηκε βελτίωση γνωστικών λειτουργιών και χρόνου αντίδρασης.
Dupuy et al.	2015	Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation	Η υψηλότερη CRF συνδέεται με καλύτερη εκτελεστική λειτουργία.
Esmailzadeh et al.	2018	Association between physical fitness and cognitive performance in young adults	Η υψηλότερη φυσική κατάσταση σχετίζεται με ταχύτερη αντίδραση και καλύτερη αναστολή.
Stojan et al.	2021	The influence of cardiorespiratory fitness on dual-task driving performance	Η CRF επηρεάζει θετικά την απόδοση σε προσομοιωτή οδήγησης.
Hillman et al.	2008	Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition	Η άσκηση συνδέεται με βελτίωση της προσοχής και του γνωστικού ελέγχου.
Stillman et al.	2016	Physical activity and brain health	Η άσκηση σχετίζεται με καλύτερη εγκεφαλική υγεία και νευρογνωστική λειτουργία.
Vingilis et al.	2014	Health status, physical activity and risky driving	Η χαμηλή φυσική υγεία συνδέεται με πιο επικίνδυνη οδηγική συμπεριφορά.
Zhang et al.	2025	Multimodal physiological signals predict driver performance during simulated driving	Ο συνδυασμός φυσιολογικών δεδομένων προβλέπει με υψηλή ακρίβεια την οδηγική απόδοση και τη σταθερότητα πορείας.

Παρά τη σημαντική πρόοδο στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ φυσικής δραστηριότητας, γνωστικών λειτουργιών και οδηγικής ικανότητας, εξακολουθεί να υπάρχει περιορισμένη εμπειρική τεκμηρίωση σχετικά με την επίδραση της συνολικής φυσικής κατάστασης σε δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας κατά την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο. Επιπλέον, οι περισσότερες υπάρχουσες μελέτες εξετάζουν μεμονωμένες παραμέτρους φυσικής ικανότητας ή γενικούς πληθυσμούς, χωρίς να εστιάζουν σε νεαρούς οδηγούς και σε αντικειμενικές μετρήσεις προσομοιωτή. Η παρούσα έρευνα επιχειρεί να συμβάλει στην **κάλυψη αυτού του κενού**, διερευνώντας συστηματικά τη σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδηγικής συμπεριφοράς ασφάλειας σε περιβάλλον προσομοιωμένης οδήγησης.

---

## 3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 3.1. Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο αναπτύσσεται το **θεωρητικό υπόβαθρο που θα στηρίξει τη στατιστική ανάλυση της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας**, με σκοπό την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Το μαθηματικό μοντέλο που επιλέχθηκε είναι η γραμμική παλινδρόμηση, το οποίο θα εφαρμοστεί στις σε κάποιες από τις συνεχείς εξαρτημένες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές αντλήθηκαν από δεδομένα οδήγησης που συλλέχθηκαν μέσω πειραματικής διαδικασίας με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Παράλληλα, παρουσιάζεται η μεθοδολογία αξιολόγησης των μοντέλων για την ορθή επιλογή τους, καθώς και η διαδικασία εκτέλεσης των απαραίτητων εντολών για την πραγματοποίηση της ανάλυσης με τη βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού.

### 3.2. Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Ως γραμμικό μοντέλο, χρησιμοποιήθηκε το **μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης**. Η ανάλυση παλινδρόμησης διαμορφώνει μια μαθηματική σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, με στόχο την πρόβλεψη της μίας βάσει των υπολοίπων. Η μεταβλητή που προβλέπεται ονομάζεται εξαρτημένη, ενώ οι υπόλοιπες χαρακτηρίζονται ως ανεξάρτητες. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές, ενώ η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής, θεωρείται τυχαία και γίνεται η υπόθεση ότι ακολουθεί κανονική κατανομή. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τύπος της γραμμικής παλινδρόμησης:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_n x_{ni} + \varepsilon_i$$

όπου:

- $y_i$ : η εξαρτημένη μεταβλητή
- $\beta_0$ : η σταθερά της εξίσωσης (intercept)
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ : οι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών
- $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni}$ : οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών
- $\varepsilon_i$ : το σφάλμα της παλινδρόμησης

### 3.3. Κριτήρια αποδοχής μοντέλου

#### 3.3.1. Εισαγωγή

Η ανάπτυξη και η επιλογή ενός κατάλληλου μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης προϋποθέτει την εξέταση συγκεκριμένων κριτηρίων, τα οποία διασφαλίζουν τόσο τη **στατιστική εγκυρότητα** όσο και τη **θεωρητική ορθότητα του μοντέλου**. Αρχικά, βασική προϋπόθεση αποτελεί η εξαρτημένη μεταβλητή να ακολουθεί κατά προσέγγιση κανονική κατανομή, ενώ παράλληλα απαιτείται οι ανεξάρτητες μεταβλητές να μην παρουσιάζουν έντονη μεταξύ τους συσχέτιση, δηλαδή να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες.

Η αξιολόγηση του μοντέλου βασίζεται κυρίως στα ακόλουθα κριτήρια, τα οποία παρουσιάζονται στις επόμενες υποενότητες.

#### 3.3.2. Στατιστική σημαντικότητα μεταβλητών

Η συνεισφορά κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στο μοντέλο εξετάζεται μέσω του **ελέγχου t-test** (Student's t-test), ο οποίος επιτρέπει την **εκτίμηση της στατιστικής σημαντικότητας** των συντελεστών παλινδρόμησης. Ο δείκτης t υπολογίζεται ως ο λόγος του εκτιμημένου συντελεστή προς το τυπικό του σφάλμα:

$$t_i = \frac{\beta_i}{s_{\beta_i}}$$

όπου:

**$\beta_i$** : οι εκτιμημένοι συντελεστές παλινδρόμησης των ανεξάρτητων μεταβλητών  $x_i$

**$s_{\beta_i}$** : το τυπικό σφάλμα των συντελεστών παλινδρόμησης  $\beta_i$

Μια μεταβλητή θεωρείται **στατιστικά σημαντική** όταν η απόλυτη τιμή του δείκτη t υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή που αντιστοιχεί στο επιλεγμένο επίπεδο εμπιστοσύνης (ενδεικτικά περίπου 1,7 για επίπεδο 95%). Στην αντίθετη περίπτωση, η μεταβλητή ενδέχεται να αποκλειστεί από το τελικό μοντέλο.

#### 3.3.3. Λογική εξήγηση των συντελεστών

Πέρα από τη στατιστική σημαντικότητα, είναι απαραίτητο οι συντελεστές να έχουν **λογική και επιστημονικά τεκμηριωμένη ερμηνεία**. Συγκεκριμένα, το πρόσημο κάθε συντελεστή θα πρέπει να συμφωνεί με τη θεωρητικά αναμενόμενη σχέση μεταξύ ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής. Ασυμφωνία μεταξύ θεωρίας και αποτελεσμάτων μπορεί να υποδηλώνει προβλήματα στη δομή του μοντέλου ή ακατάλληλη επιλογή μεταβλητών.

---

### 3.3.4. Ποιότητα προσαρμογής του μοντέλου

Η συνολική ικανότητα του μοντέλου να ερμηνεύει τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής αξιολογείται μέσω του **συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$** . Ο δείκτης αυτός εκφράζει το ποσοστό της συνολικής διακύμανσης της μεταβλητής  $Y$  που εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου και δίνεται από τη σχέση:

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

όπου:

$y_i$ : παρατηρηθείσα τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής

$\hat{y}_i$ : προβλεπόμενη τιμή από το μοντέλο

$\bar{y}$ : μέση τιμή των παρατηρήσεων

$n$ : πλήθος δεδομένων

Ο συντελεστής  $R^2$  λαμβάνει τιμές από 0 έως 1, με **μεγαλύτερες τιμές να υποδηλώνουν καλύτερη προσαρμογή του μοντέλου** στα δεδομένα. Αν και δεν υπάρχει καθορισμένο ελάχιστο αποδεκτό όριο, χρησιμοποιείται συχνά για τη σύγκριση εναλλακτικών μοντέλων, επιλέγοντας εκείνο με την υψηλότερη τιμή.

### 3.3.5. Σφάλμα

Τέλος, ο διαταρακτικός όρος του μοντέλου θα πρέπει να ικανοποιεί βασικές στατιστικές προϋποθέσεις, ώστε να θεωρείται αξιόπιστη η εκτίμηση των παραμέτρων. Συγκεκριμένα, **απαιτείται τα σφάλματα να ακολουθούν κανονική κατανομή, να έχουν σταθερή διασπορά,  $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma_\epsilon^2 = c$  (ομοσκεδαστικότητα) και να είναι ασυσχέιστα μεταξύ τους,  $\rho(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0 \ \forall \ i \neq j$** . Η διακύμανση του σφάλματος σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα προσαρμογής του μοντέλου, καθώς υψηλότερες τιμές του  $R^2$  συνδέονται με μικρότερο σφάλμα πρόβλεψης και συνεπώς με μεγαλύτερη ακρίβεια εκτίμησης.

### 3.4. Εξήγηση αποτελεσμάτων

#### 3.4.1. Ερμηνεία της σχέσης μεταξύ μεταβλητών

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ανάπτυξης και αποδοχής του γραμμικού μοντέλου, ακολουθεί η ερμηνεία των αποτελεσμάτων, η οποία αποσκοπεί στην **κατανόηση των σχέσεων μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών**, καθώς και στην εξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων. Η ανάλυση αυτή βασίζεται κυρίως στην αξιολόγηση των συντελεστών παλινδρόμησης, στη σύγκριση με ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας και στην εκτίμηση της ευαισθησίας του μοντέλου.

Η κατεύθυνση της σχέσης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών προσδιορίζεται από τα **πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης**. Συγκεκριμένα, θετικός συντελεστής υποδηλώνει ότι η αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής συνδέεται με αύξηση της εξαρτημένης, ενώ αρνητικός συντελεστής υποδηλώνει αντίστροφη επίδραση. Η ερμηνεία των συντελεστών θα πρέπει να είναι συμβατή με τη θεωρητική προσέγγιση του φαινομένου και να παρουσιάζει λογική συνοχή.

#### 3.4.2. Σύγκριση με τη διεθνή βιβλιογραφία

Τα αποτελέσματα του μοντέλου συγκρίνονται με αντίστοιχα ευρήματα προηγούμενων ερευνών, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Μέσω αυτής της διαδικασίας αξιολογείται κατά πόσο τα συμπεράσματα συμφωνούν με την υπάρχουσα επιστημονική γνώση ή διαφοροποιούνται από αυτήν, γεγονός που συμβάλλει **στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων και στην τεκμηρίωση της εγκυρότητάς τους**.

#### 3.4.3. Ανάλυση ευαισθησίας - Ελαστικότητα

Για την **ποσοτική αποτίμηση της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών** υπολογίζεται η ελαστικότητα, η οποία εκφράζει τη σχετική μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλείται από ποσοστιαία μεταβολή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται ο βαθμός ευαισθησίας της εξαρτημένης μεταβλητής στις μεταβολές των παραγόντων που την επηρεάζουν.

Για γραμμικά μοντέλα με συνεχείς μεταβλητές η ελαστικότητα δίνεται από τη σχέση:

$$e_i = \frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \cdot \frac{X_i}{Y_i} = \beta_i \cdot \frac{X_i}{Y_i}$$

---

### 3.5. Λειτουργία του λογισμικού της στατιστικής ανάλυσης

Για την ανάπτυξη και την αξιολόγηση των στατιστικών μοντέλων αξιοποιήθηκε το **περιβάλλον προγραμματισμού R**, σε συνδυασμό με τις βιβλιοθήκες `readxl` και `openxlsx`, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγή, διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων από αρχεία Excel.

Οι βασικές εντολές που εφαρμόστηκαν στο πλαίσιο της ανάλυσης συνοψίζονται ως εξής:

- **`data <- read_excel("Mastertable_Final_Highway.xlsx")`**  
Εισαγωγή του συνόλου των δεδομένων από αρχείο Excel στο περιβάλλον εργασίας.
- **`data$Variable <- as.numeric(data$Variable)`**  
Μετατροπή συγκεκριμένων μεταβλητών σε αριθμητική μορφή, ώστε να είναι συμβατές με τις απαιτήσεις της στατιστικής ανάλυσης.
- **`data$d_Variable <- log(data$d_Variable)`**  
Μετατροπή την εξαρτημένη μεταβλητή σε λογαριθμική μορφή, χρησιμοποιήθηκε μόνο στα λογαριθμικά μοντέλα.
- **`model <- lm(Y ~ X1 + X2 + ..., data)`**  
Προσδιορισμός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης με εξαρτημένη μεταβλητή τη Y και ανεξάρτητες μεταβλητές τις X1, X2 κ.λπ.
- **`summary(model)`**  
Παρουσίαση των βασικών στατιστικών αποτελεσμάτων του μοντέλου, όπως οι εκτιμώμενοι συντελεστές, τα επίπεδα σημαντικότητας (p-values), ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  και το τυπικό σφάλμα.
- **`cor(data[, continuous_vars("X1", "X2", ...)], method = "pearson", use = "pairwise.complete.obs")`**  
Υπολογισμός συντελεστών συσχέτισης Pearson μεταξύ συνεχών μεταβλητών.
- **`cor(data[, discrete_vars("X1", "X2", ...)], method = "spearman", use = "pairwise.complete.obs")`**  
Υπολογισμός συντελεστών συσχέτισης Spearman για μεταβλητές διατακτικής κλίμακας ή δυαδικής μορφής.



---

## 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 4.1. Εισαγωγή

Όπως προέκυψε από την ανάλυση της σχετικής βιβλιογραφίας και το θεωρητικό υπόβαθρο της έρευνας, η μελέτη της σύνδεσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδηγικής συμπεριφοράς απαιτούσε τη συλλογή εμπειρικών δεδομένων μέσω οργανωμένης πειραματικής διαδικασίας. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε η **αξιοποίηση προσομοιωτή οδήγησης σε περιβάλλον αυτοκινητόδρομου**, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα καταγραφής κρίσιμων δεικτών οδήγησης υπό ελεγχόμενες συνθήκες, εξαλείφοντας παράλληλα τον κίνδυνο πραγματικής έκθεσης σε τροχαίο συμβάν.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται διεξοδικά η **μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη συγκέντρωση και την επεξεργασία των ερευνητικών δεδομένων**. Αρχικά, περιγράφεται η διαδικασία καταγραφής των μετρήσεων που συλλέχθηκαν από το πείραμα του προσομοιωτή, καθώς και από τα ερωτηματολόγια τα οποία συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες. Επιπλέον, αναλύονται τα κριτήρια επιλογής του δείγματος των οδηγών, τα σενάρια οδήγησης που σχεδιάστηκαν και τα επιμέρους στάδια διεξαγωγής του πειράματος. Στη συνέχεια, ακολουθεί η επεξεργασία και οργάνωση των δεδομένων που αντλήθηκαν από τον προσομοιωτή και από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων, με στόχο τη **διαμόρφωση μιας ενιαίας και ορθά δομημένης βάσης δεδομένων**.

### 4.2. Πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης

#### 4.2.1. Στόχος πειράματος

Μέσω του πειράματος που υλοποιήθηκε στον προσομοιωτή οδήγησης, διερευνήθηκε η **επιρροή της φυσικής κατάστασης στην οδική συμπεριφορά ασφάλειας του οδηγού σε αυτοκινητόδρομο** με ταυτόχρονη επίδραση επιλεγμένων παραμέτρων. Συγκεκριμένα, εξετάζονται τα χαρακτηριστικά του οδηγού (π.χ. επίπεδο φυσικής κατάστασης, φύλο, ηλικία, εμπειρία οδήγησης κτλ.), ο κυκλοφοριακός φόρτος α) χαμηλός, β) υψηλός και οι συνθήκες φωτισμού α) ημέρα, β) νύχτα.

#### 4.2.2. Προσομοιωτής

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στον προσομοιωτή της εταιρείας Foerst (Driving Simulation FPF), ο οποίος βρίσκεται στο Εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.. Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής έχει σχεδιαστεί ώστε να αναπαριστά με ρεαλισμό το εσωτερικό και ενός συμβατικού οχήματος, διαθέτοντας ρυθμιζόμενο κάθισμα

οδηγού, τιμόνι, πεντάλ γκαζιού, φρένου και συμπλέκτη, χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων, χειριστήρια για φλας, φώτα, υαλοκαθαριστήρες, κόρνα και μίζα (Εικόνα 4.1). Το ψηφιακό περιβάλλον οδήγησης προβάλλεται μέσω τριών οθονών LCD 40 ιντσών, δημιουργώντας ευρύ οπτικό πεδίο και ενισχύοντας την **αίσθηση ρεαλιστικής εμπειρίας, σε ένα πλήρως ελεγχόμενο και ασφαλές εργαστηριακό πλαίσιο.**



*Εικόνα 4.1: Εξωτερικά χαρακτηριστικά προσομοιωτή οδήγησης*



*Εικόνα 4.2: Ψηφιακό περιβάλλον προσομοιωτή οδήγησης*

Το ψηφιακό περιβάλλον του προσομοιωτή αναπαριστά το οδικό δίκτυο από τη σκοπιά του οδηγού, προσφέροντας ταυτόχρονα οπτικό έλεγχο μέσω καθρεπτών, ώστε να προσεγγίζεται ρεαλιστικά η εμπειρία οδήγησης (Εικόνα 4.2). Παρέχεται η **δυνατότητα διαμόρφωσης διαφορετικών σεναρίων**, τα οποία μεταβάλλονται ως προς τον τύπο της οδού, την ένταση της κυκλοφορίας, τις συνθήκες φωτισμού και τις καιρικές συνθήκες. Επιπλέον, μπορούν να ενσωματωθούν **αναπάντεχα συμβάντα κατά τη διάρκεια της διαδρομής**, όπως αιφνίδια εμφάνιση πεζών, αντικανονική συμπεριφορά άλλων οχημάτων ή παρουσία άγριου ζώου, με στόχο τη μελέτη της συμπεριφοράς του οδηγού σε επικίνδυνες καταστάσεις (Εικόνα 4.3).



