



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΜΙΧΕΛΑΡΑΚΗ ΕΥΑΝΘΙΑ

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, για την υποστήριξή του καθώς και για την εκπληκτική συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδιά της. Επιπλέον, οφείλω να τον ευχαριστήσω για τη σωστή καθοδήγηση αλλά και για τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε στο αντικείμενο του Πολιτικού Μηχανικού και ειδικά του Συγκοινωνιολόγου. Οι εποικοδομητικές παρατηρήσεις του έχουν καθοριστική σημασία τόσο για την μελλοντική επαγγελματική μου σταδιοδρομία όσο και για την προσωπική μου εξέλιξη.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: κ. Ιωάννη Γκόλια, Πρύτανη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και κα. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους αλλά κυρίως για τις γνώσεις που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στη σχολή.

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, Διδάκτορα και Επιστημονικό Συνεργάτη ΕΜΠ, για την πολύτιμη στήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, για τις υποδείξεις σε καίρια ζητήματα καθώς και για τη βοήθειά του σε θέματα που αφορούσαν στο αρχικό στάδιο του πειράματος. Επιπλέον, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την άψογη συνεργασία μας και τον αμέριστο χρόνο που διέθεσε, παρά το φορτωμένο του πρόγραμμα. Χωρίς τη βοήθειά του δε θα τα είχα καταφέρει ως εδώ.

Εξίσου ευχαριστώ και την κα. Αρμίρα Κονταξή, Υποψήφια Διδάκτορα ΕΜΠ, καθώς και τον κ. Απόστολο Ζιακόπουλο, Υποψήφιο Διδάκτορα ΕΜΠ για τη βοήθεια και τις υποδείξεις τους σε σημαντικά ζητήματα της εργασίας, την αμέριστη υπομονή, επιμονή και υποστήριξη που μου έδειξαν, δίνοντας απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής μου Εργασίας.

Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες ανήκουν στον κ. Πέτρο Φορτσάκη, Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθειά του κατά το αρχικό στάδιο της πειραματικής διαδικασίας καθώς και στην εταιρεία [OSeven](#), η οποία παραχώρησε τα πολύ χρήσιμα στοιχεία μέτρησης της συμπεριφοράς οδηγού που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αγάπη και την ηθική, αλλά και υλική, υποστήριξή σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για τις πολύ όμορφες αλλά και δύσκολες στιγμές που περάσαμε μαζί όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Μάρτιος 2019
Ευανθία Μιχελάρκη

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ

Ευανθία Μιχελaráκη

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

ΣΥΝΟΨΗ:

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η συσχέτιση οδηγικής συμπεριφοράς και κατανάλωσης καυσίμων με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλεφώνá. Για το σκοπό αυτό αναλύονται στοιχεία που συλλέχθηκαν από 17 οδηγούς οι οποίοι συμμετείχαν σε πείραμα οδήγησης σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα τεσσάρων μηνών. Κατά τους δύο πρώτους μήνες οι συμμετέχοντες οδήγησαν με βάση τη συνηθισμένη οδηγική τους συμπεριφορά ενώ τους επόμενους δύο μήνες κλήθηκαν να βελτιώσουν τον τρόπο οδήγησης τους, τηρώντας αυστηρά τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση των στατιστικών μεθόδων της γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Μέσω των μοντέλων παλινδρόμησης εξετάστηκε κατά πόσο χαρακτηριστικά οδήγησης που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων επηρεάζουν και επομένως μπορούν να προβλέψουν την κατανάλωση καυσίμου. Αναπτύχθηκαν συνολικά 4 μοντέλα πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου, ένα γενικό μοντέλο και τρία μοντέλα για κάθε τύπο οδικού δικτύου (αυτοκινητόδρομο, υπεραστικό, αστικό). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με τη βελτίωση του τρόπου οδήγησης των συμμετεχόντων παρατηρήθηκε αξιόλογη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και επιτεύχθηκε ομαλότερη και οικολογικότερη οδηγική συμπεριφορά. Ισχυρότερη συσχέτιση παρουσιάστηκε μεταξύ των απότομων επιταχύνσεων και της κατανάλωσης καυσίμου, ενώ η ταχύτητα, τα φρεναρίσματα, η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης, η οδήγηση κατά τις επικίνδυνες ώρες αλλά και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά είχαν άμεση επιρροή στην κατανάλωση καυσίμου.

Λέξεις-Κλειδιά: οδηγική συμπεριφορά, κατανάλωση καυσίμου, πριν-μετά, οικολογική οδήγηση, πείραμα, γραμμική παλινδρόμηση, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, απότομες επιταχύνσεις, ταχύτητα, φρεναρίσματα, χρήση κινητού τηλεφώνου

CORRELATION OF DRIVER BEHAVIOUR AND FUEL CONSUMPTION USING DATA FROM SMARTPHONES

Evanthia Michelaraki

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

ABSTRACT:

The aim of this Diploma Thesis is the correlation of driver behaviour and fuel consumption using data from smartphones. To achieve this objective, data collected from 17 drivers who participated at a naturalistic driving experiment for four months are analyzed. During the first two months, participants drove in the way they usually did and over the following two months they were invited to improve their driving style, following strictly the Road Traffic Code. The analysis was carried out with the use of statistical methods of linear and lognormal regression. Through the regression models it was examined whether driving characteristics recorded by smartphone sensors affect and can therefore predict fuel consumption. In order to analyze the available data, four statistical regression models forecasting fuel consumption were developed: one general model and three models for each road type (highway, rural, urban). The results demonstrated that there was a remarkable reduction in fuel consumption, by improving the way participants were driving and also a smoother and a greener driver behavior was achieved. A stronger correlation has emerged between harsh accelerations and fuel consumption, but also speed, braking, smartphone usage while driving, driving at night and demographic features had a direct impact on fuel consumption.

Keywords: driver behavior, fuel consumption, before-after, eco-driving, naturalistic driving experiment, linear regression, lognormal regression, harsh accelerations, speed, braking, smartphone usage

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και της κατανάλωσης καυσίμου με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλεφωνα**.

Πιο αναλυτικά, πραγματοποιήθηκε ένα **πείραμα** οδήγησης στο οποίο συμμετείχαν 17 οδηγοί σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα **4 μηνών** (Ιούνιος – Σεπτέμβριος 2018). Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε δύο στάδια, διάρκειας περίπου δύο μηνών το κάθε ένα. Οι οδηγοί κλήθηκαν στο **πρώτο στάδιο** (Ιούνιο – Ιούλιο) να οδηγήσουν με τη συνηθισμένη οδηγική τους συμπεριφορά ενώ στο **δεύτερο** (Αύγουστο – Σεπτέμβριο) κλήθηκαν να οδηγήσουν τηρώντας αυστηρά τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (τήρηση ορίων ταχύτητας, αποφυγή απότομων επιταχύνσεων, επιβραδύνσεων αλλά και ομιλίας στο κινητό στο χέρι), βελτιώνοντας την οδηγική τους συμπεριφορά.

Εξετάσθηκε ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού όπως οι απότομες επιταχύνσεις, οι απότομες επιβραδύνσεις, η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, η απόσπαση προσοχής μέσω της χρήσης κινητού τηλεφώνου αλλά και η οδήγηση κατά τις βραδινές ώρες, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με την εκάστοτε οδηγική συμπεριφορά. Επιπλέον, μέσω ερωτηματολογίων που δόθηκαν στους οδηγούς, διερευνήθηκε κατά πόσο τα δημογραφικά στοιχεία των χρηστών, όπως το φύλο, η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο κλπ., επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου.

Έπειτα από τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση. Δεδομένου ότι η δυνατότητα αξιοποίησης των στοιχείων αυτών είναι σχετικά πρόσφατη, πρόκειται για ένα θέμα το οποίο δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα ούτε διεθνώς ούτε στην Ελλάδα, ωστόσο, τα τελευταία χρόνια χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, παρατηρείται μια αυξανόμενη ενασχόληση του επιστημονικού κόσμου γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η ανάλυση της βάσης δεδομένων που συλλέχθηκαν από 17 οδηγούς σε **πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης** μέσω των αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Η πειραματική διαδικασία, η οποία διήρκεσε 4 μήνες, υλοποιήθηκε με την **υποστήριξη της εταιρείας τηλεματικής OSeven**, η οποία παραχώρησε τα πολύ χρήσιμα στοιχεία μέτρησης της συμπεριφοράς οδηγού. Οι συμμετέχοντες κατά τους 2 πρώτους μήνες οδήγησαν με βάση τη συνηθισμένη οδηγική τους συμπεριφορά ενώ για τους δύο επόμενους μήνες κλήθηκαν να βελτιώσουν τη στάση και τις συνήθειες τους και να τηρούν κατά γράμμα τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, υιοθετώντας ένα πιο οικολογικό οδηγικό προφίλ, φιλικότερο προς το περιβάλλον.

Κατά τη στατιστική επεξεργασία αποφασίστηκε η εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων τόσο για το σύνολο των οδικών δικτύων (αστικό περιβάλλον, υπεραστικό περιβάλλον, αυτοκινητόδρομοι) όσο και ξεχωριστά για κάθε τύπο οδού. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τέσσερα μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, όπως αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πρόβλεψη του λογαρίθμου της κατανάλωσης καυσίμου ανά τύπο οδού																
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μοντέλο 1 - Γενικό: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου				Μοντέλο 2: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο				Μοντέλο 3: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό				Μοντέλο 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό			
	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*
σταθερά	1,335	16,182			1,413	15,990			1,371	21,930			1,365	22,210		
πριν - μετά	-0,056	-2,971	-0,016	1,000	-0,042	-2,271	-0,012	1,696	-0,057	-2,764	-0,008	1,000	-0,056	-2,868	-0,007	1,000
μέση ταχύτητα	0,001	1,787	0,054	3,404	0,001	2,033	0,105	14,756	0,001	2,496	0,046	5,510	0,002	3,267	0,030	4,596
απότομες επιταχύνσεις	0,001	2,613	0,096	6,125	0,007	2,072	0,028	3,900	0,002	2,776	0,050	6,095	0,002	5,398	0,116	17,736
μέση επιβράδυνση	0,029	1,986	0,070	4,440	0,021	2,037	0,024	3,313	0,020	1,910	0,042	5,126	0,043	2,907	0,106	16,286
χρήση κινητού τηλεφώνου	-0,158	-2,056	-0,038	2,424	-0,047	-1,829	-0,007	1,000	-0,149	-2,630	-0,038	4,646	-0,079	-1,736	-0,026	3,983
οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες	0,003	2,581	0,041	2,592	0,002	2,036	0,029	4,074	0,003	2,465	0,030	3,660	0,003	2,498	0,035	5,371
διάρκεια οδήγησης					0,000	-3,371	-0,082	11,432								
φύλο	-0,087	-4,996	-0,023	1,479	-0,114	-5,607	-0,031	4,299	-0,087	-5,121	-0,026	3,181	-0,091	-5,995	-0,024	3,733
μορφωτικό επίπεδο	-0,101	-7,386	-0,023	1,456	-0,113	-6,880	-0,026	3,585	-0,107	-7,500	-0,026	3,108	-0,102	-8,495	-0,023	3,550
έτη οδήγησης									-0,016	-2,330	-0,017	2,000	-0,024	-3,634	-0,016	2,411
Συντελεστής συσχέτισης	0,820				0,837				0,858				0,704			

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προέκυψε μια σειρά συμπερασμάτων, όπως αυτά συνοψίζονται παρακάτω:

- ✚ Στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί έως τώρα παγκοσμίως αναφορικά με τη μελέτη της συμπεριφοράς των οδηγών και την κατανάλωση καυσίμων, η συλλογή των δεδομένων γινόταν είτε μέσω διαγνωστικού συστήματος εντός του οχήματος (OBD) είτε μέσω άλλων πολύπλοκων συνδυασμών οργάνων καταγραφής που συνδέονταν με το όχημα (naturalistic driving, κλπ.) ή με προσομοιωτές οδήγησης και ερωτηματολόγια. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται **για πρώτη φορά** η παρακολούθηση της συμπεριφοράς των οδηγών με **δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων** που αφορούν στον οδηγό και όχι στο όχημα και επιχειρείται η διερεύνηση της επιρροής αυτής της συμπεριφοράς στην κατανάλωση καυσίμου.
- ✚ Με την αλλαγή της οδηγικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων παρουσιάστηκε σημαντική **μείωση 15% της κατανάλωσης καυσίμου**. Η

οδήγηση με σταθερό ρυθμό, η τήρηση των ορίων ταχύτητας, ο περιορισμός απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, καθώς και η αποφυγή χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης συνέβαλαν στην εξοικονόμηση καυσίμου σε ικανοποιητικό βαθμό, στη μείωση της ηχορύπανσης καθώς και στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.

- ✚ Από τα αποτελέσματα του πειράματος επιβεβαιώθηκε ότι **όσο πιο ασφαλής γίνεται η οδηγική συμπεριφορά τόσο πιο οικολογική είναι η οδήγηση**. Κατά συνέπεια η οικολογική οδήγηση προαπαιτεί, αλλά και προωθεί έναν ασφαλή τρόπο οδήγησης, συμβάλλοντας στη μείωση της πιθανότητας σύγκρουσης ή τη σοβαρότητα αυτής, των οδικών ατυχημάτων αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου. Συμπερασματικά επισημαίνεται ότι οι ομαλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις αλλά και η ταχύτητα με σταθερό ρυθμό, εξοικονομούν καύσιμο, μειώνουν τη φθορά του οχήματος και αποτελούν δείγμα καλής συμπεριφοράς και σεβασμού προς τους υπόλοιπους οδηγούς.
- ✚ Ο **αριθμός των απότομων επιταχύνσεων** φάνηκε να επηρεάζει περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου στην πλειοψηφία των τύπων της οδού. Οι οδηγοί κατάφεραν να περιορίσουν τις απότομες επιταχύνσεις σε όλο το οδικό δίκτυο. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι στο αστικό περιβάλλον οι χρήστες συνηθίζουν να οδηγούν πιο νευρικά, πατώντας το γκάζι πιο βίαια και απότομα με συνέπεια να αυξάνονται οι απότομες εκκινήσεις και επιταχύνσεις, γεγονός που οφείλεται στις συχνές στάσεις που εκτελούνται λόγω σηματοδότησης και διασταυρώσεων, κάτι που αποτυπώθηκε και στην κατανάλωση καυσίμου. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε απότομη επιτάχυνση αναγκάζει μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου να εισέρχεται προς τους κυλίνδρους του κινητήρα, το οποίο συνεπάγεται άσκοπη σπατάλη καυσίμου. Μάλιστα, στην οδήγηση εντός πόλης, περίπου το μισό της απόδοσης του κινητήρα χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση.
- ✚ Αντιθέτως, στον **αυτοκινητόδρομο** δεν πραγματοποιούνται πολλές απότομες επιταχύνσεις διότι οι οδηγοί διατηρούν σταθερή ταχύτητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τέλος, στην υπεραστική οδό η συμπεριφορά των οδηγών τείνει να είναι λίγο καλύτερη (λιγότερες απότομες επιταχύνσεις) από εκείνη των αστικών οδών.
- ✚ Μετά την αλλαγή στον τρόπο οδήγησης, επιτεύχθηκε αξιόλογη **μείωση της μέσης ταχύτητας** σε όλους τους τύπους της οδού. Η τήρηση των ορίων ταχύτητας καθώς και η ομαλή οδήγηση έχουν άμεσο αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου. Ιδιαίτερα στον **αυτοκινητόδρομο**, στον οποίο οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι αρκετά υψηλές, διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση καυσίμου μεγαλώνει σημαντικά, όσο αυξάνεται η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας και κατ' επέκταση οι στροφές του κινητήρα. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι στο αστικό περιβάλλον **ο χρόνος ταξιδιού είναι ο ίδιος ανεξάρτητα από τον τρόπο οδήγησης του χρήστη**, διότι η ύπαρξη σηματοδοτών και διασταυρώσεων δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων.

- ✚ Η **μέση επιβράδυνση** επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου τόσο σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον όσο και στο σύνολο των οδικών δικτύων. Οι οδηγοί υιοθετώντας μία πιο προσεκτική και οικολογική συμπεριφορά ελάττωσαν τις άσκοπες επιβραδύνσεις, «αφήνοντας εγκαίρως το γκάζι» και επιβραδύνοντας ομαλά. Επιπλέον, με την αλλαγή της οδηγικής τους συμπεριφοράς, οι χρήστες κατάφεραν να μειώσουν τα άσκοπα φρεναρίσματα και τις απότομες στάσεις και να εξοικονομήσουν καύσιμα. Έγινε αντιληπτό ότι η ήρεμη οδήγηση επιβραδύνοντας ομαλά και κρατώντας μεγάλες αποστάσεις ασφαλείας είναι οικονομικότερη, ασφαλέστερη και πιο άνετη. Στον αυτοκινητόδρομο, λόγω των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του, οι οδηγοί δεν συνηθίζουν να επιβραδύνουν πολύ διότι αναπτύσσουν σταθερές ταχύτητες.
- ✚ Η **χρήση κινητού τηλεφώνου** προέκυψε ότι επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου αλλά όχι τόσο όσο οι άλλες μεταβλητές. Όταν ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο ενώ οδηγεί αποσπάται η προσοχή του και αποσυντονίζεται με αποτέλεσμα να μειώνει και την ταχύτητα του και να μην είναι αφοσιωμένος πλήρως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου τόσο σε αστική όσο και σε υπεραστική οδό. Στους αυτοκινητοδρόμους παρατηρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες δεν μιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο κι αυτό γιατί η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων απαιτεί μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έργο της οδήγησης. Κάτι το οποίο δεν συμβαίνει σε αστική οδό διότι οι ταχύτητες είναι μικρότερες και εκτελούνται περισσότερες στάσεις.
- ✚ Η **οδήγηση κατά τις επικίνδυνες (βραδινές) ώρες** φαίνεται πως ασκεί αξιόλογη επιρροή στην κατανάλωση καυσίμου σε όλους τους τύπους της οδού. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι χρήστες οδηγούν κατά τις επικίνδυνες ώρες ενδεχομένως να έχουν πιο «νευρική» συμπεριφορά, πιθανώς λόγω της μειωμένης ορατότητας, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να διατηρήσουν σταθερή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και να καταφεύγουν σε απότομα φρεναρίσματα και επιβραδύνσεις σε περίπτωση εμφάνισης εμποδίου ή απόκλισης από την πορεία. Επίσης, ενδεχομένως συνδέεται και με την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου.
- ✚ Η **διάρκεια της οδήγησης** επηρεάζει περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο και όχι τόσο στους υπόλοιπους τύπους της οδού. Από την παρούσα εργασία προέκυψε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια τόσο λιγότερη κατανάλωση εξασφαλίζεται στα καύσιμα. Κι αυτό διότι ο οδηγός έχει περισσότερο χρόνο και απόσταση για να προσαρμοστεί και να εξοικειωθεί με τις συνθήκες του συγκεκριμένου οδικού περιβάλλοντος. Μάλιστα διατηρεί σταθερή την ταχύτητα του οχήματος για μεγάλο χρονικό διάστημα μειώνοντας έτσι τον αριθμό των απότομων συμβάντων.

- ✚ Η παρούσα έρευνα κατέδειξε ότι **οι άνδρες οδηγοί καταναλώνουν πολύ περισσότερα καύσιμα σε σχέση με τις γυναίκες**. Και τα δύο φύλα κατάφεραν να βελτιώσουν την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι άνδρες οδηγοί μετά την αλλαγή του τρόπου οδήγησης φάνηκε να οδηγούν με πολύ όμοιο τρόπο με εκείνον που ακολουθούσαν οι γυναίκες οδηγοί πριν την αλλαγή στη συμπεριφορά τους, κατά το πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας. Με απλά λόγια διαπιστώθηκε ότι οι «καλοί» άνδρες οδηγοί ταυτίζονται με τις «κακές» γυναίκες οδηγούς.
- ✚ Το **μορφωτικό επίπεδο** παρουσιάζει την ίδια ακριβώς επιρροή σε όλους τους τύπους της οδού. Από την εργασία αυτή γίνεται ξεκάθαρο ότι όσο πιο χαμηλό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Οι χρήστες με μεταπτυχιακό ή διδακτορικό δίπλωμα κατάφεραν να βελτιώσουν τον τρόπο οδήγησης τους σε πολύ μεγάλο βαθμό, υιοθέτησαν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά και εξοικονόμησαν καύσιμα λόγω δεξιότητας και εμπειρίας. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε ότι οι λιγότερο μορφωμένοι χρήστες της οδού εκτελούσαν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις τόσο πριν όσο και μετά την αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά τους.
- ✚ **Οι νέοι ηλικιακά οδηγοί** διαπιστώθηκε ότι οδηγούν πιο απερίσκεπτα, εντοπίζουν λιγότερα προβλήματα στο οδικό δίκτυο και παρουσιάζουν αυξημένη κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με τους πεπειραμένους. Παρ' όλα αυτά όλες οι ηλικιακές ομάδες κατάφεραν να βελτιώσουν αισθητά την οδηγική τους συμπεριφορά και να συμμορφωθούν σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.
- ✚ **Ο χαρακτήρας του οδηγού και ο τρόπος οδήγησης** επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου. Οι απότομες, επανειλημμένες κι άχρηστες αυξομειώσεις ταχύτητας αλλά και οι συχνές κι αναιτιολόγητες στάσεις αυξάνουν την κατανάλωση καυσίμου. Έτσι, η οδηγική συμπεριφορά μπορεί και να εξαρτάται έμμεσα από την ηλικία, το φύλο ή από το επάγγελμα του οδηγού, στο βαθμό που οι συγκεκριμένες κατηγορίες, έναντι άλλων, αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης συγκεκριμένων αντιδράσεων ή συμπεριφορών.
- ✚ Τα σαφή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα, τα οποία μάλιστα συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία καταδεικνύουν την **καταλληλότητα της μεθόδου** ανάλυσης για την πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου ανάλογα την οδηγική συμπεριφορά και τον τύπο της οδού. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου επιτρέπει την εφαρμογή της σε έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο έπειτα από κατάλληλη προσαρμογή των συνθηκών. Βέβαια, οι μεταβλητές θα πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Γενική Ανασκόπηση	1
1.1.1 Οδικά ατυχήματα.....	1
1.1.2 Η Οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο	1
1.1.3 Η Οδική ασφάλεια στην Ευρώπη	3
1.1.4 Η Οδική ασφάλεια στην Ελλάδα	5
1.1.5 Τα αίτια των οδικών ατυχημάτων.....	8
1.1.6 Η Οικολογική οδήγηση.....	11
1.1.7 Κατανάλωση καυσίμου κατά την οδήγηση	12
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	13
1.3 Μεθοδολογία	14
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	17
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	
2.1 Γενικά	20
2.2 Συναφείς έρευνες	20
2.2.1 Έρευνες εστιασμένες στην οδηγική συμπεριφορά με δεδομένα από κινητό τηλέφωνο	21
2.2.1.1 Impact of texting on young drivers' behavior and safety on urban and rural roads through a simulation experiment (Yannis et al., 2014)	21
2.2.1.2 Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones (Rosolino et al., 2014)	21
2.2.1.3 A Smartphone - based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors (Hong et al., 2014)	22
2.2.1.4 Distracted driving and mobile phone use: Overview of impacts and countermeasures (Yannis et al., 2014)	23
2.2.1.5 Driver Characteristics and Speeding Behavior (Ellison et al., 2010).....	25
2.2.2 Έρευνες εστιασμένες στην κατανάλωση καυσίμου και την οδηγική συμπεριφορά	26
2.2.2.1 The Impact of Driving Styles on Fuel Consumption: A Data Warehouse and Data Mining based Discovery Process (Ferreira et al.,2015) ..	26
2.2.2.2 Driver Behavior and Fuel Efficiency (Werner, 2013)	27
2.2.2.3 Analysis of a Driver Behavior Improvement Tool to Reduce Fuel Consumption (Hari et al., 2012)	28

2.2.2.4 Long-term effect of eco-driving education on fuel consumption using an on-board logging device (Beusen et al., 2008).....	29
2.2.2.5 Influence of gear changing behaviour on fuel-use and vehicular exhaust emissions (Beckx et al., 2007).....	30
2.2.2.6 Monitoring driving behaviour in fuel consumption in light duty diesel vehicles (Madureira, 2007)	31
2.3 Συναφείς μεθοδολογίες	32
2.3.1 Impact of mobile phone use on driving performance: findings from a simulator study (Yannis et al., 2018).....	32
2.3.2 Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges (Tselentis et al., 2017)	33
2.3.3 Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection (Yannis et al., 2016)	34
2.3.4 Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones (Zaldivar et al., 2011)	35
2.3.5 Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure (Prato et al., 2010)	36
2.3.6 In-Vehicle Data Recorder for Evaluation of Driving Behavior and Safety (Toledo et al., 2006).....	37
2.3.7 Development of a driving data recorder (Ohta et al., 1994)	38
2.4 Σύνοψη	39

3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

3.1 Εισαγωγή	42
3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής	42
3.3 Συσχέτιση Μεταβλητών – Συντελεστής Συσχέτισης	44
3.4 Βασικές Κατανομές	45
3.4.1 Κανονική Κατανομή	45
3.4.2 Κατανομή Poisson	45
3.5 Μαθηματικά Πρότυπα	46
3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση	46
3.5.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση.....	47
3.5.2.1 Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων	48
3.5.3 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση.....	48
3.6 Στατιστική Αξιολόγηση και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου	49
3.7 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού	52

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή	54
4.2 Συλλογή Στοιχείων	54
4.2.1 Η Πειραματική Διαδικασία	55
4.2.2 Η Συμπλήρωση Ερωτηματολογίου	57
4.2.3 Τρόπος Συλλογής Δεδομένων.....	60
4.2.3.1 Σύστημα καταγραφής δεδομένων	61
4.2.3.2 Μετάδοση δεδομένων	62
4.2.3.3 Αποθήκευση δεδομένων, θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας....	62
4.2.3.4 Επεξεργασία δεδομένων	62
4.2.3.5 Παρουσίαση δεδομένων	65
4.2.4 Τα Δεδομένα	66
4.3 Επεξεργασία στοιχείων	69
4.3.1 Διαμόρφωση δεδομένων.....	69
4.3.2 Συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία.....	71
4.3.2.1 Διαγράμματα	71
4.3.2.2 Γενικά σχόλια – Παρατηρήσεις	79
4.3.3 Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, IBM SPSS 23.0	81

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή	83
5.2 Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης κατανάλωσης καυσίμου	83
5.2.1 Δεδομένα εισόδου - Καθορισμός μεταβλητών.....	84
5.2.2 Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών	84
5.2.3 Μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης.....	86
5.3 Μοντέλο 1: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου – Γενικό Μοντέλο	89
5.3.1 Ανάπτυξη μοντέλου.....	89
5.3.2 Ποιότητα μοντέλου	92
5.3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου	93
5.3.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 1 – Γενικό	94
5.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας	97
5.4 Μοντέλο 2: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο	101
5.4.1 Ανάπτυξη μοντέλου.....	101

5.4.2 Ποιότητα μοντέλου	104
5.4.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου	104
5.4.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 2	107
5.5 Μοντέλο 3: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό	108
5.5.1 Ανάπτυξη μοντέλου.....	108
5.5.2 Ποιότητα μοντέλου	111
5.5.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου	111
5.5.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 3	113
5.6 Μοντέλο 4: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό	115
5.6.1 Ανάπτυξη μοντέλου.....	115
5.6.2 Ποιότητα μοντέλου	117
5.6.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου	118
5.6.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 4	120
5.7 Συγκριτική ανάλυση μοντέλων	122
5.7.1 Ποιότητα μοντέλων	122
5.7.2 Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλων	123
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων	126
6.2 Συμπεράσματα.....	127
6.3 Προτάσεις για βελτίωση της Οικολογικής Οδήγησης.....	131
6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	132