*Εικόνα 4.3: Εμφάνιση επικίνδυνων γεγονότων*

Κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων, οι μετρήσεις των μεταβλητών καταγράφονται από τον προσομοιωτή σε χρονικά διαστήματα των 16-17ms, δηλαδή περίπου **60 καταγραφές ανά δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή**. Τα δεδομένα αποθηκεύονται αυτόματα από το λογισμικό και εξάγονται μέσω αρχείου μορφής κειμένου, ξεχωριστά για κάθε σενάριο και συμμετέχοντα, και περιλαμβάνουν πλήθος μεταβλητών με τις αντίστοιχες ονομασίες τους (Πίνακας 4.1), όπως αυτές ορίζονται από το σύστημα του προσομοιωτή.

*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 <sup>2</sup> .
AccLon	acceleration longitudinal, in m/s <sup>2</sup> .
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	additional date to failure 2.
Err3No	number of the further driving failure (maybe empty).
Err3Val	additional date to failure 3.

#### 4.2.3. Σενάρια οδήγησης του πειράματος

Για την παρούσα Διπλωματική Εργασία, όπως ήδη έχει οριστεί, **ο τύπος της οδού** για την οποία διεξήχθη το πείραμα είναι ο **αυτοκινητόδρομος**. Το ψηφιακό περιβάλλον αυτοκινητόδρομου που παρέχεται από τον προσομοιωτή αποτελείται από οδό δύο κατευθύνσεων με όριο ταχύτητας 130 χλμ/ώρα, με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και κεντρική διαχωριστική νησίδα (Εικόνα 4.4).



*Εικόνα 4.4: Περιβάλλον αυτοκινητόδρομου του προσομοιωτή*

Για την εξέταση όμως πολλών παραγόντων, που μπορούν πιθανόν να επηρεάζουν τη συμπεριφορά του οδηγού, επιλέχθηκαν **τρία διαφορετικά σενάρια οδήγησης**, τα οποία απεικονίζονται στις Εικόνες 4.5, 4.6 και 4.7. Τα σενάρια αυτά περιλαμβάνουν οδήγηση κατά τη διάρκεια της ημέρας με χαμηλό και υψηλό επίπεδο κυκλοφοριακού φόρτου, καθώς και οδήγηση τη νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Σε κάθε ένα από τα τρία αυτά σενάρια εμφανίζονταν **δύο επικίνδυνα συμβάντα** (διέλευση άγριου ζώου-ελάφι, αντικανονική συμπεριφορά άλλων οχημάτων) όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο.



*Εικόνα 4.5: 1<sup>ο</sup> σενάριο - Ημέρα/Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος*



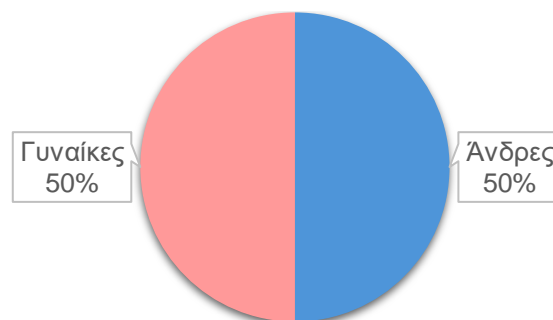
*Εικόνα 4.6: 2<sup>ο</sup> σενάριο - Ημέρα/Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος*



*Εικόνα 4.7: 3<sup>ο</sup> σενάριο - Νύχτα/Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος*

#### 4.2.4. Συμμετέχοντες

Για τη διεξαγωγή του πειράματος συμμετείχαν συνολικά **46 εθελοντές οδηγοί**, εκ των οποίων οι 23 ήταν άνδρες και οι 23 γυναίκες. Όλοι οι συμμετέχοντες ανήκουν σε νεαρή ηλικιακή ομάδα, **μεταξύ 19 και 27 ετών**, και **όλοι διαθέτουν δίπλωμα οδήγησης**. Όπως παρουσιάζεται και στο Γράφημα 4.1, το δείγμα είναι ισομερώς καταναμημένο ως προς το φύλο, με ίσο αριθμό ανδρών και γυναικών.



**Γράφημα 4.1:** Κατανομή φύλου συμμετεχόντων

#### 4.2.5. Προετοιμασία και εφαρμογή πειράματος

Για την ορθή διεξαγωγή της διαδικασίας του πειράματος προηγήθηκε ο **σχεδιασμός των σεναρίων και η οργάνωση του τρόπου υλοποίησής τους**, ώστε όλοι οι συμμετέχοντες να εκτεθούν σε παρόμοιες συνθήκες οδήγησης. Το πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης πραγματοποιήθηκε από τα μέσα Μαρτίου έως τις αρχές Απριλίου του 2025, με τη συμμετοχή 46 εθελοντών οδηγών. Η πειραματική διαδικασία διαρθρώθηκε σε τρία βασικά στάδια.

Στο πρώτο στάδιο οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα **ερωτηματολόγιο** (το οποίο παρουσιάζεται στο Παράρτημα), το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τη φυσική κατάσταση και τη σωματική δραστηριότητα, την οδηγική εμπειρία, την πιθανή επίδραση της φυσικής κατάστασης στην οδήγηση, το ιστορικό τροχαίων ατυχημάτων, καθώς και βασικά δημογραφικά στοιχεία. Οι ερωτήσεις βασίστηκαν στο **Baecke Questionnaire**, ένα τυποποιημένο ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιείται ευρέως σε επιδημιολογικές μελέτες για την αξιολόγηση της φυσικής δραστηριότητας.

Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκε **αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας** των συμμετεχόντων με τη χρήση δύο συμπληρωματικών μεθόδων. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε το **Queen's College Step Test** για την εκτίμηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_2\max$ ), βάσει της αποκατάστασης του καρδιακού ρυθμού. Για την καταγραφή του καρδιακού ρυθμού, χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας στήθους Garmin HRM Pro+. Ο καρδιακός ρυθμός μετρήθηκε 20 δευτερόλεπτα μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, και χρησιμοποιήθηκε στους ακόλουθους τύπους για τον υπολογισμό της  $VO_2\max$ :

$$\text{Για τις γυναίκες: } VO_2\max(\text{ml/kg/min}) = 65.81 - (0.1847 \times \text{heart rate (bpm)})$$

$$\text{Για τους άνδρες: } VO_2\max(\text{ml/kg/min}) = 111.33 - (0.42 \times \text{heart rate (bpm)})$$

Με βάση τα αποτελέσματα, οι συμμετέχοντες ταξινομήθηκαν σε δύο κατηγορίες φυσικής κατάστασης, δηλαδή σε οδηγούς υψηλής φυσικής κατάστασης (High-fitness) και σε

---

οδηγούς χαμηλής φυσικής κατάστασης (Low-fitness), σύμφωνα με βιβλιογραφικά όρια της  $VO_2\max$  (Heyward, 1998).



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

Στο τρίτο στάδιο, πριν από την έναρξη των κύριων πειραμάτων, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να οδηγήσουν για λίγα λεπτά σε μια δοκιμαστική διαδρομή στον προσομοιωτή, διαφορετική από τα σενάρια της έρευνας. Η διαδικασία αυτή είχε ως στόχο την **εξοικείωση των οδηγών με το περιβάλλον προσομοίωσης** και τη μείωση πιθανών σφαλμάτων που θα μπορούσαν να προκύψουν από τις διαφορές μεταξύ του προσομοιωτή και ενός πραγματικού οχήματος. Η δοκιμαστική διαδρομή ολοκληρωνόταν όταν ο συμμετέχων είχε προσαρμοστεί επαρκώς σε βασικά στοιχεία του εξοπλισμού, όπως η αίσθηση του τιμονιού και των πεντάλ και η θέση του κιβωτίου ταχυτήτων.

Μετά την ολοκλήρωση της δοκιμαστικής οδήγησης, οι 46 συμμετέχοντες κλήθηκαν να οδηγήσουν στον προσομοιωτή σε τρία διαφορετικά σενάρια: οδήγηση κατά τη διάρκεια της ημέρας με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, καθώς και οδήγηση τη νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα 4.2.3. Σε όλα τα σενάρια περιλαμβάνονταν δύο επικίνδυνα συμβάντα, στα οποία οι οδηγοί έπρεπε να αντιδράσουν άμεσα προκειμένου να αποφευχθεί πιθανό ατύχημα. Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, ο υπεύθυνος του πειράματος κατέγραφε παρατηρήσεις που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

### 4.3. Επεξεργασία στοιχείων

#### 4.3.1. Επεξεργασία ερωτηματολογίων

Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι 46 συμμετέχοντες, προκειμένου τα δεδομένα να ενταχθούν ορθά στη βάση δεδομένων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Για τη συστηματική καταγραφή τους, πραγματοποιήθηκε αντιστοίχιση κάθε ερώτησης με συγκεκριμένες κωδικοποιημένες μεταβλητές, **ενώ οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν βάσει ενός ενιαίου και λογικού συστήματος**, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.

**Πίνακας 4.2:** Μεταβλητές ερωτηματολογίου και σύστημα κωδικοποίησης απαντήσεων

Ερωτήσεις Ερωτηματολογίου							Όνομασία Μεταβλητής	
<b>A. Οδική εμπειρία συμμετέχοντα</b>								
Q <sub>A.1</sub>	Πόσα χρόνια έχετε το δίπλωμα οδήγησης;	χρόνια					A_licence (years)	
Q <sub>A.2</sub>	Πόσα χρόνια οδηγείτε;	χρόνια					A_driving (years)	
Q <sub>A.3</sub>	Πόσες ημέρες οδηγείτε την εβδομάδα σε αυτοκινητόδρομο;	0 (0)	1–2 (1)	3–4 (2)	≥5 (3)		A_days_in_highway (per week)	
Q <sub>A.4</sub>	Πόσα χιλιόμετρα διανύετε την εβδομάδα σε αυτοκινητόδρομο;	<20 (0)	20–50 (1)	50–100 (2)	100–150 (3)	>150 (4)	A_km_highway (per week)	
Q <sub>A.5</sub>	Πόσες διαδρομές κάνετε τη μέρα σε αυτοκινητόδρομο;	0 (0)	1–2 (1)	3–4 (2)	≥5 (3)		A_trips_highway (per day)	
Q <sub>A.6</sub>	Πόσο άνετα αισθάνεστε όταν οδηγείτε νύχτα, συγκριτικά με το όταν οδηγείτε μέρα σε αυτοκινητόδρομο;	καθόλου (0)	λίγο (1)	αρκετά (2)	πολύ (3)	πάρα πολύ (4)	A_comfort_night_highway	
<b>B. Φυσική δραστηριότητα</b>								
Q <sub>B.1</sub>	Πόσο ικανοποιητική θεωρείτε τη φυσική σας κατάσταση;	καθόλου (0)	λίγο (1)	μέτρια (2)	πολύ (3)	πάρα πολύ (4)	B_fitness_self_rating	
Q <sub>B.2</sub>	Κάνετε κάποια αθλητική δραστηριότητα τους τελευταίους 12 μήνες;	όχι (0)	ναι (1)					B_exercised_last_12m
Q <sub>B.3</sub>	Με ποια αθλητική δραστηριότητα ασχολείστε συχνότερα;	άθλημα (1)	γυμναστήριο (2)	χορός (3)	πολεμική τέχνη (4)	άλλο (5)	B_main_activity	

Q <sub>B.3.1</sub>	Πόσες ώρες την εβδομάδα;	ώρες					B_hours_per_week
Q <sub>B.3.2</sub>	Πόσους μήνες τον χρόνο;	μήνες					B_months_per_year
Q <sub>B.3.3</sub>	Πόσα χρόνια;	χρόνια					B_years_active
Q <sub>B.4</sub>	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 <sub>B.5</sub>	Όταν ανεβαίνω σκαλιά λαχανιάζω:	πολύ λίγο (0)	λίγο (1)	μέτρια (2)	πολύ (3)	πάρα πολύ (4)	B_stairs_breathlessness
Q <sub>B.6</sub>	Στον ελεύθερο χρόνο μου:	αθλούμαι (1)	βλέπω τηλεόραση-κινητό (2)	περπατάω (3)	κάνω ποδήλατο (4)	άλλο (5)	B_leisure_activities
Q <sub>B.7</sub>	Πόσα λεπτά περπατάτε ή κάνετε ποδήλατο σε μια τυπική ημέρα;	<5 (0)	5–15 (1)	16–30 (2)	31–45 (3)	>45 (4)	B_walk_bike_minutes_day
Q <sub>B.8</sub>	Η εργασία σας απαιτεί σωματική δραστηριότητα;	ποτέ (0)	σπάνια (1)	μερικές φορές (2)	συχνά (3)	πολύ συχνά (4)	B_work_physical_demand
<b>Γ. Επίδραση φυσικής δραστηριότητας στην οδήγηση</b>							
Q <sub>Γ.1</sub>	Έχετε παρατηρήσει διαφορές στην οδήγησή σας όταν έχετε σωματική κόπωση;	όχι (0)	ναι (1)				C_fatigue_differences
Q <sub>Γ.2</sub>	Πιστεύετε ότι η φυσική σας κατάσταση επηρεάζει την ικανότητά σας να οδηγείτε συγκεντρωμένα;	όχι (0)	ναι (1)				C_fitness_affects_focus
Q <sub>Γ.3</sub>	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 <sub>Γ.4</sub>	Έχετε παρατηρήσει αν η φυσική σας κατάσταση επηρεάζει τον τρόπο που αντιμετωπίζετε επικίνδυνες καταστάσεις στην οδήγηση;	όχι, άλλοι παράγοντες είναι πιο σημαντικοί (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

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Δ. Ιστορικό οδικών συμβάντων							
Q <sub>Δ.1</sub>	Έχετε εμπλακεί σε τροχαίο ατύχημα ως οδηγός;	όχι (0)	ναι (1)	δεν απάντησε (2)			D_crash_as_driver
Q <sub>Δ.2</sub>	Αν ναι, πόσες φορές;						
Q <sub>Δ.2.1</sub>	Με υλικές ζημιές μόνο:	0 (0)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	>3 (4)	D_accidents_only_damage
Q <sub>Δ.2.2</sub>	Με παθόντες:	0 (0)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	>3 (4)	D_accidents_with_injuries
Q <sub>Δ.3</sub>	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 <sub>Δ.4</sub>	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
Ε. Γενικά στοιχεία συμμετέχοντα							
Q <sub>Ε.1</sub>	Ηλικία:	έτη					E_age
Q <sub>Ε.2</sub>	Φύλο:	άνδρας (1)	γυναίκα (2)	E_gender			
Q <sub>Ε.3</sub>	Ύψος:	cm					E_height (cm)
Q <sub>Ε.4</sub>	Σωματικό βάρος:	kg					E_weight (kg)
Q <sub>Ε.5</sub>	Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;	ανύπαντρος/η (1)	παντρεμένος/η (2)	διαζευγμένος/η (3)	χήρος/α (4)		E_marital_status
Q <sub>Ε.6</sub>	Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;	πρωτοβάθμια (1)	δευτεροβάθμια (2)	ΑΕΙ (3)	μεταπτυχιακό (4)	διδακτορικό (5)	E_education_level
Q <sub>Ε.7</sub>	Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό εισόδημα σας;	<10.000 (1)	10.000 – 25.000 (2)	>25.000 (3)		E_income_level	

Με βάση το σύστημα κωδικοποίησης που παρουσιάστηκε παραπάνω, καταχωρήθηκαν οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων για κάθε συμμετέχοντα. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε ένας συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων διαστάσεων 46 × 34, ο οποίος περιλαμβάνει 34 στήλες που αντιστοιχούν στις μεταβλητές του ερωτηματολογίου και 46 γραμμές που αντιπροσωπεύουν τους συμμετέχοντες του πειράματος. Ένα ενδεικτικό τμήμα του πίνακα αυτού παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.9.

Participant	A_licence (years)	A_driving (years)	A_days_in_highway (per week)	A_km_highway (per week)	A_trips_highway (per day)	A_comfort_night_highway
1	4	4	3	3	1	2
2	3	3	2	1	1	3
3	4	4	0	0	0	4
4	5	5	1	1	1	2
5	3	3	0	0	0	4
6	3	3	1	0	0	2
7	4	4	0	0	0	2
8	3	2	1	0	0	4
9	2	2	1	0	0	2
10	8	8	2	1	1	3
11	5	5	0	0	0	3
12	1	1	0	0	0	3

**Εικόνα 4.9:** Απόσπασμα από τον πίνακα αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου

Ακόμη, για τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου **Q<sub>B.3</sub>** και **Q<sub>B.6</sub>**, δημιουργήθηκε επιπλέον ομαδοποίηση των απαντήσεων όπως φαίνεται παρακάτω στον Πίνακα 4.3:

**Πίνακας 4.3:** Κωδικοποίηση απαντήσεων για τις ερωτήσεις **Q<sub>B.3</sub>** και **Q<sub>B.6</sub>**

Q <sub>B.3</sub>	Με ποια αθλητική δραστηριότητα ασχολείστε συχνότερα;	άθλημα (1)	γυμναστήριο (2)	χορός (3)	πολεμική τέχνη (4)	πολεμική τέχνη (4)	άλλο (5)	B_main_activity
		καμία (0)	κάνει κάποιος δραστηριότητα (1)					B_main_activity_binary
	καμία δραστηριότητα (1)	ήπια δραστηριότητα (2)	μικτή δραστηριότητα (3)	πολεμική τέχνη (4)	χορός (5)	γυμναστήριο (6)	άθλημα (7)	B_main_activity_grouped
		καμία (1)	συνδυασμένη (2)	ατομική (3)	ομαδική (4)			B_main_activity_context
Q <sub>B.6</sub>	Στον ελεύθερο χρόνο μου:	αθλούμαι (1)	βλέπω τηλεόραση-κινητό (2)	περπατάω (3)	κάνω ποδήλατο (4)	άλλο (5)		B_leisure_activities
		παθητική δραστηριότητα (1)	συνδυασμός παθητικής και φυσικής (2)	φυσική δραστηριότητα (3)				B_leisure_activities_grouped

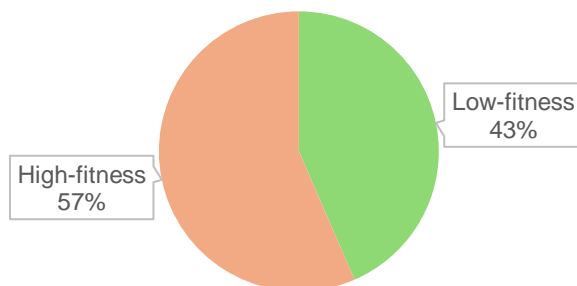
Στον πίνακα προστέθηκαν επίσης στήλες με τα αποτελέσματα του Queen's Step Test για κάθε συμμετέχοντα, συγκεκριμένα ο καρδιακός ρυθμός (**BPM**), η εκτιμώμενη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (**VO<sub>2</sub>max**) και η μεταβλητή **Fitness\_categorisation**, η οποία δηλώνει αν ο συμμετέχων ανήκει στην κατηγορία low fitness (0) ή high fitness (1). Επιπλέον, από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις **Q<sub>E.3</sub>** και **Q<sub>E.4</sub>** υπολογίστηκε ο Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI) με βάση τον τύπο:

$$BMI = \frac{\text{Βάρος}(kg)}{(\text{Ύψος}(m))^2}$$

Οι τιμές καταγράφηκαν στη στήλη BMI και στη συνέχεια ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες σύμφωνα με τις οδηγίες του **Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.)**. Η κατηγοριοποίηση καταχωρήθηκε στη στήλη **BMI\_categorisation** ως εξής:

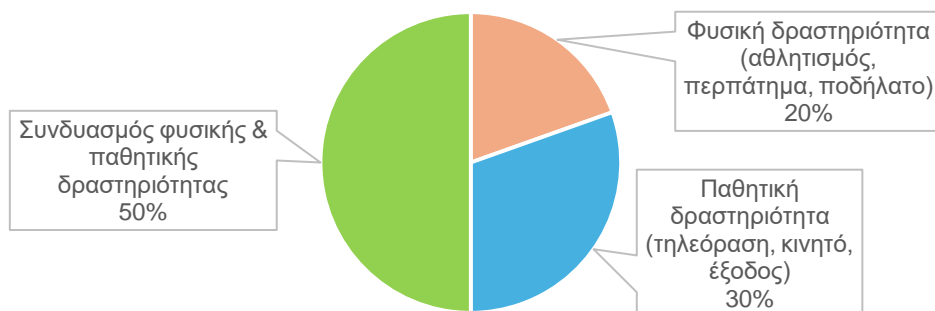
**1 – Ελλιποβαρής (BMI < 18,5), 2 – Κανονικό βάρος (18,5–24,9), 3 – Υπέρβαρος (25–29,9), 4 – Παχύσαρκος (≥30).**

Στο Γράφημα 4.2 παρουσιάζεται η κατανομή των συμμετεχόντων του πειράματος με βάση το επίπεδο φυσικής τους κατάστασης. Συγκεκριμένα, **το 57% του δείγματος** (26 άτομα) εντάχθηκε στην κατηγορία **χαμηλής φυσικής κατάστασης** (low-fitness), από τα οποία 10 ήταν άνδρες και 16 γυναίκες. Αντίστοιχα, **το 43% των συμμετεχόντων** (20 άτομα) κατατάχθηκε στην κατηγορία **υψηλής φυσικής κατάστασης** (high-fitness), εκ των οποίων 13 ήταν άνδρες και 7 γυναίκες.



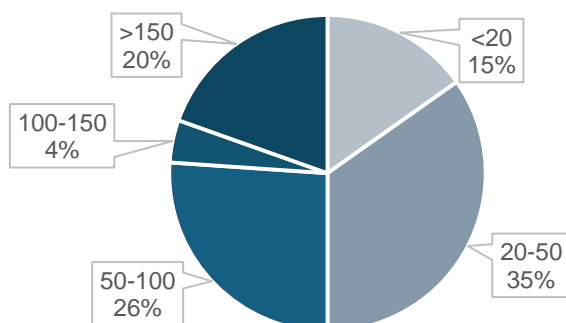
**Γράφημα 4.2:** Κατανομή φυσικής κατάστασης των συμμετεχόντων

Από τα στοιχεία του Γραφήματος 4.3 προκύπτουν ενδιαφέροντα ευρήματα, καθώς φαίνεται ότι η πλειονότητα των συμμετεχόντων δεν ακολουθεί αποκλειστικά **ούτε ενεργό ούτε παθητικό τρόπο ζωής, αλλά έναν συνδυασμό των δύο** (50%). Το αποτέλεσμα αυτό αντανάκλα σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά της καθημερινότητας των νεαρών ενηλίκων. Παράλληλα, **το σχετικά μικρό ποσοστό ατόμων που δηλώνουν καθαρά ενεργό τρόπο ζωής** (20%) υπογραμμίζει τη σημασία περαιτέρω διερεύνησης της σχέσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδηγικής συμπεριφοράς.



**Γράφημα 4.3:** Είδη δραστηριοτήτων στον ελεύθερο χρόνο των συμμετεχόντων

Από το Γράφημα 4.4 προκύπτει ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες πραγματοποιούν σχετικά περιορισμένες μετακινήσεις σε αυτοκινητόδρομο, καθώς **το 50% διανύει έως 50 km εβδομαδιαίως**. Μικρότερα ποσοστά καταγράφονται στις μεγαλύτερες αποστάσεις, με το 26% να διανύει 50-100 km, 4% 100-150 km και 20% περισσότερα από 150 km. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες έχουν **περιορισμένη έως μέτρια έκθεση στην οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο**.



**Γράφημα 4.4:** Χιλιόμετρα που διανύουν οι συμμετέχοντες εβδομαδιαίως σε αυτοκινητόδρομο

#### 4.3.2. Επεξεργασία μετρήσεων πειράματος

Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε η συλλογή και η οργάνωση των **δεδομένων** που καταγράφηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης, τα οποία **αποθηκεύτηκαν σε αρχεία μορφής κειμένου (.txt)**. Για την επεξεργασία των δεδομένων δημιουργήθηκε ένας φάκελος με την ονομασία SIM DATA, στον οποίο περιλαμβάνονται τα αρχεία (.txt) κάθε συμμετέχοντα για τα τρία σενάρια οδήγησης στα οποία έλαβε μέρος. Η ονομασία των αρχείων αποτελείται από τον κωδικό του συμμετέχοντα και την ένδειξη του αντίστοιχου σεναρίου, όπως φαίνεται ενδεικτικά στην Εικόνα 4.11. Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός στην αρχή υποδηλώνει τον συμμετέχοντα, το γράμμα **H (Highway)** αναφέρεται στον τύπο της οδού, ενώ οι αριθμοί **1, 2** και **3** αντιστοιχούν αντίστοιχα στην οδήγηση ημέρας με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο, στην οδήγηση ημέρας με υψηλό φόρτο και στη νυχτερινή οδήγηση με χαμηλό φόρτο.

Name	Status	Date modified	Type	Size
1H1.bt	☁	11-Mar-25 10:01	Text Document	2,778 KB
1H2.bt	☁	11-Mar-25 10:06	Text Document	2,617 KB
1H3.bt	☁	11-Mar-25 10:11	Text Document	2,904 KB
2H1.bt	☁	11-Mar-25 11:06	Text Document	2,719 KB
2H2.bt	☁	11-Mar-25 11:11	Text Document	2,732 KB
2H3.bt	☁	11-Mar-25 11:16	Text Document	2,916 KB
3H1.bt	☁	12-Mar-25 10:36	Text Document	2,392 KB
3H2.bt	☁	12-Mar-25 10:41	Text Document	3,055 KB
3H3.bt	☁	12-Mar-25 10:45	Text Document	2,440 KB

*Εικόνα 4.10: Απόσπασμα κωδικοποίησης αρχείων*

Στη συνέχεια, με τη χρήση της **γλώσσας προγραμματισμού R** δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων **database**, στην οποία καταχωρήθηκαν για κάθε συμμετέχοντα και σενάριο οδήγησης η μέση τιμή (Avg) και η τυπική απόκλιση (Std) των μεταβλητών που παρείχε ο προσομοιωτής. Επιπλέον, μέσω της ίδιας διαδικασίας προσδιορίστηκαν και τα συμβάντα (Events) που σημειώθηκαν κατά την οδήγηση, όπως **περιστατικά σύγκρουσης με εμπόδια**.

#### 4.4. Βάση δεδομένων

Οι διαδικασίες που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα 4.3.2 οδήγησαν στη **δημιουργία ενός συγκεντρωτικού πίνακα (mastertable)**, μέρος του οποίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.11. Για την δημιουργία του πίνακα αυτού ενσωματώθηκαν τα δεδομένα του ερωτηματολογίου, όπως είχαν κωδικοποιηθεί και παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.9, καθώς και οι πρόσθετες μεταβλητές από τα αποτελέσματα του Queen's Step Test για κάθε συμμετέχοντα (BPM, VO<sub>2</sub>max, Fitness\_categorisation, BMI\_categorisation).

Participant	Scenario	Avg_x-pos	Avg_y-pos	Avg_z-pos	Avg_yaw	Avg_road	Avg_richt	Avg_rdist
9	H1	-1109,0348	-0,01	-3911,57	1,526554	1,062652	0	1342,11739
9	H2	-986,07485	-0,01	-3902,084	1,551536	1,056206	0	1504,95979
9	H3	-1063,8566	-0,01	-3905,1011	1,532468	1,052588	0	1440,22755
10	H1	-1005,461	-0,009999	-3897,2448	1,551160	1,050871	0	1509,93095
10	H2	-988,47556	-0,01	-3896,3434	1,542290	1,046644	0	1549,37368
10	H3	-900,23581	-0,009999	-3907,6018	1,580052	1,045630	0	1648,3829
11	H1	-1081,7027	-0,009998	-3912,3695	1,538538	1,061556	0	1376,22053
11	H2	-1023,946	-0,01	-3909,8361	1,540657	1,064972	0	1421,19127
11	H3	-1009,694	-0,01	-3915,5865	1,527341	1,077127	0	1374,43988

*Εικόνα 4.11: Ενδεικτικό απόσπασμα πίνακα από την επεξεργασία μετρήσεων του πειράματος*

## 4.5. Περιγραφικά χαρακτηριστικά δείγματος

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ορισμένα βασικά **στοιχεία του δείγματος που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον** και συμβάλλουν στην πληρέστερη υποστήριξη της στατιστικής ανάλυσης. Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 4.4 μπορούν να διατυπωθούν ορισμένες αρχικές παρατηρήσεις σχετικά με την επίδραση της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια και στη συμπεριφορά των οδηγών.

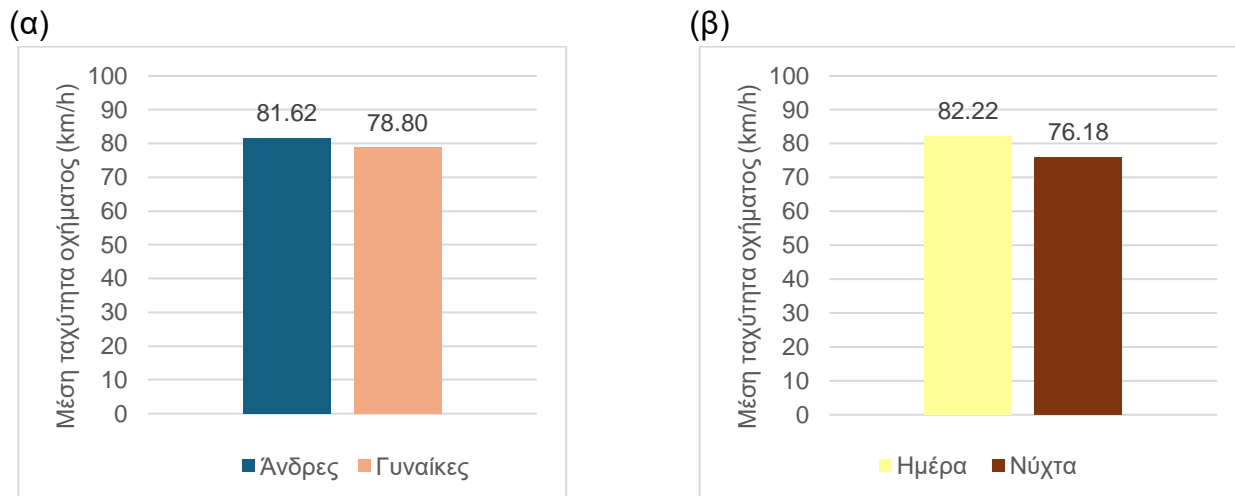
**Πίνακας 4.4:** Βασικές τιμές μετρήσεων για κάθε ομάδα φυσικής κατάστασης

	Low-fitness οδηγοί	High-fitness οδηγοί
Μέση ταχύτητα οχήματος (km/h)	78,14	82,89
Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα (m)	77,37	121,29
Μέσος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση (ms)	11,21	12,56
Μέσος χρόνος αντίδρασης (sec)	2,14	2,21
Αριθμός ατυχημάτων	5	5

- Η μέση ταχύτητα οδήγησης είναι ελαφρώς μεγαλύτερη στους οδηγούς με υψηλή φυσική κατάσταση (82,89 km/h) σε σχέση με εκείνους που ανήκουν στην ομάδα χαμηλής φυσικής κατάστασης (78,14 km/h), **χωρίς όμως η διαφορά αυτή να είναι ιδιαίτερα σημαντική.**
- Η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα εμφανίζει αρκετά υψηλότερη τυπική απόκλιση στην ομάδα των οδηγών με υψηλή φυσική κατάσταση (121,29 m έναντι 77,37 m), γεγονός που φανερώνει μεγαλύτερη **διαφοροποίηση στον τρόπο διατήρησης της απόστασης ασφαλείας.**
- Ο μέσος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση είναι ελαφρώς υψηλότερος για τους οδηγούς με χαμηλή φυσική κατάσταση (12,56 ms) σε σχέση με εκείνους με υψηλή φυσική κατάσταση (11,21 ms). Η διαφορά αυτή υποδηλώνει ότι οι οδηγοί χαμηλής φυσικής κατάστασης διατηρούν λίγο μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο πριν από μια πιθανή σύγκρουση, **χωρίς ωστόσο να παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφοροποίηση.**
- Ο **χρόνος αντίδρασης παραμένει σχεδόν ίδιος** μεταξύ των δύο ομάδων, καθώς καταγράφεται 2,14 sec για τους οδηγούς υψηλής φυσικής κατάστασης και 2,21 sec για εκείνους με χαμηλή φυσική κατάσταση.
- Ο αριθμός των ατυχημάτων είναι ίδιος και ταυτόχρονα ιδιαίτερα χαμηλός και για τις δύο ομάδες, καθώς καταγράφηκαν 5 περιστατικά τόσο στους οδηγούς με υψηλή όσο και σε εκείνους με χαμηλή φυσική κατάσταση. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι, στο πλαίσιο του συγκεκριμένου δείγματος, **η φυσική κατάσταση δεν φαίνεται να επηρεάζει άμεσα τη συχνότητα εμπλοκής σε ατυχήματα.** Ωστόσο, για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων απαιτείται **περαιτέρω στατιστική διερεύνηση.**

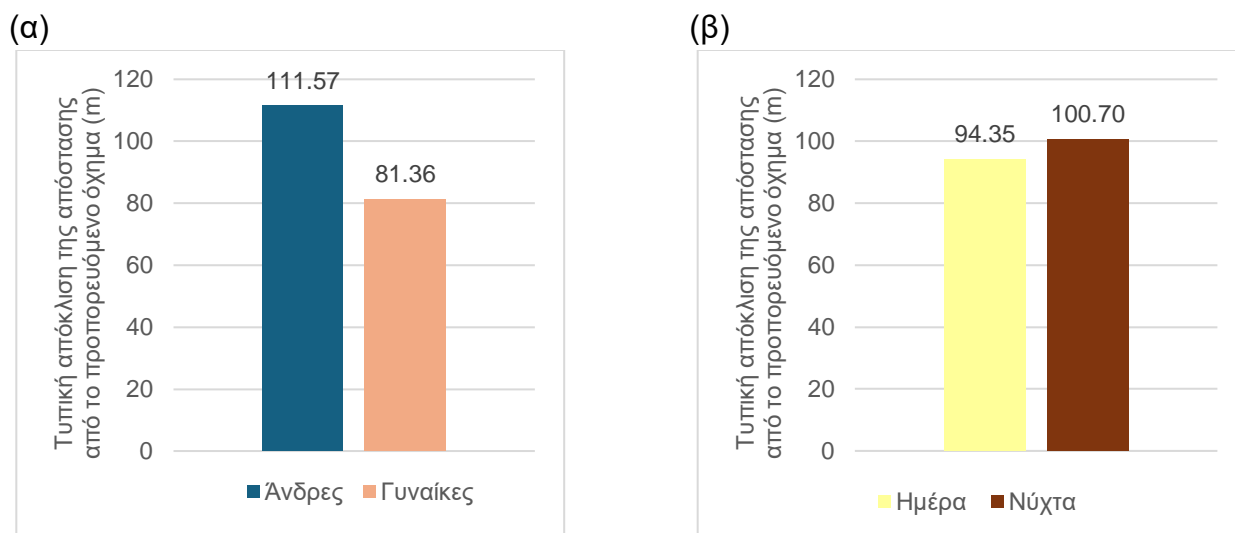
Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η σύγκριση των χαρακτηριστικών μεγεθών **ως προς το φύλο και τις συνθήκες φωτισμού σε χαμηλές κυκλοφοριακές συνθήκες.**

Σύμφωνα με το Γράφημα 4.5, μεγαλύτερη ταχύτητα οδήγησης παρουσιάζεται στους **άνδρες οδηγούς** και κατά τη διάρκεια της οδήγησης **την ημέρα.**



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

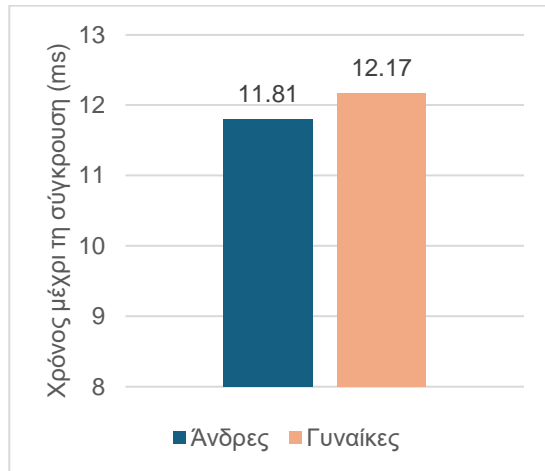
Το Γράφημα 4.6 δείχνει ότι οι **άνδρες παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερη τυπική απόκλιση** στην απόσταση από το προπορευόμενο όχημα σε σχέση με τις γυναίκες, ενώ η διαφορά μεταξύ οδήγησης ημέρας και νύχτας είναι μικρότερη, με τη νυχτερινή οδήγηση να εμφανίζει ελαφρώς αυξημένη τυπική απόκλιση.