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1.: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t	50
Πίνακας 4.1.: Πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου.....	56
Πίνακας 4.2.: Ερωτηματολόγιο πριν την έναρξη του πειράματος.....	60
Πίνακας 4.3.: Απόσπασμα κωδικοποίησης μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο.....	70
Πίνακας 4.4.: Απόσπασμα τελικού πίνακα μεταβλητών ερωτηματολογίου	71
Πίνακας 5.1.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 1.....	90
Πίνακας 5.2.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 1.....	90
Πίνακας 5.3.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 1.....	90
Πίνακας 5.4.: Μεταβλητές στην εξίσωση – Μοντέλο 1.....	91
Πίνακας 5.5.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο.....	96
Πίνακας 5.6.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 2.....	102
Πίνακας 5.7.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2.....	102
Πίνακας 5.8.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2.....	102
Πίνακας 5.9.: Μεταβλητές στην εξίσωση – Μοντέλο 2.....	103
Πίνακας 5.10.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο.....	107
Πίνακας 5.11.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 3.....	109
Πίνακας 5.12.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 3.....	109
Πίνακας 5.13.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 3.....	109
Πίνακας 5.14.: Μεταβλητές στην εξίσωση – Μοντέλο 3.....	110
Πίνακας 5.15.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για υπεραστική οδό.....	114
Πίνακας 5.16.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 4.....	115
Πίνακας 5.17.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 4.....	116
Πίνακας 5.18.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 4.....	116
Πίνακας 5.19.: Μεταβλητές στην εξίσωση – Μοντέλο 4.....	116
Πίνακας 5.20.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αστική οδό.....	121
Πίνακας 5.21.: Σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων ...	123
Πίνακας 6.1.: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων.....	127

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1.: Συγκεντρωτικά στοιχεία οδικής ασφάλειας σε παγκόσμιο επίπεδο	2
Διάγραμμα 1.2.: Θάνατοι σε τροχαία ατυχήματα 2001 – 2020 στην Ευρώπη ..	4
Διάγραμμα 1.3.: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για 29 χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	5
Διάγραμμα 1.4.: Βασικά στοιχεία για την οδική ασφάλεια στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα 2007 – 2017	6
Διάγραμμα 1.5.: Αριθμός ατυχημάτων από Ιανουάριο 2011 έως Δεκέμβριο 2017.....	7
Διάγραμμα 1.6.: Χαρακτηριστικά των οδικών τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα 1991 – 2017	7
Διάγραμμα 1.7.: Θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα ανά αιτία σύγκρουσης στην Ελλάδα το 2017	10
Διάγραμμα 1.8.: Χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οδήγηση.....	11
Διάγραμμα 1.9.: Χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οδήγηση ανά φύλο.....	11
Διάγραμμα 1.10.: Απεικόνιση των παραγόντων επιρροής της κατανάλωσης καυσίμων	13
Διάγραμμα 1.11.: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.....	16
Διάγραμμα 4.1.: Μέση ταχύτητα οδήγησης πριν και μετά	72
Διάγραμμα 4.2.: Μέση ταχύτητα οδήγησης ανά τύπο οδού πριν και μετά.....	72
Διάγραμμα 4.3.: Ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας (%) πριν και μετά.....	73
Διάγραμμα 4.4.: Ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας (%) ανά ηλικία πριν και μετά	73
Διάγραμμα 4.5.: Χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης πριν και μετά	74
Διάγραμμα 4.6.: Χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης ανά φύλο πριν και μετά.....	74
Διάγραμμα 4.7.: Μέση επιτάχυνση πριν και μετά.....	75
Διάγραμμα 4.8.: Μέση επιβράδυνση πριν και μετά	75
Διάγραμμα 4.9.: Αριθμός απότομων επιταχύνσεων πριν και μετά	76
Διάγραμμα 4.10.: Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά τύπο οδού πριν και μετά.....	76
Διάγραμμα 4.11.: Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων πριν και μετά	77

Διάγραμμα 4.12.: Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ανά εκπαιδευτικό υπόβαθρο πριν και μετά	77
Διάγραμμα 4.13.: Μέση κατανάλωση καυσίμου (lt/100km) πριν και μετά	78
Διάγραμμα 4.14.: Ποσοστό οικολογικής οδήγησης πριν και μετά	78
Διάγραμμα 4.15.: Ποσοστό οικολογικής οδήγησης ανά φύλο πριν και μετά ..	79
Διάγραμμα 5.1.: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή κατανάλωσης καυσίμου	87
Διάγραμμα 5.2.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 1	91
Διάγραμμα 5.3.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 1	92
Διάγραμμα 5.4.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει των απότομων επιταχύνσεων ανάλογα με το φύλο	98
Διάγραμμα 5.5.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της μέσης ταχύτητας ανάλογα με το μορφωτικό επίπεδο	98
Διάγραμμα 5.6.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της μέσης ταχύτητας ανάλογα με το φύλο πριν και μετά την αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά	99
Διάγραμμα 5.7.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της μέσης επιβράδυνσης ανάλογα με το φύλο.....	99
Διάγραμμα 5.8.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της οδήγησης κατά τις επικίνδυνες ώρες ανάλογα με το φύλο.....	100
Διάγραμμα 5.9.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της χρήσης κινητού τηλεφώνου ανάλογα με το φύλο	100
Διάγραμμα 5.10.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 2	103
Διάγραμμα 5.11.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 2	104
Διάγραμμα 5.12.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 3	110
Διάγραμμα 5.13.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 3	111
Διάγραμμα 5.14.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 4	117
Διάγραμμα 5.15.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 4	118

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1.: Επεξήγηση πιθανών τιμών του Συντελεστή Συσχέτισης	44
Εικόνα 3.2.: Παράδειγμα ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.....	48
Εικόνα 4.1.: Διάγραμμα διαχείρισης δεδομένων	56
Εικόνα 4.2.: Σύστημα ροής δεδομένων OSeven	62
Εικόνα 4.3.: Ρυθμός εκτροπής, βαθμός έντασης και κύλιση	63
Εικόνα 4.4.: Δείκτες κινδύνου οδήγησης	64
Εικόνα 4.5.: Εφαρμογή στο κινητό και διαδικτυακή πύλη.....	66
Εικόνα 4.6.: Πεδίο Δεδομένων SPSS (data view)	81
Εικόνα 4.7.: Πεδίο μεταβλητών SPSS (Variable View)	82
Εικόνα 5.1.: Επιλογή παραμέτρων για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών.....	85
Εικόνα 5.2.: Αποτελέσματα για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών.....	85
Εικόνα 5.3.: Παραδείγματα συσχέτισης των μεταβλητών.....	86
Εικόνα 5.4.: Επιλογή ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση	88

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Οι **οδικές μεταφορές** αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης δραστηριότητας στην καθημερινή ζωή. Η σημασία τους είναι πολύ μεγάλη τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για την οικονομία κάθε χώρας, καθώς αποτελούν δείκτη της εξέλιξης των κοινωνιών και συμβάλλουν στην αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου.

Η **οδική ασφάλεια** θεωρείται για κάθε χώρα, ένα μείζονος σημασίας ζήτημα δεδομένου ότι έχει αξιοσημείωτες κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές επιπτώσεις. Αναμφίβολα, αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα του σύγχρονου κόσμου, έχοντας μονοπωλήσει το ενδιαφέρον πολλών μελετητών σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες. Μάλιστα, αξίζει να αναφερθεί πως η οδική ασφάλεια συνιστά ένα από τα κυριότερα κεφάλαια της συγκοινωνιακής τεχνικής και ένα από τα σημαντικότερα αντικείμενα της επιστήμης του συγκοινωνιολόγου μηχανικού, μέσα στο γενικότερο πλαίσιο του, που είναι η μελέτη συστημάτων που να εξασφαλίζουν την ασφαλή, γρήγορη, οικονομική και άνετη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών.

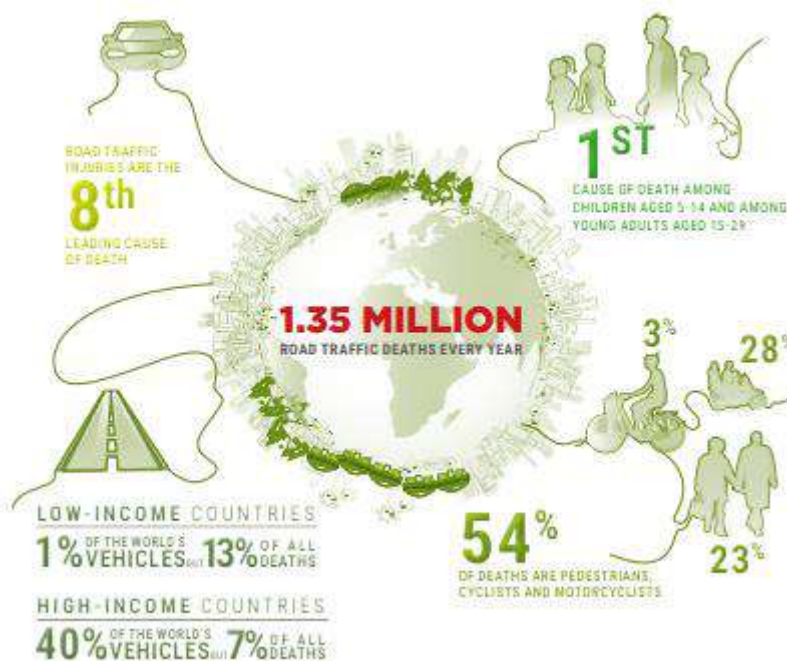
1.1.1 Οδικά ατυχήματα

Η εξέλιξη των οχημάτων και κυρίως της ιδιωτικής χρήσης επιβατικού αυτοκινήτου, έφερε μια πραγματική επανάσταση στη διακίνηση αγαθών και προσώπων, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια συνεχής αύξηση της κινητικότητας του πληθυσμού λόγω της μείωσης του χρόνου που χρειάζεται για τη διάνυση των αποστάσεων αλλά και της ευκολίας της μετακίνησης. Όμως, η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για μετακινήσεις που επιβάλλει πλέον ο σύγχρονος τρόπος ζωής, καθώς επίσης και οι ανάγκες που διαμορφώνει η κοινή ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά, συνοδεύεται δυστυχώς και από βαρύτερες κοινωνικές συνέπειες οι οποίες εκφράζονται με την απώλεια πολλών συνανθρώπων και το βαρύτατο τραυματισμό άλλων.

1.1.2 Η Οδική ασφάλεια σε παγκόσμιο επίπεδο

Ένα από τα δυσεπίλυτα προβλήματα στη ζωή του ανθρώπου είναι τα οδικά ατυχήματα, τα οποία εκτιμάται ότι αποτελούν την τρίτη αιτία θανάτου, μετά τις καρδιοπάθειες και τον καρκίνο, ενώ αποτελούν και μια από τις βασικότερες αιτίες πρόκλησης μόνιμης αναπηρίας σε παγκόσμια κλίμακα. Μολονότι έγιναν αρκετές προσπάθειες για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων, παρατηρήθηκε ανεπαρκής πρόοδος καθώς **ο αριθμός των ετήσιων θανάτων από τροχαία ατυχήματα έφθασε τα 1,35 εκατομμύρια**, σύμφωνα με μελέτη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization, Δεκέμβριος 2018), εκ των οποίων περίπου οι μισοί είναι «ευάλωτοι χρήστες του οδικού

δικτύου» και συγκεκριμένα πεζοί, ποδηλάτες και μοτοσικλετιστές. Επισημαίνεται μάλιστα η συγκλονιστική διαπίστωση ότι **κάθε 24 δευτερόλεπτα ένας χρήστης της οδού χάνει τη ζωή του**, γεγονός ιδιαίτερα ανησυχητικό και άκρως λυπηρό. Επιπλέον, κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί ότι, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, τα οδικά ατυχήματα έχουν καταστεί η κύρια αιτία θανάτου σε νεαρά άτομα ηλικιών από 15 έως 29 ετών (WHO, Global Status Report On Road Safety, 2018) και κατά συνέπεια οι απώλειες αυτές είναι περισσότερο οδυνηρές από οποιαδήποτε άλλη αιτία καθώς τα θύματα είναι κατά κανόνα άτομα υγιή και δραστήρια. Δεν είναι όμως μόνο οι θάνατοι που απειλούν σοβαρά την ευημερία των λαών. Εκτιμάται ότι οι μη θανατηφόροι τραυματισμοί ανέρχονται ετησίως στα 50 εκατομμύρια, οι επιπτώσεις των οποίων είναι ποικίλες και πολλές φορές υποτιμημένες.



Διάγραμμα 1.1.: Συγκεντρωτικά στοιχεία οδικής ασφάλειας σε παγκόσμιο επίπεδο

Πηγή: WHO Global Status Report On Road Safety, 2018

Οι ομάδες ανθρώπων που είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο του οδικού ατυχήματος ποικίλουν ανάλογα με:

❖ Την κοινωνική και οικονομική θέση

Περισσότερο από το 90% των θανάτων που είναι αποτέλεσμα οδικού ατυχήματος συμβαίνουν σε χαμηλού και μετρίου εισοδήματος χωρών. Συγκεκριμένα οι υψηλότεροι δείκτες τροχαίων ατυχημάτων εμφανίζονται στις αφρικανικές περιοχές. Ακόμη και στις υψηλού εισοδήματος χώρες οι χρήστες με χαμηλό κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο έχουν μεγαλύτερη τάση να συμμετέχουν σε οδικά συμβάντα.

❖ Ηλικία

Άνθρωποι ηλικίας μεταξύ 15 και 44 ετών συνιστούν το 48% των θανάτων στο οδικό σύστημα σε παγκόσμιο επίπεδο.

❖ Φύλο

Το φύλο των χρηστών των οδών συνδέεται άμεσα με την οδική συμπεριφορά και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εμπλοκή τους σε ατύχημα. Από τη νεαρά ηλικία, οι άντρες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα συμμετοχής σε τροχαίο ατύχημα από τις γυναίκες. Κι αυτό διότι φαίνεται να οδηγούν πιο «επιθετικά» αναπτύσσοντας μεγαλύτερες ταχύτητες, σε αντίθεση με τις γυναίκες οι οποίες κάνουν περισσότερα λάθη, κυρίως λόγω απόσπασης της προσοχής τους. Τα τρία τέταρτα (73%) των νεκρών σε τροχαίο ατύχημα είναι άντρες. Μάλιστα, όσον αφορά στους νέους οδηγούς, οι άντρες κάτω των 25 ετών έχουν τρεις φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να τραυματιστούν θανάσιμα σε τροχαίο ατύχημα από τις νέες γυναίκες.

1.1.3 Η Οδική ασφάλεια στην Ευρώπη

Ενώ η οδική ασφάλεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση έχει βελτιωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, ο αριθμός των θανάτων και των τραυματισμών είναι ακόμη υπερβολικά υψηλός. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σύμφωνα με στατιστικές που δημοσίευσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2016, οι δρόμοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ανακηρυχθεί οι ασφαλέστεροι στον κόσμο. Το 2017, περίπου 25.300 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στο οδικό δίκτυο της Ευρώπης και ο αριθμός των θανάτων από τροχαία ατυχήματα μειώθηκε κατά 2%, δηλαδή σημειώθηκαν 300 λιγότεροι θάνατοι σε σχέση με το 2016, ενώ παρατηρήθηκε μια αξιόλογη μείωση 20% σε σύγκριση με το 2010 καθώς καταγράφηκαν 6.200 λιγότερες ανθρώπινες απώλειες (NRSO, 2018).

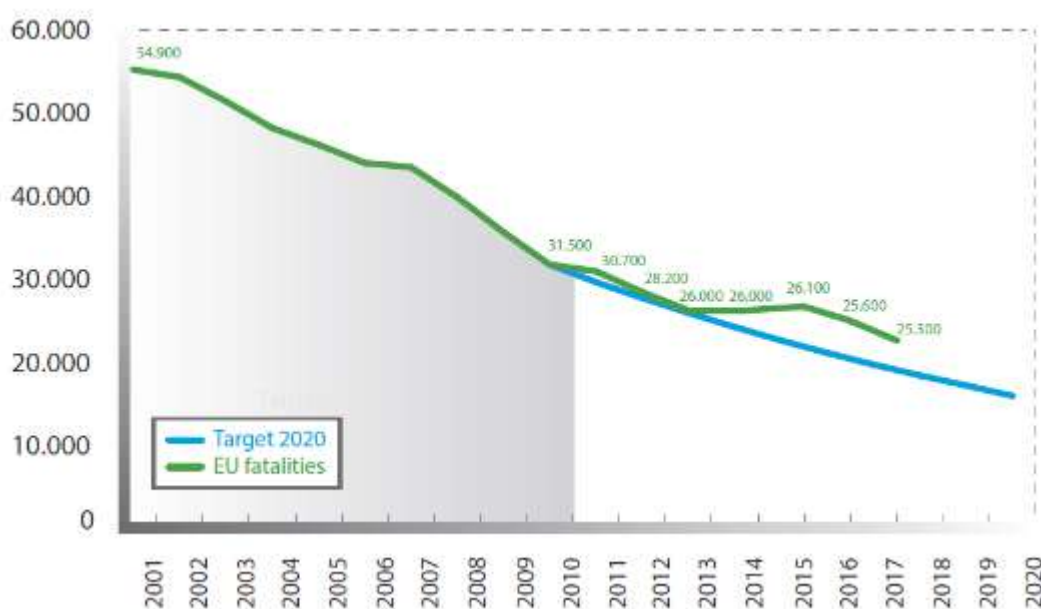
Η μικρή πτώση από την περασμένη χρονιά είναι μια αχτίδα ελπίδας, αλλά συνολικά οι αριθμοί εξακολουθούν να είναι ανησυχητικοί. Αυτό που δεν μπορεί να καταγραφεί στα στατιστικά στοιχεία είναι η θλίψη και ο πόνος της απώλειας συγγενών και φίλων. Επιπροσθέτως, εκτιμάται ότι άλλοι 135.000 άνθρωποι τραυματίστηκαν σοβαρά, ενώ οι θάνατοι και οι τραυματισμοί από τροχαία ατυχήματα πλήττουν όχι μόνο τα ίδια τα θύματα αλλά και την κοινωνία συνολικά, με εκτιμώμενο κοινωνικοοικονομικό κόστος που ανέρχεται σε 120 δισ. ευρώ ετησίως.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω είναι επιτακτική ανάγκη να καταβληθούν νέες προσπάθειες από όλους τους φορείς για να καταστεί ασφαλέστερο το ευρωπαϊκό οδικό δίκτυο. Ο αρχικός στρατηγικός στόχος της ΕΕ ήταν η μείωση, έως το 2020, κατά 50% του αριθμού των θανάτων από τροχαία ατυχήματα. Όμως οι στόχοι που είχαν τεθεί για το έτος 2020 δεν επιτεύχθηκαν πλήρως. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με βάση τη **διακήρυξη της Βαλέτας για την οδική ασφάλεια τον Μάρτιο 2017** (Valletta Declaration on Road Safety,

2017), επεξεργάζεται ένα **νέο πλαίσιο** και ανακοινώνει μια μεγάλη δέσμη μέτρων που θα συμβάλλουν στην οδική ασφάλεια για την περίοδο 2020 – 2030, συμπεριλαμβανομένων νέων στόχων **για τη μείωση κατά το ήμισυ των θανάτων και των σοβαρών τραυματισμών από τροχαία συμβάντα**.

Αυτά τα μέτρα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν αναθεώρηση των ευρωπαϊκών κανόνων για την ασφάλεια των οχημάτων και για τη διαχείριση της ασφάλειας των υποδομών, καθώς και μια πρωτοβουλία για την ασφαλή μετάβαση στη συνεργατική, συνδεδεμένη και αυτόνομη κινητικότητα. Με τα νέα μέτρα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πιστεύει πως 25.000 θάνατοι θα μπορούσαν να αποτραπούν μέσα στα επόμενα 15 χρόνια.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η εκτίμηση της μείωσης των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων στην Ευρώπη από το 2001 έως το 2020:



Διάγραμμα 1.2.: Θάνατοι σε τροχαία ατυχήματα 2001 – 2020 στην Ευρώπη

Πηγή: CARE (EU Road Accidents Database, 2018)

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με τους θανάτους από οδικά ατυχήματα σε 29 χώρες της Ευρώπης, 12 από αυτές παρουσιάζουν καλύτερες επιδόσεις από τον μέσο όρο της ΕΕ, όπως η Σουηδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, οι Κάτω Χώρες, η Δανία, η Ιρλανδία, η Εσθονία, η Γερμανία και η Φινλανδία (NTUA Road Safety Observatory, 2018). Αξίζει να σημειωθεί πως το 2017 η Ελλάδα κατέλαβε την 23^η θέση. Μάλιστα, την τελευταία δεκαετία η Εσθονία παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση των θανάτων από τροχαία

ατυχήματα, της τάξεως των 64%, ακολουθούμενη από τη Λιθουανία με ποσοστό 57%.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για 29 χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης την περίοδο 2008 – 2017:



Διάγραμμα 1.3.: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων για 29 χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Πηγή: NRSO, 2018

1.1.4 Η Οδική ασφάλεια στην Ελλάδα

Τα ατυχήματα στους ελληνικούς δρόμους δυστυχώς είναι ένα σύνηθες φαινόμενο με ολέθριες, σε πολλές περιπτώσεις, επιπτώσεις. Σύμφωνα με τα δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018), παρά τη σημαντική βελτίωση στην οδική ασφάλεια που καταγράφεται στην Ελλάδα μεταξύ 2010 – 2017, τα θανατηφόρα τροχαία εξακολουθούν να είναι σημαντικά υψηλότερα σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη, γεγονός που δεν πρέπει να μας εφησυχάζει. Όπως αναφέρει η ΕΛΣΤΑΤ, το 2017 παρουσιάστηκε **αξιόλογη μείωση 10%** των θανάτων στο οδικό δίκτυο σε σχέση με το 2016. Η σημαντική αυτή βελτίωση οφείλεται όχι μόνο στο γεγονός ότι η Ελλάδα βρίσκεται ακόμη σε οικονομική κρίση αλλά κυρίως στο γεγονός ότι το πρώτο εξάμηνο του 2017 οι οδηγοί διένυσαν περισσότερα από 500 χιλιόμετρα σε νέους ή

αναβαθμισμένους αυτοκινητοδρόμους, με αποτέλεσμα να ακολουθήσουν υψηλά ποσοστά θανάτων από τροχαία ατυχήματα.

Επιπροσθέτως, κατά την τελευταία δεκαετία, η Ελλάδα παρουσιάζει **μία από τις σημαντικότερες επιδόσεις οδικής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση**, με μείωση των τροχαίων ατυχημάτων κατά 54% και των σοβαρών τραυματισμών κατά 62%. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι ο αριθμός των θανάτων ανά εκατομμύριο οχημάτων μειώθηκε κατά 59% από το 2007. Αναντίρρητα, μπορεί τα στατιστικά στοιχεία να δείχνουν μικρή βελτίωση, ωστόσο ο δρόμος προς την οριστική εξάλειψη αυτού του θλιβερού φαινομένου, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, είναι ακόμη μακρύς και απαιτούνται πολλά και συντονισμένα βήματα, από όλους τους αρμόδιους φορείς.

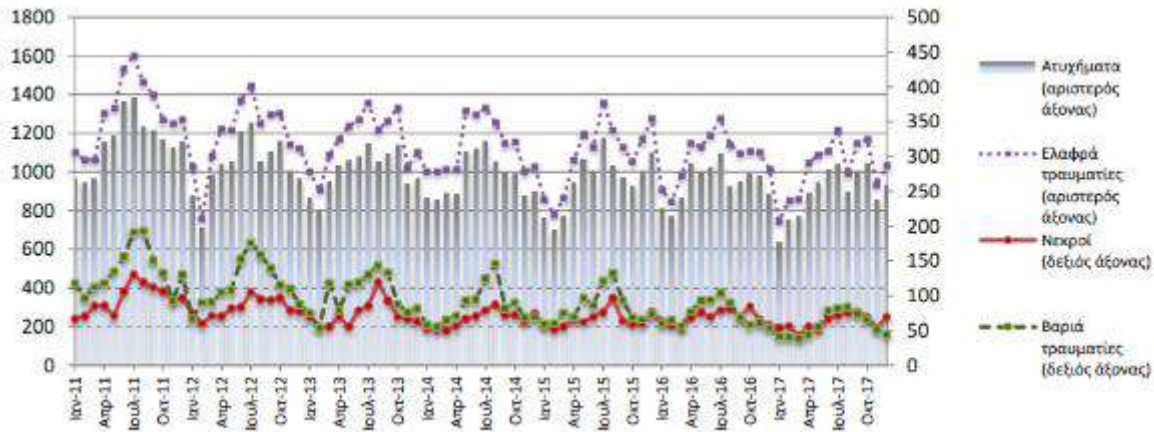
Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία για την οδική ασφάλεια στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα 2007 – 2017:



Διάγραμμα 1.4.: Βασικά στοιχεία για την οδική ασφάλεια στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα 2007 – 2017

Πηγή: NRSO, 2018

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται ο αριθμός των ατυχημάτων (νεκροί και τραυματίες) όπως εξελίχθηκε από τον Ιανουάριο του 2011 έως το Δεκέμβριο του 2017, στο οποίο διαπιστώνεται μείωση των θανατηφόρων ατυχημάτων με το πέρασμα του χρόνου:



Διάγραμμα 1.5.: Αριθμός ατυχημάτων από Ιανουάριο 2011 έως Δεκέμβριο 2017

Πηγή: Ελληνική Στατιστική Αρχή, ΕΛΣΤΑΤ, 2018

Ακόμα πιο μακροσκοπικά, παρακάτω παρουσιάζεται η σημαντική πτωτική τάση της Ελλάδας στα ατυχήματα από το 1991 έως το 2017:



Διάγραμμα 1.6.: Χαρακτηριστικά των οδικών τροχαίων ατυχημάτων στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα 1991 – 2017

Πηγή: NRSO, 2018

Από τον συγκεντρωτικό πίνακα που προηγήθηκε εξάγονται αξιοσημείωτες παρατηρήσεις. Πιο αναλυτικά, από το 2007 υπάρχουν περίπου 900 λιγότεροι θάνατοι από τροχαία ατυχήματα ετησίως στην Ελλάδα. Την τελευταία δεκαετία παρατηρήθηκε θεαματική μείωση (61%) των θανάτων από τροχαία ατυχήματα για τους νέους σε ηλικία οδηγούς, ενώ σε αυτοκινητόδρομους εντοπίστηκε μείωση (61%). Αντιθέτως, τα θανατηφόρα ατυχήματα είναι πολύ λιγότερα για τους ποδηλάτες, τους έμπειρους οδηγούς καθώς και τις γυναίκες.

1.1.5 Τα αίτια των οδικών ατυχημάτων

Η οδήγηση είναι μια σύνθετη δραστηριότητα που απαιτεί τον συντονισμό μιας σειράς φυσικών, πνευματικών και γνωστικών δυνατοτήτων (Mayhew and Simpson 1995, McKnight and Hundt 1971, Shinar 1978). Η ασφαλής οδήγηση απαιτεί επίσης αυξημένη προσοχή και συγκέντρωση. Οτιδήποτε αποσπά ή ανταγωνίζεται την προσοχή του οδηγού στη διαδικασία της οδήγησης μπορεί να έχει σοβαρές επιπλοκές στην οδική ασφάλεια. Το μεγαλύτερο μέρος των οδηγών μπορούν να προσανατολίσουν την προσοχή τους σε δραστηριότητες με τέτοιο τρόπο ώστε να μην θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλειά τους. Ωστόσο, η προσοχή των οδηγών μπορεί να αποσπαστεί σε τέτοιο βαθμό από μια συγκεκριμένη δραστηριότητα ή γεγονός ώστε να αποτύχουν να συγκεντρωθούν αρκετά στην οδήγηση και επομένως να αυξηθεί ο κίνδυνος να εμπλακούν σε κάποιο ατύχημα, ειδικά σε περίπτωση κάποιου συμβάντος.

Είναι προφανές πως η οδική ασφάλεια είναι ένα θέμα εξαιρετικά πολύπλοκο και δύσκολο να διευθετηθεί καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι βασικότεροι εκ των οποίων κατά σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας είναι (Φραντζεσκάκης et al., 1994) :

❖ Το όχημα

Τα χαρακτηριστικά των οχημάτων με τα οποία σχετίζονται τα ατυχήματα είναι:

- η ηλικία του οχήματος
- το μέγεθος του οχήματος
- ο τύπος του οχήματος

❖ Η οδός και το περιβάλλον

Ατυχήματα προκαλούν οι παρακάτω συνθήκες στην οδό και γενικότερα στο περιβάλλον:

- ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- χαμηλά πρότυπα κατασκευής
- κακή μελέτη, τοποθέτηση και κατασκευή παρόδιων στοιχείων
- κακή οργάνωση της κυκλοφορίας
- ανεπαρκής έλεγχος και σήμανση κατά τη διάρκεια των κατασκευών
- δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες

❖ Οι χρήστες της οδού

Η συμπεριφορά του χρήστη της οδού, είτε ως οδηγός ή επιβάτης ενός οχήματος είτε ως πεζός, αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα. Η στάση του οδηγού περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που μπορούν να αποτελούν αιτίες ατυχημάτων, οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι:

- υπερβολική ταχύτητα
- απόσπαση προσοχής
- λανθασμένη προσπέραση
- στροφή ή στάση
- κίνηση στο αντίθετο ρεύμα
- παραβίαση προτεραιότητας
- απρόσεκτη οδήγηση
- οδήγηση υπό την επήρεια μέθης
- μη τήρηση απόστασης ασφαλείας
- μη συμμόρφωση με τη σήμανση και σηματοδότηση
- απρόσεκτη διάσχιση οδών από πεζούς

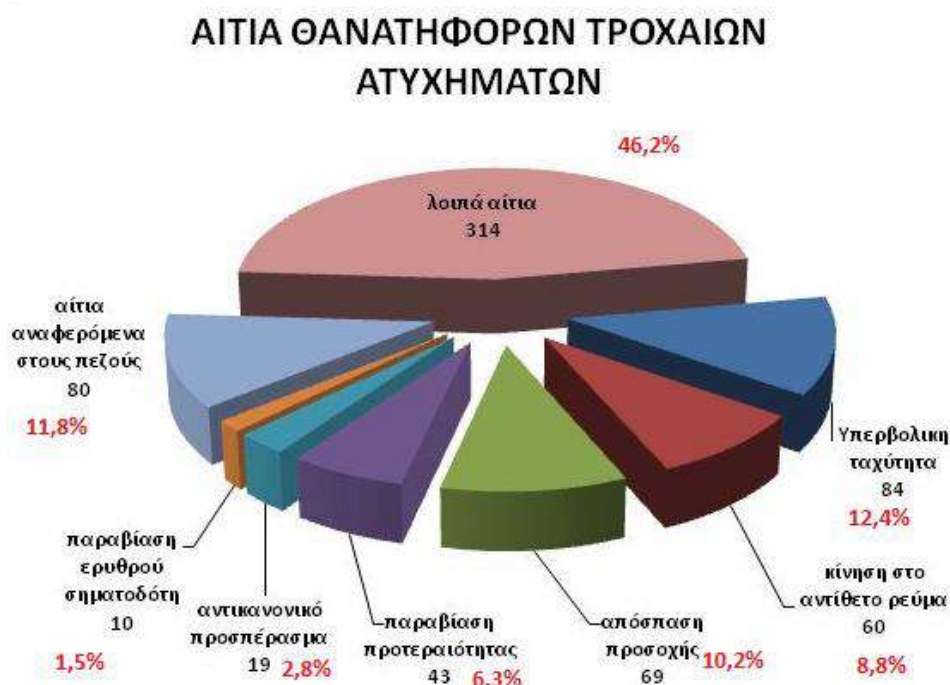
Σύμφωνα με μελέτες (Sabey and Taylor, 1980) που πραγματοποιήθηκαν στη Μ. Βρετανία ο ανθρώπινος παράγοντας ευθύνεται στη συντριπτική πλειοψηφία των οδικών ατυχημάτων. Πιο συγκεκριμένα στο 65% των περιπτώσεων υπεύθυνος υπήρξε αποκλειστικά ο άνθρωπος, ενώ στο 95% τα οδικά ατυχήματα οφείλονταν σ' αυτόν σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες. Κατά συνέπεια ο οδηγός δεν είναι μόνο ο παραλήπτης των πληροφοριών και εκείνος που παίρνει τις αποφάσεις, αλλά ο κύριος παράγοντας στα ατυχήματα, καθώς τα περισσότερα από αυτά αποδίδονται στα ανθρώπινα λάθη (West et al. 1993), τα οποία οφείλονται κατά βάση στην αδύναμη συνειδητοποίηση των κινδύνων του οδηγού.

Στο διάγραμμα πίτας που ακολουθεί συνοψίζονται τα κυριότερα αίτια θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων, μαζί με τα ποσοστά τους, στην Ελλάδα για το έτος 2017. Σύμφωνα με αυτό, μπορεί εύκολα κανείς να διαπιστώσει ότι οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν σε θανατηφόρα ατυχήματα είναι η υπερβολική ταχύτητα και μάλιστα με ποσοστό 12,4%, αλλά και η απόσπαση προσοχής με ποσοστό 10,2%.

Αναμφισβήτητα η **υπερβολική ταχύτητα** είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στον τομέα της οδικής ασφάλειας αυξάνοντας σε μεγάλο βαθμό τον κίνδυνο ατυχήματος. Το 40-50% περίπου των οδηγών οδηγούν με ταχύτητα άνω του επιτρεπόμενου ορίου, ενώ το 10-20% υπερβαίνουν το όριο αυτό κατά περισσότερα από 10 χλμ. Η ανάπτυξη υπερβολικής ταχύτητας αυξάνει όχι μόνο τον κίνδυνο σύγκρουσης, αλλά και την πιθανότητα σοβαρού τραυματισμού ή και θανατηφόρου τροχαίου ατυχήματος.

Η **απόσπαση της προσοχής** κατά τη διάρκεια της οδήγησης αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα αύξησης της επικινδυνότητας οδικού ατυχήματος. Οι υφιστάμενες έρευνες δείχνουν ότι κάποια μορφή απόσπασης της προσοχής του οδηγού μπορεί να ευθύνεται για έως και το 25-30% των οδικών

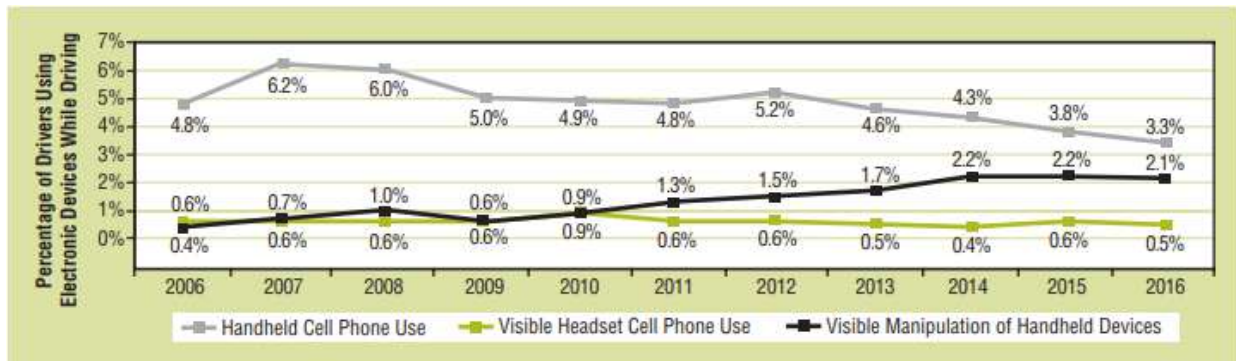
ατυχημάτων. Η διεύθυνση διαφόρων νέων τεχνολογιών εντός του οχήματος και η αύξηση της χρήσης αυτών των συσκευών κάνει επιτακτική την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της επιρροής τους στην προσοχή των οδηγών, στη ροή της κυκλοφορίας και στην οδική ασφάλεια. Η χρήση κινητών τηλεφώνων, η συνεχώς αυξανόμενη χρήση συστημάτων πλοήγησης και άλλων συστημάτων υποβοήθησης του οδηγού, καθώς και δραστηριότητες όπως η συζήτηση με συνεπιβάτες, το ραδιόφωνο, το κάπνισμα, η κατανάλωση φαγητού ή ποτού, αποτελούν τυπικές πηγές απόσπασης της προσοχής του οδηγού εντός του οχήματος. Αξίζει να σημειωθεί πως τα αποτελέσματα των ερευνών υποδεικνύουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου είναι πιθανότατα η πιο σημαντική πηγή απόσπασης της προσοχής του οδηγού εντός του οχήματος. Μάλιστα, οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης παρουσιάζουν 4 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα οδικού ατυχήματος.



Διάγραμμα 1.7.: Θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα ανά αιτία σύγκρουσης στην Ελλάδα το 2017

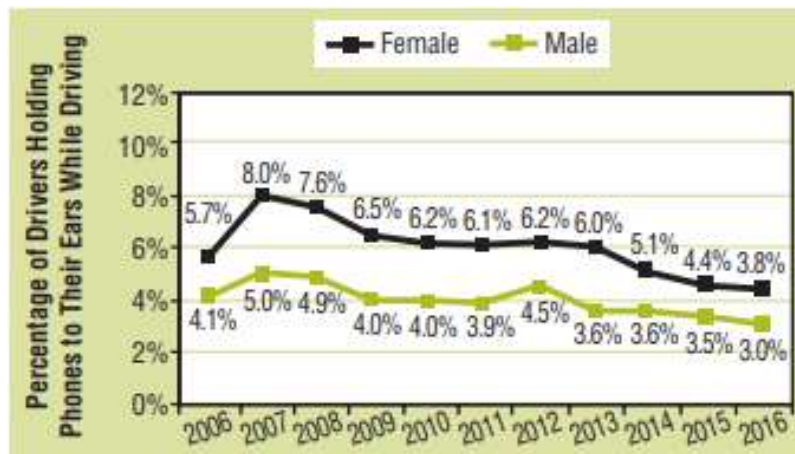
Πηγή: Στατιστικά Στοιχεία Τροχαίας, 2018

Στο διάγραμμα 1.8. απεικονίζεται η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οδήγηση από το 2006 έως το 2016, στο οποίο διαπιστώνεται μια αύξηση της τάξεως του 1,7% για την ορατή χρήση συσκευών χειρός με το πέρασμα του χρόνου, ενώ στο διάγραμμα 1.9. παρουσιάζεται η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οδήγηση ανάλογα με το φύλο, και διαπιστώνεται ότι οι γυναίκες οδηγοί κάνουν περισσότερη χρήση του κινητού τηλεφώνου σε σύγκριση με τους άντρες.



Διάγραμμα 1.8.: Χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οδήγηση

Πηγή: NHTSA, 2017



Διάγραμμα 1.9.: Χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την οδήγηση ανά φύλο

Πηγή: NHTSA, 2017

1.1.6 Η Οικολογική οδήγηση

Η οικολογική οδήγηση, γνωστή και ως **ecodriving**, είναι ένας έξυπνος τρόπος οδήγησης, ο οποίος συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, στην ελάττωση των εκπομπών ρύπων και αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και στον περιορισμό των τροχαίων ατυχημάτων. Είναι ένας τρόπος οδήγησης που μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί τόσο από τους οδηγούς σύγχρονων επιβατικών αυτοκινήτων όσο και από τους επαγγελματίες οδηγούς φορτηγών και λεωφορείων. Ecodriving σημαίνει συνετή, ήπια και ασφαλής οδήγηση με ομαλές επιταχύνσεις και έγκαιρα φρεναρίσματα.

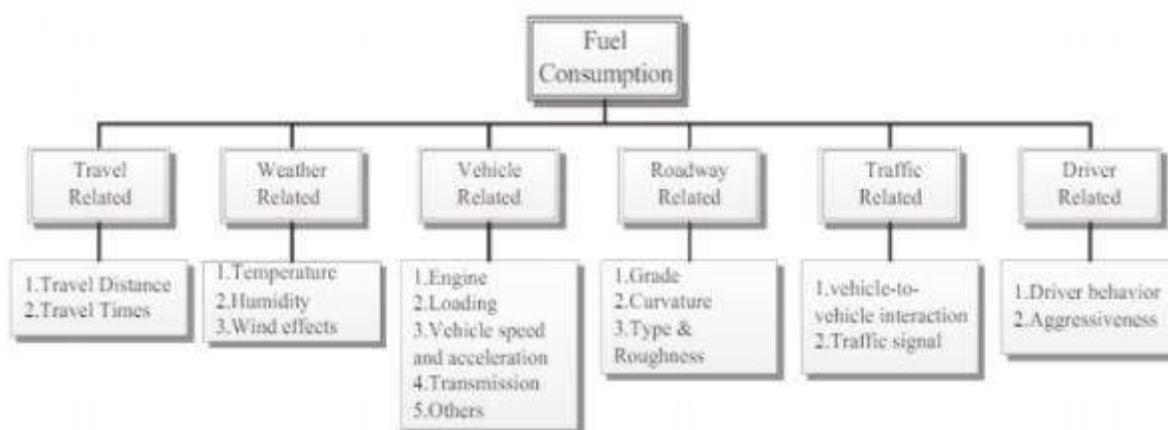
1.1.7 Κατανάλωση καυσίμου κατά την οδήγηση

Η βιομηχανία αυτοκίνησης αυτήν την περίοδο δέχεται πίεση λόγω της μείωσης του διαθέσιμου πετρελαίου και των απαιτήσεων που αφορούν στην προστασία του περιβάλλοντος (Salvi et al., 2015). Τα αυτοκίνητα καταναλώνουν μια σημαντική ποσότητα καυσίμων κάθε χρόνο και έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή πολύ μεγάλων ποσοτήτων καυσαερίων. Το 2011 περίπου το 59% του πετρελαίου χρησιμοποιήθηκε για τις μεταφορές και είχε ως αποτέλεσμα το 22% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Επομένως, γίνεται αμέσως αντιληπτή η ανάγκη για κατανόηση του προβλήματος της υπέρογκης κατανάλωσης καυσίμου και η αναζήτηση πιο βιώσιμων λύσεων.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την ενέργεια που καταναλώνεται και τους ρύπους που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα είναι πολυάριθμοι. Πιο αναλυτικά, αυτές οι παράμετροι μπορούν να ταξινομηθούν σε έξι ευρείες κατηγορίες (Ahn et al., 2002 and Zhou et al., 2016).

- **Παράγοντες σχετικοί με τις διαδρομές (Travel-related factors):** Στους παράγοντες που σχετίζονται με τις διαδρομές περιλαμβάνονται η συνολική απόσταση και ο αριθμός των ταξιδιών που εκτελέστηκαν κατά την περίοδο ανάλυσης.
- **Παράγοντες σχετικοί με τον καιρό (Weather-related factors):** Στους παράγοντες που σχετίζονται με τον καιρό περιλαμβάνονται η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η υγρασία και η επιρροή του ανέμου.
- **Παράγοντες σχετικοί με το όχημα (Vehicle-related factors):** Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που σχετίζονται με το όχημα είναι ο κινητήρας, το φορτίο του οχήματος, η ταχύτητα και η επιτάχυνση. Το μέγεθος του κινητήρα, ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιεί και αν το όχημα είναι εξοπλισμένο με σύστημα μετεπεξεργασίας των καυσαερίων καθορίζουν άμεσα την επίδοση του οχήματος ως προς την κατανάλωση καυσίμου (Ben et al., 2013).
- **Παράγοντες που σχετίζονται με το οδικό δίκτυο (Roadway-related factors):** Οι παράγοντες αυτοί αναφέρονται στα φυσικά χαρακτηριστικά ενός δρόμου όπως η κλίση του, η τραχύτητα της επιφάνειας του και η οριζόντια καμπυλότητά του.
- **Παράγοντες που σχετίζονται με τις κυκλοφοριακές συνθήκες (Traffic-related factors):** Σε αυτούς τους παράγοντες συμπεριλαμβάνεται η ροή της κυκλοφορίας και η σηματοδότηση.
- **Παράγοντες που σχετίζονται με τον οδηγό (Driver-related factors):** Σε αυτήν την κατηγορία υπάγονται κατά κύριο λόγο παράγοντες που

αναφέρονται στην οδηγική συμπεριφορά και στην επιθετικότητα κατά την οδήγηση, οι οποίες συνήθως προσδιορίζονται και αναγνωρίζονται από τις χρονοσειρές της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Σε σύγκριση με τους άπειρους οδηγούς, οι έμπειροι οδηγοί μπορούν να εξοικονομήσουν καύσιμα λόγω δεξιότητας, προσαρμόζοντας για παράδειγμα την ταχύτητα του οχήματός τους για να αποφύγουν στάση σε σηματοδότες ή μειώνοντας τις έντονες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις σε άλλες περιοχές.



Διάγραμμα 1.10.: Απεικόνιση των παραγόντων επιρροής της κατανάλωσης καυσίμων

Πηγή: Zhou et al., 2016

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **συσχέτιση οδηγικής συμπεριφοράς και κατανάλωσης καυσίμων με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλεφωνά.**

Πιο αναλυτικά, για την εκπλήρωση του παραπάνω στόχου, πραγματοποιήθηκε ένα **πείραμα** οδήγησης στο οποίο συμμετείχαν 17 οδηγοί σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα **4 μηνών** (Ιούνιος – Σεπτέμβριος 2018). Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε δύο στάδια, διάρκειας περίπου δύο μηνών το κάθε ένα. Οι οδηγοί κλήθηκαν στο **πρώτο στάδιο** (Ιούνιο – Ιούλιο) να οδηγήσουν με τη συνηθισμένη οδηγική τους συμπεριφορά ενώ στο **δεύτερο** (Αύγουστο – Σεπτέμβριο) κλήθηκαν να οδηγήσουν τηρώντας αυστηρά τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (τήρηση ορίων ταχύτητας, αποφυγή απότομων επιταχύνσεων, επιβραδύνσεων αλλά και ομιλίας στο κινητό στο χέρι), βελτιώνοντας την οδηγική τους συμπεριφορά.

Κατόπιν, επιδιώκεται να εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα **στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης** του οδηγού όπως οι απότομες επιταχύνσεις, οι απότομες επιβραδύνσεις, η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, η απόσπαση προσοχής μέσω της χρήσης κινητού τηλεφώνου αλλά και η οδήγηση κατά τις βραδινές ώρες, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με την εκάστοτε οδηγική συμπεριφορά. Επιπλέον, μέσω **ερωτηματολογίων** που δόθηκαν στους οδηγούς, πρόκειται να διερευνηθεί κατά πόσο τα δημογραφικά στοιχεία των χρηστών, όπως το φύλο, η ηλικία ή το μορφωτικό επίπεδο επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι απαιτείται η **εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης των δεδομένων**. Κατ' επέκταση, επιμέρους στόχος της Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη των κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων, τα οποία θα αποτυπώνουν επαρκώς τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συλλεχθούν μέσω της πειραματικής διαδικασίας, αλλά και θα ποσοτικοποιούν την επιρροή των παραμέτρων που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου.

Εκτός από το βασικό μοντέλο για το σύνολο των διαδρομών, θα **αναπτυχθούν επιμέρους μοντέλα** που θα συσχετίζουν την κατανάλωση καυσίμου με τους παράγοντες επιρροής, χωριστά για **κάθε τύπο οδού** (αυτοκινητόδρομο, υπεραστική οδό, αστική οδό). Μάλιστα θα επιδιωχθεί όλα τα μοντέλα να έχουν **τις ίδιες ακριβώς μεταβλητές** ώστε να επιτευχθεί πιο εύκολα η σύγκριση των μοντέλων μεταξύ τους.

Εκτιμάται ότι **τα αποτελέσματα** της ανάλυσης που θα προκύψουν με το τέλος της Διπλωματικής Εργασίας, θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο η **οδηγική συμπεριφορά σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του οδηγού, επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου**. Συγχρόνως, τα συμπεράσματα της πειραματικής διαδικασίας αναμένεται να αποφέρουν πολλαπλά και σημαντικά οφέλη τόσο στην κοινωνία όσο και στο περιβάλλον, καθώς βασική επιδίωξη είναι η αλλαγή του τρόπου οδήγησης των χρηστών με επεμβάσεις στη συμπεριφορά τους και η αυστηρή τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας. Μια τέτοια αλλαγή στη νοοτροπία του οδηγού πρόκειται να συντελέσει στην εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου, τη μείωση της φθοράς καθώς και την ελάττωση της ρύπανσης, ενώ αναμφίβολα θα αποτελέσει δείγμα καλής συμπεριφοράς και σεβασμού προς τους υπόλοιπους οδηγούς.

1.3 Μεθοδολογία

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται συνοπτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά καθορίστηκε το αντικείμενο που θα εξέταζε η παρούσα Διπλωματική Εργασία και κατόπιν αφού οριστικοποιήθηκε ο επιδιωκόμενος στόχος, πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν,

δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της Διπλωματικής Εργασίας, τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Σε αυτό το στάδιο, πραγματοποιήθηκε αναζήτηση παρεμφερών ερευνών, επιστημονικών άρθρων καθώς επίσης και γενικών πληροφοριών σχετικά με το εξεταζόμενο αντικείμενο που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη έρευνα. Μέσω αυτής της διαδικασίας καταβλήθηκε προσπάθεια να αποκτηθεί μια σχετική εμπειρία στην επεξεργασία τέτοιων θεμάτων, καθώς επίσης και να αποφασιστεί η μέθοδος με βάση την οποία θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των στοιχείων και να επιτευχθεί ο επιδιωκόμενος στόχος.

Αφότου ολοκληρώθηκε η αναζήτηση βιβλιογραφικών αναφορών, επόμενο βήμα ήταν η εύρεση του **τρόπου συλλογής στοιχείων**, τα οποία θα επιτρέπουν τη συσχέτιση χαρακτηριστικών και της συμπεριφοράς του οδηγού με την κατανάλωση καυσίμου. Για το λόγο αυτό, εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων, μέσα από την εξατομικευμένη καταγραφή της συμπεριφοράς του οδηγού σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (SmartPhones).

Αξιοποιήθηκε η ειδική πλατφόρμα της εταιρείας της συγκεκριμένης εφαρμογής σε έξυπνα κινητά τηλέφωνα (OSeven) για την αποτελεσματική μετάβαση από τη συλλογή στοιχείων στη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Η έρευνα συνεχίστηκε με τη συμπλήρωση του **πίνακα καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου** από τους ίδιους τους χρήστες καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος αλλά και κατάλληλα διαμορφωμένων **ερωτηματολογίων**, βάσει των οποίων συγκεντρώθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα και συγκεκριμένα καταγράφηκαν τα γενικά στοιχεία οδήγησης, η στάση και οι συνήθειες απέναντι στην οδική ασφάλεια καθώς και τα δημογραφικά στοιχεία του κάθε οδηγού. Αξίζει να επισημανθεί ότι τα ερωτηματολόγια, ο πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμων και η συλλογή στοιχείων μέσω της ειδικής αυτής εφαρμογής, συνέβαλαν στη δημιουργία μιας αξιόλογης βάσης δεδομένων με χιλιάδες διαδρομές, ενώ αποτέλεσαν τις κυριότερες πηγές της Διπλωματικής Εργασίας.

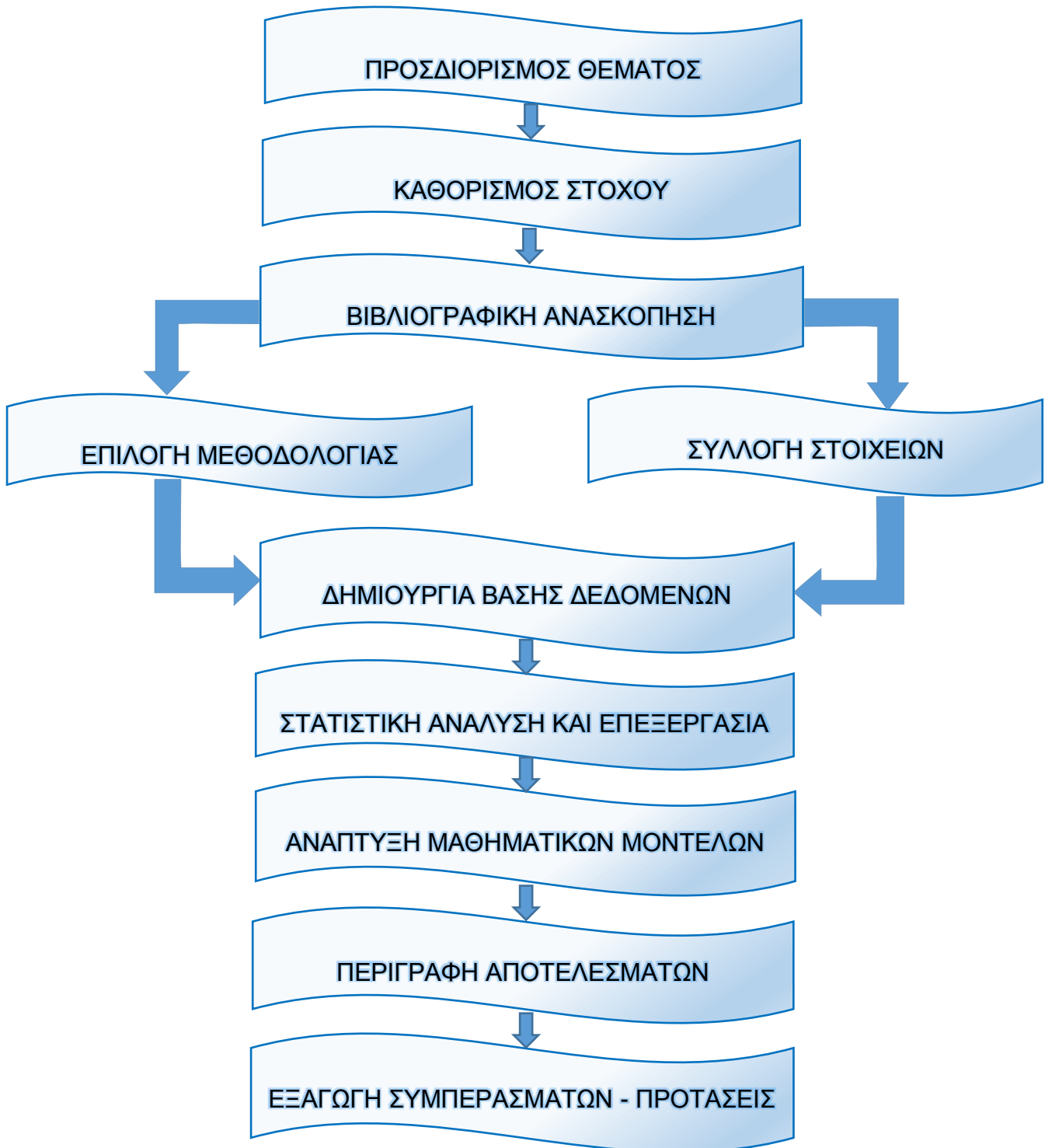
Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων (Microsoft Excel, 2013), η οποία βελτιώθηκε σταδιακά, έως ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Ακολούθησε η **επιλογή της μεθόδου** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (IBM SPSS 23.0). Μετά από την εύρεση της κατάλληλης μεθόδου, αναπτύχθηκαν τα τελικά μαθηματικά μοντέλα προς επίτευξη των ορισθέντων στόχων της Διπλωματικής Εργασίας.

Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων, διαδέχθηκε η **αξιολόγηση και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε η περιγραφή της επιρροής των χαρακτηριστικών – συνηθειών και προσωπικών στοιχείων της κυκλοφοριακής συμπεριφοράς του οδηγού σε σχέση με την κατανάλωση καυσίμου.

Τέλος, εξήχθησαν τα αντίστοιχα **συμπεράσματα** για το βαθμό και τον τύπο της επιρροής των εκάστοτε ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη και ταυτόχρονα δόθηκαν οι απαντήσεις για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.