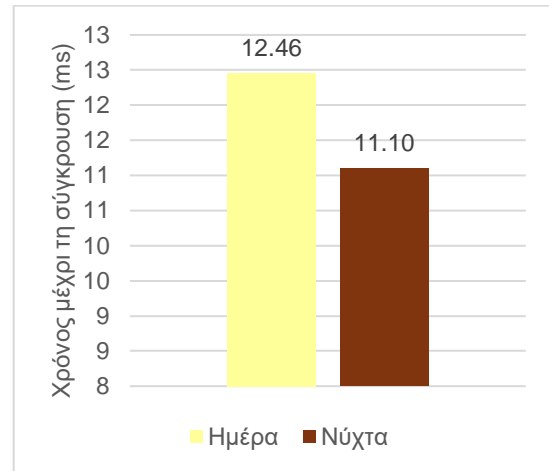
**Γράφημα 4.6:** Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ανά (α) φύλο και (β) συνθήκες φωτισμού

Ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση είναι **ελαφρώς μεγαλύτερος στις γυναίκες** σε σχέση με τους άνδρες όπως διαπιστώνουμε από το Γράφημα 4.7. Επιπλέον, μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται κατά την οδήγηση **την ημέρα** σε σύγκριση με τη νυχτερινή οδήγηση.

(α)



(β)



**Γράφημα 4.7:** Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση ανά (α) φύλο και (β) συνθήκες φωτισμού



---

## 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 5.1. Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτήν. Μέσω της διαδικασίας εύρεσης των καλύτερων και πιο αξιόπιστων μοντέλων, η οποία περιλάμβανε πολλαπλές δοκιμές και ελέγχους, **αναπτύχθηκαν τελικώς τρία μαθηματικά μοντέλα** και προσδιορίστηκαν οι καταλληλότεροι συνδυασμοί μεταβλητών για κάθε μοντέλο. Ειδικότερα, τα τελικά μοντέλα αφορούν **τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και τον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση.**

Η μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε είναι η γραμμική παλινδρόμηση, η οποία αναλύθηκε εκτενώς στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων πραγματοποιήθηκε με βάση τα στοιχεία των βάσεων δεδομένων, με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R, μέσω διαδοχικών δοκιμών, ώστε να επιλεγούν **τα μοντέλα που ικανοποιούν τα απαραίτητα κριτήρια αποδοχής.** Για κάθε μοντέλο παρουσιάζεται η αντίστοιχη εξίσωση και η στατιστική του σημαντικότητα, μαζί με την ερμηνεία των μεταβλητών που περιλαμβάνει. Παράλληλα, εξετάζεται η ποιότητα προσαρμογής (αξιοπιστία) των μοντέλων, καθώς και η συσχέτιση των μεταβλητών, η οποία υπολογίζεται με τους συντελεστές Spearman για τις διακριτές μεταβλητές και Pearson για τις συνεχείς. Επιπλέον, παρουσιάζονται βασικά **περιγραφικά στατιστικά χαρακτηριστικά** των μεταβλητών, όπως η συχνότητα, τα ποσοστά, το εύρος τιμών, η ελάχιστη, η μέγιστη και η μέση τιμή, καθώς και η τυπική απόκλιση. Τέλος, εξετάζεται ο βαθμός επίδρασης των μεταβλητών μέσω της **ελαστικότητας** και πραγματοποιείται **ανάλυση ευαισθησίας.**

### 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 που περιγράφει τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, μέσω της εφαρμογής γραμμικής παλινδρόμησης και μετά από σειρά δοκιμών, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. **Η σχέση του μοντέλου διατυπώνεται ως εξής:**

**Std\_HWay** = 324.991 + 30.194 \* **fitness** + 0.058 \* **avg\_rpm** - 21.332 \* **avg\_drigh**  
+ 46.4 \* **km\_highway** + 29.018 \* **work** + 9.62 \* **hours** - 43.184 \* **fatigue** - 89.274  
\* **driver\_state**

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)

**avg\_rpm**: μέσος όρος των στροφών του κινητήρα ανά λεπτό  
(συνεχής μεταβλητή)

**avg\_drigh**: μέση απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή του δρόμου σε μέτρα  
(συνεχής μεταβλητή)

**km\_highway**: εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο | <0: 0, 20-50: 1, 50-100: 2,  
100-150: 3, >150: 4  
(διακριτή μεταβλητή)

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

**hours**: ώρες που ασχολείται ο οδηγός με αθλητική δραστηριότητα κάθε μέρα  
(συνεχής μεταβλητή)

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

**driver\_state**: κατάσταση σωματικής κόπωσης του οδηγού όταν συνέβησαν τα  
περισσότερα ατυχήματα | ξεκούραστος: 1, σωματικά κουρασμένος: 2, μετά από έντονη  
σωματική δραστηριότητα: 3, χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένη σχέση με την κόπωση: 4  
(διακριτή μεταβλητή)

Στον Πίνακα 5.1, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το εξειδικευμένο λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Παρατηρείται ότι οι τιμές του t-test για όλες τις μεταβλητές υπερβαίνουν το 1,7, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του Sig. είναι μικρότερες από 0,05, γεγονός που υποδηλώνει **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%**. Παράλληλα, τα πρόσημα των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία όπως αναλύεται παρακάτω.

**Πίνακας 5.1: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου**

Coefficients <sup>a</sup>				
Variable	Estimate	Std. Error	t value	Sig.
(Constant)	324,991	73,395	4,428	0,000**
fitness	30,194	13,544	2,229	0,028**
avg_rpm	0,058	0,016	3,710	0,000**
avg_drifht	-21,332	9,231	-2,311	0,022**
km_highway	46,400	8,523	5,444	0,000**
work	29,018	6,533	4,442	0,000**
hours	9,620	2,030	4,738	0,000**
fatigue	-43,184	13,443	-3,212	0,002**
driver_state	-89,274	11,039	-8,087	0,000**

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 ( $\beta = +30,194$ ) εμφανίζει **θετική συσχέτιση** με τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, γεγονός που δείχνει ότι οι οδηγοί με υψηλότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης τείνουν να παρουσιάζουν μια πιο **ενεργητική και ευέλικτη οδηγική συμπεριφορά**. Η συμπεριφορά τους φαίνεται να χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής στις διάφορες πιθανές συνθήκες κυκλοφορίας.
- Η αύξηση των στροφών του κινητήρα ( $\beta = +0,058$ ) σχετίζεται με μεγαλύτερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, γεγονός που μπορεί να αντανakλά **πιο έντονη επιτάχυνση και επιβράδυνση** κατά την οδήγηση και συνεπώς πιο δυναμική οδηγική συμπεριφορά.
- Η αύξηση της απόστασης από τη δεξιά οριογραμμή του δρόμου ( $\beta = -21,332$ ) σχετίζεται με μικρότερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το αποτέλεσμα αυτό ενδέχεται να υποδηλώνει **πιο σταθερή θέση του οχήματος εντός της λωρίδας κυκλοφορίας** και συνεπώς πιο σταθερή οδηγική συμπεριφορά.

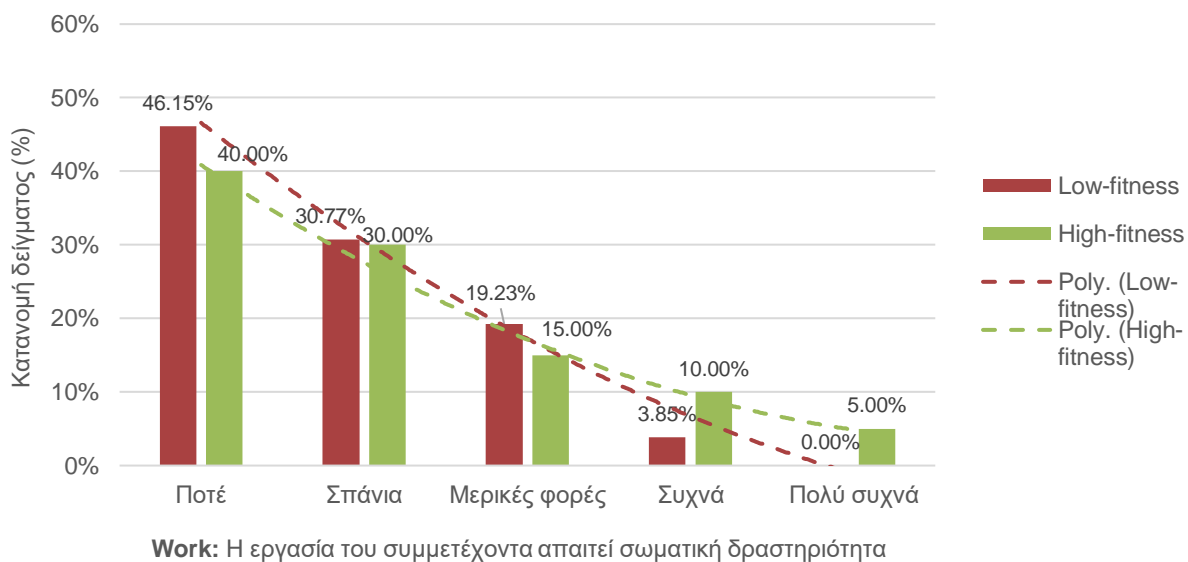
- Τα περισσότερα εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο ( $\beta = +46,400$ ) σχετίζονται με μεγαλύτερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το αποτέλεσμα αυτό ενδέχεται να υποδηλώνει **μεγαλύτερη εξοικείωση των οδηγών με την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο** και συνεπώς μεγαλύτερη προσαρμογή της απόστασης ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Όσο αυξάνεται η συχνότητα σωματικής δραστηριότητας που απαιτεί η εργασία του οδηγού ( $\beta = +29,018$ ), τόσο αυξάνεται και η διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει την παρατήρηση ότι η συχνότερη σωματική δραστηριότητα συνδέεται με **πιο ενεργή και προσαρμοστική οδηγική συμπεριφορά**, παρόμοια με αυτή που παρατηρείται στους οδηγούς υψηλής φυσικής κατάστασης.
- Οι περισσότερες ώρες αθλητικής δραστηριότητας ( $\beta = +9,620$ ), σχετίζονται με αύξηση της διακύμανσης της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το εύρημα αυτό είναι **συνεπές με τη θετική επίδραση της φυσικής κατάστασης**, καθώς τα άτομα που ασκούνται περισσότερο εμφανίζουν συνήθως υψηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας και κατάστασης.
- Η μεταβλητή που αφορά τις αυτοαναφερόμενες διαφορές στην οδήγηση λόγω σωματικής κόπωσης εμφανίζει **αρνητική συσχέτιση** με τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το εύρημα αυτό ενδέχεται να υποδηλώνει ότι οι οδηγοί που αναγνωρίζουν ότι η κόπωση επηρεάζει την οδήγησή τους εμφανίζουν **μεγαλύτερη επίγνωση των περιορισμών που αυτή προκαλεί** και συνεπώς οδηγούν πιο προσεκτικά και **συντηρητικά**.
- Η κατάσταση σωματικής κόπωσης του οδηγού παρουσιάζει **αρνητική συσχέτιση** με τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι όταν οι οδηγοί βρίσκονται σε καταστάσεις κόπωσης ή σωματικής καταπόνησης τείνουν να προσαρμόζουν λιγότερο την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα το οποίο **συνάδει και με την ερμηνεία της μεταβλητής «fatigue»**. Ωστόσο, η αριθμητική κωδικοποίηση της μεταβλητής «driver\_state» ενδέχεται να επηρεάζει την ερμηνεία του πρόσημου του συντελεστή, καθώς η τελευταία κατηγορία κωδικοποίησης (4) δεν ακολουθεί απαραίτητα την ίδια γραμμική λογική με τις υπόλοιπες.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου υποδηλώνουν ότι η **φυσική κατάσταση** και το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας των οδηγών λειτουργούν ως παράγοντες που **ενισχύουν την προσαρμοστικότητα της οδηγικής συμπεριφοράς**, ενώ η **σωματική κόπωση φαίνεται να περιορίζει την ικανότητα αυτή**.

Η σχέση μεταξύ της φυσικής κατάστασης και της συχνότητας σωματικής δραστηριότητας που απαιτεί η εργασία των συμμετεχόντων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Το Διάγραμμα 5.1 παρουσιάζει την κατανομή των συμμετεχόντων ανά κατηγορία συχνότητας σωματικής δραστηριότητας στην εργασία τόσο στην ομάδα χαμηλής φυσικής κατάστασης όσο και σε αυτή της υψηλής φυσικής κατάστασης. Παρατηρείται ότι στην κατηγορία «ποτέ» καταγράφεται το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετεχόντων και στις 2 ομάδες φυσικής κατάστασης. Αντίστοιχα, σημαντική συγκέντρωση συμμετεχόντων παρατηρείται και στην κατηγορία «σπάνια». Στις τρεις κατηγορίες που αντιστοιχούν σε υψηλότερα επίπεδα σωματικής δραστηριότητας τα ποσοστά συμμετεχόντων μειώνονται αισθητά. Ωστόσο, παρατηρείται ότι οι συμμετέχοντες με υψηλή φυσική κατάσταση εμφανίζουν σχετικά μεγαλύτερη παρουσία στις κατηγορίες «συχνά» και «πολύ συχνά» σε σύγκριση με εκείνους με χαμηλή φυσική κατάσταση. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι οι **οδηγοί με καλύτερη φυσική κατάσταση ενδέχεται να απασχολούνται συχνότερα σε εργασίες που απαιτούν σωματική δραστηριότητα.**

Το αποτέλεσμα αυτό είναι συμβατό και με τα ευρήματα του στατιστικού μοντέλου, σύμφωνα με τα οποία μεταβλητές που σχετίζονται με τη σωματική δραστηριότητα παρουσιάζουν επίδραση στην οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων.



**Διάγραμμα 5.1:** Κατανομή συμμετεχόντων ανά κατηγορία συχνότητας σωματικής δραστηριότητας στην εργασία

### 5.2.2. Ποιότητα μοντέλου

Ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.2 έχει τιμή **0,606** 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_squared	Adj_R_squared	Std_Error
0,778 <sup>a</sup>	<b>0,606</b>	0,581	73,980

a. Predictors: (Constant), fitness, avg\_rpm, avg\_dirght, km\_highway, work, hours, fatigue, driver\_state

### 5.2.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Από την ανάλυση συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών που παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.3 και 5.4, η οποία πραγματοποιήθηκε με τη συσχέτιση **Spearman** για τις διακριτές μεταβλητές και με τη συσχέτιση **Pearson** για τις συνεχείς, **προκύπτει ότι δεν εμφανίζονται υψηλά επίπεδα συσχέτισης μεταξύ τους**, καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0,4.

**Πίνακας 5.3:** Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών

	fitness	km_highway	work	fatigue	driver_state
fitness	1	0,058	0,100	-0,195	0,208
km_highway	0,058	1	-0,029	-0,073	0,001
work	0,100	-0,029	1	0,012	0,240
fatigue	-0,195	-0,073	0,012	1	-0,167
driver_state	0,208	0,001	0,240	-0,167	1

**Πίνακας 5.4:** Συσχέτιση συνεχών μεταβλητών

	Std_HWay	avg_rpm	avg_dirght	hours
Std_HWay	1	0,199	-0,159	0,352
avg_rpm	0,199	1	0,104	-0,052
avg_dirght	-0,159	0,104	1	-0,080
hours	0,352	-0,052	-0,080	1

### 5.2.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Ο Πίνακας 5.5 παρουσιάζει βασικά **περιγραφικά χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών**, όπως τη συχνότητα εμφάνισης και τα ποσοστά που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή, καθώς και στο σύνολο των παρατηρήσεων.

Παράλληλα, το ίδιο παρουσιάζεται και στον Πίνακα 5.6 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα **χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών** όπως το πλήθος των τιμών, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση.

**Πίνακας 5.5: Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών**

<b>Fitness</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	78	56,5	56,5
	1	60	43,5	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Fatigue</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	54	39,1	39,1
	1	84	60,9	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Km_highway</b>					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Valid	0	87	63,0	63,0	
	1	39	28,3	91,3	
	2	6	4,3	4,3	95,7
	3	6	4,3	4,3	100,0
	4	0	0,0	0,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

<b>Work</b>					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Valid	0	60	43,5	43,5	
	1	42	30,4	30,4	73,9
	2	24	17,4	17,4	91,3
	3	9	6,5	6,5	97,8
	4	3	2,2	2,2	100,0
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>		

<b>Driver_State</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	0	0,0	0,0
	2	12	8,7	8,7
	3	15	10,9	10,9
	4	111	80,4	80,4
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 5.6: Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών**

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Deviation</b>
<b>Hours</b>	138	0	15	4,00	3,29
<b>avg_rpm</b>	138	1719	3775	2645	419
<b>avg_drigh</b>	138	4,57	7,26	5,92	0,70
Valid N (listwise)	138				

### 5.2.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας  $e$  για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.7, εκτιμάται ο βαθμός επίδρασής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Παράλληλα, υπολογίστηκε και η σχετική ελαστικότητα  $e^*$ , η οποία εκφράζει τη σχετική επιρροή των μεταβλητών σε σύγκριση με εκείνη που εμφανίζει τη μικρότερη επίδραση. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι για τις διακριτές μεταβλητές, τη μεγαλύτερη επιρροή στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα έχει η μεταβλητή που περιγράφει την κατάσταση σωματικής

κόπωσης του οδηγού στα περισσότερα του ατυχήματα, **με επίδραση 3,08 φορές μεγαλύτερη** από τη μεταβλητή που αφορά τη συχνότητα σωματικής δραστηριότητας που απαιτεί η εργασία του οδηγού, η οποία εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή. Ακολουθούν οι μεταβλητές που σχετίζονται με τα εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο και τις παρατηρούμενες διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση, οι οποίες επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή 1,60 και 1,49 φορές περισσότερο αντίστοιχα.

Για τις συνεχείς μεταβλητές παρατηρείται ότι ο μέσος όρος της απόστασης από τη δεξιά οριογραμμή του δρόμου επηρεάζει **366,15 φορές περισσότερο**, ενώ οι ώρες που ασχολείται ο συμμετέχων με αθλητική δραστηριότητα καθημερινά **165,12 φορές περισσότερο** από τον μέσο όρο των στροφών του κινητήρα ανά λεπτό.

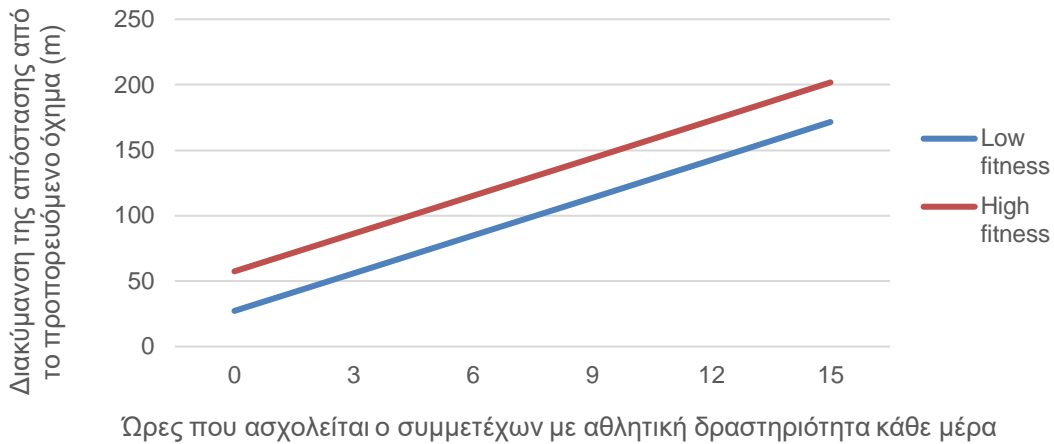
**Πίνακας 5.7:** Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*
Διακριτές	fitness	30,194	2,229	0,10	1,04
	km_highway	46,400	5,444	0,15	1,60
	work	29,018	4,442	<b>0,10</b>	1,00
	fatigue	-43,184	-3,212	-0,14	-1,49
	driver_state	-89,274	-8,087	-0,30	<b>-3,08</b>
Συνεχείς	avg_rpm	0,058	3,710	<b>-0,000002</b>	1,00
	avg_drigh	-21,332	-2,311	0,000707	<b>-366,15</b>
	hours	9,620	4,738	-0,000319	165,12

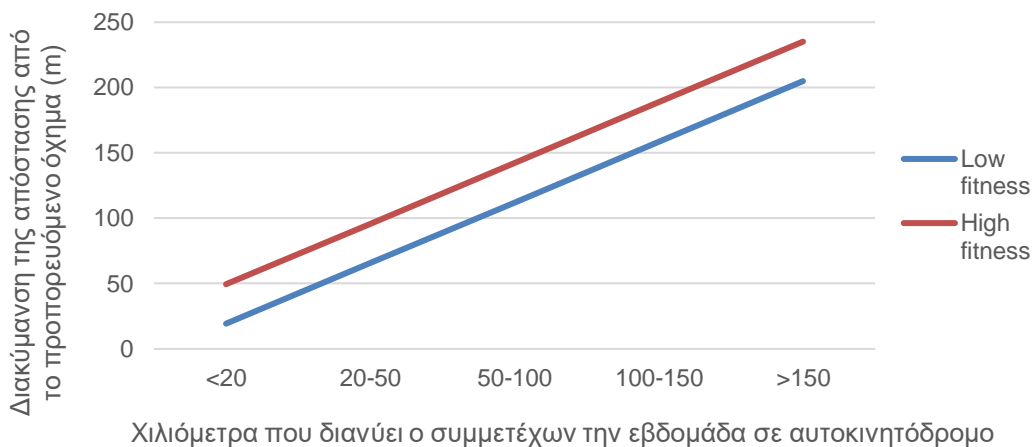
### 5.2.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα 5.2 και 5.3. Στο Διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται η επίδραση των ωρών που αφιερώνουν οι συμμετέχοντες καθημερινά σε αθλητικές δραστηριότητες στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα για οδηγούς υψηλής και χαμηλής φυσικής κατάστασης.

Στο διάγραμμα 5.3 γίνεται κατανοητή η επιρροή των χιλιομέτρων που διανύουν οι συμμετέχοντες εβδομαδιαία σε αυτοκινητόδρομο στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα για οδηγούς υψηλής και χαμηλής φυσικής κατάστασης (high fitness - low fitness).



**Διάγραμμα 5.2:** Επίδραση των ωρών που αφιερώνουν οι συμμετέχοντες σε αθλητικές δραστηριότητες στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα για high/low-fitness οδηγούς (avg\_rpm: 2645, avg\_drigh: 5,92, km\_highway: 1, work: 1, fatigue: 1, driver\_state: 4)



**Διάγραμμα 5.3:** Επιρροή των χιλιομέτρων που διανύουν οι συμμετέχοντες σε αυτοκινητόδρομο στη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα για high/low-fitness οδηγούς (avg\_rpm: 2645, avg\_drigh: 5,92, work: 1, hours: 4,00 (Average), fatigue: 1, driver\_state: 4)

Από τα διαγράμματα αυτά, παρατηρείται ότι τόσο η αύξηση των ωρών καθημερινής αθλητικής δραστηριότητας όσο και η αύξηση των εβδομαδιαίων χιλιομέτρων σε αυτοκινητόδρομο σχετίζονται με μεγαλύτερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Επιπλέον, οι **οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση εμφανίζουν σε όλες τις περιπτώσεις υψηλότερες τιμές διακύμανσης** σε σχέση με τους οδηγούς χαμηλής φυσικής κατάστασης, όπως έχει διαπιστωθεί και προηγουμένως.

### 5.3. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη λογαριθμική τιμή της μέσης ταχύτητας οδήγησης

#### 5.3.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο που περιγράφει τη λογαριθμική τιμή της μέσης ταχύτητας οδήγησης προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, μέσω της εφαρμογής γραμμικής παλινδρόμησης και μετά από σειρά δοκιμών. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισήχθη στο μοντέλο **σε λογαριθμική μορφή**, καθώς παρατηρήθηκε καλύτερη κατανομή των τιμών και περιορισμός της επίδρασης ακραίων παρατηρήσεων, γεγονός που βελτιώνει την ποιότητα του μοντέλου. **Η σχέση του μοντέλου διατυπώνεται ως εξής:**

$$\text{Log\_Avg\_Speed} = 4.175 + 0.059 * \text{fitness} - 0.070 * \text{nightdrive} - 0.021 * \text{avg\_TTC} - 0.113 * \text{avg\_wheel} + 0.019 * \text{avg\_brk} + 0.054 * \text{comfort\_night} + 0.032 * \text{work} + 0.100 * \text{gender}$$

όπου,

#### Εξαρτημένη μεταβλητή

**Log\_Avg\_Speed:** Λογαριθμική τιμή της μέσης ταχύτητας οδήγησης σε km/h  
(συνεχής μεταβλητή)

#### Ανεξάρτητες μεταβλητές

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

**nightdrive:** συνθήκες φωτισμού | ημέρα: 0, νύχτα: 1  
(διακριτή μεταβλητή)

**avg\_TTC:** μέσος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση σε ms  
(συνεχής μεταβλητή)

**avg\_wheel:** μέση γωνία περιστροφής του τιμονιού σε μοίρες  
(συνεχής μεταβλητή)

**avg\_brk:** μέσος όρος της θέσης του πεντάλ φρένου σε ποσοστό  
(συνεχής μεταβλητή)

**comfort\_night:** πόσο άνετα αισθάνεται ο οδηγός κατά τη νυχτερινή οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο | καθόλου: 0, λίγο: 1, αρκετά: 2, πολύ: 3, πάρα πολύ: 4  
(διακριτή μεταβλητή)

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

**gender:** φύλο συμμετέχοντα | γυναίκα: 1, άνδρας: 2  
(διακριτή μεταβλητή)

Στον Πίνακα 5.8, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το εξειδικευμένο λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Παρατηρείται ότι οι τιμές του t-test για όλες τις μεταβλητές υπερβαίνουν το 1,7, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του Sig. είναι μικρότερες από 0,05, γεγονός που υποδηλώνει **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%**. Παράλληλα, τα πρόσημα των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία όπως αναλύεται παρακάτω.

**Πίνακας 5.8:** Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου

Coefficients <sup>a</sup>				
Variable	Estimate	Std. Error	t value	Sig.
(Constant)	4,175	0,088	47,646	0,000**
fitness	0,059	0,027	2,205	0,029**
nightdrive	-0,070	0,028	-2,473	0,015**
avg_TTC	-0,021	0,003	-5,915	0,000**
avg_wheel	-0,113	0,027	-4,205	0,000**
avg_brk	0,019	0,009	2,178	0,031**
comfort_night	0,054	0,012	4,494	0,000**
work	0,032	0,013	2,449	0,016**
gender	0,100	0,029	3,452	0,001**

a. Dependent Variable: **Log\_Avg\_Speed**

\*\* Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

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

- Η φυσική κατάσταση ( $\beta = +0,059$ ) εμφανίζει **θετική συσχέτιση** με τη μέση ταχύτητα οδήγησης, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι οδηγοί με υψηλότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης τείνουν να κινούνται με ελαφρώς μεγαλύτερες ταχύτητες. Το εύρημα αυτό είναι **συμβατό και με τα αποτελέσματα του προηγούμενου μοντέλου**, όπου η φυσική κατάσταση συνδέθηκε με μεγαλύτερη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, υποδηλώνοντας μια πιο δυναμική οδηγική συμπεριφορά των οδηγών με καλύτερη φυσική κατάσταση.
- Οι συνθήκες φωτισμού ( $\beta = -0,070$ ) σχετίζονται αρνητικά με τη μέση ταχύτητα, καθώς **σε νυχτερινή οδήγηση οι οδηγοί τείνουν να μειώνουν την ταχύτητά**

τους, πιθανόν λόγω της μειωμένης ορατότητας και της αυξημένης προσοχής που απαιτείται.

- Η αύξηση του μέσου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση ( $\beta = -0,021$ ) σχετίζεται με **μικρότερη μέση ταχύτητα**. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να υποδηλώνει ότι οι οδηγοί που διατηρούν μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο πριν από μια πιθανή σύγκρουση τείνουν να **οδηγούν πιο προσεκτικά**. Το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται και με την έννοια της διατήρησης μεγαλύτερης απόστασης ασφαλείας και πιο συντηρητικής οδηγικής συμπεριφοράς.
- Η αύξηση της μέσης γωνίας περιστροφής του τιμονιού ( $\beta = -0,113$ ) σχετίζεται με χαμηλότερη μέση ταχύτητα, πιθανώς διότι **οι διορθώσεις στην πορεία του οχήματος συνοδεύονται από μείωση της ταχύτητας**, καθώς οι οδηγοί προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους για καλύτερο έλεγχο του οχήματος.
- Η μεγαλύτερη χρήση του πεντάλ φρένου ( $\beta = +0,019$ ) εμφανίζει θετική συσχέτιση με τη μέση ταχύτητα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι **σε υψηλότερες ταχύτητες οι οδηγοί πραγματοποιούν συχνότερες επιβραδύνσεις** για τη ρύθμιση της ταχύτητας και την προσαρμογή τους στις κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Η μεγαλύτερη αυτοαναφερόμενη άνεση κατά τη νυχτερινή οδήγηση ( $\beta = +0,054$ ) σχετίζεται με υψηλότερη μέση ταχύτητα. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι οι οδηγοί που αισθάνονται μεγαλύτερη εξοικείωση με τις συνθήκες νυχτερινής οδήγησης τείνουν να οδηγούν με **μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και συνεπώς να διατηρούν υψηλότερες ταχύτητες**.
- Η συχνότητα σωματικής δραστηριότητας που απαιτεί η εργασία του συμμετέχοντα ( $\beta = +0,032$ ) παρουσιάζει **θετική συσχέτιση** με τη μέση ταχύτητα οδήγησης. Το αποτέλεσμα αυτό είναι συνεπές με τη μεταβλητή «**fitness**», καθώς άτομα που έχουν συχνότερη σωματική δραστηριότητα στην καθημερινότητά τους ενδέχεται να εμφανίζουν υψηλότερα επίπεδα ενεργητικότητας. Παράλληλα, η μεταβλητή «work» είχε εμφανιστεί και στο προηγούμενο μοντέλο, επιβεβαιώνοντας ότι **παράγοντες που σχετίζονται με τη σωματική δραστηριότητα φαίνεται να επηρεάζουν γενικότερα την οδηγική συμπεριφορά**.
- Η μεταβλητή φύλου ( $\beta = +0,100$ ) παρουσιάζει θετική συσχέτιση με τη μέση ταχύτητα, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι **άνδρες οδηγοί τείνουν να οδηγούν με υψηλότερες μέσες ταχύτητες σε σχέση με τις γυναίκες**. Το αποτέλεσμα αυτό είναι συμβατό με ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, όπου συχνά παρατηρείται πιο δυναμική οδηγική συμπεριφορά στους άνδρες οδηγούς.

### 5.3.2. Ποιότητα μοντέλου

Ο **συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$**  του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.9 έχει τιμή **0,446** και είναι ο μεγαλύτερος από όλες τις δοκιμές που έγιναν. Αυτό δείχνει την ύπαρξη σχετικά ικανοποιητικής προσαρμογής του μοντέλου.

*Πίνακας 5.9: Ποιότητα μοντέλου*

R	R_squared	Adj_R_squared	Std_Error
0,668 <sup>a</sup>	<b>0,446</b>	0,411	0,148

a. Predictors: (Constant), fitness, nightdrive, avg\_TTC, avg\_wheel, avg\_brk, comfort\_night, work, gender

### 5.3.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Από την ανάλυση συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών που παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.10 και 5.11, η οποία πραγματοποιήθηκε με τη συσχέτιση **Spearman** για τις διακριτές μεταβλητές και με τη συσχέτιση **Pearson** για τις συνεχείς, **προκύπτει ότι δεν εμφανίζονται υψηλά επίπεδα συσχέτισης μεταξύ τους**, καθώς όλες οι τιμές είναι μικρότερες του 0,4.