Έτσι, προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες για το υπό εξέταση πρόβλημα καθώς και διατυπώθηκαν αξιόλογες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στη συνέχεια αποτυπώνονται, υπό μορφή **διαγράμματος ροής**, τα διαδοχικά στάδια της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκαν για τις ανάγκες εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.11.: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της Διπλωματικής Εργασίας μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται η εισαγωγή και δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην κατανόηση του αντικείμενου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, γίνεται μια γενική ανασκόπηση, όπου αναφέρονται τα πιο πρόσφατα δεδομένα, όσον αφορά στην οδική ασφάλεια. Κατόπιν, πραγματοποιείται συνοπτική παρουσίαση του προβλήματος της οδικής ασφάλειας στη σημερινή εποχή, με αναφορά σε στοιχεία οδικών ατυχημάτων τόσο σε παγκόσμιο, όσο και σε πανευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο. Έπειτα, περιγράφονται τα αίτια των οδηγικών ατυχημάτων αλλά και οι παράγοντες που επιδρούν στην οδική ασφάλεια και παρατίθενται διαγράμματα, πίνακες και γραφήματα από τα οποία μπορεί κανείς να αντλήσει πληροφορίες για την εξέλιξη του φαινομένου έως σήμερα. Ακόμα, επισημαίνεται ο ορισμός της οικολογικής οδήγησης καθώς και αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου. Ακολουθώς περιγράφεται το αντικείμενο και οι στόχοι της Διπλωματικής Εργασίας, θέτοντας τα ερωτήματα προς διερεύνηση. Κατόπιν, παρουσιάζεται η μεθοδολογία η οποία θα ακολουθηθεί για την επιδίωξη των τιθέντων στόχων, τόσο με τη μορφή κειμένου όσο και διαγράμματος ροής, το οποίο μάλιστα απεικονίζει την αλληλουχία των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν με μεγαλύτερη σαφήνεια και καλύτερη κατανόηση. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρούσα σύνοψη της δομής του συνόλου της Διπλωματικής Εργασίας.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, τα οποία προέκυψαν από την αναζήτηση και την καταγραφή ερευνών με αντικείμενο συναφές της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε δύο υποκεφάλαια. Πιο αναλυτικά, το πρώτο αφορά στην παρουσίαση και ανασκόπηση αποτελεσμάτων από έρευνες εστιασμένες στην οδηγική συμπεριφορά με χρήση δεδομένων από κινητό τηλέφωνο ενώ το δεύτερο μέρος από έρευνες που εστιάζουν στην αλληλεπίδραση της οδηγικής συμπεριφοράς με την κατανάλωση καυσίμου και παρεμφερείς μεθοδολογίες με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Εν συνεχεία, παρατίθενται εργασίες από την Ελλάδα και το εξωτερικό, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί σε συνέδρια, επιστημονικά περιοδικά, άρθρα ή συγγράμματα. Έπειτα, πραγματοποιείται σύνοψή της κάθε εργασίας που περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματα, με έμφαση σε πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί υπό πραγματικές συνθήκες αλλά και γενικά στα στοιχεία που παρουσιάζουν συνάφεια με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Στο τέλος του κεφαλαίου συνοψίζονται και αξιολογούνται κριτικά οι έρευνες ώστε να διαπιστωθεί ο βαθμός στον οποίο είναι ικανές να συμβάλλουν ουσιαστικά στην παρούσα εργασία.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίχθηκε η ανάλυση των στοιχείων της οδηγικής συμπεριφοράς. Αρχικά, επεξηγούνται οι λόγοι επιλογής των στατιστικών αναλύσεων που χρησιμοποιήθηκαν, περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες για την καλύτερη κατανόηση και επεξήγηση των επιλεχθέντων μαθηματικών μοντέλων και αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression) καθώς και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης (lognormal regression). Ακολούθως, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλεται. Το κεφάλαιο κλείνει με μία σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται για την επεξεργασία δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS 23.0).

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, στα οποία βασίστηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, αναλύεται η μέθοδος συλλογής των δεδομένων μέσα από το πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης που πραγματοποιήθηκε. Επιπροσθέτως, γίνεται παράθεση του χρησιμοποιούμενου στη συγκεκριμένη έρευνα ερωτηματολογίου και ακολουθεί εκτενής παρουσίαση του. Στη συνέχεια παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Περιγράφεται ακόμα, η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων και αναλύεται ο τρόπος κωδικοποίησης των στοιχείων, καθώς και η αρχική επεξεργασία που υπέστησαν, ώστε να χρησιμοποιηθούν στη στατιστική ανάλυση, έως την απόκτηση της τελικής μορφής. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο εισαγωγής της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιλαμβάνεται η αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αναντίρρητα, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια της Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης του κάθε μαθηματικού μοντέλου. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, ενώ τα τελικά αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις και την περιγραφή τους για την διευκόλυνση της κατανόησης τους.

Στο **έκτο κεφάλαιο** διατυπώνονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν ύστερα από την ανάλυση των στοιχείων της έρευνας και την ερμηνεία των επιλεχθέντων μαθηματικών μοντέλων. Το κεφάλαιο αυτό, το οποίο αποτελεί το τελευταίο μέρος της παρούσας εργασίας, περιλαμβάνει μία

σύνθεση αρκετών ποσοτικοποιημένων στοιχείων σε συνδυασμό με τα επιμέρους αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου. Αρχικά, πραγματοποιείται μία σύνοψη των κυριότερων σημείων, ενώ στη συνέχεια διατυπώνονται τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν. Καταληκτικά, καταγράφονται προτάσεις τόσο σχετικά με την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όσο και σχετικά με τη βελτίωση της οικολογικής οδήγησης και περαιτέρω έρευνες, σχετικές με το αντικείμενο της εργασίας αυτής.

Στο **έβδομο κεφάλαιο** παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας. Παρουσιάζονται, με τη μορφή καταλόγου, που αφορούν τόσο σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους, που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί είτε στην Ελλάδα είτε στο εξωτερικό, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με την παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Πρώτα απ' όλα, αξιοπρόσεκτες είναι οι έρευνες που αναφέρονται στην κατανόηση της συμπεριφοράς των οδηγών μέσω τεχνολογικών συσκευών, προσαρμοσμένα στον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Πιο αναλυτικά, παρουσιάζονται έρευνες οι οποίες έχουν ως κύριο αντικείμενο την οδηγική συμπεριφορά αξιοποιώντας δεδομένα που λαμβάνονται από το κινητό τηλέφωνο του χρήστη, καθώς επίσης ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται σε έρευνες που είναι εστιασμένες στην επιρροή της οδηγικής συμπεριφοράς στην κατανάλωση καυσίμου. Κι ακόμα, άκρως χρήσιμες είναι οι μεθοδολογίες συλλογής στοιχείων οι οποίες είναι παρόμοιες με αυτές που εφαρμόστηκαν για τη συγκεκριμένη εργασία. Για κάθε επιστημονική εργασία παρατίθεται σύντομη σύνοψή της που περιλαμβάνει το πλαίσιο της έρευνας, τη μεθοδολογία και τα βασικά αποτελέσματά της με έμφαση σε αυτά που σχετίζονται με την Διπλωματική Εργασία. Τέλος, μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μιας κατάλληλης μεθόδου και ιδανικών παραμέτρων για την αντιμετώπιση του αντικείμενου της παρούσας εργασίας.

2.2 Συναφείς έρευνες

Το υποκεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη παρουσιάζονται τα βασικά σημεία ερευνών, οι οποίες σχετίζονται με τη μελέτη συμπεριφοράς οδηγών αυτοκινήτων, στα οχήματα των οποίων έχουν εγκατασταθεί ειδικά διαγνωστικά συστήματα, τα οποία μέσω αισθητήρων κινητών τηλεφώνων είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά, τις επιδεξιότητες αλλά και τις αδυναμίες του κάθε οδηγού. Στη δεύτερη παρατίθενται εκείνες, οι οποίες δείχνουν τη συσχέτιση και την επιρροή της οδηγικής συμπεριφοράς στην κατανάλωση καυσίμων. Οι έρευνες αυτές είναι δημοσιευμένες σε επιστημονικά περιοδικά και αποτελούν μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας γύρω από το συγκεκριμένο αντικείμενο της οδικής ασφάλειας. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται είτε σε προσωπικές εκτιμήσεις των ίδιων των οδηγών μέσω ερωτηματολογίων, είτε στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Σκοπός είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με άλλες έρευνες με παρεμφερές περιεχόμενο.

2.2.1 Έρευνες εστιασμένες στην οδηγική συμπεριφορά με δεδομένα από κινητό τηλέφωνο

2.2.1.1 Impact of texting on young drivers' behavior and safety on urban and rural roads through a simulation experiment (Yannis et al., 2014)

Σκοπός

Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί στη διερεύνηση της **αποστολής μηνυμάτων κατά τη διάρκεια της οδήγησης στη συμπεριφορά και την ασφάλεια των νέων οδηγών**, τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό περιβάλλον.

Μεθοδολογία

Πραγματοποιήθηκε ένα **πείραμα προσομοίωσης**, στο οποίο συμμετείχαν 34 νέοι οδηγοί, οι οποίοι κλήθηκαν να οδηγήσουν **σε διαφορετικά σενάρια οδήγησης**, και συγκεκριμένα υπό συνθήκες ηλιοφάνειας και βροχής, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι κανονικής και δυαδικής λογιστικής παλινδρόμησης για να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο **η αποστολή μηνυμάτων επηρεάζει τη μέση ταχύτητα και το μέσο χρόνο αντίδρασης** του οδηγού. Μάλιστα, εξετάστηκαν και άλλες παράμετροι που μπορούν να οδηγήσουν στην πιθανότητα ενός ατυχήματος, εξαιτίας της απόσπασης προσοχής του οδηγού.

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος, φαίνεται ότι η αποστολή μηνυμάτων οδηγεί σε **στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας και αύξηση του μέσου όρου αντίδρασης** στο αστικό και υπεραστικό οδικό περιβάλλον. Ταυτόχρονα, η χρήση κινητού τηλεφώνου **οδηγεί σε αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος** λόγω της διάσπασης της προσοχής του οδηγού και της καθυστερημένης αντίδρασης κατά τη στιγμή του συμβάντος. Αποδεικνύεται επίσης πως οι οδηγοί που χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα **με θόνη αφής** παρουσιάζουν **διαφορετική συμπεριφορά οδήγησης** σε σχέση με την ταχύτητά τους, ωστόσο, είχαν ακόμη **μεγαλύτερη πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα**. Κλείνοντας, η ανάλυση των επιδόσεων των νέων οδηγών που προέκυψε από το πείραμα μπορεί να οδηγήσει στον **εντοπισμό σημαντικών μέτρων για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και απόδοσης των χρηστών**, όπως περιοριστικά μέτρα και ποινές, εκπαίδευση των νέων οδηγών αλλά και ενημερωτικές εκστρατείες.

2.2.1.2 Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones (Rosolino et al., 2014)

Σκοπός

Αυτή η εργασία πραγματεύεται την **ανάπτυξη μιας πρωτότυπης εφαρμογής για ηλεκτρονικές κινητές συσκευές η οποία θα εκτιμάει το βαθμό**

ασφάλειας των οδηγών που βρίσκονται εν κινήσει μετρώντας την διαμήκη και πλευρική τους επιτάχυνση, μέσω χρήσης των συστημάτων GPS. Όπου κρίνεται σκόπιμο, η εφαρμογή θα εμφανίζει μια προειδοποίηση στους οδηγούς ώστε να συμμορφώσουν την συμπεριφορά τους στον δρόμο.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Τοποθετώντας σε έναν άξονα x, y τις επιταχύνσεις του οχήματος (πλευρική και διαμήκης αντίστοιχα), εκτιμήθηκε η συμπεριφορά του οδηγού στο τιμόνι (επιθετικός ή μη). Χρησιμοποιήθηκε, επίσης, ο κύκλος τριβής του οχήματος, ο οποίος είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των ελαστικών του αυτοκινήτου και των χαρακτηριστικών του οδοστρώματος. Λαμβάνοντας, επιπλέον, υπόψη την εμπειρία του οδηγού και τον τύπο του αυτοκινήτου δημιουργήθηκε το **“Διάγραμμα Οδηγικής Συμπεριφοράς” (Driving Style Diagram – DSD)**, το οποίο αποτελεί μία συσχέτιση όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με το ίδιο όχημα και το ίδιο smartphone και πήραν μέρος 5 οδηγοί με διαφορετικά οδηγικά χαρακτηριστικά. Η συμπεριφορά κάθε οδηγού εκτιμήθηκε με βάση το ποσοστό υπέρβασης των **ορίων επιτάχυνσης του DSD**.

Αποτελέσματα

Η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα ότι η καλύτερη τιμή για το διαχωρισμό των επιθετικών από τους ασφαλείς οδηγούς **μπορεί να οριστεί στο 9% για το ποσοστό υπέρβασης των ορίων επιτάχυνσης του DSD**.

2.2.1.3 A Smartphone - based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors (Hong et al., 2014)

Σκοπός

Η εργασία αυτή πραγματεύεται τον **προσδιορισμό της επιθετικής συμπεριφοράς του οδηγού, αξιοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων (SmartPhones)**. Η αξιολόγηση του τρόπου οδήγησης ενός ατόμου είναι ένας χρήσιμος τρόπος για τον εντοπισμό των αδυναμιών του καθενός και κατ' επέκταση τη βελτίωση της οδηγικής του συμπεριφοράς. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η κατασκευή ενός μοντέλου με τη χρήση αισθητήρων, το οποίο μπορεί να συλλέξει ουσιαστικές πληροφορίες σχετικά με την κίνηση του οχήματος, του τιμονιού αλλά και τους ελιγμούς και να αξιολογεί το στυλ οδήγησης και το βαθμό επιθετικότητας με βάση μια σειρά δεδομένων και χαρακτηριστικών.

Μεθοδολογία

Για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου, **διεξήχθη ένα πείραμα** στο οποίο συμμετείχαν 22 οδηγοί, 11 άνδρες και 11 γυναίκες, ηλικίας 21 – 34 ετών. Η

πειραματική διαδικασία διήρκησε 3 εβδομάδες, στο πέρας της οποίας συλλέχθηκαν τα δεδομένα οδήγησης μέσω της πλατφόρμας αισθητήρων και αναλύοντας τα χαρακτηριστικά των οδηγών, έγινε η διαφοροποίηση μεταξύ επιθετικού και ήρεμου στυλ οδήγησης. Στη συνέχεια, κλήθηκαν να καταγράψουν τις παραβιάσεις τους για τα τελευταία 3 χρόνια και να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με την οδηγική τους συμπεριφορά.

Αποτελέσματα

Συνοψίζοντας, μέσω της πλατφόρμας ανίχνευσης από το κινητό τηλέφωνο, συλλέχθηκε μια ποικιλία πληροφοριών από τη φυσιολογική οδήγηση των οδηγών με τη βοήθεια επιταχυνσιόμετρων και GPS, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση/επιβράδυνση, οι στροφές του κινητήρα, οι ελιγμοί, η θέση πεταλούδας, το σύστημα διεύθυνσης και η κίνηση των τροχών και του τιμονιού, συμβάλλοντας στον προσδιορισμό της επιθετικότητας του οδηγού. Η έρευνα έδειξε ότι από τους 22 συμμετέχοντες, **οι 10 χαρακτηρίστηκαν ως παραβάτες παρουσιάζοντας μια επιθετική συμπεριφορά**. Επιπλέον, οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους ίδιους τους συμμετέχοντες **μέσω των ερωτηματολογίων φάνηκε πως έχουν σημαντική απόκλιση από την πραγματική οδηγική τους συμπεριφορά**.

2.2.1.4 Distracted driving and mobile phone use: Overview of impacts and countermeasures (Yannis et al., 2014)

Σκοπός

Η απόσπαση της προσοχής αποτελεί σημαντικό παράγοντα αυξημένου κινδύνου τροχαίων ατυχημάτων σε ολόκληρο τον κόσμο. Ενώ οι ανθρώπινοι παράγοντες συνολικά είναι οι βασικές αιτίες στο 65-95% των οδικών ατυχημάτων, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι το 30% των οδηγών που συμμετείχαν σε κάποιο οδικό ατύχημα ανέφεραν κάποια πηγή απόσπασης πριν συμβεί το ατύχημα. Επιπλέον, η διεξόδυση των διάφορων νέων τεχνολογιών στο εσωτερικό του οχήματος, καθώς και η αναμενόμενη αύξηση της χρήσης τέτοιων συσκευών μέσα στα επόμενα χρόνια, καθιστά την περαιτέρω διερεύνηση της επιρροής τους στην προσοχή των οδηγών, στη ροή της κυκλοφορίας και στην οδική ασφάλεια, πολύ σημαντική. **Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα των επιπτώσεων της απόσπασης της προσοχής του οδηγού** όσον αφορά τη χρήση του κινητού τηλεφώνου για την οδική ασφάλεια, καθώς και να προτείνει συγκεκριμένα μέτρα.

Μεθοδολογία

Για αυτό το σκοπό διεξήχθη **επανεξέταση των υφιστάμενων μελετών** για την επίδραση των κινητών τηλεφώνων κατά την οδήγηση, που συνοδεύτηκε από

παρουσίαση πρόσφατων ερευνητικών αποτελεσμάτων πειραμάτων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και από πρόταση αντίστοιχων στρατηγικών ενάντια στην απόσπαση της οδηγικής προσοχής. Οι παράγοντες απόσπασης της οδηγικής προσοχής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτούς που συμβαίνουν έξω από το όχημα (εξωτερικούς) και αυτούς που συμβαίνουν μέσα στο όχημα (εντός οχήματος), μερικοί από τους οποίους είναι οι τεχνολογικές συσκευές επικοινωνίας. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου (συνομιλία στο κινητό, σύνταξη μηνυμάτων, πλοήγηση κλπ.), μια σειρά μελετών έδειξε ότι **η χρήση κινητού τηλεφώνου έχει αρνητικές συνέπειες στην συμπεριφορά του οδηγού** και στην πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα. Ωστόσο, η ποσοτικοποίηση αυτών των συνεπειών διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος του χρήστη, του οδικού περιβάλλοντος, της επιφάνειας της συσκευής κλπ. Επιπλέον, αποτελέσματα από σχετικές έρευνες στην Ελλάδα (παρατηρήσεις εντός οχήματος, παρατηρήσεις στο πεδίο και πειράματα προσομοιωτή) επιβεβαιώνουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου οδηγεί σε **αυξημένο κίνδυνο ατυχήματος**, ειδικά όταν συμβαίνουν αναπάντεχα συμβάντα.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου ίσως είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας στην εντός οχήματος απόσπαση προσοχής για τους οδηγούς. Οι οδηγοί που χρησιμοποιούν το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης εμφανίζουν έως 4 φορές υψηλότερο κίνδυνο ατυχήματος. Επιπλέον, πολλές έρευνες έχουν διαπιστώσει ότι **η ομιλία με ανοιχτή ακρόαση δεν είναι πιο ασφαλής από την κανονική χρήση χειρός**, ενώ άλλες έρευνες έδειξαν ότι οι οδηγοί **επηρεάζονται ιδιαίτερα όταν συντάσσουν γραπτό μήνυμα** (και κάπως λιγότερο όταν λαμβάνουν).

Αντιμετώπιση

Μέτρα για την αντιμετώπιση της απόσπασης της προσοχής των οδηγών μπορούν να περιλαμβάνουν εστιασμένη **ενίσχυση των κανόνων κυκλοφορίας, καμπάνιες** για την αφύπνιση των οδηγών καθώς και **εκπαίδευση** και άσκηση των οδηγών, ιδιαίτερα για τις ομάδες υψηλού κινδύνου (π.χ. νέοι οδηγοί, συχνοί παραβάτες κλπ.). Τεχνολογικές βελτιώσεις με σκοπό έναν πιο εργονομικό σχεδιασμό των εντός του οχήματος συσκευών αναπτύσσονται ταχέως. Ωστόσο, τα σχετικά αποτελέσματα στη βελτίωση της ασφάλειας θα πρέπει να επιβεβαιωθούν. Μελλοντική έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στη χρήση του κινητού τηλεφώνου, στην ανάλυση της ξεχωριστής επίδρασης διαφόρων παραγόντων απόσπασης προσοχής, καθώς και στη συνδυασμένη επιρροή όλων των παραγόντων απόσπασης, και στη σχέση μεταξύ της απόσπασης προσοχής, της αντίστοιχης συμπεριφοράς του οδηγού και του κινδύνου ατυχήματος.

2.2.1.5 Driver Characteristics and Speeding Behavior (Ellison et al., 2010)

Σκοπός

Η υπερβολική ταχύτητα και η ανάπτυξη μεγάλων επιταχύνσεων αποτελούν τα σημαντικότερα προβλήματα στους δρόμους της Αυστραλίας καθώς συνδέονται με οδυνηρά ατυχήματα. Η παρούσα έρευνα εστιάζει στην **καταγραφή των χαρακτηριστικών και της συμπεριφοράς οδήγησης, εστιάζοντας στην ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός σε κάθε διαδρομή του**. Σκοπός αυτής της προσπάθειας είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων που συμβάλλουν στην ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων που σχετίζονται με τον οδηγό, το όχημα, το ταξίδι, το οδικό περιβάλλον αλλά και τις καιρικές συνθήκες, καθώς και την αλληλεπίδραση τους.

Μεθοδολογία

Η κύρια πηγή πληροφοριών για την εκπόνηση της μελέτης αυτής, ήταν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από 133 αυτοκινητιστές στο Σίδνεϋ για μια περίοδο πέντε εβδομάδων, **χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Global Positioning System (GPS)**. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να οδηγούν κάτω από τις πραγματικές συνθήκες της καθημερινότητας τους, δίνοντας έτσι την ευκαιρία να μελετηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα σε μεγαλύτερο βάθος. Επιπλέον, ολοκλήρωσαν μια λεπτομερή δημογραφική και ψυχολογική έρευνα, παρέχοντας πληθώρα πληροφοριών για την ανάλυση της ταχύτητας. Οι αναλύσεις βασίστηκαν στην οδηγική στάση και συμπεριφορά που ανέφεραν οι ίδιοι οι ενδιαφερόμενοι, αλλά κυρίως στην επιτάχυνση και τα ακριβή όρια ταχύτητας των καταγραφών με τη χρήση του εξοπλισμού GPS.

Αποτελέσματα

Τα σημαντικότερα ευρήματα που προέκυψαν από την έρευνα αυτή, εκμεταλλευόμενοι τις εξελιγμένες δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία GPS για την παροχή λεπτομερούς συμπεριφοράς οδήγησης και επιτάχυνσης, περιγράφονται παρακάτω. Συγκεκριμένα, **σχεδόν οι μισοί από τους συμμετέχοντες ξεπέρασαν το προκαθορισμένο όριο ταχύτητας για τουλάχιστον 20% της απόστασης που διένυσαν**, ενώ ένας μικρός αλλά σημαντικός αριθμός οδηγών ταξίδευε τακτικά άνω των 10 km/h πάνω από το όριο ταχύτητας. Ιδιαίτερα ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι 14 οδηγοί ξεπέρασαν το όριο ταχύτητας για περισσότερο από 30% της απόστασης, συμπεριλαμβανομένου ενός οδηγού ο οποίος υπερέβη το όριο ταχύτητας για το 61% της απόστασης. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε πως **η υψηλή ταχύτητα είναι πιο διαδεδομένη στους άνδρες από ό,τι στις γυναίκες** και μάλιστα εντοπίστηκαν διαφορές στις ηλικιακές κατηγορίες, όμως παραδόξως οι γυναίκες που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα 46 – 65, οδηγούσαν πιο επικίνδυνα σε σύγκριση με τους άντρες. Τέλος, είναι επιτακτική ανάγκη να τονιστεί πως τα Σαββατοκύριακα, και ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες, η επιτάχυνση είναι πιο ανησυχητική σε σχέση με τις καθημερινές, ενώ η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας κατά τη διάρκεια της εβδομάδας είναι υψηλότερη τα πρωινά.

2.2.2 Έρευνες εστιασμένες στην κατανάλωση καυσίμου και την οδηγική συμπεριφορά

2.2.2.1 The Impact of Driving Styles on Fuel Consumption: A Data Warehouse and Data Mining based Discovery Process (Ferreira et al., 2015)

Σκοπός

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η επιρροή του τρόπου οδήγησης στην κατανάλωση καυσίμου, με βάση ένα τεράστιο σύνολο δεδομένων που λαμβάνονται από το εσωτερικό του λεωφορείου. Είναι φανερό πως η κατανάλωση καυσίμων σε ένα δημόσιο λεωφορείο συνδέεται με πολλούς παράγοντες, όπως οι κυκλοφοριακές συνθήκες, η συχνότητα των στάσεων κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής, ο αριθμός των επιβατών, οι καιρικές συνθήκες καθώς και η ευελιξία του οδηγού. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η εκπαίδευση και η **ενημέρωση για οικολογική οδήγηση και η εκμάθηση ενός σωστού τρόπου οδήγησης που θα συντελέσει στην εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμων.**

Μεθοδολογία

Για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου βοήθησαν 1.041 επαγγελματίες οδηγοί λεωφορείων της Λισαβόνας, το 95% εκ των οποίων ήταν άντρες, με μέση ηλικία 39 ετών και κατά μέσο όρο 10 χρόνια οδηγικής εμπειρίας. Η χρονική διάρκεια της μελέτης ήταν 3 έτη, στο πέρας της οποίας συλλέχθηκε ένας μεγάλος όγκος δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Έπειτα πραγματοποιήθηκε **αναλυτική επεξεργασία (OLAP – Online Analytical Processing)**, με την οποία καθορίστηκαν οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη μέση κατανάλωση καυσίμου, όπως ο κινητήρας και οι στροφές του, η ανάφλεξη, η επιτάχυνση καθώς και η απότομη χρήση φρένων και συμπλέκτη. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες ταξινομήθηκαν με βάση την αποτελεσματικότητα οδήγησης και την οικολογική συμπεριφορά τους. Μάλιστα, οι οδηγοί που είχαν τη χειρότερη κατανάλωση απόδοσης καυσίμου, είχαν τη δυνατότητα κατάρτισης και ενημέρωσης για τον καλύτερο τρόπο οδήγησης και την εξοικονόμηση καυσίμων ώστε να αποκτήσουν οικολογική συνείδηση.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντική αλληλεπίδραση της συμπεριφοράς του οδηγού και της κατανάλωσης καυσίμου. Συμπερασματικά, από τα ευρήματα προέκυψε ότι η υιοθέτηση της κατάλληλης οδηγικής συμπεριφοράς μπορεί **να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου κατά μέσο όρο από 3 έως 5 λίτρα ανά 100km**, πράγμα που σημαίνει εξοικονόμηση 15 – 30 λίτρων ανά λεωφορείο σε μία εργάσιμη ημέρα, με μελλοντικά οφέλη τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομία. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι **οι έντονες καιρικές συνθήκες έχουν αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμων**, κυρίως όσον αφορά τη θερμοκρασία, η οποία σχετίζεται με τη χρήση του

κλιματισμού και θέρμανσης. Μάλιστα, σε ημέρες με έντονη βροχή, σημειώθηκε αύξηση της κυκλοφορίας και μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. Κλείνοντας, αξίζει να τονιστεί ότι η μέτρια χρήση του συμπλέκτη, ο σταθερός κινητήρας, η ομαλή ταχύτητα, ο περιορισμός των επιταχύνσεων και η ελαχιστοποίηση τη χρήσης της πέδησης είναι τα βασικότερα συστατικά τα οποία θα μπορέσουν να συμβάλλουν στη μείωση της απόδοσης των καυσίμων.

2.2.2.2 Driver Behavior and Fuel Efficiency (Werner, 2013)

Σκοπός

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την **αλληλεπίδραση ανάμεσα στην οδηγική συμπεριφορά και την απόδοση του καυσίμου**. Η κατανάλωση καυσίμου αποτελεί σημαντικό πολιτικό ζήτημα, με σημαντικές επιπτώσεις σχετικά με τη ρύπανση, την αλλαγή του κλίματος και το παγκόσμιο εμπόριο. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι να καταγράψει το βαθμό, κατά τον οποίο η συμπεριφορά των οδηγών επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου.

Μεθοδολογία

Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα στο οποίο συμμετείχαν 108 οδηγοί σε ένα διάστημα 6 εβδομάδων. Κάθε αυτοκίνητο είχε εφοδιαστεί, **με τη βοήθεια του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS)**, από μια σειρά πολύτιμων οργάνων όπως μια πυξίδα, ένα θερμόμετρο, εσωτερικές και εξωτερικές κάμερες, ένα σύστημα προειδοποίησης σύγκρουσης, καθώς και ένα σύστημα ραντάρ. Το σύστημα παρακολούθησης κατέγραφε την ταχύτητα του κινητήρα, τη χρήση κλιματιστικού, τη χρήση υαλοκαθαριστήρων και το σημαντικότερο, την κατανάλωση των καυσίμων. Για την ανάλυση των δεδομένων και την εξαγωγή των συμπερασμάτων χρειάστηκε μόνο ο προσδιορισμός μιας παρατήρησης ανά δευτερόλεπτο.

Αποτελέσματα

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση της συμπεριφοράς του οδηγού με την απόδοση των καυσίμων. Αποδεικνύεται ότι εάν οι χρήστες οδηγούσαν με αποτελεσματικό και ήρεμο τρόπο τότε η εξοικονόμηση καυσίμου θα ήταν 17% για οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο και 26% για οδήγηση στην πόλη. Επιπλέον, παρουσιάστηκε μεγάλη διαφορά στον τρόπο οδήγησης εντός και εκτός του αυτοκινητοδρόμου. Ακόμα, διαπιστώθηκε **μείωση της ζήτησης καυσίμων κατά 12 – 19%** και κατ' επέκταση είναι δυνατή **η μείωση του κόστους των καυσίμων και ο περιορισμός των εκπομπών CO₂**. Τέλος, τα ευρήματα αυτής της ανάλυσης δείχνουν ότι υπάρχουν σημαντικά περιθώρια αλλαγής στην οδηγική συμπεριφορά ως προς τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, **είτε μέσω εκπαιδευτικών εκστρατειών είτε μέσω κινήτρων για πιο οικολογική, ασφαλή και αποτελεσματική οδήγηση**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επιβολή φόρου επί των καυσίμων, ένα ισχυρό κίνητρο για εξοικονόμηση και περιβαλλοντική ισορροπία.

2.2.2.3 Analysis of a Driver Behavior Improvement Tool to Reduce Fuel Consumption (Hari et al., 2012)

Σκοπός

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην **ανάλυση της συμπεριφοράς του οδηγού και τη συμβολή της στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου**. Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας και των τεχνολογιών οδήγησαν στην αύξηση του κόστους των καυσίμων και την άνοδο των εκπομπών CO₂. Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς ώστε βραχυπρόθεσμα να επέλθει μείωση της απόδοσης των καυσίμων.

Μεθοδολογία

Το βασικό εργαλείο για την υλοποίηση του παραπάνω στόχου ήταν η **τοποθέτηση ενός διαγνωστικού συστήματος εντός του οχήματος (OBD)**. Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα στο οποίο συμμετείχαν 15 ιδιοκτήτες φορτηγών οι οποίοι κλήθηκαν να οδηγούν για ένα χρονικό διάστημα 4 εβδομάδων. Κατά τη διάρκεια των πρώτων δύο εβδομάδων οι οδηγοί δεν γνώριζαν για την ύπαρξη της συσκευής και συλλέχθηκαν δεδομένα από τη φυσιολογική συμπεριφορά οδήγησης κάτω από πραγματικές συνθήκες. Τις επόμενες δύο εβδομάδες, αφού έγινε ενημέρωση των χρηστών για την τοποθέτηση της συσκευής, το σύστημα ενεργοποιήθηκε και η οθόνη διασύνδεσης τοποθετήθηκε στο ταμπλό. Η συσκευή ήταν σε θέση να καταγράφει τη διανυόμενη απόσταση, την ταχύτητα του οχήματος, την επιτάχυνση, τη μέση κατανάλωση καυσίμου και πολλά ακόμα στοιχεία με τα οποία θα μπορούσε να αναγνωριστεί ο στιγμιαίος τρόπος λειτουργίας του οχήματος και να αξιολογηθούν οι επιδόσεις του κάθε οδηγού. Επιπροσθέτως, η συσκευή είχε τη δυνατότητα να εξασφαλίζει πληροφορίες για να παρέχει **οπτική και ακουστική καθοδήγηση στον οδηγό**, ένα πολύτιμο εργαλείο που αποσκοπούσε **στη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς**. Μάλιστα, όταν το σύστημα ανίχνευε ότι υπάρχει υπέρβαση του ορίου ταχύτητας και παραβιάζεται η οικολογική συμπεριφορά, **έστελνε ακουστικές προειδοποιήσεις προς τον οδηγό**. Να σημειωθεί ότι εάν ο οδηγός αγνοούσε τις παρατηρήσεις και δεν συμμορφωνόταν εγκαίρως, του επέβαλαν ποινές και σημαντικές κυρώσεις.

Αποτελέσματα

Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής ήταν αξιόλογα και ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι οι χρήστες οδηγούσαν συνειδητά με πιο ήρεμο τρόπο, έχοντας χαμηλότερες στροφές κινητήρα και επιταχύνσεις, σε σύγκριση με την κανονική συμπεριφορά οδήγησης που είχαν πριν την τοποθέτηση του μηχανήματος. Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος ήταν ότι δεν επέτρεπε στους οδηγούς να επιστρέψουν στην αρχική οδηγική τους συμπεριφορά αλλά εξασφάλιζε τη συνέτιση τους. Είναι γεγονός πως η ύπαρξη της συσκευής, μέσω προειδοποιήσεων για μείωση των υψηλών επιταχύνσεων και έγκαιρη αλλαγή της ταχύτητας, κατάφερε να βελτιώσει τον

τρόπο και τη συμπεριφορά οδήγησης των συμμετεχόντων και μάλιστα **παρατηρήθηκε εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 7,6%**. Είναι προφανές ότι η ποσοστιαία μείωση των καυσίμων που επιτεύχθηκε ήταν το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Αναντίρρητα, η συσκευή συνέβαλλε **στον εντοπισμό των αδυναμιών του οδηγού**, στη μείωση της επιθετικότητας του, στον περιορισμό του ποσοστού των οδικών ατυχημάτων και κατά συνέπεια στη σημαντική **μείωση της φθοράς, της κατανάλωσης καυσίμου καθώς και της εκπομπής CO₂**.

2.2.2.4 Long-term effect of eco-driving education on fuel consumption using an on-board logging device (Beusen et al., 2008)

Σκοπός

Το αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η **μακροπρόθεσμη επίδραση της εκπαίδευσης για οικολογική οδήγηση στην κατανάλωση καυσίμου**. Αυξημένο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της κατάλληλης οδηγικής συμπεριφοράς που θα συμβάλλει στην αποδοτική χρήση των καυσίμων. Το ζήτημα αυτό, είναι ευρέως γνωστό στην Ευρώπη ως «**οικολογική οδήγηση**» και αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα οχήματα αλλά και στη δημιουργία ενός σταθερού και ορθού τρόπου οδήγησης. Πολλές χώρες στην Ευρώπη ενσωματώνουν στην πολιτική τους, την προώθηση μιας καλής συμπεριφοράς οδήγησης, η οποία θα επιδράσει θετικά στην αποδοτικότητα των καυσίμων, υποστηρίζοντας μάλιστα ότι μπορεί να **επιτευχθεί εξοικονόμηση έως και 10%**.

Μεθοδολογία

Πολύτιμη ήταν η συνεισφορά 8 συμμετεχόντων, οι οποίοι κλήθηκαν να οδηγούν για αρκετούς μήνες, κατά τους οποίους καταγράφονταν δεδομένα σχετικά με την εβδομαδιαία κατανάλωση καυσίμου του οχήματος τους. Το πρώτο διάστημα των μετρήσεων προσδιορίστηκε η πραγματική οδηγική συμπεριφορά των χρηστών ενώ στο δεύτερο ακολούθησε η ενημέρωση και η κατάρτιση τους με θέματα σχετικά με την αποδοτική οδήγηση και την οικολογική συνείδηση, **επιτρέποντας έτσι σε κάποιον να κάνει μια σύγκριση πριν και μετά την εκπαίδευση**. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτή την έρευνα συνίσταται στη χρήση μιας συσκευής που βρίσκεται στο εσωτερικό του οχήματος. Αξίζει να σημειωθεί **ότι οι συσκευές καταγραφής δεδομένων επί οχημάτων (IVDR)** είναι ενσωματωμένες συσκευές που καταγράφουν πληροφορίες για την κίνηση, τον έλεγχο και την απόδοση του οχήματος. Η εν λόγω συσκευή είναι εξοπλισμένη με ένα **σύστημα GPRS, σύνδεση WiFi, ένα σύστημα GPS και μια σύνδεση CAN**. Το σύστημα GPS επιτρέπει την παρακολούθηση του ταξιδιού με μεγάλη ακρίβεια, ενώ με τη βοήθεια της σύνδεσης CAN καταγράφονται διάφορες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά οδήγησης όπως η ταχύτητα, οι στροφές ανά λεπτό, τα χιλιόμετρα η θερμοκρασία του κινητήρα, η θέση του επιταχυντή καθώς και η επιτάχυνση ή η επιβράδυνση. Τα δεδομένα που αφορούν την στιγμιαία κατανάλωση

καυσίμου και την απόσταση της διαδρομής, μεταδίδονται σε κεντρικό διακομιστή μέσω του δικτύου GPRS αλλά και της σύνδεσης με WiFi.

Αποτελέσματα

Όπως ήταν αναμενόμενο, **για τους 7 από τους 8 οδηγούς, η κατανάλωση καυσίμου μειώθηκε από 1,7 έως 7,3%**. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η βελτίωση της συμπεριφοράς των οδηγών τις πρώτες 3 εβδομάδες μετά την εκπαίδευση τους πάνω σε οικολογικά θέματα που σχετίζονταν με την οδήγηση. Δυστυχώς όμως, όπως αποδείχθηκε, μετά το πέρας αυτών των τριών εβδομάδων, οι ίδιοι **επανήλθαν ξανά στις παλιές τους συνήθειες** και επέστρεψαν στον τρόπο οδήγησης με τον οποίο η κατανάλωση καυσίμων ήταν αρκετά υψηλή.

2.2.2.5 Influence of gear changing behaviour on fuel-use and vehicular exhaust emissions (Beckx et al., 2007)

Σκοπός

Αυτή η μελέτη διερευνά την **επίδραση της αλλαγής ταχύτητας στις εκπομπές καυσαερίων και την κατανάλωση καυσίμου**. Με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των οχημάτων γίνονται ολοένα και περισσότερες προσπάθειες για τη βελτίωση της απόδοσης των καυσίμων και τη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών. Ένας αποτελεσματικός τρόπος εξοικονόμησης καυσίμων μακροπρόθεσμα είναι η αλλαγή στη συμπεριφορά των οδηγών και η προώθηση μιας οικολογικής συνείδησης και ένας τρόπος οδήγησης πιο φιλικός προς το περιβάλλον. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η αποφυγή υψηλών ταχυτήτων και η επίτευξη μιας αποδοτικότερης οδήγησης με λιγότερη κατανάλωση καυσίμων.

Μεθοδολογία

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου χρησιμοποιήθηκε ένας **προσομοιωτής οδήγησης που ονομάζεται VeTESS (Vehicle Transient Emissions Simulation Software)**. Στο πείραμα αυτό συμμετείχαν 32 χρήστες οι οποίοι κλήθηκαν να οδηγήσουν κάτω από δύο διαφορετικές συνθήκες μεταβάλλοντας την ταχύτητα τους. Συγκεκριμένα, **στη μια φάση οδηγούσαν κανονικά και ομαλά ενώ στη δεύτερη πιο επιθετικά**. Συνολικά καταγράφηκαν 235 ταξίδια με τη βοήθεια ενσωματωμένου δέκτη GPS και αποκτήθηκαν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των οδηγών και την ταχύτητα της κάθε διαδρομής, για τις δυο παραδοχές που αναφέρθηκαν. Επιπλέον, η χρήση της συσκευής αυτής, επέτρεπε την εκτίμηση της κατανάλωσης καυσίμων και των εκπομπών ρύπων που προκλήθηκαν από κάθε ταξίδι κάτω από πραγματικές συνθήκες κίνησης.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πειράματος έδειξαν ότι η αλλαγή στον τρόπο οδήγησης και η μεταβολή στην ταχύτητα (κανονική ή επιθετική), έχουν άμεση επίδραση στην κατανάλωση καυσίμων. Πιο αναλυτικά, η επιθετική συμπεριφορά και η υψηλή ταχύτητα οδήγησαν σε μεγαλύτερες εκπομπές CO₂, NO_x, PM και HC και σε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου. Οι υψηλότερες στροφές κινητήρα που παρουσιάστηκαν κατά την επιθετική στάση των οδηγών αύξησαν την εκπομπή του οξειδίου του αζώτου NO_x κατά 15%. Αξιόλογη ήταν και η μεταβολή των εκπομπών ρύπων PM και HC με ποσοστιαία αύξηση 41% και 38% αντίστοιχα. Αντιθέτως, **η ομαλή οδήγηση μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση έως και 30% της κατανάλωσης καυσίμου ανά διαδρομή** και να αποτρέψει τις επιπλέον εκπομπές ρυπογόνων στοιχείων που οφείλονται στη λειτουργία του κινητήρα, αποφεύγοντας την επιθετική χρήση ταχυτήτων και γρاناζιών. Κλείνοντας, κρίνεται απαραίτητο να αξιοποιηθούν τα οφέλη που προέκυψαν από τη συγκεκριμένη μελέτη και να **υιοθετηθεί μια ήπια συμπεριφορά οδήγησης πολύ πιο φιλική προς το περιβάλλον**.

2.2.2.6 Monitoring driving behaviour in fuel consumption in light duty diesel vehicles (Madureira, 2007)

Σκοπός

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι **η παρακολούθηση της συμπεριφοράς του οδηγού και η επίδραση της στην κατανάλωση καυσίμων ντίζελ**. Καταβάλλεται ιδιαίτερη προσπάθεια να υπογραμμιστούν τα οφέλη, ως προς την κατανάλωση καυσίμου, που προκύπτουν από την υιοθέτηση μιας σωστής και ομαλής συμπεριφοράς οδήγησης. Η έρευνα βασίζεται στη σύγκριση των διαφορετικών συμπεριφορών οδήγησης και στην ανάλυση της ατομικής προόδου του κάθε οδηγού μετά την υιοθέτηση νέων τεχνικών οδήγησης.

Μεθοδολογία

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε από 5 οδηγούς για μια περίοδο 20 ημερών, χρησιμοποιώντας μικρές συσκευές, όπως το σύστημα OBII, που βρίσκονται εντός του οχήματος, που υπακούουν στην τεχνολογία καταγραφής CarChip. Αρχικά, οι οδηγοί είχαν την συνηθισμένη συμπεριφορά τους ενώ στην επόμενη φάση ενημερώθηκαν σχετικά με τους κανόνες οικολογικής οδήγησης που αποσκοπούσαν στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και της εκπομπής αερίων. Εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των συμμετεχόντων, όπως η ταχύτητα οδήγησης, η επιτάχυνση, η απότομη κλίση, η ισχύς εξόδου του κινητήρα, η ταχύτητά ροής του αέρα, η θερμοκρασία κλπ. Εφαρμόστηκε **στατιστική μέθοδος VSP (Vehicle Specific Power) και επαναληπτική παλινδρόμηση ANOVA1** για να σημειωθεί η επίδραση των παραπάνω παραγόντων στην κατανάλωση καυσίμων. Η λεπτομερής ανάλυση των δεδομένων έγινε από το λογισμικό πρόγραμμα MatLab.

Αποτελέσματα

Τα αναπτυγμένα μοντέλα αποδείχθηκαν αποτελεσματικά μιας και επέτρεψαν να διακριθούν με σαφήνεια οι επιθετικοί και οι πιο ευγενείς οδηγοί. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της μελέτης παρατηρήθηκε **άμεση εξάρτηση του λόγου ισχύος προς βάρους της μηχανής του αυτοκινήτου με την ταχύτητα**. Ο πιο επιθετικός οδηγός ήταν αυτός με τη μεγαλύτερη ικανότητα επιτάχυνσης του οχήματος. Διαπιστώθηκε ότι όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντικές αλλαγές στην οδηγική τους συμπεριφορά και έγιναν ευγενέστεροι έπειτα από την κατάρτιση τους σε οικολογικά ζητήματα. Μάλιστα, στη δεύτερη φάση παρακολούθησης σημειώθηκε **σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου στο 29%**.

2.3 Συναφείς μεθοδολογίες

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συναφείς μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε άλλες έρευνες με ειδικά διαγνωστικά συστήματα εντός του οχήματος.

2.3.1 Impact of mobile phone use on driving performance: findings from a simulator study (Yannis et al., 2018)

Σκοπός

Η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια οδήγησης είναι μία από τις πιο συνηθισμένες παρεκκλίσεις του οδηγού και μία από τις κυριότερες αιτίες των τροχαίων ατυχημάτων. Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στη διερεύνηση του **αντίκτυπου της χρήσης κινητών τηλεφώνων στη συμπεριφορά των οδηγών στα αστικά και υπεραστικά οδικά δίκτυα**.

Μεθοδολογία

Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα, για τις ανάγκες του οποίου χρησιμοποιήθηκε ένας **προσομοίωσης οδήγησης FOERST**, με 50 συμμετέχοντες, 32 άντρες και 18 γυναίκες, ηλικίας 20 έως 60 ετών, οι οποίοι υποβλήθηκαν να οδηγούν κάτω από διαφορετικό περιβάλλον κάθε φορά (**χωρίς διάσπαση της προσοχής – δεν υπάρχει τηλεφωνική συνομιλία, συνομιλία με το κινητό τηλέφωνο στο χέρι, συνομιλία με handsfree, συνομιλία με τη λειτουργία ηχείων**). Μετά το πέρας του πειράματος, οι οδηγοί κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο με κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και δημογραφικά στοιχεία, το οποίο ήταν κυρίως επικεντρωμένο στην οδηγική συμπεριφορά και τις συνήθειες των οδηγών ως προς τη χρήση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης τους. Αναπτύχθηκαν μοντέλα τα οποία συσχέτιζαν τη χρήση του κινητού τηλεφώνου με τη μέγιστη ταχύτητα οδήγησης, το χρόνο αντίδρασης και την τυπική απόκλιση της πλευρικής θέσης.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η συμπεριφορά οδήγησης επηρεάζεται άμεσα από τη χρήση του κινητού τηλεφώνου. Η συνομιλία με τη χρήση του κινητού στο χέρι καθώς και με τη λειτουργία ηχείων έχει ως αποτέλεσμα τη **μείωση της μέγιστης ταχύτητας οδήγησης** και προκαλεί υψηλά επίπεδα απόκλισης της πλευρικής θέσης κυρίως σε υπεραστική περιοχή, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στη διάσπαση προσοχής του οδηγού. Επιπροσθέτως, παρατηρήθηκε ότι οι οδηγοί παρουσιάζουν **μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης όταν χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο με όλους τους τύπους χρήσης που εξετάστηκαν**. Τέλος, διαπιστώθηκε πως όσο περισσότερη εξοικείωση έχουν με τη χρήση κινητών τηλεφώνων κατά την οδήγηση τόσο βελτιώνεται ο χρόνος αντίδρασης σε περίπτωση ενός απρόοπτου συμβάντος. Όπως προκύπτει από την ανάλυση ερωτηματολογίων, ένα σημαντικό ποσοστό των οδηγών (76%) χρησιμοποιεί το κινητό τους τηλέφωνο κατά την οδήγηση, εκ των οποίων το 32% συνήθως έχει συνομιλία με το χέρι, 22% συνομιλία με handsfree και μόνο το 46% χρησιμοποιεί τη λειτουργία ηχείων, η οποία είναι η μόνη νόμιμη λειτουργία (μαζί με το Bluetooth). Ταυτόχρονα, αξίζει να σημειωθεί ότι **μόνο το 2% του δείγματος γνωρίζει τη νομοθεσία σχετικά με τη χρήση κινητών τηλεφώνων κατά την οδήγηση**, ενώ το υπόλοιπο 98% έχει μερική γνώση ή πλήρη άγνοια. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης **υπογραμμίζουν την ανάγκη ανάληψης δράσεων την ευαισθητοποίηση του κοινού** καθώς και για την επανεξέταση της ελληνικής νομοθεσίας σχετικά με τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης.

2.3.2 Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges (Tselentis et al., 2017)

Σκοπός

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εφαρμόσει μία από τις πιο δημοφιλείς μεθοδολογίες που σχετίζονται **με την ασφάλιση των αυτοκινήτων, την Usage-based motor insurance (UBI)**. Συστήματα UBI, όπως Pay-as-you-drive (PAYD) και Pay-how-you-drive (PHYD), είναι νέες καινοτόμες ιδέες που έχουν αρχίσει πρόσφατα να πραγματοποιούνται και να αναλύονται. Η βασική ιδέα είναι ότι αντί για μια σταθερή τιμή, οι οδηγοί πρέπει να πληρώσουν ένα ασφάλιστρο με βάση τα ταξίδια τους και τη συμπεριφορά οδήγησης. Παρά το γεγονός ότι έχει εφαρμοστεί μόνο για μερικά χρόνια, φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη πρακτική με ένα σημαντικό δυνητικό αντίκτυπο στην ασφάλεια της κυκλοφορίας, καθώς και για την άμβλυνση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τη μείωση των εκπομπών ρύπανσης.

Μεθοδολογία

Για το σκοπό αυτό, η **υπάρχουσα βιβλιογραφία** σχετικά με τα συστήματα UBI επανεξετάζει τυχόν κενά που μπορεί να υπάρχουν. Από τα ευρήματα προκύπτει ότι υπάρχει μια πολλαπλότητα και πολυμορφία των διαφόρων

ερευνητικών μελετών στη σύγχρονη βιβλιογραφία. Εξετάζεται η συσχέτιση μεταξύ PAYD (βάση της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς του οδηγού και της συχνότητας αυτής) και PHVD (βάση της οδηγικής συμπεριφοράς) και του κινδύνου σύγκρουσης των δύο αυτών συστημάτων. Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις ότι η εφαρμογή UBI θα εξαλείψει το φαινόμενο των cross-subsidies, πράγμα που σημαίνει λιγότερο κόστος ασφάλισης για λιγότερο επικίνδυνους και εκτεθειμένους οδηγούς. Θα προβλέπει επίσης ένα ισχυρό κίνητρο για τους οδηγούς που βελτιώνουν την οδική συμπεριφορά τους, η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της έκθεσης στον κίνδυνο τόσο συνολικά όσο και ατομικά.

Στο τέλος αυτής της έρευνας αναφέρονται οι τρέχουσες και οι αναδυόμενες **προκλήσεις** σε αυτό το πεδίο έρευνας.

2.3.3 Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection (Yannis et al., 2016)

Σκοπός

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει τις δυνατότητες για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του οδηγού και της κυκλοφοριακής ασφάλειας, μέσω της χρήσης της συνεχούς συλλογής δεδομένων από το όχημα (OBD – On Board Diagnostics) καθώς και από το κινητό τηλέφωνο (smartphone). Οι τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις στην Ευρώπη και σε όλο τον κόσμο κάνουν τη συλλογή και αξιοποίηση των δεδομένων σημαντικά πιο εύκολη και πιο ακριβή σε σχέση με το παρελθόν. Η συγκεκριμένη έρευνα εξετάζει τη συσχέτιση **μεταξύ της οδηγικής συμπεριφοράς και του βαθμού της έκθεσης στον κίνδυνο.**

Μεθοδολογία

Η οδική ασφάλεια απαιτεί μεγάλα κεφάλαια επενδύσεων ώστε να φέρει αποτελέσματα για να μειωθούν οι κίνδυνοι. Η απουσία παρακολούθησης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης της οδικής ασφάλειας. Ως εκ τούτου υπάρχει μεγάλη ανάγκη για καλύτερη αστυνόμευση. Οι δείκτες οδικής ασφάλειας (SPIs) είναι οι δείκτες, που φανερώνουν αυτές τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος της οδικής κυκλοφορίας, που επηρεάζουν τις επιδόσεις ασφάλειας του συστήματος (Hakkert et al., 2007). **Ο στόχος των SPIs είναι να αντικατοπτριστούν οι τρέχουσες συνθήκες ασφαλείας ενός συστήματος οδικής κυκλοφορίας, η μέτρηση της επίδρασης των διαφόρων παρεμβάσεων της ασφάλειας και η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων οδικής κυκλοφορίας.** Μέχρι πρόσφατα, το υψηλό κόστος για τα συστήματα καταγραφής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο οδήγησης, οι υπηρεσίες cloud computing, η αδυναμία να συσσωρευτούν και να εκμεταλλεύονται τεράστιες βάσεις δεδομένων (Big Data) για τις μεταφορές και τη διαχείριση της κυκλοφορίας (De Romph., 2012, Lee., 2014), καθώς και το χαμηλό ποσοστό διείσδυσης των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και των κοινωνικών δικτύων, κατέστησε εξαιρετικά δύσκολη τη συλλογή και τη

διαχείριση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και, ως εκ τούτου, την μελέτη της σχέσης μεταξύ της οδηγικής συμπεριφοράς και της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς και την πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα.

Αποτελέσματα

Τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι ότι λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων σε παγκόσμιο επίπεδο, σταδιακά η συνεχής αξιολόγηση του προγράμματος οδήγησης είναι ένας εφικτός στόχος, ανοίγοντας νέες μεγάλες δυνατότητες βελτίωσης της συμπεριφοράς της κυκλοφορίας και της ασφάλειας. Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από τους οδηγούς προκειμένου να αυξήσει την ευαισθητοποίηση και να δεσμεύσει την ασφάλειά και φιλική προς το περιβάλλον οδήγηση, αλλά και να παρέχει ανατροφοδότηση και υποστήριξη για τις οδηγικές επιδόσεις και τους κινδύνους. **Ένα καινοτόμο ασφαλιστήριο συμβόλαιο θα μπορούσε να έχει σημαντική επίδραση στην ασφάλεια ανάλογα με το σχεδιασμό του** (Zantema et al., 2008). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω εξατομικευμένων προγραμμάτων ασφάλισης συσχετίζοντας την έκθεση οδήγησης και την συμπεριφορά με τα ασφαλιστρα, ανάλογα της ταξιδιωτικής συμπεριφοράς του οδηγού (PAYD), ή της οδηγικής συμπεριφοράς (PHYD). Τέλος, από την άποψη της οδικής ασφάλειας, η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι **μια βαθμολογία με αστέρια, που παρακολουθεί και παρέχει ανατροφοδότηση σχετικά με τη συμπεριφορά του οδηγού, θα μπορούσε να αποτελέσει πολύ σημαντικό κίνητρο για τους περισσότερους οδηγούς για να οδηγούν με έναν ασφαλέστερο τρόπο**. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν πως υπάρχουν πολλές και σημαντικές προκλήσεις που προκύπτουν σε αυτό το πεδίο έρευνας, το οποίο θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω στο εγγύς μέλλον.

2.3.4 Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones (Zaldivar et al., 2011)

Σκοπός

Η εργασία αυτή στοχεύει στην **ανάπτυξη μιας πρωτότυπης εφαρμογής για κινητά τηλεφωνα με λογισμικό Android η οποία θα παρακολουθεί το όχημα μέσω του συστήματος OBD-II (On Board Diagnostics) και θα ανιχνεύει οδικά ατυχήματα**. Το σύστημα OBD αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και είχε ως στόχο την ανίχνευση μηχανικών προβλημάτων στο όχημα, τα οποία προκαλούσαν υψηλά επίπεδα εκπομπής ρύπων, πάνω από τα αποδεκτά όρια. Για να το επιτύχει αυτό, το σύστημα είναι συνδεδεμένο με την μηχανή του αυτοκινήτου και όταν ανιχνεύσει ένα πρόβλημα, το αποθηκεύει στη μνήμη του ώστε να επιδιορθωθεί αργότερα από τους ειδικούς.