*Πίνακας 5.10: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών*

	fitness	nightdrive	comfort_night	gender	work
fitness	1	0,000	0,076	-0,263	0,100
nightdrive	0,000	1	0,000	0,000	0,000
comfort_night	0,076	0,000	1	-0,277	-0,074
gender	-0,263	0,000	-0,277	1	-0,277
work	0,100	0,000	-0,074	-0,277	1

*Πίνακας 5.11: Συσχέτιση συνεχών μεταβλητών*

	Log_Avg_Speed	avg_TTC	avg_wheel	avg_brk
Log_Avg_Speed	1	-0,360	-0,310	0,219
avg_TTC	-0,360	1	-0,128	-0,205
avg_wheel	-0,310	-0,128	1	0,117
avg_brk	0,219	-0,205	0,117	1

## 5.3.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Ο Πίνακας 5.12 παρουσιάζει βασικά **περιγραφικά χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών**, όπως τη συχνότητα εμφάνισης και τα ποσοστά που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή, καθώς και στο σύνολο των παρατηρήσεων.

Παράλληλα, το ίδιο παρουσιάζεται και στον Πίνακα 5.13 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα **χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών** όπως το πλήθος των τιμών, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση.

**Πίνακας 5.12:** Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών

<b>Fitness</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	78	56,5	56,5
	1	60	43,5	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Nightdrive</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	92	66,7	66,7
	1	46	33,3	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Comfort_night</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	6	4,3	4,3
	1	12	8,7	13,0
	2	30	21,7	34,8
	3	42	30,4	65,2
	4	48	34,8	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Work</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	60	43,5	43,5
	1	42	30,4	73,9
	2	24	17,4	91,3
	3	9	6,5	97,8
	4	3	2,2	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Gender</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	69	50,0	50,0
	2	69	50,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 5.13:** Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. Deviation</b>
<b>avg_TTC</b>	138	3,12	22,81	11,78	3,74
<b>avg_wheel</b>	138	-0,88	4,45	-0,24	0,50
<b>avg_brk</b>	138	0,06	7,86	3,74	1,48
Valid N (listwise)	138				

### 5.3.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας  $e$  για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.14, εκτιμάται ο βαθμός επίδρασής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Παράλληλα, υπολογίστηκε και η σχετική ελαστικότητα  $e^*$ , η οποία εκφράζει τη σχετική επιρροή των μεταβλητών σε σύγκριση με εκείνη που εμφανίζει τη μικρότερη επίδραση. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι για τις διακριτές μεταβλητές, τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση ταχύτητα οδήγησης έχει το φύλο του οδηγού, **με επίδραση 3,12 φορές μεγαλύτερη** από τη μεταβλητή που αφορά τη συχνότητα σωματικής δραστηριότητας που απαιτεί η εργασία του οδηγού, η οποία εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή. Ακολουθούν οι μεταβλητές που σχετίζονται με τις συνθήκες φωτισμού και την ομάδα φυσικής κατάστασης του οδηγού, οι οποίες επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή 2,19 και 1,84 φορές περισσότερο αντίστοιχα.

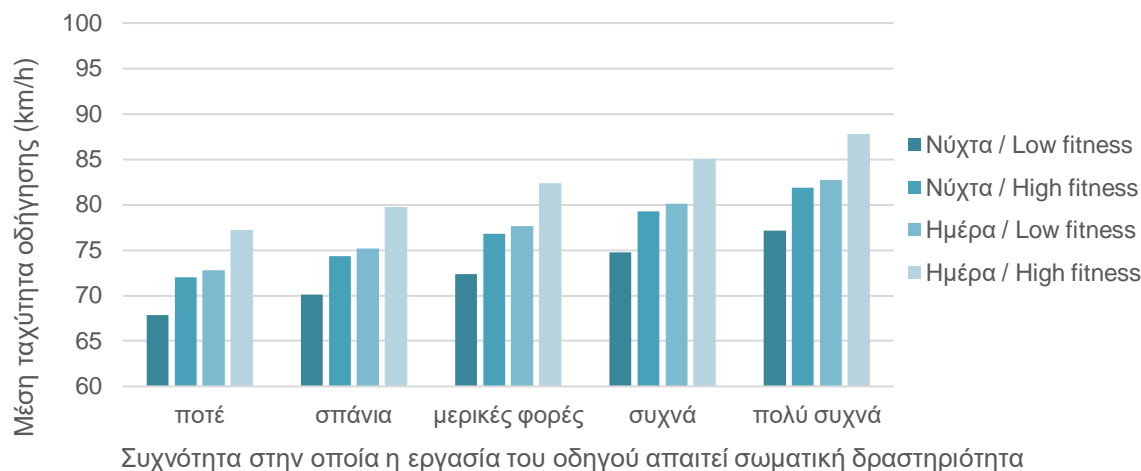
Για τις συνεχείς μεταβλητές παρατηρείται ότι η μέση γωνία περιστροφής του τιμονιού του οδηγού επηρεάζει **5,82 φορές περισσότερο**, ενώ ο μέσος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση μόλις **1,06 φορές περισσότερο** από τον μέσο όρο της θέσης του πεντάλ του φρένου.

*Πίνακας 5.14: Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών*

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		B	t	e	e*
Διακριτές	fitness	0,059	2,205	0,014	1,84
	nightdrive	-0,070	-2,473	-0,017	-2,19
	comfort_night	0,054	4,494	0,013	1,68
	work	0,032	2,449	<b>0,008</b>	1,00
	gender	0,100	3,452	0,024	<b>3,12</b>
Συνεχείς	avg_TTC	-0,021	-5,915	0,000049	-1,06
	avg_wheel	-0,113	-4,205	0,000272	<b>-5,82</b>
	avg_brk	0,019	2,178	<b>-0,000047</b>	1,00

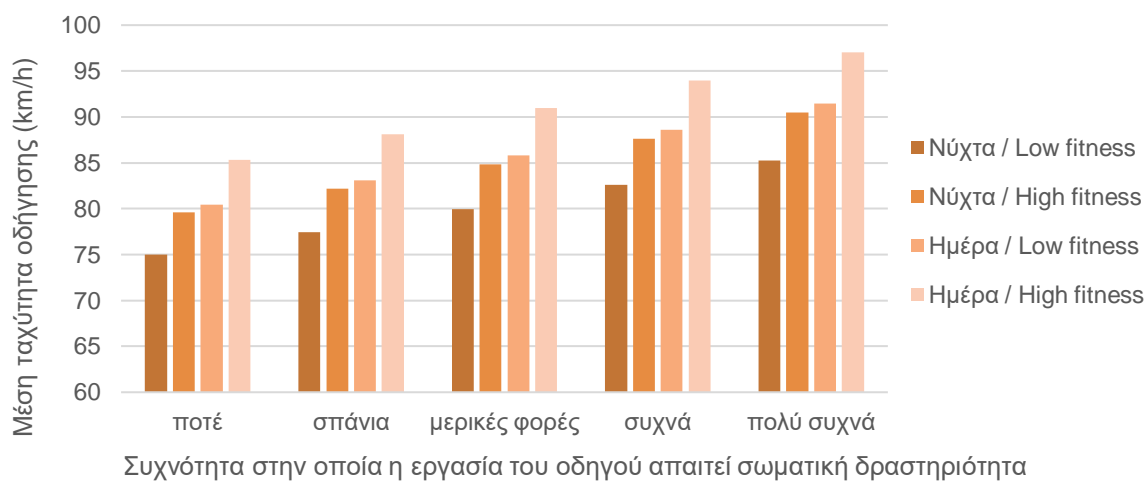
### 5.3.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα 5.4 και 5.5. Στο Διάγραμμα 5.4 παρουσιάζεται η επιρροή της συχνότητας σωματικής δραστηριότητας που απαιτείται στην εργασία του οδηγού στη μέση ταχύτητα οδήγησης για **άνδρες** οδηγούς υψηλής και χαμηλής φυσικής κατάστασης και συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



**Διάγραμμα 5.4:** Επιρροή της συχνότητας σωματικής δραστηριότητας που απαιτείται στην εργασία του οδηγού στη μέση ταχύτητα οδήγησης για high/low-fitness άνδρες οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο  
(avg\_TTC: 11,78, avg\_wheel: -0,24, avg\_brk: 3,74, comfort\_night: 3)

Στο Διάγραμμα 5.5 παρουσιάζεται η επιρροή της συχνότητας σωματικής δραστηριότητας που απαιτείται στην εργασία του οδηγού στη μέση ταχύτητα οδήγησης για **γυναίκες** οδηγούς υψηλής και χαμηλής φυσικής κατάστασης και συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



**Διάγραμμα 5.5:** Επιρροή της συχνότητας σωματικής δραστηριότητας που απαιτείται στην εργασία του οδηγού στη μέση ταχύτητα οδήγησης για high/low-fitness γυναίκες οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο  
(avg\_TTC: 11,78, avg\_wheel: -0,24, avg\_brk: 3,74, comfort\_night: 3)

---

Από τα διαγράμματα αυτά, παρατηρείται πως η αύξηση της συχνότητας σωματικής δραστηριότητας που απαιτείται στην εργασία σχετίζεται με υψηλότερες τιμές μέσης ταχύτητας οδήγησης. Παράλληλα, οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση εμφανίζουν σε όλες τις κατηγορίες ελαφρώς μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με τους οδηγούς χαμηλής φυσικής κατάστασης. Επιπλέον, η μέση ταχύτητα εμφανίζεται γενικά υψηλότερη στις συνθήκες ημερήσιας οδήγησης σε σύγκριση με τη νυχτερινή. Τέλος, παρατηρείται ότι οι άνδρες οδηγοί κινούνται με ελαφρώς μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με τις γυναίκες οδηγούς.

## 5.4. Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για τη λογαριθμική τιμή του μέσου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση

### 5.4.1. Μαθηματικό μοντέλο και στατιστική σημαντικότητα

Το γραμμικό μοντέλο που περιγράφει τη λογαριθμική τιμή του μέσου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, μέσω της εφαρμογής γραμμικής παλινδρόμησης και μετά από σειρά δοκιμών. Η εξαρτημένη μεταβλητή εισήχθη στο μοντέλο **σε λογαριθμική μορφή**, καθώς παρατηρήθηκε καλύτερη κατανομή των τιμών και περιορισμός της επίδρασης ακραίων παρατηρήσεων, γεγονός που βελτιώνει την ποιότητα του μοντέλου. **Η σχέση του μοντέλου διατυπώνεται ως εξής:**

$$\text{Log\_Avg\_TTC} = 2.660 + 0.140 * \text{fitness} - 0.321 * \text{traffic} - 0.211 * \text{nightdrive} - 0.008 * \text{avg\_speed} - 0.141 * \text{avg\_wheel} + 0.048 * \text{comfort\_night} + 0.059 * \text{walk} + 0.096 * \text{emergency}$$

όπου,

#### Εξαρτημένη μεταβλητή

**Log\_Avg\_TTC:** Λογαριθμική τιμή του μέσου χρόνου μέχρι τη σύγκρουση σε ms  
(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)

**nightdrive:** συνθήκες φωτισμού | ημέρα: 0, νύχτα: 1  
(διακριτή μεταβλητή)

**avg\_speed:** μέση ταχύτητα οδήγησης σε km/h  
(συνεχής μεταβλητή)

**avg\_wheel:** μέση γωνία περιστροφής του τιμονιού σε μοίρες  
(συνεχής μεταβλητή)

**comfort\_night:** πόσο άνετα αισθάνεται ο οδηγός κατά τη νυχτερινή οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο | καθόλου: 0, λίγο: 1, αρκετά: 2, πολύ: 3, πάρα πολύ: 4  
(διακριτή μεταβλητή)

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

**emergency:** η φυσική κατάσταση επηρεάζει τον τρόπο αντιμετώπισης επικίνδυνων καταστάσεων στην οδήγηση | Ναι, αισθάνομαι πιο έτοιμος να αντιδράσω: 1, Ναι, αλλά μόνο σε μικρό βαθμό: 2, Όχι, δεν παρατηρώ διαφορά: 3, Όχι, πιστεύω ότι άλλοι παράγοντες είναι πιο σημαντικοί: 4  
(διακριτή μεταβλητή)

Στον Πίνακα 5.15, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το εξειδικευμένο λογισμικό για τις μεταβλητές του μοντέλου. Παρατηρείται ότι οι τιμές του t-test για όλες τις μεταβλητές υπερβαίνουν το 1,7, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του Sig. είναι μικρότερες από 0,05, γεγονός που υποδηλώνει **επίπεδο εμπιστοσύνης 95%**. Παράλληλα, τα πρόσημα των συντελεστών της γραμμικής παλινδρόμησης παρουσιάζουν λογική ερμηνεία όπως αναλύεται παρακάτω.

**Πίνακας 5.15: Στοιχεία των μεταβλητών του μοντέλου**

Coefficients <sup>a</sup>				
Variable	Estimate	Std. Error	t value	Sig.
(Constant)	2,660	0,197	13,500	0,000**
fitness	0,140	0,056	2,522	0,013**
traffic	-0,321	0,061	-5,256	0,000**
nightdrive	-0,211	0,060	-3,487	0,001**
avg_speed	-0,008	0,002	-4,625	0,000**
avg_wheel	-0,141	0,052	-2,728	0,007**
comfort_night	0,048	0,023	2,062	0,041**
walk	0,059	0,025	2,362	0,020**
emergency	0,096	0,035	2,729	0,007**

a. Dependent Variable: **Log\_Avg\_TTC**

\*\* Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

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

- Η φυσική κατάσταση ( $\beta = +0,140$ ) εμφανίζει **θετική επίδραση** στον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι οδηγοί με υψηλότερο επίπεδο φυσικής κατάστασης τείνουν να διατηρούν μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο πριν από πιθανή σύγκρουση. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να συνδέεται με **αυξημένα επίπεδα εγρήγορσης και καλύτερη ικανότητα αντίδρασης** κατά την οδήγηση.

- Η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου ( $\beta = -0,321$ ) σχετίζεται με **μείωση του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση**. Το εύρημα αυτό είναι αναμενόμενο και επιβεβαιώνεται από την βιβλιογραφία, καθώς σε συνθήκες υψηλής κυκλοφορίας σε αυτοκινητόδρομο, οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων μειώνονται και συνεπώς **περιορίζεται το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο αντίδρασης**.
- Η νυχτερινή οδήγηση ( $\beta = -0,211$ ) εμφανίζει **αρνητική επίδραση** στον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που υποδηλώνει μικρότερο διαθέσιμο χρόνο αντίδρασης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να σχετίζεται με τη **μειωμένη ορατότητα** που επικρατεί κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο μοντέλο.
- Η αύξηση της μέσης ταχύτητας ( $\beta = -0,008$ ) σχετίζεται με μικρότερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση. Το εύρημα αυτό είναι συμβατό με τη θεωρία της οδικής ασφάλειας, καθώς **σε υψηλότερες ταχύτητες μειώνεται το χρονικό περιθώριο αντίδρασης του οδηγού**.
- Η μεγαλύτερη γωνία περιστροφής του τιμονιού ( $\beta = -0,141$ ) σχετίζεται με **μικρότερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση**. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να υποδηλώνει ότι συχνότερες διορθώσεις στην πορεία του οχήματος εμφανίζονται σε πιο απαιτητικές οδηγικές συνθήκες, όπως σε υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο (συμβατό και με την αρνητική επίδραση της μεταβλητής «traffic»), όπου **το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο αντίδρασης είναι μικρότερο**.
- Η μεγαλύτερη αυτοαναφερόμενη άνεση κατά τη νυχτερινή οδήγηση ( $\beta = +0,048$ ) σχετίζεται με αύξηση του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση. Το αποτέλεσμα αυτό ενδέχεται να υποδηλώνει ότι **οι οδηγοί που αισθάνονται πιο εξοικειωμένοι με τη νυχτερινή οδήγηση διατηρούν ευκολότερα μεγαλύτερη απόσταση επομένως και χρονικό περιθώριο αντίδρασης**.
- Η μεγαλύτερη καθημερινή φυσική δραστηριότητα (περπάτημα ή ποδήλατο) ( $\beta = +0,059$ ) σχετίζεται με αύξηση του χρόνου μέχρι τη σύγκρουση. Το εύρημα αυτό είναι συνεπές με την **επίδραση της φυσικής κατάστασης**, καθώς τα άτομα με πιο ενεργό τρόπο ζωής ενδέχεται να εμφανίζουν **μεγαλύτερη ετοιμότητα και προσαρμοστικότητα κατά την οδήγηση**.
- Η μεταβλητή που αφορά την αντίληψη των οδηγών σχετικά με την επίδραση της φυσικής κατάστασης στην αντιμετώπιση επικίνδυνων καταστάσεων ( $\beta = +0,096$ ) εμφανίζει **θετική συσχέτιση** με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση. Είναι πιθανό οι οδηγοί που θεωρούν ότι μπορούν να αντιδράσουν αποτελεσματικότερα (χαμηλότερα στην κλίμακα κωδικοποίησης) να υιοθετούν **πιο δυναμικό τρόπο οδήγησης, διατηρώντας μικρότερες αποστάσεις από τα οχήματα**, οδηγώντας σε μικρότερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση. Ωστόσο, **το αποτέλεσμα αυτό θα πρέπει να ερμηνευθεί με προσοχή**, καθώς η μεταβλητή βασίζεται σε αυτοαναφερόμενη εκτίμηση των οδηγών και δεν αποτυπώνει απαραίτητα την πραγματική ικανότητα αντίδρασης τους σε επικίνδυνες καταστάσεις.

Συνολικά, τα αποτελέσματα του μοντέλου δείχνουν ότι ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση επηρεάζεται τόσο από τις κυκλοφοριακές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς όσο και από παράγοντες που σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση των οδηγών. Τα ευρήματα του μοντέλου **υπογραμμίζουν τη σημασία της φυσικής κατάστασης** ως παράγοντα που μπορεί να συμβάλει στη **βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς και κατ' επέκταση της οδικής ασφάλειας**.