Μεθοδολογία

Η μέθοδος της συγκεκριμένης έρευνας βασίστηκε κατά ένα σκέλος στο εν λόγω σύστημα. Το κινητό τηλέφωνο συνδέεται **μέσω Bluetooth με το μηχάνημα OBD-II** και λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του οχήματος,

όπως η ταχύτητα, το καύσιμο, η θερμοκρασία, οι τιμές του επιταχυνσιομέτρου καθώς και η ακριβής τοποθεσία με συγκεκριμένο γεωγραφικό μήκος και πλάτος, **μέσω ενημέρωσης από το GPS**. Για την ανίχνευση του οδικού ατυχήματος, έχουν ληφθεί υπόψιν δύο παράμετροι. Συγκεκριμένα, η μία αφορά την ενεργοποίηση του συστήματος των αερόσακων και η άλλη την επιτάχυνση του αυτοκινήτου, όπου πολύ υψηλές τιμές του G λαμβάνουν χώρα μόνον όταν σοβαρά ατυχήματα συμβαίνουν, καθώς ούτε τα μονοθέσια της Formula 1 μπορούν να πιάσουν τέτοιες τιμές. **Μόλις ανιχνευθεί ότι έχει συμβεί ένα ατύχημα, η εφαρμογή αντιδρά ακαριαία και ειδοποιείται αμέσως είτε με γραπτό μήνυμα είτε με email** ένα άτομο της επιλογής του οδηγού, το οποίο έχει αποφασιστεί από την αρχή της έρευνας, και κατόπιν ακολουθεί αυτόματη τηλεφωνική κλήση προς τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, δηλαδή την άμεση βοήθεια και την αστυνομία. Οι συντεταγμένες του οχήματος που λαμβάνονται από το GPS είναι απαραίτητες και άκρως χρήσιμες για την όσο το δυνατόν πιο γρήγορη και έγκαιρη άφιξη του ασθενοφόρου.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα ήταν **ιδιαίτερα ενθαρρυντικά όσον αφορά την οδική ασφάλεια** και τον χρόνο διακομιδής των εμπλεκομένων σε ατύχημα στο κοντινότερο νοσοκομείο. Ο χρόνος ειδοποίησης από την ώρα που συνέβη το ατύχημα υπολογίστηκε στα 3 δευτερόλεπτα, με τον μέγιστο χρόνο να φτάνει τα 6 δευτερόλεπτα. Η διαφορά έγκειται στην απόδοση σύνδεσης του κινητού τηλεφώνου στο διαδίκτυο.

2.3.5 Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure (Prato et al., 2010)

Σκοπός

Η εργασία αυτή έχει ως αντικείμενο τη μελέτη της συμπεριφοράς νεαρών ατόμων, κατά το πρώτο έτος, μετά την απόκτηση της άδειας οδήγησης. Είναι γεγονός ότι οι αρχάριοι οδηγοί συχνά εμφανίζονται ευάλωτοι μπροστά στον κίνδυνο ατυχήματος, κάτι το οποίο μεταφράζεται σε μεγάλη συμμετοχή τους στον κατάλογο των οδικών ατυχημάτων. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι **η ανάλυση της συμπεριφοράς των νέων οδηγών με τη χρήση ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, το οποίο βρίσκεται εντός του οχήματος.**

Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες της εργασίας **εξετάστηκαν 62 οδηγοί (36 άνδρες – 26 γυναίκες) ηλικίας 17 χρονών κατά την περίοδο των πρώτων 12 μηνών μετά την απόκτηση της άδειας οδήγησης.** Για τους 3 πρώτους μήνες, ήταν απαραίτητο να υπάρχει στο αυτοκίνητο ένας γονιός κατά τη διάρκεια της οδήγησης, ενώ μετά το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος, μπορούσαν να οδηγούν μόνοι. Το **σύστημα IVDR (In-Vehicle Data Recorder)** κατέγραφε

δεδομένα όπως η ταχύτητα και η επιτάχυνση του οχήματος ώστε να μπορεί να διακρίνει πότε ο οδηγός πραγματοποιεί επικίνδυνους ελιγμούς, οι οποίοι κατηγοριοποιούνταν ανάλογα με το είδος τους (αλλαγή λωρίδας, απότομο φρενάρισμα ή επιτάχυνση κτλ.) και τη σοβαρότητά τους (χαμηλή, μέση, υψηλή). Όλες αυτές οι πληροφορίες μεταδίδονταν μέσω ασύρματων δικτύων σε έναν διακομιστή, ο οποίος διατηρούσε αρχείο για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα οχήματα, δημιουργώντας έτσι το προφίλ του κάθε αρχάριου οδηγού. Οι γονείς και οι νεαροί οδηγοί ήταν σε θέση να ελέγξουν τα δεδομένα αυτά μέσω μιας εφαρμογής που τους επέτρεπε να έχουν πρόσβαση στο προφίλ τους.

Αποτελέσματα

Όπως ήταν αναμενόμενο, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η συμπεριφορά των νέων οδηγών ως προς την ανάληψη του κινδύνου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το φύλο. Πιο αναλυτικά, **οι άνδρες οδηγοί είναι πιο επιρρεπείς στον κίνδυνο και ότι όταν οδηγούν χωρίς επίβλεψη, οι αρχάριοι οδηγοί γίνονται πιο «επιθετικοί»**. Όσον αφορά την οδήγηση με παρόντες τους γονείς, ο κίνδυνος ατυχήματος αποτελεί συνάρτηση και της οδηγικής συμπεριφοράς του ενήλικα. Επίσης, σημαντικό ρόλο στην μείωση της επικινδυνότητας των νέων οδηγών παίζει και ο έλεγχος των δεδομένων που προκύπτουν από το IVDR. Μάλιστα, **οι νεαροί οι οποίοι ελέγχονται ηλεκτρονικά από τους γονείς τους καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας γίνονται πιο προσεκτικοί όταν οδηγούν μόνοι τους**, ενώ αντίθετα όσοι δεν έχουν την συνεχή επίβλεψη των γονέων μέσω της ηλεκτρονικής εφαρμογής, δεν δείχνουν διάθεση να βελτιώσουν την τάση που έχουν για επικίνδυνη οδήγηση. Εν κατακλείδι, είναι επιτακτική ανάγκη να τονιστεί ότι οι γονείς οφείλουν να αποτελέσουν θετικό και ενθαρρυντικό πρότυπο στα παιδιά τους ως προς τη συμπεριφορά οδήγησης τους. Έχουν ηθική υποχρέωση να τους αποθαρρύνουν από επικίνδυνες συμπεριφορές που ενδεχομένως μπορεί να προκαλέσουν θανατηφόρα ατυχήματα ενώ συγχρόνως πρέπει να καταβάλουν αξιόλογη προσπάθεια ώστε τα παιδιά τους να οδηγούν με σύνεση κατά τη διάρκεια της νύχτας.

2.3.6 In-Vehicle Data Recorder for Evaluation of Driving Behavior and Safety (Toledo et al., 2006)

Σκοπός

Το αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η **αξιολόγηση της συμπεριφοράς οδήγησης καθώς και της ασφάλειας, μέσω ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων, που ονομάζεται Drive Diagnostics, ένα εξειδικευμένο σύστημα IVDR (In-Vehicle Data Recorder), το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο εσωτερικό του οχήματος**. Έχει διαστάσεις 11x6x3 εκατοστά και φορτίζεται από την μπαταρία του οχήματος. Τα συστήματα IVDR έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και είναι ενσωματωμένες συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για την παρακολούθηση και την ανάλυση της οδηγικής συμπεριφοράς τόσο σε κανονικές καταστάσεις οδήγησης όσο και σε συμβάντα

συντριβής, ενώ καταγράφουν πληροφορίες σχετικά με την κίνηση, τον έλεγχο και την απόδοση του οχήματος. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η εκτίμηση της συμπεριφοράς των οδηγών καθώς και της ασφάλειας του ταξιδιού τους, καταμετρώντας τον τρόπο οδήγησής τους μέσω συγκεκριμένων παραμέτρων, όπως η συχνότητα αλλαγής λωρίδων, τα απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις και η υπερβολική ταχύτητα.

Μεθοδολογία

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα στο οποίο συμμετείχαν 33 οδηγοί, των οποίων τα οχήματα **διέθεταν το σύστημα Drive Diagnostics**. Η μετάδοση των πληροφοριών γίνεται συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο, παρ' όλο που το όχημα βρίσκεται εν κινήσει. Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε δύο στάδια. Στο πρώτο μέρος, διάρκειας 1–2 μηνών, οι οδηγοί είχαν ενημερωθεί για την εγκατάσταση του συστήματος στο όχημα τους, όμως δεν έλαβαν καμία περαιτέρω επεξήγηση για το σκοπό και τη λειτουργία του μηχανήματος αυτού, ώστε να δημιουργηθεί μια καθαρή εικόνα για το οδηγικό τους προφίλ. Στο δεύτερο στάδιο, οι οδηγοί ενημερώθηκαν για το χαρακτήρα του συστήματος και απέκτησαν οι ίδιοι πρόσβαση, με καταγεγραμμένες πληροφορίες μέσω ασύρματων δικτύων, σε όλα τα ταξίδια που είχαν πραγματοποιήσει, αφού ο κάθε οδηγός είχε ξεχωριστό φάκελο με τα δικά του χαρακτηριστικά, όπως αριθμός οχήματος, μέση κατανάλωση καυσίμων, συμμετοχή σε οδικά ατυχήματα κλπ. Μάλιστα, είχαν τη δυνατότητα να συγκρίνουν την προσωπική οδηγική τους συμπεριφορά με την απόδοση του μέσου όρου του δείγματος, ώστε να μπορούν να εντοπίσουν τα ελαττώματά τους και να διορθώσουν τα αδύνατά τους σημεία.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αρχική έκθεση των συμμετεχόντων στο πείραμα είχε σημαντικά θετική επίδραση στη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς και της οδικής ασφάλειας. Επιπλέον, η πρόσβαση που είχαν στα δεδομένα του συστήματος τους βοήθησε να καταλάβουν τα σφάλματα που διαπράττουν στο οδικό δίκτυο και να αλλάξουν την οδηγική τους στάση προς την επιθυμητή κατεύθυνση. **Παρ' όλα αυτά, η έρευνα έδειξε ότι αν δεν υπάρξει περαιτέρω ενδιαφέρον για την καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς των ανθρώπων αλλά και ευαισθητοποίηση από τους ίδιους για την ασφάλεια τους στο δρόμο, μετά από ένα μικρό χρονικό διάστημα δεν παρατηρείται καμία πρόοδος.** Στην εν λόγω εργασία, η επίδραση του Drive Diagnostics και στους 33 οδηγούς που χρησιμοποιήθηκε είχε εξαφανιστεί με το πέρασ 5 μηνών.

2.3.7 Development of a driving data recorder (Ohta et al., 1994)

Σκοπός

Η έρευνα αυτή αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες ανάπτυξης ενός οργάνου καταγραφής δεδομένων από τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Ο σκοπός της είναι να παρουσιάσει μία **γενική επισκόπηση του οργάνου**

αυτού (**DDR – Driving Data Recorder**) και να παραθέσει τρόπους χρησιμοποίησής του.

Μεθοδολογία

Τα βασικά χαρακτηριστικά του οργάνου καταγραφής δεδομένων είναι:

- Το DDR είναι αρκετά **μικρό** και ελαφρύ ώστε να μην δημιουργεί πρόβλημα στο όχημα.
- Είναι, επίσης, σχεδιασμένο ώστε **να μην καταναλώνει** μεγάλη ποσότητα **μπαταρίας** από το αυτοκίνητο.
- Τα δεδομένα, τα οποία αποθηκεύονται αρχικά σε μία **κάρτα μνήμης**, μπορούν να αναλυθούν μέσω προσωπικού Η/Υ.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για **9.000 ώρες** οδήγησης ή 100.000 χιλιόμετρα.

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορούν να εγγραφούν τα δεδομένα οδήγησης:

1) **Σύστημα που βασίζεται στο χρόνο**, όπου τα δεδομένα τοποθετούνται σε διαδοχική σειρά.

2) **Σύστημα που βασίζεται στη συχνότητα**, όπου η τοποθέτηση των δεδομένων γίνεται με βάση είτε τη συχνότητα χρήσης είτε τη συχνότητα εμφάνισης.

Τέλος, επισημαίνεται ότι ανάλογα με τις εντολές εγγραφής, το DDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συλλέγει στοιχεία όπως ο συνολικός χρόνος οδήγησης, η συνολική απόσταση που διένυσε ο οδηγός, πόσες φορές άναψε ή έσβησε η μηχανή του αυτοκινήτου κλπ.

Αποτελέσματα

Κλείνοντας, κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί ότι το DDR σχεδιάστηκε για να καταγράψει τις συνθήκες οδήγησης ενός αυτοκινήτου σε κανονικές συνθήκες οδοστρώματος και να αναλύσει τη συμπεριφορά του οδηγού στο δρόμο. Επομένως, ήταν δυνατό να συσσωρευτούν **ποσοτικά στοιχεία οδήγησης τα οποία θα καταδεικνύουν το προφίλ του οδηγού.**

2.4 Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν ορισμένες από τις σημαντικότερες έρευνες που σχετίζονται με την εκτίμηση της συμπεριφοράς του οδηγού μέσω συστημάτων καταγραφής δεδομένων που βρίσκονται εντός του οχήματος, καθώς και τη συμβολή της χρήσης αυτών των νέων τεχνολογιών στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων. Από την ανάλυση των παραπάνω ερευνών και την συνολική εξέτασή τους προκύπτουν τα παρακάτω κύρια σημεία:

Παρατηρήσεις που αφορούν τον οδηγό:

- ✓ Η **επιθετική συμπεριφορά** των οδηγών συμβάλλει στην αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου.
- ✓ Η **ήπια ταχύτητα, ο περιορισμός των επιταχύνσεων, ο σταθερός κινητήρας και η μέτρια χρήση του συμπλέκτη** συντελούν στη μείωση της απόδοσης των καυσίμων.
- ✓ Η **σωστή ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση** των χρηστών πάνω σε περιβαλλοντικά θέματα μπορεί να αλλάξει τη συμπεριφορά τους στο οδικό δίκτυο.
- ✓ Η **συμπεριφορά των οδηγών** μεταβάλλεται εντός και εκτός του αυτοκινητοδρόμου.
- ✓ Η χρήση του **κινητού τηλεφώνου** στην οδήγηση οδηγεί σε μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης, χαμηλότερες ταχύτητες και μεγαλύτερα επίπεδα απόκλισης των πλευρικών θέσεων.
- ✓ Η οδήγηση με **ανοιχτή ακρόαση** δεν δείχνει να είναι πιο ασφαλής σε σχέση με την κανονική χρήση χειρός του κινητού τηλεφώνου, ενώ αυτό που φαίνεται ότι επηρεάζει τελικώς περισσότερο την απόσπαση προσοχής του οδηγού ήταν το περιεχόμενο και η δυσκολία της συζήτησης.
- ✓ Ο **φόρτος ενασχόλησης** αυξάνεται λόγω της χρήσης του κινητού τηλεφώνου.
- ✓ Η **παρουσία επιβατών** συνδέθηκε με μείωση της επιθετικής οδήγησης.
- ✓ **Οι άνδρες** ήταν πιο πιθανό από τις **γυναίκες** να διαπράττουν επιθετικές ενέργειες.
- ✓ Οι οδηγοί που ήταν 45 ετών ή **μεγαλύτεροι ήταν λιγότερο πιθανό** να οδηγήσουν επιθετικά από τους **νεότερους**.
- ✓ Η **βελτίωση της συμπεριφοράς** οδήγησης των νέων οδηγών σχετίζεται με το αν οι **γονείς τους παρακολουθούν** τον τρόπο που οδηγούν.

Παρατηρήσεις που αφορούν το όχημα:

- ✓ Τα συστήματα καταγραφής της συμπεριφοράς των οδηγών φαίνεται να **βελτιώνουν τα επίπεδα οδικής ασφάλειας**. Ωστόσο, χρειάζεται η παρακολούθηση της συμπεριφοράς να συνεχιστεί σε βάθος χρόνου.

- ✓ Τα περισσότερα συστήματα καταγραφής συνδέονται με τον **"εγκέφαλο"** του οχήματος (π.χ. OBD, DDR).
- ✓ Τα συστήματα καταγραφής δεδομένων μπορούν να συμβάλλουν στην **έγκαιρη πρόληψη και αντιμετώπιση οδικών ατυχημάτων**.
- ✓ Το σύστημα **OBD-II (On Board Diagnostics)** επιτρέπει την ανίχνευση οδικών ατυχημάτων καθώς και την άμεση ενημέρωση των κοντινών προσώπων του παθόντα, αφού ο χρόνος ειδοποίησης από την ώρα που συνέβη το ατύχημα υπολογίζεται μόλις στα 3 – 6 δευτερόλεπτα.
- ✓ Υπάρχει άμεση **εξάρτηση του λόγου ισχύος προς βάρους του οχήματος με την ταχύτητα** που αναπτύσσει ο οδηγός. Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα επιτάχυνσης του οχήματος τόσο πιο επιθετικός είναι οδηγός.

Γενικές παρατηρήσεις:

- ✓ Η **«οικολογική οδήγηση»** συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές ρύπων.
- ✓ Η ομαλή οδήγηση μπορεί να συμβάλλει στην **εξοικονόμηση έως και 30% της κατανάλωσης καυσίμου**.
- ✓ Η **επιβολή φόρου επί των καυσίμων** αποτελεί ισχυρό κίνητρο για εξοικονόμηση και περιβαλλοντική ισορροπία.
- ✓ **Οι έντονες καιρικές συνθήκες** συντελούν στην αύξηση της απόδοσης καυσίμων.
- ✓ Τα Σαββατοκύριακα, και κυρίως **τις βραδινές ώρες**, η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας αποτελεί συχνό φαινόμενο.
- ✓ Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις περισσότερες έρευνες περιλάμβανε τη χρήση **προσομοιωτή**, σε συνδυασμό με **ερωτηματολόγια** ή οδήγηση σε **πραγματικές συνθήκες**.
- ✓ Η καταγραφή διαφόρων στοιχείων οδήγησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σκιαγράφηση του **προφίλ του οδηγού** (νέος, επιθετικός κλπ.), την αυτοβελτίωσή του ή ακόμα και την εφαρμογή ασφάλιστρων με βάση την οδηγική του συμπεριφορά.
- ✓ Η κυριότερη μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων που εφαρμόστηκε είναι η **παλινδρόμηση μεικτών επιδράσεων (ANOVA1)**.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και βασικές στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης. Για τον σκοπό της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) και η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression) για την εξαγωγή των τεσσάρων μοντέλων της ανάλυσης. Ο κύριος λόγος στον οποίο βασίστηκε η επιλογή αυτών των μεθόδων είναι η «φύση» της εξαρτημένης μεταβλητής (κατανάλωση καυσίμου), η οποία λαμβάνει συνεχείς τιμές. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναλύεται η γραμμική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, εντοπίζονται τα κριτήρια αποδοχής ενός μαθηματικού προτύπου και παρουσιάζεται ο τρόπος που επιτεύχθηκαν τα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης μέσω λειτουργιών του ειδικού στατιστικού λογισμικού. Μεγάλο τμήμα των θεωρητικών στοιχείων αυτών έχει αναπτυχθεί και σε προηγούμενες διπλωματικές εργασίες.

3.2 Βασικές Έννοιες Στατιστικής

Ο όρος **πληθυσμός** (population) αναφέρεται στο σύνολο των παρατηρήσεων του χαρακτηριστικού που ενδιαφέρει τη στατιστική έρευνα. Πρόκειται για ένα σύνολο στοιχείων που είναι τελείως καθορισμένα. Ένας πληθυσμός μπορεί να είναι πραγματικός ή θεωρητικός.

Ο όρος **δείγμα** (sample) αναφέρεται σε ένα υποσύνολο του πληθυσμού. Οι περισσότερες στατιστικές έρευνες στηρίζονται σε δείγματα, αφού οι ιδιότητες του πληθυσμού είναι συνήθως αδύνατο να καταγραφούν. Όλα τα στοιχεία που ανήκουν στο δείγμα ανήκουν και στον πληθυσμό χωρίς να ισχύει το αντίστροφο. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από τη μελέτη του δείγματος θα ισχύουν με ικανοποιητική ακρίβεια για ολόκληρο τον πληθυσμό μόνο εάν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού.

Με τον όρο **μεταβλητές** (variables) εννοούνται τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν να μετρηθούν και να καταγραφούν σε ένα σύνολο ατόμων. Οι μεταβλητές διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- ❖ **Ποιοτικές μεταβλητές** (qualitative variables): Είναι οι μεταβλητές των οποίων οι δυνατές τιμές είναι κατηγορίες διαφορετικές μεταξύ τους. Η χρήση αριθμών για την παράσταση των τιμών μίας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης.
- ❖ **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables): Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Οι ποσοτικές

μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις διακριτές και τις συνεχείς.

1. Σε μια **διακριτή** μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αριθμός των μελών μιας οικογένειας.
2. Αντίθετα, σε μία **συνεχή** μεταβλητή δύο τιμές μπορούν να διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την ηλικία, για την οποία η διαφορά ανάμεσα σε δυο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια, μήνες, ημέρες, ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

Μέτρα κεντρικής τάσης (measures of central tendency): Σε περίπτωση ανάλυσης ενός δείγματος x_1, x_2, \dots, x_n η μέση τιμή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measures of variability): Στην περίπτωση που τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα, η διακύμανση συμβολίζεται με s^2 και ορίζεται ως:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

όπου \bar{x} είναι ο δειγματικός μέσος, δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων του δείγματος.

Η μαθηματική σχέση που δίνει την **τυπική απόκλιση** του δείγματος είναι:

$$s = (s^2)^{1/2} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{1/2}$$

Για την περίπτωση συμμετρικά κατανομημένου δείγματος σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα, προκύπτει ότι:

- Το διάστημα $(-s, +s)$ περιέχει περίπου το 68% των δεδομένων
- Το διάστημα $(-2s, +2s)$ περιέχει περίπου το 95% των δεδομένων
- Το διάστημα $(-3s, +3s)$ περιέχει περίπου το 99% των δεδομένων

Συνδιακύμανση (covariance of the two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων και δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Cov}(x, y) = \left[\frac{1}{n-1} \right] \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας είναι:

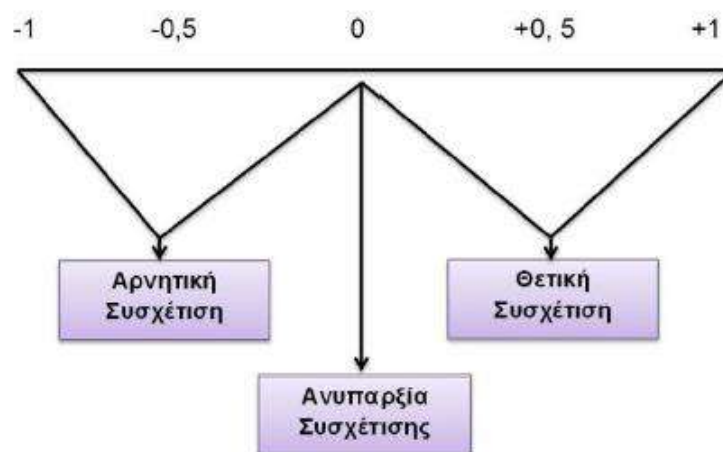
- το επίπεδο εμπιστοσύνης, που ορίζεται ως η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή.
- το επίπεδο σημαντικότητας, που ορίζεται ως η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

3.3 Συσχέτιση Μεταβλητών – Συντελεστής Συσχέτισης

Έστω x, y δυο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές. Ο βαθμός της γραμμικής συσχέτισης των δυο μεταβλητών x και y , οι οποίες έχουν διασπορά σ_x^2 και σ_y^2 αντίστοιχα, και συνδιασπορά $\sigma_{xy} = \text{cov}[x, y]$ καθορίζεται με το **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient), που συμβολίζεται με ρ , και ορίζεται ως:

$$\rho = \left(\frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x} \right) \left(\frac{1}{\sigma_y} \right)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από την μονάδα μέτρησης των x και y και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των x και y , όπως αποτυπώνεται εύλογα και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 3.1.: Επεξήγηση πιθανών τιμών του Συντελεστή Συσχέτισης

Πηγή: Σύγγραμμα «Εφαρμογή Μεθόδων Ανάλυσης στην Έρευνα Αγοράς»
(Σιώμος Γ., Βασιλακοπούλου Α., 2005)

Η εκτίμηση του συντελεστή συσχέτισης ρ γίνεται με την αντικατάσταση στην παραπάνω εξίσωση της συνδιασποράς σ_{xy} και των διασπορών σ_x, σ_y , από όπου προκύπτει τελικά η έκφραση της **εκτιμήτριας r** :

$$r(x, y) = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}{\left[\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)^{1/2} \right]}$$

3.4 Βασικές Κατανομές

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής, για να μελετηθούν τα διάφορα στατιστικά μεγέθη πρέπει να είναι γνωστή η μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές τους. Παρακάτω παρατίθενται οι σημαντικότερες στατιστικές κατανομές που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση οδικών ατυχημάτων και οδηγικής συμπεριφοράς.

3.4.1 Κανονική Κατανομή

Μία από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η κανονική κατανομή ή κατανομή του Gauss. Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι:

$$F(x) = \left(\frac{1}{(2\pi\sigma)^{1/2}} \right) e^{[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]}$$

όπου μ και σ είναι σταθερές ίσες με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση αντίστοιχα.

3.4.2 Κατανομή Poisson

Είναι γνωστό ότι η πιο κατάλληλη κατανομή για την περιγραφή τελείως τυχαίων διακριτών γεγονότων είναι η **κατανομή Poisson**. Μια τυχαία μεταβλητή x (όπως π.χ. το πλήθος των ατυχημάτων ή των νεκρών από οδικά ατυχήματα) θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο λ ($\lambda > 0$), και γράφεται $x \sim P(\lambda)$, όταν έχει συνάρτηση μάζας πιθανότητας την:

$$F(x) = \frac{\mu^x * e^{-\mu}}{x!}$$

όπου $x = 0, 1, 2, 3, \dots$ και $x! = x*(x-1)*\dots*3*2*1$

Η μέση τιμή και η διασπορά κατά Poisson είναι $E\{x\} = \mu$ και $\sigma^2\{x\} = \mu$ και είναι ίσες μεταξύ τους.

Η **κατανομή Poisson** αφορά στον αριθμό των “συμβάντων” σε ορισμένο χρονικό ή χωρικό διάστημα. Γενικά, ο αριθμός X των συμβάντων σε χρονικό (ή χωρικό) διάστημα t ακολουθεί την κατανομή Poisson αν:

- a. ο ρυθμός λ , έστω των συμβάντων είναι χρονικά σταθερός
- b. οι αριθμοί των συμβάντων σε ξένα διαστήματα αποτελούν ανεξάρτητα ενδεχόμενα (Κοκολάκης και Σπηλιώτης, 1999)

Η κατανομή Poisson είναι κατάλληλη για την ανάπτυξη μοντέλων που αφορούν φαινόμενα που εμφανίζονται σπάνια και των οποίων οι εμφανίσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή η εμφάνιση του φαινομένου μια φορά δεν επηρεάζει την επόμενη. Ο αριθμός των παθόντων είναι μία μεταβλητή, η οποία παρουσιάζει όμοιες ιδιότητες με την μεταβλητή του αριθμού των ατυχημάτων και υποστηρίζεται ότι τα οδικά ατυχήματα ακολουθούν συνήθως κατανομή Poisson (Charman., 1971, Zahavi., 1962) ή κανονική κατανομή (Hojati., 2011).

3.5 Μαθηματικά Πρότυπα

3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

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

Με τον όρο **εξαρτημένη μεταβλητή** εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ ο όρος **ανεξάρτητη μεταβλητή** αναφέρεται σε εκείνη την μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή αντίθετα, θεωρείται τυχαία και “καθοδηγείται” από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή ένας συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών προκαλεί τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων.

Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην ανάπτυξη εξισώσεων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει συνεχείς ή διακριτές τιμές.