#### 5.4.2. Ποιότητα μοντέλου

Ο **συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$**  του μοντέλου βάσει του Πίνακα 5.16 έχει τιμή **0,393** και είναι ο μεγαλύτερος από όλες τις δοκιμές που έγιναν. Αυτό δείχνει την ύπαρξη σχετικά καλής προσαρμογής του μοντέλου.

**Πίνακας 5.16: Ποιότητα μοντέλου**

R	R_squared	Adj_R_squared	Std_Error
0,627 <sup>a</sup>	<b>0,393</b>	0,355	0,280

a. Predictors: (Constant), fitness, traffic, nightdrive, avg\_speed, avg\_wheel, comfort\_night, walk, emergency

#### 5.4.3. Συσχέτιση μεταβλητών

Από την ανάλυση συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών που παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.17 και 5.18, η οποία πραγματοποιήθηκε με τη συσχέτιση **Spearman** για τις διακριτές μεταβλητές και με τη συσχέτιση **Pearson** για τις συνεχείς, **προκύπτει ότι δεν εμφανίζονται υψηλά επίπεδα συσχέτισης μεταξύ τους**. Οι περισσότερες τιμές είναι σχετικά χαμηλές (<0,4), ενώ σε μία περίπτωση εμφανίζεται μέτρια συσχέτιση (0,5), γεγονός που πιθανόν σχετίζεται με τον τρόπο διαμόρφωσης των σεναρίων οδήγησης.

**Πίνακας 5.17: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών**

	fitness	traffic	nightdrive	comfort_night	walk	emergency
fitness	1	0,000	0,000	0,076	-0,363	-0,312
traffic	0,000	1	-0,500	0,000	0,000	0,000
nightdrive	0,000	-0,500	1	0,000	0,000	0,000
comfort_night	0,076	0,000	0,000	1	-0,309	-0,109
walk	-0,363	0,000	0,000	-0,309	1	-0,013
emergency	-0,312	0,000	0,000	-0,109	-0,013	1

**Πίνακας 5.18:** Συσχέτιση συνεχών μεταβλητών

	Log_Avg_TTC	avg_speed	avg_wheel
Log_Avg_TTC	1	-0,373	-0,113
avg_speed	-0,373	1	-0,268
avg_wheel	-0,113	-0,268	1

#### 5.4.4. Περιγραφική στατιστική μεταβλητών

Ο Πίνακας 5.19 παρουσιάζει βασικά **περιγραφικά χαρακτηριστικά των διακριτών μεταβλητών**, όπως τη συχνότητα εμφάνισης και τα ποσοστά που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή, καθώς και στο σύνολο των παρατηρήσεων.

Παράλληλα, το ίδιο παρουσιάζεται και στον Πίνακα 5.20 ο οποίος παρουσιάζει τα αντίστοιχα **χαρακτηριστικά των συνεχών μεταβλητών** όπως το πλήθος των τιμών, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση.

**Πίνακας 5.19:** Περιγραφική στατιστική των διακριτών μεταβλητών

<b>Fitness</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	78	56,5	56,5
	1	60	43,5	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Nightdrive</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	92	66,7	66,7
	1	46	33,3	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Comfort_night</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	6	4,3	4,3
	1	12	8,7	13,0
	2	30	21,7	34,8
	3	42	30,4	65,2
	4	48	34,8	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Walk</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	18	13,0	13,0
	1	30	21,7	34,8
	2	60	43,5	78,3
	3	15	10,9	89,1
	4	15	10,9	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Traffic</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	92	66,7	66,7
	1	46	33,3	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

<b>Emergency</b>				
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	15	10,9	10,9
	2	51	37,0	47,8
	3	66	47,8	95,7
	4	6	4,3	100,0
	<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 5.20:** Περιγραφική στατιστική των συνεχών μεταβλητών

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
avg_speed	138	47,6	116,9	80,2	15,5
avg_wheel	138	-0,88	4,45	-0,24	0,50
Valid N (listwise)	138				

#### 5.4.5. Βαθμός επιρροής μεταβλητών

Με τον υπολογισμό της ελαστικότητας  $e$  για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, οι τιμές της οποίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.21, εκτιμάται ο βαθμός επίδρασής τους στην εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου. Παράλληλα, υπολογίστηκε και η σχετική ελαστικότητα  $e^*$ , η οποία εκφράζει τη σχετική επιρροή των μεταβλητών σε σύγκριση με εκείνη που εμφανίζει τη μικρότερη επίδραση. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι για τις διακριτές μεταβλητές, τη μεγαλύτερη επιρροή στον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση έχει ο κυκλοφοριακός φόρτος, **με επίδραση 6,74 φορές μεγαλύτερη** από τη μεταβλητή που εκφράζει την αυτοαναφερόμενη άνεση του οδηγού κατά τη νυχτερινή οδήγηση, η οποία εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή. Ακολουθούν οι μεταβλητές που σχετίζονται με τις συνθήκες φωτισμού και την ομάδα φυσικής κατάστασης του οδηγού, οι οποίες επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή 4,43 και 2,94 φορές περισσότερο αντίστοιχα.

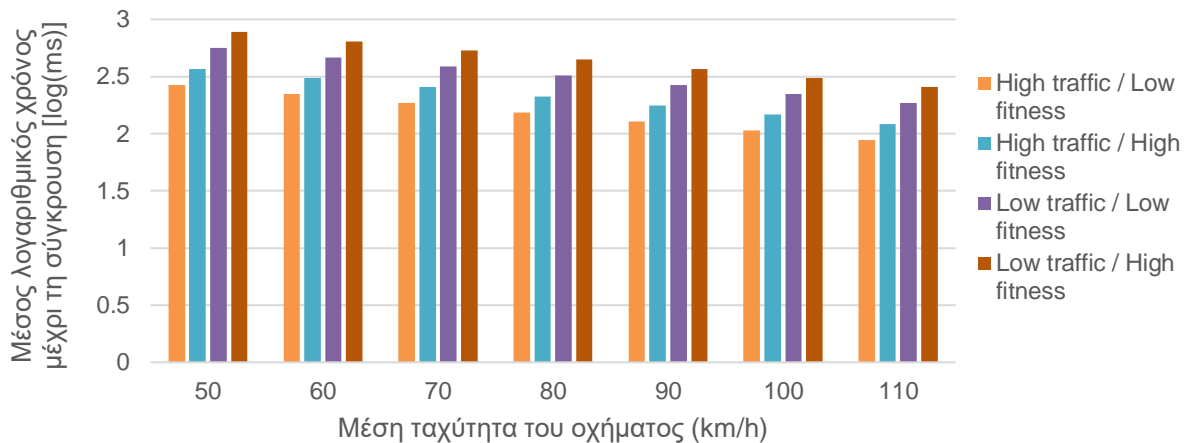
Για τις συνεχείς μεταβλητές παρατηρείται ότι η μέση γωνία περιστροφής του τιμονιού του οδηγού επηρεάζει **17,56 φορές περισσότερο** από την μέση ταχύτητα οδήγησης.

**Πίνακας 5.21:** Ελαστικότητα ανεξάρτητων μεταβλητών

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	B	t	e	e*	
Διακριτές	fitness	0,140	2,522	0,055	2,94
	traffic	-0,321	-5,256	-0,125	<b>-6,74</b>
	nightdrive	-0,211	-3,487	-0,082	-4,43
	comfort_night	0,048	2,062	<b>0,019</b>	1,00
	walk	0,059	2,362	0,023	1,23
	emergency	0,096	2,729	-0,037	-2,01
Συνεχείς	avg_speed	-0,008	-4,625	<b>0,000031</b>	1,00
	avg_wheel	-0,141	-2,728	0,000551	<b>17,56</b>

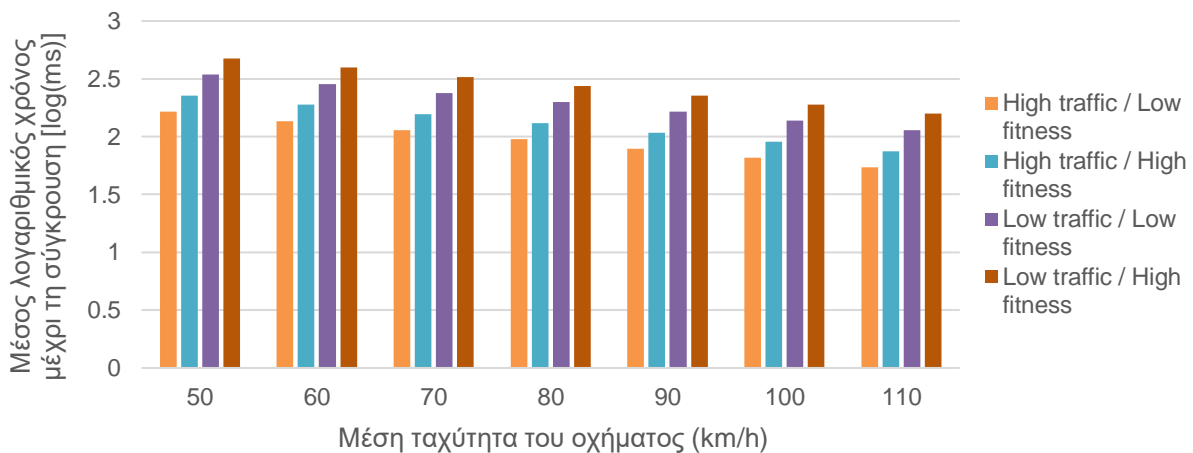
### 5.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Για την ανάλυση ευαισθησίας δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα 5.6 και 5.7. Στο Διάγραμμα 5.6 παρουσιάζεται η επιρροή της μέσης ταχύτητας του οχήματος στον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (λογάριθμος) **την ημέρα** για οδηγούς υψηλής και χαμηλής φυσικής κατάστασης και συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



**Διάγραμμα 5.6:** Επιρροή της μέσης ταχύτητας του οχήματος στον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση την ημέρα για high/low-fitness οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο (avg\_wheel: -0,24 (Average), comfort\_night: 3, walk: 2, emergency: 2)

Στο Διάγραμμα 5.7 παρουσιάζεται η επιρροή της μέσης ταχύτητας του οχήματος στον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση (λογάριθμος) **τη νύχτα** για οδηγούς υψηλής και χαμηλής φυσικής κατάστασης και συνθήκες χαμηλού και υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.



**Διάγραμμα 5.7:** Επιρροή της μέσης ταχύτητας του οχήματος στον μέσο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση τη νύχτα για high/low-fitness οδηγούς και χαμηλό/υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο (avg\_wheel: -0,24 (Average), comfort\_night: 3, walk: 2, emergency: 2)

---

Από τα παραπάνω διαγράμματα, παρατηρείται ότι **όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα του οχήματος, ο μέσος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση τείνει να μειώνεται**. Το εύρημα αυτό εμφανίζεται τόσο στις συνθήκες ημερήσιας όσο και νυχτερινής οδήγησης. Παράλληλα, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις οι οδηγοί με υψηλή φυσική κατάσταση παρουσιάζουν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές χρόνου μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που ενδέχεται να υποδηλώνει μεγαλύτερο περιθώριο αντίδρασης και καλύτερη προσαρμογή στις κυκλοφοριακές συνθήκες σε σύγκριση με τους οδηγούς με χαμηλή φυσική κατάσταση. Επιπλέον, ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση εμφανίζεται γενικά υψηλότερος σε συνθήκες χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου σε σύγκριση με συνθήκες υψηλού φόρτου.

Συνολικά, η ταχύτητα και οι κυκλοφοριακές συνθήκες φαίνεται να επηρεάζουν τον χρόνο αντίδρασης του οδηγού, με **διαφοροποιήσεις να παρατηρούνται και μεταξύ οδηγών διαφορετικού επιπέδου φυσικής κατάστασης**.



---

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1. Σύνοψη αποτελεσμάτων

**Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας** είναι η μελέτη της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδική ασφάλεια συμπεριφοράς του οδηγού, στο περιβάλλον οδήγησης αυτοκινητόδρομου. Για τον σκοπό αυτό, αξιοποιείται προσομοιωτής οδήγησης, μέσω του οποίου καταγράφεται και εξετάζεται η συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών επιπέδων φυσικής κατάστασης και βασικών δεικτών οδηγικής απόδοσης, με στόχο την ανάδειξη ενδεχόμενων διαφορών στη συμπεριφορά των οδηγών ανάλογα με τη φυσική τους ικανότητα.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε **προσομοιωτή οδήγησης**, με τη συμμετοχή 46 νεαρών οδηγών ηλικίας 19 έως 27 ετών. Κατά τη διάρκεια των σεναρίων οδήγησης συλλέχθηκαν λεπτομερή δεδομένα οδικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων, ενώ παράλληλα καταγράφηκαν τα ατομικά τους χαρακτηριστικά μέσω ερωτηματολογίων. Κάθε οδηγός ολοκλήρωσε τρία διαφορετικά σενάρια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο, τα οποία αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες: μέρα με χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και νύχτα με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν οργανώθηκαν και επεξεργάστηκαν κατάλληλα, με τη δημιουργία βάσεων δεδομένων και ενός συγκεντρωτικού τελικού πίνακα αναφοράς για περαιτέρω ανάλυση. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της **γλώσσας προγραμματισμού R** και περιλάμβανε κυρίως γραμμική λογιστική παλινδρόμηση με στόχο την πρόβλεψη χαρακτηριστικών της οδηγικής συμπεριφοράς και της πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα. Μετά από εκτενή έλεγχο και δοκιμές των μεταβλητών, ώστε τα μοντέλα να πληρούν τα απαιτούμενα κριτήρια αξιοπιστίας και εγκυρότητας, προέκυψαν μοντέλα που αφορούν τη διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και τον χρόνο έως τη σύγκρουση.

Η **συνοπτική παρουσίαση των μαθηματικών μοντέλων** που ακολουθεί επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία συνεισφέρουν ουσιαστικά στην επίτευξη του στόχου της παρούσας εργασίας. Τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 6.1 ο οποίος περιλαμβάνει επίσης και τις τιμές της ελαστικότητας για την εκτίμηση της σχετικής επιρροής των εξεταζόμενων μεταβλητών.

**Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικός πίνακας μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης**

Ανεξάρτητες Μεταβλητές		Διακύμανση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα				Μέση ταχύτητα οδήγησης (Λογαριθμική)				Χρόνος έως τη σύγκρουση (Λογαριθμικός)			
		B	t	e	e*	B	t	e	e*	B	t	e	e*
Διακριτές	Ομάδα φυσικής κατάστασης	30,194	2,229	0,10	1,04	0,059	2,205	0,014	1,84	0,140	2,522	0,055	2,94
	Κυκλοφοριακός φόρτος									-0,321	-5,256	-0,125	<b>-6,74</b>
	Συνθήκες φωτισμού					-0,070	-2,473	-0,017	-2,19	-0,211	-3,487	-0,082	-4,43
	Εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο	46,400	5,444	0,15	1,60								
	Ηεργασία του οδηγού απαιτεί σωματική δραστηριότητα	29,018	4,442	<b>0,10</b>	1,00	0,032	2,449	<b>0,008</b>	1,00				
	Διαφορές στην οδήγηση με σωματική κόπωση	-43,184	-3,212	-0,14	-1,49								
	Επίπεδο σωματικής κόπωσης οδηγού κατά το ατύχημα	-89,274	-8,087	-0,30	<b>-3,08</b>								
	Άνεση κατά την οδήγηση τη νύχτα σε αυτοκινητόδρομο					0,054	4,494	0,013	1,68	0,048	2,062	<b>0,019</b>	1,00
	Φύλο του οδηγού					0,100	3,452	0,024	<b>3,12</b>				
	Λεπτά που ο οδηγός περπατάει ή κάνει ποδήλατο καθημερινά									0,059	2,362	0,023	1,23
Η φυσική κατάσταση επηρεάζει την οδήγηση σε επικίνδυνες συνθήκες									0,096	2,729	-0,037	-2,01	
Συνεχείς	Στροφές του κινητήρα	0,058	3,710	<b>-0,000002</b>	1,00								
	Απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή του δρόμου	-21,332	-2,311	0,000707	<b>-366,15</b>								
	Ωρες ενασχόλησης του οδηγού με αθλητική δραστηριότητα	9,620	4,738	-0,000319	165,12								
	Χρόνος μέχρι τη σύγκρουση					-0,021	-5,915	0,000049	-1,06				
	Θέση τιμονιού σε μοίρες					-0,113	-4,205	0,000272	<b>-5,82</b>	-0,141	-2,728	0,000551	<b>17,56</b>
	Θέση πεντάλ φρένου σε ποσοστό					0,019	2,178	<b>-0,000047</b>	1,00				
	Μέση ταχύτητα σε χλμ/ώρα									-0,008	-4,625	<b>0,000031</b>	1,00
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,606</b>				<b>0,446</b>				<b>0,393</b>				

---

## 6.2. Συνολικά αποτελέσματα

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, καθώς και τη σύνοψη των μαθηματικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν, στην ενότητα αυτή διατυπώνονται τα **βασικά συμπεράσματα** της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

- Οι οδηγοί με υψηλότερη φυσική κατάσταση φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα στην οδήγηση, καθώς μεταβάλλουν περισσότερο την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Η μεγαλύτερη αυτή διακύμανση μπορεί να ερμηνευθεί ως **ένδειξη ευέλικτης και ενεργητικής προσαρμογής της απόστασης ασφαλείας** ανάλογα με τις συνθήκες κυκλοφορίας. Το εύρημα αυτό ενισχύεται και από την παρουσία μεταβλητών σχετικών με τη σωματική δραστηριότητα, όπως οι ώρες άσκησης και η σωματική δραστηριότητα στην εργασία.
- Η φυσική κατάσταση σχετίζεται με μεγαλύτερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από το ότι η καλύτερη φυσική κατάσταση συνδέεται με υψηλότερα επίπεδα **συγκέντρωσης και γνωστικής λειτουργίας**, στοιχεία που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία επηρεάζουν θετικά την οδηγική απόδοση.
- Η αύξηση της ταχύτητας **μειώνει** γενικά τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, γεγονός που επιβεβαιώνει τη βασική αρχή της οδικής ασφάλειας ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα τόσο μικρότερος είναι ο διαθέσιμος χρόνος μέχρι τη σύγκρουση.
- Οι οδηγοί με καλύτερη φυσική κατάσταση τείνουν να κινούνται με ελαφρώς υψηλότερες ταχύτητες, στοιχείο που υποδηλώνει πιο ενεργητική οδηγική συμπεριφορά. Ωστόσο, το γεγονός ότι οι ίδιοι οδηγοί εμφανίζουν και μεγαλύτερο χρόνο μέχρι τη σύγκρουση δείχνει ότι η υψηλότερη ταχύτητα στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν συνοδεύεται απαραίτητα από χαμηλότερο επίπεδο ασφάλειας, καθώς φαίνεται να συνδυάζεται με **καλύτερη διαχείριση της απόστασης** από τα προπορευόμενα οχήματα και μεγαλύτερο περιθώριο αντίδρασης. Η παρατήρηση αυτή ενισχύει την υπόθεση ότι η καλύτερη φυσική κατάσταση μπορεί να σχετίζεται με **αυξημένη εγρήγορση και αποτελεσματικότερη προσαρμογή** στις κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Παράγοντες που σχετίζονται με τη **σωματική δραστηριότητα** της καθημερινότητας, όπως η άσκηση, η φυσική δραστηριότητα στην εργασία και το περπάτημα ή ποδήλατο, εμφανίζουν επίσης θετική επίδραση σε δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς. Η θετική αυτή επίδραση, υποδηλώνει ότι ένας πιο ενεργός τρόπος ζωής ενδέχεται να συνδέεται με **αυξημένη οδηγική ετοιμότητα** και προσαρμοστικότητα στις κυκλοφοριακές συνθήκες. Το εύρημα αυτό ενισχύει τη

συνολική υπόθεση της εργασίας ότι η φυσική κατάσταση και γενικότερα η σωματική δραστηριότητα μπορούν να **επηρεάζουν θετικά τη συμπεριφορά ασφάλειας των οδηγών.**

- Η σωματική κόπωση φαίνεται να επηρεάζει **αρνητικά** την οδηγική προσαρμοστικότητα, καθώς συνδέεται με μικρότερη μεταβολή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Αυτό πιθανόν οφείλεται στο ότι η κόπωση περιορίζει την ικανότητα συγκέντρωσης και την ταχύτητα αντίδρασης του οδηγού, οδηγώντας σε **πιο στατική και λιγότερο ευέλικτη οδηγική συμπεριφορά.**
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση, καθώς σε συνθήκες υψηλής κυκλοφορίας μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων. Ως αποτέλεσμα, περιορίζεται το διαθέσιμο χρονικό περιθώριο αντίδρασης των οδηγών, γεγονός που **καθιστά την οδήγηση πιο απαιτητική.**
- Ορισμένες συνεχείς μεταβλητές, όπως ο μέσος αριθμός στροφών του κινητήρα ή η θέση του πεντάλ φρένου, παρουσιάζουν **σχετικά περιορισμένη επίδραση** σε σχέση με άλλους παράγοντες, όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, η ταχύτητα ή η φυσική κατάσταση του οδηγού. Το γεγονός αυτό ίσως υποδηλώνει ότι τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της οδήγησης ενδέχεται να επηρεάζονται περισσότερο από τις άμεσες κυκλοφοριακές συνθήκες παρά από τα ατομικά χαρακτηριστικά οδήγησης των οδηγών.
- Οι συνθήκες νυχτερινής οδήγησης επηρεάζουν σημαντικά την οδηγική συμπεριφορά, καθώς η **μειωμένη ορατότητα** περιορίζει την ικανότητα των οδηγών να αντιλαμβάνονται έγκαιρα τα εμπόδια και τις κινήσεις των άλλων οχημάτων. Για τον λόγο αυτό παρατηρείται γενικά **μείωση της μέσης ταχύτητας, αλλά και μικρότερο χρονικό περιθώριο αντίδρασης.**
- Παράλληλα, η αυτοαναφερόμενη άνεση κατά τη νυχτερινή οδήγηση εμφανίζει θετική σχέση τόσο με τη μέση ταχύτητα όσο και με τον χρόνο μέχρι τη σύγκρουση. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι, παρότι οι οδηγοί γενικά τείνουν να μειώνουν την ταχύτητά τους τη νύχτα, όσοι αισθάνονται μεγαλύτερη εξοικείωση και αυτοπεποίθηση σε αυτές τις συνθήκες τείνουν να διατηρούν υψηλότερες ταχύτητες και ενδέχεται να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα την οδήγηση κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι **η υποκειμενική αίσθηση άνεσης του οδηγού μπορεί να διαφοροποιεί τη συμπεριφορά του** ακόμη και υπό τις ίδιες εξωτερικές συνθήκες οδήγησης.

- 
- Η εμπειρία οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο επηρεάζει επίσης τη συμπεριφορά των οδηγών, καθώς τα περισσότερα εβδομαδιαία χιλιόμετρα σε αυτοκινητόδρομο σχετίζονται με μεγαλύτερη προσαρμογή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι πιο **έμπειροι οδηγοί είναι περισσότερο εξοικειωμένοι** με τη δυναμική της κυκλοφορίας και προσαρμόζουν καλύτερα την απόσταση ασφαλείας.

### 6.3. Προτάσεις για βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας ανέδειξαν ότι η φυσική κατάσταση και γενικότερα το επίπεδο σωματικής δραστηριότητας των οδηγών συνδέονται με βασικούς δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς, όπως η προσαρμογή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα, η μέση ταχύτητα και ο χρόνος μέχρι τη σύγκρουση. Με βάση τα ευρήματα αυτά, μπορούν να διατυπωθούν ορισμένες **προτάσεις** που ενδέχεται να συμβάλουν στη **βελτίωση της οδικής συμπεριφοράς ασφαλείας**.

Αρχικά, κρίνεται σκόπιμη η ενίσχυση της σύνδεσης μεταξύ φυσικής κατάστασης και οδικής ασφάλειας στο πλαίσιο της εκπαίδευσης των οδηγών. Η ενσωμάτωση σύντομων ενημερωτικών ενοτήτων στη **θεωρητική εκπαίδευση των σχολών οδηγών** σχετικά με τη σημασία της φυσικής κατάστασης, της εγρήγορσης και της σωματικής ετοιμότητας θα μπορούσε να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την οδηγική απόδοση.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η σωματική κόπωση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την προσαρμοστικότητα της οδηγικής συμπεριφοράς. Για τον λόγο αυτό, θα μπορούσε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση σε **δράσεις ενημέρωσης** των οδηγών **σχετικά με τις επιπτώσεις της κόπωσης** κατά την οδήγηση, αντίστοιχες με τις εκστρατείες ενημέρωσης που εφαρμόζονται για άλλους παράγοντες κινδύνου, όπως η κατανάλωση αλκοόλ. Ιδιαίτερα, σε περιπτώσεις μεγάλης διάρκειας ταξιδιών ή επαγγελματικής οδήγησης.

Σημαντική θα μπορούσε επίσης να είναι η προώθηση ενός πιο **ενεργού τρόπου ζωής** στο πλαίσιο εκστρατειών οδικής ασφάλειας. Η ανάδειξη της σημασίας της φυσικής δραστηριότητας, καθώς συνδέεται με αυξημένη εγρήγορση, καλύτερη συγκέντρωση και ταχύτερη αντίδραση, μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση της οδηγικής ετοιμότητας και κατ' επέκταση της οδικής ασφάλειας.

Επιπλέον, η αξιοποίηση τεχνολογικών εργαλείων μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση της οδικής ασφάλειας. **Ψηφιακές εφαρμογές που αξιολογούν την οδηγική συμπεριφορά** ή παρέχουν ανατροφοδότηση σχετικά με τη διατήρηση απόστασης, την ταχύτητα και την

ομαλότητα της οδήγησης (π.χ. απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις) μπορούν να βοηθήσουν τους οδηγούς να κατανοήσουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά της οδηγικής τους συμπεριφοράς και να βελτιώσουν βασικούς δείκτες συμπεριφοράς ασφάλειας κατά την οδήγηση.

Τέλος, η διοργάνωση ενημερωτικών δράσεων και **καμπανιών ευαισθητοποίησης** από φορείς οδικής ασφάλειας και αρμόδιους οργανισμούς σχετικά με τη σημασία της φυσικής κατάστασης, της αποφυγής της κόπωσης και της προσαρμογής της οδηγικής συμπεριφοράς στις κυκλοφοριακές συνθήκες μπορεί να συμβάλει στη **βελτίωση των δεικτών συμπεριφοράς ασφάλειας** των οδηγών και κατ' επέκταση στην **ενίσχυση της οδικής ασφάλειας**.

#### 6.4. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας ανέδειξαν τη σημασία της φυσικής κατάστασης ως παράγοντα που μπορεί να επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά ασφάλειας. Ωστόσο, η περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης αυτής κρίνεται αναγκαία, ώστε **να κατανοηθούν πληρέστερα οι μηχανισμοί** μέσω των οποίων η φυσική κατάσταση επηρεάζει την οδηγική απόδοση και να εμπλουτιστεί περαιτέρω η σχετική βιβλιογραφία.

Με βάση τα παραπάνω, διατυπώνονται οι ακόλουθες **κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα**:

- **Εξέταση μεγαλύτερου και πιο διαφοροποιημένου δείγματος οδηγών**, τόσο ως προς το πλήθος των συμμετεχόντων όσο και ως προς το ηλικιακό εύρος, ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ισχύουν και για διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες οδηγών.
- **Εξέταση επιπλέον δεικτών οδηγικής συμπεριφοράς**, όπως η τήρηση λωρίδας, η σταθερότητα ταχύτητας και η συχνότητα έντονων επιταχύνσεων ή επιβραδύνσεων, ώστε να προκύψει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της επίδρασης της φυσικής κατάστασης στην οδηγική απόδοση.
- Διεξαγωγή του πειράματος σε **διαφορετικούς τύπους οδικού περιβάλλοντος και συνθηκών οδήγησης**, όπως αστικές οδοί ή δυσμενή καιρικά φαινόμενα (π.χ. ομίχλη, βροχή, χιόνι), καθώς και πιο απαιτητικά ή επικίνδυνα οδηγικά σενάρια, ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο η επίδραση της φυσικής κατάστασης διαφοροποιείται ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης.

- 
- **Χρήση διαφορετικών στατιστικών ή αναλυτικών μεθόδων**, πέρα από τη γραμμική παλινδρόμηση που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία, για την ανάπτυξη εναλλακτικών μοντέλων που ενδέχεται να αποτυπώνουν διαφορετικές πτυχές της οδηγικής συμπεριφοράς.
  - **Παρακολούθηση οδηγών σε βάθος χρόνου** με διαφορετικά επίπεδα φυσικής κατάστασης, προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσο η βελτίωση της φυσικής κατάστασης μπορεί να οδηγήσει σε αντίστοιχη βελτίωση των δεικτών συμπεριφοράς ασφάλειας και να ποσοτικοποιηθεί η επίδρασή της στους δείκτες αυτούς.
  - Συνδυασμός δεδομένων προσομοιωτή οδήγησης **με φυσιολογικούς δείκτες κατά τη διάρκεια της οδήγησης**, όπως καρδιακή συχνότητα ή επίπεδα κόπωσης, ώστε να διερευνηθεί πληρέστερα η σχέση μεταξύ φυσικής κατάστασης, εγρήγορσης και οδηγικής απόδοσης και να εξεταστεί η φυσιολογική απόκριση του οργανισμού του οδηγού **σε πραγματικό χρόνο** κατά την οδήγηση.
  - Διεξαγωγή αντίστοιχων ερευνών σε **πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας**, ώστε να εξεταστεί κατά πόσο τα ευρήματα που προέκυψαν από τον προσομοιωτή οδήγησης επιβεβαιώνονται και σε πραγματικό οδηγικό περιβάλλον.



---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., & Γκόλιας, Ι. Κ. (1994). *Οδική ασφάλεια*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- [2] Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Γκόλιας, Ι. Κ., & Πισάβα-Λατινοπούλου, Μ. Χ. (2009). *Κυκλοφοριακή τεχνική*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- [3] Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2024). *Οδικά τροχαία ατυχήματα: Στοιχεία έτους 2023*. <https://www.statistics.gr>
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *A policy on geometric design of highways and streets* (7th ed.). AASHTO.
- [5] Anstey, K. J., Wood, J., Lord, S., & Walker, J. G. (2012). Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clinical Psychology Review*, 32(4), 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2012.02.001>
- [6] Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125–130. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>
- [7] de Winter, J. C. F., van Leeuwen, P. M., & Happee, R. (2012). Advantages and disadvantages of driving simulators: A discussion. *Proceedings of Measuring Behavior 2012*, 47–50.
- [8] Dupuy, O., Gauthier, C. J., Fraser, S. A., Desjardins-Crépeau, 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, 66. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00066>
- [9] Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017–3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>

- [10] Esmaeilzadeh, S., Ebadollahzadeh, K., & Babaei, P. (2018). Association between physical fitness and cognitive performance in 19–24-year-old males. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(12), 1787–1794.
- [11] European Commission. (2024). *Road safety statistics 2023*. European Commission.
- [12] European Parliament. (2025). *Road safety in the European Union: Trends, statistics and policy developments*. European Parliament.
- [13] European Road Safety Observatory. (2021). *Speeding – Thematic report*. European Commission.
- [14] European Road Safety Observatory. (2025). *Annual report on road safety in the European Union*. European Commission.
- [15] Foerst Driving Simulators. (2019). <https://www.fahrsimulatoren.eu/en/>
- [16] Garrett, D. D., Epp, S. M., Kleemeyer, M. M., Lindenberger, U., & Polk, T. A. (2023). Acute physical activity effects on cognition in young adults: A systematic review and Bayesian meta-analysis. *Nature Human Behaviour*, 7, 1219–1233. <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01565-0>
- [17] Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- [18] Katayama, O., Ito, T., & Yamazaki, S. (2024). Physical function and driving performance in older drivers: A cross-sectional study. *Geriatrics & Gerontology International*.
- [19] Lee, C., Shin, M. J., Eniyandunmo, D., Anwar, A., Kim, E., Kim, K., Yoo, J. K., & Lee, C. (2024). Predicting driver's mental workload using physiological signals: A functional data analysis approach. *Applied Ergonomics*, 118, 104274. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104274>
- [20] Marmeleira, J., Godinho, M., & Fernandes, O. (2008). 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.2008.10.008>

- 
- [21] Marmeleira, J., Godinho, M., & Fernandes, O. (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>
- [22] Meneghini, V., Rossi, R., & Bianchi, A. (2024). Physical fitness is associated with simulator driving performance in young drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*.
- [23] NTUA Road Safety Observatory NRSO. (2019). <https://www.nrso.ntua.gr>
- [24] Stillman, C. M., Cohen, J., Lehman, M. E., & Erickson, K. I. (2016). Mediators of physical activity on neurocognitive function: A review at multiple levels of analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 626. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00626>
- [25] Stojan, R., Voelcker-Rehage, C., & Godde, B. (2021). The influence of cardiorespiratory fitness on dual-task driving performance. *Human Movement Science*, 76, 102770. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102770>
- [26] Topend Sports. (n.d.). *Queens College step test*. <https://www.topendsports.com/testing/tests/step-queens.htm>
- [27] Vingilis, E., Smart, R., Mann, R., & Stoduto, G. (2014). Health status, physical activity and risky driving behaviours. *Accident Analysis & Prevention*, 68, 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.03.006>
- [28] World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>
- [29] Zhang, X., Li, Y., Wang, H., & Chen, J. (2025). Multimodal physiological signals predict driver performance during simulated driving. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.



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



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

www.transport.ntua.gr

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Α/Α συμμετέχοντα: \_\_\_\_\_

Ημερομηνία πειράματος: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### Α. Οδική εμπειρία συμμετέχοντα:

1. Πόσα χρόνια έχετε το δίπλωμα οδήγησης; \_\_\_\_\_ χρόνια

2. Πόσα χρόνια οδηγείτε; \_\_\_\_\_ χρόνια

3. Πόσες ημέρες οδηγείτε την εβδομάδα **σε αυτοκινητόδρομο;**

0                       1-2                       3-4                       ≥5

4. Πόσα χιλιόμετρα διανύετε την εβδομάδα **σε αυτοκινητόδρομο;**

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

5. Πόσες διαδρομές κάνετε τη μέρα **σε αυτοκινητόδρομο;**

0                       1-2                       3-4                       ≥5

6. Πόσο άνετα αισθάνεστε όταν οδηγείτε νύχτα, συγκριτικά με το όταν οδηγείτε μέρα **σε αυτοκινητόδρομο;**

καθόλου       λίγο       αρκετά       πολύ       πάρα πολύ

## **Β. 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;

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

**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:

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

**Ε. Γενικά στοιχεία συμμετέχοντα:**

1. Ηλικία: \_\_\_\_\_ ετών

2. Φύλο:  Γυναίκα  Άντρας

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