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

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

$$y_i = \alpha + \beta \cdot x_i + \varepsilon_i$$

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν όσο το δυνατόν καλύτερα τη γραμμική εξάρτηση της εξαρτημένης μεταβλητής Y από την ανεξάρτητη μεταβλητή X . Κάθε ζεύγος τιμών (α , β) καθορίζει και μία διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

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

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

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

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

3.5.2 Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

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

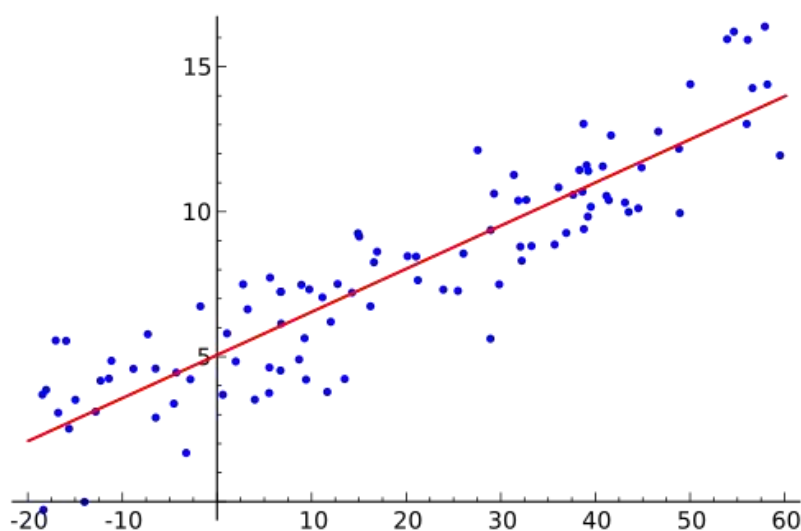
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1i} + \beta_2 \cdot x_{2i} + \dots + \beta_v \cdot x_{vi} + \varepsilon_i$$

Οι **υποθέσεις της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης** είναι ίδιες με εκείνες της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή υποθέτει κανείς ότι τα σφάλματα ε_i της παλινδρόμησης (όπως και η τυχαία μεταβλητή Y για κάθε τιμή της X) ακολουθούν κανονική κατανομή με σταθερή διασπορά. Γενικά το πρόβλημα και η εκτίμηση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης δεν διαφέρει ουσιαστικά από εκείνο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Ένα

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

3.5.2.1 Μέθοδος Ελαχίστων Τετραγώνων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων** (least squares method). Σύμφωνα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, ο προσδιορισμός των συντελεστών βί δίνει μια προσεγγιστική ευθεία που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής Y, δοθέντων των τιμών της μεταβλητής X. Η ευθεία που προκύπτει ονομάζεται ευθεία παλινδρόμησης της Y πάνω στην X. Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (X,Y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Παρακάτω δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Εικόνα 3.2.: Παράδειγμα ευθείας ελαχίστων τετραγώνων
Πηγή: Βικιπαίδεια, 2018

3.5.3 Λογαριθμοκανονική Παλινδρόμηση

Μέσω της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης** (lognormal regression) δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου που συσχετίζει δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την έρευνα της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι ίδιο με εκείνο που εφαρμόζεται για την εκτέλεση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και αυτή γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση οι συντελεστές των μεταβλητών του

μοντέλου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπολογίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης με βάση την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων. Η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση βασίζεται στην υπόθεση ότι τα στοιχεία που περιέχονται στη βάση δεδομένων είναι μη αρνητικά, ο φυσικός λογάριθμος της ανεξάρτητης μεταβλητής ακολουθεί την κανονική κατανομή και ο αριθμητικός μέσος είναι σχετικά μεγάλος. Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

$$\log(y_i) = \beta_0 + \beta_1 * x_{1i} + \beta_2 * x_{2i} + \dots + \beta_v * x_{vi} + \varepsilon_i$$

όπου:

y_i : η εξαρτημένη μεταβλητή

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_v$: οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iv}$: οι ανεξάρτητες μεταβλητές

ε_i : το σφάλμα παλινδρόμησης

3.6 Στατιστική Αξιολόγηση και Κριτήρια Αποδοχής Μοντέλου

Κάθε αναπτυσσόμενο μοντέλο, ούτως ώστε να θεωρείται αποδεκτό, είναι απαραίτητο να πληροί κάποιες βασικές προϋποθέσεις. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του μοντέλου μετά την διαμόρφωση του, αφορούν τα πρόσημα και τις τιμές των συντελεστών β_i της εξίσωσης, τη στατιστική σημαντικότητα, την ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

❖ Μη συσχέτιση ανεξάρτητων μεταβλητών

Βασική προϋπόθεση είναι η μη συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών, οι οποίες πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλαδή να ισχύει $\rho(x_i, x_j)$ για κάθε $i \neq j \rightarrow 0$. Διαφορετικά δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα, καθώς εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

❖ Λογική ερμηνεία πρόσημων

Σημαντικό κριτήριο αποδοχής ενός μοντέλου μετά τη διαμόρφωσή του είναι οι τιμές και τα πρόσημα των συντελεστών παλινδρόμησης β_i . Πρέπει, φυσικά, να υπάρχει λογική ερμηνεία των πρόσημων τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή υποδηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής παράλληλα με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, το αρνητικό πρόσημο επιφέρει μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά δεδομένου ότι, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (x_i) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά τότε αναφερόμαστε στην ελαστικότητα (elasticity).

❖ Στατιστική σημαντικότητα

Πραγματοποιούνται πρώτα οι έλεγχοι των σταθερών επιδράσεων (test of fixe effects) για καθεμία από τις σταθερές επιδράσεις που ορίζονται στο μοντέλο. Πρόκειται για έναν έλεγχο τύπου ANOVA. Προκειμένου να γίνει αποδεκτό ότι οι μεταβλητές συμβάλλουν σημαντικά στο μοντέλο θα πρέπει η τιμή σημαντικότητας (significance value) να είναι $\text{sig} \leq 0,05$. Αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το 95% τουλάχιστον των περιπτώσεων.

Η στατιστική αξιολόγηση των παραμέτρων των μεταβλητών πραγματοποιείται μέσω του ελέγχου t-test (κριτήριο κατανομής Student). Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να διαπιστωθεί εάν οι παράμετροι που υπολογίστηκαν, διαφέρουν σημαντικά από το 0. Προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών και καθορίζεται ποιες από αυτές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται από τη σχέση:

$$t_{\text{stat}} = \beta_i / \text{s.e.}$$

όπου s.e.: το τυπικό σφάλμα των σταθερών παραμέτρων.

Βάσει της παραπάνω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται η τιμή του t_{stat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t_{stat} τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του t_{stat} για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης:

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο εμπιστοσύνης				
	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995
80	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Πίνακας 3.1.: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα για ένα δείγμα περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,671$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Έτσι, για παράδειγμα μία μεταβλητή με $t^* = -3,8$, έχει απόλυτη τιμή μεγαλύτερη από το 1,671 και επομένως είναι αποδεκτή και στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

❖ Συντελεστής προσαρμογής R^2

Μετά τον έλεγχο στατιστικής εμπιστοσύνης εξετάζεται η **ποιότητα** του μοντέλου, η οποία καθορίζεται με βάση το συντελεστή προσαρμογής. Ο συντελεστής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο και ορίζεται από την σχέση:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

όπου:

$$SSR = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 = \beta^2 * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Τα αρχικά SSR και SST έχουν προέλθει από τις φράσεις υπόλοιπο άθροισμα τετραγώνων (Residual Sum of Squares) και συνολικό άθροισμα τετραγώνων (Total Sum of Squares), αντίστοιχα. Με \hat{y} συμβολίζεται η προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής από τις ανεξάρτητες.

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής Y που εξηγείται από την μεταβλητή X. Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Καθίσταται σαφές ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X. Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του που είναι αποδεκτή ή απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή R^2 . Τέλος, ο συντελεστής R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το X παίρνει καθορισμένες τιμές ή αν είναι τυχαία μεταβλητή.

❖ Ελαστικότητα

Η ελαστικότητα αντικατοπτρίζει την **ευαισθησία** μίας εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Η ελαστικότητα για γραμμικά μοντέλα δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$e_i = \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right) * \left(\frac{X_i}{Y_i} \right) = \beta_i * \left(\frac{X_i}{Y_i} \right)$$

Επισημαίνεται ότι η παραπάνω σχέση εφαρμόζεται αποκλειστικά σε **συνεχείς** μεταβλητές. Για **διακριτές** μεταβλητές χρησιμοποιείται η **έννοια της ψευδοελαστικότητας**, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μια τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η σχέση που υπολογίζει την τιμή της ψευδοελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές είναι η παρακάτω:

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

όπου:

- I : το πλήθος των πιθανών επιλογών
- x_{ink} : η τιμή της μεταβλητής k για την εναλλακτική i του ατόμου n
- $\Delta(\beta_i x_n)$: η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1
- $\beta_i x_n$: η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει την τιμή 0
- β_{ik} : η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk}

3.7 Λειτουργία του Ειδικού Στατιστικού Λογισμικού

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού SPSS. Αφού καταχωρήθηκαν τα δεδομένα σε ειδικές βάσεις δεδομένων, μεταφέρθηκαν στο στατιστικό λογισμικό στο πεδίο δεδομένων και ακολουθήθηκαν οι **ενέργειες που συνοπτικά παρουσιάζονται** στη συνέχεια.

Αρχικά, καθορίστηκαν οι μεταβλητές στο πεδίο μεταβλητών (variable view). Εκεί δίνονται οι ονομασίες και καθορίζονται οι ιδιότητές τους (όνομα, τύπος μεταβλητής, αριθμός ψηφίων, κωδικοποίηση τιμών κ.α.). Είναι σημαντικό να γίνει διάκριση των μεταβλητών σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal) και διακριτές (nominal).

Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται η εντολή **Analyze** για τη **στατιστική ανάλυση** των δεδομένων. Η εντολή αυτή περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- ✓ **Descriptive statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Εδώ βρίσκεται η επιλογή **Descriptives**. Πρόκειται για χρήσιμες στατιστικές περιγραφικές συναρτήσεις (μέσος όρος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).
- ✓ **Correlate:** Η διαδικασία μετράει τη συσχέτιση ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή **Bivariate Correlations**. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης **Pearson**, εάν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής **Spearman** για διακριτές μεταβλητές.
- ✓ **Regression:** Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης. Λόγω της φύσης της εξαρτημένης μεταβλητής επιλέχθηκε η γραμμική παλινδρόμηση (**Linear Regression**). Η εξαρτημένη μεταβλητή που ενδιαφέρει εισάγεται στο πλαίσιο **Dependent**. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές, με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο **Independents**. Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όσες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί.

Τέλος, τα αποτελέσματα εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου. Για τον έλεγχο καταλληλότητας του μοντέλου εφαρμόζονται τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν.

Επιδιώκεται:

- ✚ Οι τιμές και τα πρόσημα των **συντελεστών παλινδρόμησης β_i** να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
- ✚ Ο **σταθερός όρος** της εξίσωσης, που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δεν λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
- ✚ Η **τιμή του στατιστικού ελέγχου t** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- ✚ Το **επίπεδο σημαντικότητας** να είναι μικρότερο από 5% (significance < 0,05).
- ✚ Οι **ανεξάρτητες μεταβλητές** που θα χρησιμοποιηθούν στο κάθε μοντέλο να είναι μεταξύ τους **ασυσχέτιστες**.
- ✚ Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** να είναι κατά το δυνατό μεγαλύτερος στα μοντέλα γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης και για την ακρίβεια η τιμή του πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,3.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που οδήγησε στην επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης. Αφού επιλέχθηκαν η **γραμμική** και η **λογαριθμοκανονική** παλινδρόμηση ως μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης, επόμενο βήμα είναι η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και συγκεκριμένα η χρήση δεδομένων από συσκευές smartphone μέσα από το πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης που πραγματοποιήθηκε. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα οδηγήσει στην επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας, που είναι η **συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και κατανάλωσης καυσίμων**.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η διαδικασία **συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων** έτσι ώστε να δοθεί μια πλήρης εικόνα για την ποιότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Γίνεται διαχωρισμός σε δυο επιμέρους υποκεφάλαια. Στο εδάφιο που αναφέρεται στη συλλογή στοιχείων, περιγράφεται το πείραμα που πραγματοποιήθηκε για τα στοιχεία που συλλέχθηκαν. Στο δεύτερο εδάφιο το οποίο αφορά στην επεξεργασία των στοιχείων παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των στοιχείων κατά τη συλλογή τους και παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες στους οποίους περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος, ακολουθούμενοι από τον απαραίτητο σχολιασμό. Στο τέλος, αναλύεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, μέσω της περιγραφής των κυριότερων εντολών λογισμικού.

4.2 Συλλογή Στοιχείων

Τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τη συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και της κατανάλωσης καυσίμου, προέρχονται από τη χρήση λεπτομερών δεδομένων φυσικής οδήγησης που έχουν συλλεχθεί από το κινητό τηλέφωνο (smartphone) του οδηγού. Η **συλλογή των στοιχείων γίνεται μέσω αισθητήρων από μια εφαρμογή** η οποία όποτε ο χρήστης οδηγεί καταγράφει μια σειρά στοιχείων για τον τρόπο οδήγησης του. Επιπροσθέτως, ο κάθε οδηγός κλήθηκε να συμπληρώνει έναν **πίνακα καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου** καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, ενώ προηγουμένως του ζητήθηκε να απαντήσει σε ένα **ερωτηματολόγιο**, που περιλάμβανε γενικά στοιχεία οδήγησης του κάθε οδηγού, τις συνθήκες του απέναντι στην οδική ασφάλεια καθώς και τα δημογραφικά του χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σχετικά με τη διερεύνηση της επιρροής της οδηγικής συμπεριφοράς και της κατανάλωσης καυσίμου σε παγκόσμιο επίπεδο. Ωστόσο, η μεθοδολογία συλλογής των στοιχείων περιλάμβανε

συνήθως μια συσκευή που βρισκόταν εντός του οχήματος και ήταν συνδεδεμένη με το όχημα. Αξίζει να επισημανθεί ότι στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες συναφείς έρευνες με την παρούσα Διπλωματική Εργασία. Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται σε δύο λόγους. Πρώτον γιατί η αξιολόγηση σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης θέτει συχνά το ζήτημα της αξιοπιστίας, της ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων των χρηστών και της αντικειμενικότητας και δεύτερον διότι είναι ένας τρόπος καταγραφής που απαιτεί ανεπτυγμένη τεχνολογία και ακρίβεια, η οποία βρίσκεται σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης της.

4.2.1 Η Πειραματική Διαδικασία

Πιο αναλυτικά, εφαρμόστηκε ένα καινοτόμο σύστημα συλλογής δεδομένων, μέσα από την εξατομικευμένη καταγραφή της οδηγικής συμπεριφοράς σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας αισθητήρες συσκευών smartphone. Για την υλοποίηση του πειράματος αυτού **συμμετείχαν 17 οδηγοί** (smartphone naturalistic driving experiment) **σε χρονικό διάστημα 4 μηνών**, από τον Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο του 2018, και δημιουργήθηκε μια μεγάλη βάση δεδομένων με χιλιάδες διαδρομές.

Οι χρήστες κλήθηκαν να οδηγήσουν τους δύο πρώτους μήνες Ιούνιο – Ιούλιο με **βάση τη συνηθισμένη οδηγική συμπεριφορά τους (άστατη οδήγηση)**, χωρίς να καταβάλλουν καμία επιπλέον προσπάθεια ώστε να διαμορφωθεί το οδηγικό τους προφίλ υπό κανονικές συνθήκες. Τους επόμενους δύο μήνες Αύγουστο – Σεπτέμβριο έπρεπε να οδηγήσουν **τηρώντας αυστηρά τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (προσεκτική οδήγηση)**, που συνεπάγεται με τήρηση ορίων ταχύτητας, αποφυγή ομιλίας στο κινητό στο χέρι, όχι απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις, βελτιώνοντας έτσι την οδηγική τους συμπεριφορά και υιοθετώντας ένα προφίλ φιλικό προς το περιβάλλον.

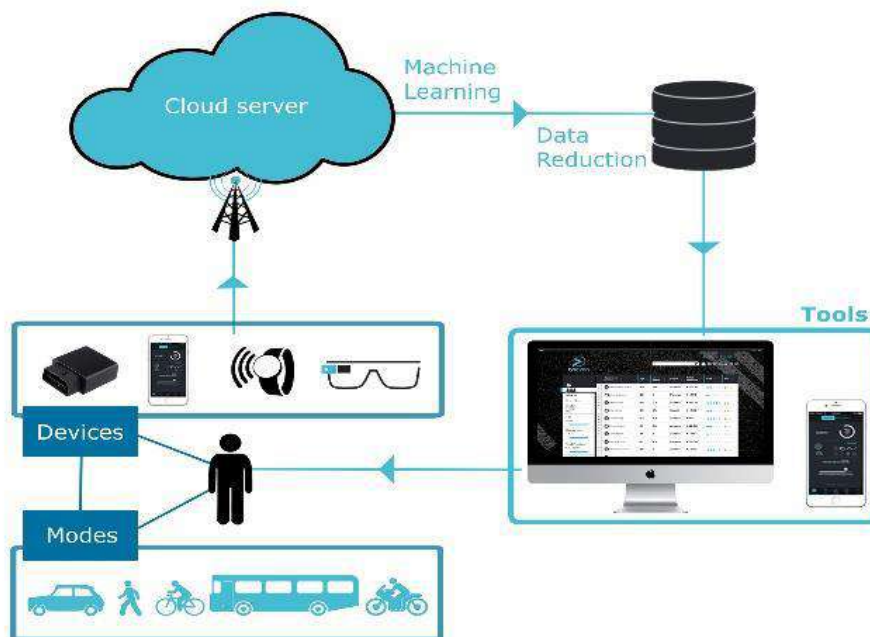
Καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας οι οδηγοί έπρεπε να συμπληρώνουν τον πίνακα καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου, ο οποίος θα αποτελούσε ορόσημο για την εκπλήρωση του στόχου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, όφειλαν σε κάθε γέμισμα του ντεπόζιτου του οχήματος τους να συμπληρώνουν κάποια στοιχεία όπως η **ημερομηνία, τα χιλιόμετρα κοντέρ, τα λίτρα καυσίμου** καθώς και μια εκτίμηση του ποσοστού χιλιομέτρων που διένυσαν εκτός πόλης. Μάλιστα, τους επισημάνθηκε ότι κάθε φορά που έπρεπε να εφοδιάσουν με καύσιμα το όχημα τους, θα ήταν ιδανικό να γεμίζουν πλήρως το ντεπόζιτο, τόσο πριν την έναρξη κάθε φάσης αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου, τον οποίο κλήθηκαν να συμπληρώσουν οι συμμετέχοντες:

	A/A	Ημερομηνία	Χιλιόμετρα κοντέρ	Λίτρα καυσίμου	Ποσοστό χιλιομέτρων εκτός πόλης
Έναρξη Α' Φάσης	1			-	-
	2				
	3				
	4				
Λήξη Α' Φάσης	5				
Έναρξη Β' Φάσης	1			-	-
	2				
	3				
	4				
Λήξη Β' Φάσης	5				

Πίνακας 4.1.: Πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο σε **αστικό** όσο και σε **υπεραστικό περιβάλλον** και **αυτοκινητόδρομο**. Στη συνέχεια, μια ειδική πλατφόρμα που σχεδιάστηκε από την εταιρεία στην οποία ανήκει η εφαρμογή smartphone (OSeven) εξασφάλισε την ομαλή μετάβαση από τη συλλογή στοιχείων στη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Τα βήματα που ακολουθούνται κάθε φορά που καταγράφεται μια διαδρομή-ταξίδι απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα 4.1 και περιγράφονται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 4.1.: Διάγραμμα διαχείρισης δεδομένων

Πηγή: OSeven

4.2.2 Η Συμπλήρωση Ερωτηματολογίου

Πριν την έναρξη του πειράματος οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο που ήταν ειδικά διαμορφωμένο για το σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας και χωριζόταν σε τρεις ενότητες: α) Γενικά Στοιχεία Οδήγησης, β) Στάση και συνήθειες απέναντι στην οδική ασφάλεια, και γ) Δημογραφικά στοιχεία, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.2. που ακολουθεί. Πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί διέθεσαν πολύτιμες πληροφορίες όπως ηλικία, φύλο, μορφωτικό επίπεδο, ιστορικό ατυχημάτων, έτη οδήγησης, στοιχεία του οχήματος (κυβισμός, καύσιμο κλπ.). Επίσης, έδωσαν απαντήσεις που αφορούσαν στην αντίληψη που έχουν για την οδήγηση τους όπως κατά πόσο τηρούν τα όρια ταχύτητας, εάν κάνουν απότομα φρεναρίσματα/επιταχύνσεις αλλά και εάν χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο την ώρα της οδήγησης.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 5 - 157 73 ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΤΗΛ. & VOICE MAIL: 210 772 1203, 772 1285, TELEFAX: 210 772 1327



<http://www.civil.ntua.gr/transport.html>

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
DEPT. OF TRANSPORTATION PLANNING AND ENGINEERING
5, HEROON POLYTECHNIUM ST., GR-157 73 ZOGRAFOU, ATHENS
TEL. & VOICE MAIL: +30210 772 1203, 772 1285, TELEFAX: +30210 772 1327

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΟΔΗΓΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

A. Γενικά Στοιχεία Οδήγησης

A1) Πόσα έτη είστε κάτοχος διπλώματος οδήγησης;

- 0 – 2
 3 – 5
 6 – 8
 8+

A2) Πόσες ώρες περίπου οδηγείτε την εβδομάδα;

- < 1
 1 – 3
 4 – 9
 > 10

A3) Πόσα χιλιόμετρα κατά μέσο όρο κάνετε εβδομαδιαίως με το όχημα σας εντός πόλης;

- < 10
 10 – 50
 50 – 100
 > 100

A4) Τι καύσιμο καταναλώνει το όχημα σας;

- Βενζίνη
- Πετρέλαιο
- Αέριο

A5) Πόσα χρήματα δαπανάτε μηνιαίως για καύσιμα του οχήματός σας;

- < 50 ευρώ
- 51 – 100 ευρώ
- 101 – 200 ευρώ
- > 200 ευρώ

A6) Ποιος είναι ο κυβισμός του οχήματος που συνήθως χρησιμοποιείτε;

- < 1000cc
- 1001 – 1200cc
- 1201 – 1400cc
- 1401 – 1600cc
- 1601 – 1800cc
- 1801 – 2000cc
- > 2000cc
- Δεν γνωρίζω

A7) Ποια είναι η ασφαλιζόμενη αξία του οχήματος που διαθέτετε;

- < 5.000 ευρώ
- 5.001 – 10.000 ευρώ
- 10.001 – 20.000 ευρώ
- 20.001 – 30.000 ευρώ
- > 30.000 ευρώ

A8) Πόσο επιδέξιος οδηγός πιστεύετε ότι είστε;

1 2 3 4 5

Καθόλου Πολύ επιδέξιος

A9) Πόσο προσεκτικός οδηγός πιστεύετε ότι είστε;

1 2 3 4 5

Καθόλου Πολύ προσεκτικός

A10) Πόσο επικίνδυνος οδηγός πιστεύετε ότι είστε;

1 2 3 4 5

Καθόλου Πολύ επικίνδυνος

B. Στάση και συνήθειες απέναντι στην οδική ασφάλεια

B11) Σε πόσα ατυχήματα με παθόντες έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

- Κανένα
- 1
- 2
- > 2

B12) Σε πόσα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο έχετε εμπλακεί ως οδηγός;

- Κανένα
- 1
- 2
- > 2

B13) Χρησιμοποιείτε το κινητό σας τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης;

- Καθόλου
- Λίγο
- Αρκετά
- Πολύ

B14) Κάνετε απότομα φρεναρίσματα/επιταχύνσεις κατά τη διάρκεια της οδήγησης;

- Ναι
- Μερικές φορές
- Όχι

B15) Πόσο τηρείτε τα όρια ταχύτητας όταν οδηγείτε:

1) σε αυτοκινητόδρομο;

1 2 3 4 5

Καθόλου Πολύ

2) σε εθνική ή επαρχιακή οδό;

1 2 3 4 5

Καθόλου Πολύ

3) σε αστική οδό;

1 2 3 4 5

Καθόλου Πολύ

Γ. Δημογραφικά στοιχεία

Γ16) Ποιο είναι το φύλο σας;

- Άνδρας
- Γυναίκα

Γ17) Ποια είναι η ηλικία σας;

- 18 – 24
- 25 – 35

Γ18) Ποια είναι η οικογενειακή σας κατάσταση;

- Ανύπαντρος
- Παντρεμένος

Γ19) Ποιο είναι το ετήσιο οικογενειακό σας εισόδημα;

- < 10.000 ευρώ
- 10.001 – 25.000 ευρώ
- > 25.000 ευρώ

Γ20) Ποιο είναι το μορφωτικό σας επίπεδο;

- Πρωτοβάθμια
- Δευτεροβάθμια
- ΑΕΙ
- Μεταπτυχιακό Δίπλωμα
- Διδακτορικό

Γ21) Βαθμολογήστε την εξοικείωσή σας με τις εφαρμογές των SmartPhones:

1 2 3 4 5

Πολύ μικρή Πολύ μεγάλη

Πίνακας 4.2.: Ερωτηματολόγιο πριν την έναρξη του πειράματος

4.2.3 Τρόπος Συλλογής Δεδομένων

Η **OSeven** έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα για την καταγραφή, τη συλλογή, την αποθήκευση, την αξιολόγηση και την παρουσίαση των δεδομένων της οδηγικής συμπεριφοράς χρησιμοποιώντας εφαρμογές **έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphone)** και προηγμένους αλγορίθμους **Machine Learning**. Αυτή η καινοτομία που εφαρμόζεται στον τρόπο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σε μεγάλη κλίμακα, παρουσιάζει νέες προκλήσεις συγκεντρώνοντας μεγάλο όγκο δεδομένων για ανάλυση κατά τη διάρκεια αυτής της έρευνας. Το σύστημα που αναπτύχθηκε ενσωματώνει μια διαδικασία συλλογής και διαβίβασης δεδομένων από τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα

(smartphones), των οποίων τα κύρια χαρακτηριστικά περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

4.2.3.1 Σύστημα καταγραφής δεδομένων

Η καταγραφή των δεδομένων ξεκινάει αυτόματα στις εφαρμογές του κινητού τηλεφώνου όταν αναγνωρίζεται μια κατάσταση οδήγησης και **σταματάει αυτόματα** όταν αναγνωρίζεται κατάσταση μη οδήγησης. Η εγγραφή κατά τη διάρκεια της οδήγησης μένει σε αναμονή για πέντε λεπτά μετά την διακοπή της κατάστασης της οδήγησης, για να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ο οδηγός συνεχίζει το ταξίδι του με στάση λίγων λεπτών. Όλες οι επιπλέον πληροφορίες που συλλέγονται μετά το πέρας της διαδρομής απορρίπτονται χρησιμοποιώντας τις τεχνικές μηχανικής μάθησης που περιγράφονται παρακάτω.

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα προέρχονται από τους διάφορους **αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones) και αλγόριθμους συγχώνευσης (fusion algorithms) δεδομένων** που παρέχονται από το Android (Google) και το iOS (Apple). Μια εφαρμογή για το κινητό τηλέφωνο (mobileApp) αναπτύσσεται για να καταγράφει τη συμπεριφορά του χρήστη αξιοποιώντας τους αισθητήρες της συσκευής και χρησιμοποιείται μια ποικιλία εφαρμογών για να διαβαστούν τα δεδομένα των αισθητήρων που έχουν καταγραφεί και να αποθηκευτούν προσωρινά στη βάση δεδομένων του έξυπνου κινητού τηλεφώνου (Smartphone) πριν μεταφερθούν στην κεντρική βάση δεδομένων. Μετά τη μετάδοση των δεδομένων στην κεντρική βάση δεδομένων του συστήματος, όλες οι πληροφορίες διαγράφονται από το κινητό τηλέφωνο. Τα ακατέργαστα δεδομένα είτε καταγράφονται από τους αισθητήρες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων είτε παρέχονται από iOS και Android με τη μορφή δεδομένων συγχώνευσης.

Ενδεικτικά, το κινητό τηλέφωνο ενσωματώνει αισθητήρες τεχνολογίας:

- Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer)*
- Γυροσκόπιου (Gyroscope)*
- Μαγνητόμετρο (Magnetometer)
- GPS (ταχύτητα, πορεία, γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος)

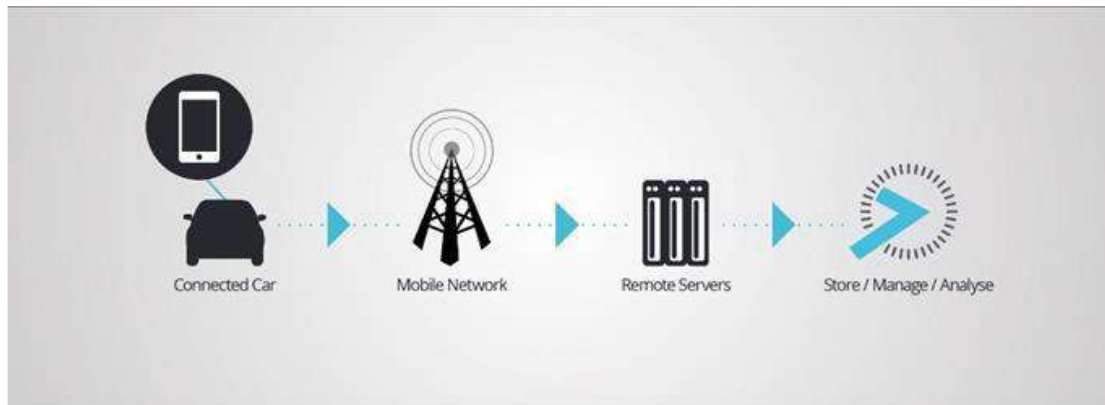
Τα δεδομένα που παρέχονται από iOS και Android:

- Ρυθμός εκτροπής, βαθμός έντασης και κύλιση
- Γραμμική επιτάχυνση*
- Βαρύτητα*

*(x, y, z στοιχεία)

Η συχνότητα της καταγραφής των δεδομένων ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του αισθητήρα, με μέγιστη τιμή 1Hz. Είναι αξιοσημείωτο να τονιστεί ότι με αυτόν τον τρόπο συλλέγεται ένα μεγάλο πλήθος δεδομένων των χαρακτηριστικών οδήγησης και αυτό πραγματοποιείται μόνο με τη χρήση των εφαρμογών του

κινητού τηλεφώνου. Το βασικό πλαίσιο λειτουργίας της ροής δεδομένων φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 4.2.: Σύστημα ροής δεδομένων OSeven
Πηγή: OSeven

4.2.3.2 Μετάδοση δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδρομής, η εφαρμογή μεταδίδει όλα τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, στην **κεντρική βάση δεδομένων του OSeven backend office** μέσω ενός κατάλληλου διαύλου επικοινωνίας, όπως είναι ένα δίκτυο **WiFi** ή ένα **κυβελοειδές δίκτυο** (κατόπιν επιλογής του χρήστη) όπως είναι το δίκτυο 3G / 4G με βάση τις ρυθμίσεις του χρήστη.

Για να επιτευχθεί η διάδραση μεταξύ αυτών των πλευρών, δημιουργήθηκε API το οποίο χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των δεδομένων από μια ηλεκτρονική υπηρεσία σε μια εφαρμογή πελάτη. Το API χρησιμοποιείται για τη μεταφορά και τη λήψη δεδομένων μεταξύ συστημάτων, υποστηρίζοντας τη μεταξύ τους διαλειτουργικότητα. Κάνοντας τα δεδομένα προσβάσιμα μέσω του Παγκόσμιου Ιστού με τη χρήση API καθίσταται δυνατή η υποβολή δεδομένων στη βάση δεδομένων από συσκευές τρίτων καθώς επίσης και την πληροφορία άμεσα διαθέσιμη. Ο συνολικός όγκος δεδομένων για έναν μέσο οδηγό υπολογίζεται σε 50Mb / μήνα.

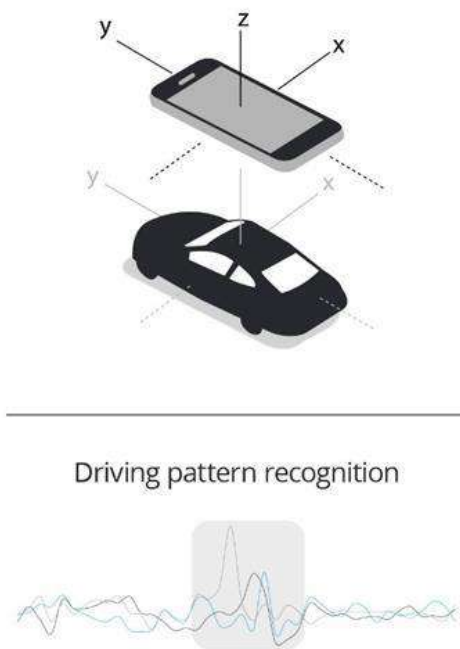
4.2.3.3 Αποθήκευση δεδομένων, θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας

Τα δεδομένα αποθηκεύονται στο σύστημα OSeven backend χρησιμοποιώντας προηγμένες **τεχνικές κρυπτογράφησης και ασφαλείας** δεδομένων, σύμφωνα με τους εθνικούς νόμους και τις οδηγίες της ΕΕ για την προστασία των προσωπικών δεδομένων (GDPR). Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται υποστηρίζουν τον έλεγχο ταυτότητας του χρήστη και την κρυπτογράφηση για να αποτρέπεται η πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένα δεδομένα από τρίτους.

4.2.3.4 Επεξεργασία δεδομένων

Αφού τα δεδομένα αποθηκευτούν στον εξυπηρετητή για να πραγματοποιηθεί η κεντρική επεξεργασία και η μείωση της διάστασης των δεδομένων,

μετατρέπονται τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σε σημαντικές συμπεριφορές και σε συναφείς με την οδική ασφάλεια παραμέτρους (δηλαδή χειρισμό και επεξεργασία μαζικών δεδομένων). Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τις δύο μεγάλες μεθόδους επεξεργασίας δεδομένων που περιλαμβάνουν δύο οικογένειες τεχνικών, **τεχνικές εξόρυξης μεγάλων δεδομένων** και **αλγόριθμους Machine Learning (ML)**.



Εικόνα 4.3.: Ρυθμός εκτροπής, βαθμός έντασης και κύλιση
Πηγή: OSeven

Οι **μέθοδοι εκμάθησης μηχανών** (μέθοδοι φιλτραρίσματος, ομαδοποίησης και ταξινόμησης) χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των δεδομένων από τα μη σχετικά στοιχεία, τα σφάλματα και την αναγνώριση επαναλαμβανόμενων μοτίβων μέσα στα δεδομένα. Κατόπιν, αυτά τα δεδομένα θα υποβληθούν σε επεξεργασία κατάλληλη για μεγάλο όγκο δεδομένων, προκειμένου να υπολογιστούν οι απαραίτητες παράμετροι και να ληφθούν δείκτες συμπεριφοράς που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση.

Με άλλα λόγια, τα δεδομένα χωρικά και χρονικά διαχωρισμένα από το κινητό τηλέφωνο (Smartphone), **επεξεργάζονται προκειμένου να προκύψουν χρήσιμοι δείκτες οδικής ασφάλειας**. Οι μέθοδοι τεχνικής νοημοσύνης επιτρέπουν την **ανίχνευση της επιθετικής συμπεριφοράς** του οδηγού υπό τη μορφή απότομων συμβάντων, την απόσπαση προσοχής του οδηγού από τη χρήση του κινητού του τηλεφώνου, **την αναγνώριση των τρόπων οδήγησης**, την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, καθώς και τον προσδιορισμό των χρονικών και χωρικών χαρακτηριστικών όλων των παραπάνω.

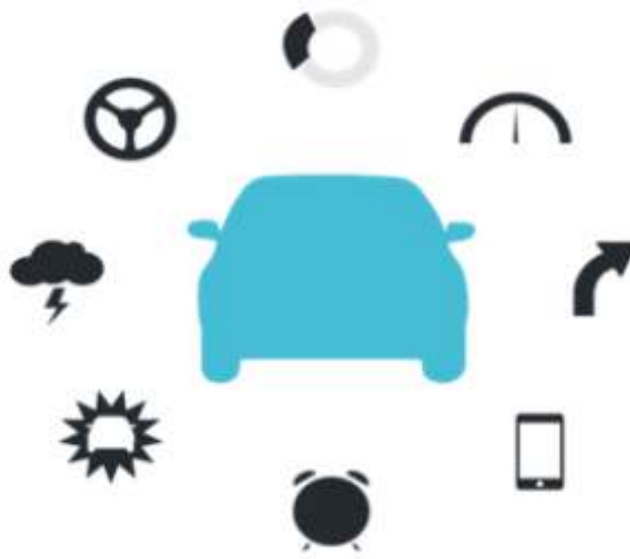
Η διαδικασία των **αλγορίθμων Machine Learning** και η τεχνική εξόρυξης **Big-Data** δίνεται παρακάτω σε απλά βήματα:

- 1) Φιλτράρισμα δεδομένων και ανίχνευση τιμών που αποκλίνουν
- 2) Εξομάλυνση δεδομένων (όπου χρειάζεται)
- 3) Περιοχές υπερβολικής ταχύτητας
- 4) Συμβάντα απότομων επιταχύνσεων
- 5) Συμβάντα απότομων φρεναρισμάτων
- 6) Συμβάντα απότομων στροφών
- 7) Χρήση κινητού τηλεφώνου (ομιλία, σύνταξη μηνυμάτων, πλοήγηση στο διαδίκτυο)
- 8) Οδήγηση εντός επικίνδυνων ωρών (απόσταση σε επικίνδυνες ώρες)
- 9) Τρόπος μετακίνησης (αυτοκίνητο Ι.Χ., μέσα μαζικής μεταφοράς, ποδήλατο, μοτοποδήλατο)
- 10) Καθορισμός οδηγού ή επιβάτη

Υπολογίζεται μια ποικιλία διαφορετικών μετά-δεδομένων έπειτα από τη διαδικασία Machine Learning (ML) τα οποία είναι χρήσιμα στον χρήστη ή στην αξιολόγηση της οδηγικής συμπεριφοράς, όπως για παράδειγμα:

Δείκτες έκθεσης κινδύνου

- ❖ Συνολική απόσταση (απόσταση σε μίλια)
- ❖ Διάρκεια οδήγησης
- ❖ Τύπος (τύποι) οδικού δικτύου που χρησιμοποιείται (η θέση δίνεται στο Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού θέσης (GPS) και ενσωματώνεται σε χορηγούς χαρτών, π.χ. Google, OSM)
- ❖ Περίοδος της ημέρας που πραγματοποιήθηκε η οδήγηση (ώρες αιχμής, επικίνδυνες ώρες)
- ❖ Καιρικές Συνθήκες
- ❖ Σκοπός του ταξιδιού (για επαγγελματική ή προσωπική χρήση) συνδυασμένα με άλλες πηγές δεδομένων (όρια ταχυτήτων και λεπτομερείς χάρτες ατυχημάτων).



Εικόνα 4.4.: Δείκτες κινδύνου οδήγησης
Πηγή: OSeven

Δείκτες οδηγικής συμπεριφοράς

- Υπέρβαση του ορίου ταχύτητας (διάρκεια υπέρβασης του ορίου, υπέρβαση του ορίου ταχύτητας κλπ.)
- Αριθμός και σοβαρότητα απότομων συμβάντων
- Απότομο φρενάρισμα (επιβράδυνση κατά μήκος)
- Απότομη επιτάχυνση (επιτάχυνση κατά μήκος)
- Απότομες στροφές (γωνιακή ταχύτητα, πλευρική επιτάχυνση, πορεία)
- Οδηγική επιθετικότητα (π.χ. φρενάρισμα, επιτάχυνση)
- Απόσπαση προσοχής λόγω χρήσης κινητού τηλεφώνου

Αυτοί οι δείκτες μαζί με άλλα δεδομένα (π.χ. δεδομένα από χάρτες) αξιοποιούνται διαδοχικά για να εφαρμοστεί η στατιστική ανάλυση ατομικά σε κάθε οδηγό, σε όλους τους τύπους οδών (αστική οδός, αυτοκινητόδρομος κλπ.) και κάτω από διάφορες συνθήκες οδήγησης, επιτρέποντας τη δημιουργία μιας μεγάλης βάσης δεδομένων με οδηγικά χαρακτηριστικά.

Το τελικό βήμα της διαδικασίας επεξεργασίας των δεδομένων είναι η **ανάπτυξη του μοντέλου** οδηγικής συμπεριφοράς. Συγκεντρωτικά δεδομένα αναλύονται και το σύστημα αξιολόγησης βαθμονομείται με βάση το συνολικό δείγμα. Το μοντέλο οδηγικής συμπεριφοράς αναπτύσσει διάφορους δείκτες για την αξιολόγηση της οδήγησης και τελικώς συγκεντρώνει την όλη διαδικασία σε μια **βάση ανά ταξίδι – διαδρομή για κάθε οδηγό στο δείγμα** με σκοπό να παραχθεί το τελικό σύστημα βαθμολόγησης του κάθε οδηγού. Κάθε διαδρομή και επομένως κάθε οδηγός αξιολογείται με βάση τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Η τελική αξιολόγηση που παράγεται περιλαμβάνει τόσο συνολική αξιολόγηση όσο και αξιολόγηση ανά χαρακτηριστικό. Τα επεξεργασμένα δεδομένα μεταφέρονται σε φιλικές προς το χρήστη εφαρμογές έξυπνων κινητών τηλεφώνων ή σε πλατφόρμες στο διαδίκτυο που προσφέρουν φιλικά προς το χρήστη περιβάλλοντα για να λάβουν τις αναλυτικές αναφορές των διαδρομών τους. Η **οπτικοποίηση** της διαδικασίας των δεδομένων περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο. Πρέπει να αναφερθεί ότι όλα τα επεξεργασμένα δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων της OSeven ακολουθώντας διαδικασίες ανωνυμίας ώστε τα δεδομένα να μη μπορούν να συνδεθούν με συγκεκριμένο χρήστη.

4.2.3.5 Παρουσίαση δεδομένων

Τα αποτελέσματα όλης της προαναφερθείσας διαδικασίας είναι προσβάσιμα στην **εφαρμογή έξυπνων κινητών τηλεφώνων (Smartphone) και στη Διαδικτυακή Πύλη**, όπου είναι διαθέσιμα για το χρήστη να δει όλα τα συμβάντα που ανιχνεύθηκαν και τη θέση τους στο χάρτη όπως επίσης και όλα τα αποτελέσματα (συνολικά και ανά κατηγορία). Έτσι, προσφέρεται στον οδηγό ένας τρόπος φιλικός στον χρήστη να αντιλαμβάνεται τα τμήματα ταξιδιού με επικίνδυνη συμπεριφορά οδήγησης και να αποφύγει παρόμοιες συμπεριφορές στο μέλλον. Ταυτόχρονα, οι ασφαλιστικές εταιρείες έχουν πρόσβαση σε δεδομένα των πελατών τους χρησιμοποιώντας τη διαδικτυακή πύλη της

ΟSeven. Τα αποτελέσματα οδήγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάμεσα στα άλλα και για τον καθορισμό των ασφάλιστρων ή/και προγραμμάτων αξιοπιστίας.



Εικόνα 4.5.: Εφαρμογή στο κινητό και διαδικτυακή πύλη
Πηγή: ΟSeven

4.2.4 Τα Δεδομένα

Για τις ανάγκες και το σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, τα δεδομένα αποθηκεύονταν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η βάση δεδομένων που προέκυψε δόθηκε σε αρχείο Microsoft Excel. Κάθε γραμμή αποτελούσε μια μετακίνηση ενός οδηγού. Κάθε στήλη είχε και μια μεταβλητή για κάθε μετακίνηση.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν από μετακινήσεις 17 οδηγών οι οποίοι οδήγησαν από τον Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο του 2018, οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, η οποία όμως καταγραφόταν και σε οποιονδήποτε τύπο οδού, όπου και αυτός καταγραφόταν με τη βοήθεια του GPS. Οι χρήστες κλήθηκαν να οδηγήσουν τους δύο πρώτους μήνες (Ιούνιος – Ιούλιος) με βάση τη συνηθισμένη οδηγική συμπεριφορά τους, ενώ τους επόμενους δύο μήνες (Αύγουστος – Σεπτέμβριος) έπρεπε να οδηγήσουν τηρώντας αυστηρά τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (τήρηση ορίων ταχύτητας, αποφυγή ομίλιας στο κινητό στο χέρι, όχι απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις), βελτιώνοντας την οδηγική τους συμπεριφορά.

Οι **μεταβλητές** που δίνονταν ήταν οι εξής:

- ✚ identifier: κωδική ονομασία οδηγού
- ✚ tripid: κωδική ονομασία διαδρομής
- ✚ tripstarted: ημερομηνία και ώρα έναρξης της μετακίνησης
- ✚ totaldist: συνολική απόσταση διαδρομής σε χιλιόμετρα (km)
- ✚ duration: συνολική διάρκεια διαδρομής σε δευτερόλεπτα (s)
- ✚ distance_highway: απόσταση διαδρομής σε αυτοκινητόδρομο (km)

- ✚ distance_rural: απόσταση διαδρομής σε υπεραστικό περιβάλλον (km)
- ✚ distance_urban: απόσταση διαδρομής σε αστικό περιβάλλον (km)
- ✚ avgSpeed: μέση ταχύτητα (km/h)
- ✚ avgSpeedHighway: μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (km/h)
- ✚ avgSpeedRural: μέση ταχύτητα σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h)
- ✚ avgSpeedUrban: μέση ταχύτητα σε αστικό περιβάλλον (km/h)
- ✚ avgSqSpeeding: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας (^2)
- ✚ avgSqSpeeding_highway: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο (^2)
- ✚ avgSqSpeeding_rural: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον (^2)
- ✚ avgSqSpeeding_urban: μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον (^2)
- ✚ perc_speeding: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας
- ✚ perc_speeding_highway: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ perc_speeding_rural: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ perc_speeding_urban: ποσοστό οδήγησης πάνω από το όριο ταχύτητας σε αστικό περιβάλλον
- ✚ mobileUsage: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης
- ✚ mobileUsage_highway: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ mobileUsage_rural: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ mobileUsage_urban: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αστικό περιβάλλον
- ✚ avaccel: μέση επιτάχυνση (km/h/s)
- ✚ av_accel_highway: μέση επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- ✚ av_accel_rural: μέση επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)
- ✚ av_accel_urban: μέση επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)
- ✚ avdecel: μέση επιβράδυνση (km/h/s)
- ✚ av_decel_highway: μέση επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- ✚ av_decel_rural: μέση επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον (km/h/s)
- ✚ av_decel_urban: μέση επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον (km/h/s)
- ✚ ha: απότομη επιτάχυνση (απόλυτος αριθμός)
- ✚ ha_highway: απότομη επιτάχυνση σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ ha_rural: απότομη επιτάχυνση σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ ha_urban: απότομη επιτάχυνση σε αστικό περιβάλλον
- ✚ ha_intensity_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης
- ✚ ha_intensity_medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης
- ✚ ha_intensity_low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης
- ✚ ha_intensity_highway_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ ha_intensity_highway_medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αυτοκινητόδρομο

- ✚ ha_intensity_highway_low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ ha_intensity_rural_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ ha_intensity_rural_medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ ha_intensity_rural_low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ ha_intensity_urban_high: υψηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αστικό περιβάλλον
- ✚ ha_intensity_urban_medium: μέτρια επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αστικό περιβάλλον
- ✚ ha_intensity_urban_low: χαμηλή επιθετικότητα επιτάχυνσης σε αστικό περιβάλλον
- ✚ hb: απότομο φρεναρίσμα/επιβράδυνση (απόλυτος αριθμός)
- ✚ hb_highway: απότομη επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ hb_rural: απότομη επιβράδυνση σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ hb_urban: απότομη επιβράδυνση σε αστικό περιβάλλον
- ✚ hb_intensity_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος
- ✚ hb_intensity_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος
- ✚ hb_intensity_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος
- ✚ hb_intensity_highway_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ hb_intensity_highway_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ hb_intensity_highway_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ hb_intensity_rural_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ hb_intensity_rural_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ hb_intensity_rural_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ hb_intensity_urban_high: υψηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αστικό περιβάλλον
- ✚ hb_intensity_urban_medium: μέτρια επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αστικό περιβάλλον
- ✚ hb_intensity_urban_low: χαμηλή επιθετικότητα φρεναρίσματος σε αστικό περιβάλλον
- ✚ riskyhoursdistance: οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00
- ✚ smooth_eco: οικολογική οδήγηση
- ✚ smooth_eco_highway: οικολογική οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο
- ✚ smooth_eco_rural: οικολογική οδήγηση σε υπεραστικό περιβάλλον
- ✚ smooth_eco_urban: οικολογική οδήγηση σε αστικό περιβάλλον

4.3 Επεξεργασία στοιχείων

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων που συλλέχθηκαν μέσω της πειραματικής διαδικασίας αλλά και των ερωτηματολογίων. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν στη φάση της προκαταρκτικής ανάλυσης με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων. Ακόμα, παρουσιάζεται επιγραμματικά η διαδικασία εισαγωγής των μεταβλητών που προέκυψαν στο λογισμικό της στατιστικής ανάλυσης.

4.3.1 Διαμόρφωση δεδομένων

Στα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την κεντρική βάση της OSeven, προστέθηκαν στήλες με καινούργιες μεταβλητές οι οποίες κρίθηκαν απαραίτητες για τη συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και της κατανάλωσης καυσίμου. Πρώτα απ' όλα, δημιουργήθηκε η δίτιμη κατηγορική μεταβλητή **before-after** που λαμβάνει τις τιμές 0 και 1, (0 για το before και 1 για το after). Το before αναφέρεται στην «**άστατη οδήγηση**», δηλαδή στην αρχική οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων για τους δυο πρώτους μήνες (Ιούνιο-Ιούλιο) του πειράματος κατά τους οποίους οι χρήστες οδηγούν υπό πραγματικές συνθήκες χωρίς να καταβάλουν καμία προσπάθεια. Αντιθέτως, το after αφορά στην «**προσεκτική οδήγηση**», δηλαδή στη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς κατά τους δυο άλλους μήνες (Αύγουστο-Σεπτέμβριο) όπου οι συμμετέχοντες τηρούν κατά γράμμα τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.

Εν συνεχεία, με βάση τον πίνακα καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου που συμπλήρωναν οι χρήστες καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, υπολογίστηκε η κατανάλωση καυσίμου, για τον κάθε ένα ξεχωριστά, εκφρασμένη σε lt/100km. Έτσι δημιουργήθηκε η μεταβλητή **lt/100km** για κάθε γέμισμα του ντεπόζιτου του αυτοκινήτου, η οποία βρέθηκε διαιρώντας τα λίτρα καυσίμου με τα οποία εφοδιάστηκε το όχημα προς τα χιλιόμετρα που είχε διανύσει. Πολλαπλασιάζοντας το πηλίκο αυτό με το 100, το αποτέλεσμα είναι λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα. Επιπλέον, σχηματίστηκε η μεταβλητή **fill** η οποία εκφράζει τον αριθμό των γεμισμάτων που έκανε ο κάθε οδηγός τόσο στην Α' φάση όσο και στη Β' φάση του πειράματος ξεχωριστά και λαμβάνει τιμές (1,2,3,4 γεμίσματα καυσίμου κλπ.).

Κλείνοντας, τα δεδομένα των **ερωτηματολογίων** καταχωρήθηκαν σε έναν πίνακα και αφορούσαν τόσο στα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους όσο και στις συνήθειες τους κατά την οδήγηση. Στο σημείο αυτό προέκυψε το ερώτημα, με ποιον τρόπο θα καταχωρούνταν τα στοιχεία στον πίνακα που αποτελούνταν από ποσοτικά μεγέθη, όπως είναι η ηλικία, και από ποιοτικά, όπως είναι το φύλο. Ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων στο πρόγραμμα της στατιστικής ανάλυσης ήταν αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος ώστε όλες οι μεταβλητές να είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους. Για να αποκτήσουν οι ποιοτικές μεταβλητές την έννοια της μέτρησης αποφασίστηκε να καταχωρηθούν στον πίνακα με τέτοιο τρόπο, ώστε η κάθε πιθανή απάντηση του ερωτηματολογίου να αντιστοιχεί σε κάποιον ακέραιο αριθμό. Παραδείγματος χάρη, η οδηγική εμπειρία χωρίστηκε σε τέσσερις κατηγορίες 0-2, 3-5, 6-8, 8+ έτη οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τις τιμές 1, 2, 3 και 4

αντίστοιχα. Κατ' ανάλογο τρόπο το φύλο διακρίνεται σε δυο κατηγορίες, άντρες και γυναίκες λαμβάνοντας τις τιμές 1 και 2 αντίστοιχα. Σε περίπτωση που κάποιος απαντούσε εάν κάνει απότομα φρεναρίσματα/επιταχύνσεις κατά τη διάρκεια της οδήγησης, στην αντίστοιχη στήλη τοποθετήθηκε 1 (καταφατική απάντηση = ναι), 2 (μερικές φορές), αλλιώς 3 (αρνητική απάντηση = όχι). Ακολουθως, παρουσιάζεται απόσπασμα από τον πίνακα με την κωδικοποίηση των μεταβλητών που προέκυψε από το ερωτηματολόγιο.

ΕΡΩΤΗΣΗ	ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ			
A1	years_drv	1: [0-2]	2: [3-5]	3: [6-8]	4: [8+]
A2	hours_drv_week	1: [<1]	2: [1-3]	3: [4-9]	4: [>10]
A3	average_km_week	1: [<10]	2: [10-50]	3: [50-100]	4: [>100]
A4	fuel	1: [βενζίνη]	2: [πετρέλαιο]	3: [αέριο]	
A5	money_month	1: [<50]	2: [51-100]	3: [101-200]	4: [>200]
A6	cubism	1: [<1000cc]	2: [1001 -1200cc]	3: [1201-1400cc]	4: [1401-1600cc]
A7	insured_value	1: [<5.000]	2: [5.001 - 10.000]	3: [10.001 - 20.000]	4: [20.001 - 30.000]
A8	skillful_driver	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]
A9	careful_driver	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]
A10	dangerous_driver	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]
B11	accidents_vict	1: [κανένα]	2: [1]	3: [2]	4: [>2]
B12	accidents_dam	1: [κανένα]	2: [1]	3: [2]	4: [>2]
B13	use_mobilephone	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [αρκετά]	4: [πολύ]
B14	brakes_acceler	1: [ναι]	2: [μερικές φορές]	3: [όχι]	
B15	limits_highway	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]
	limits_rural	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]
	limits_urban	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]
Γ16	gender	1: [άνδρας]	2: [γυναίκα]		
Γ17	age	1: [18-24]	2: [25-35]		
Γ18	marital_status	1: [ανύπαντρος]	2: [παντρεμένος]		
Γ19	annual_family_income	1: [<10000]	2: [10001 -25000]	3: [>25000]	
Γ20	educational_level	1: [πρωτοβάθμια]	2: [δευτεροβάθμια]	3: [ΑΕΙ]	4: [μεταπτυχιακό δίπλωμα]
Γ21	familiarity_SmartPhones	1: [καθόλου]	2: [λίγο]	3: [μέτρια]	4: [αρκετά]

Πίνακας 4.3.: Απόσπασμα κωδικοποίησης μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον παραπάνω πίνακα, οι απαντήσεις που δόθηκαν σε κάθε ερώτηση διαμορφώθηκαν κωδικοποιημένες (0,1,2,3,4,5,6,7) σε αρχείο Excel και η αποκωδικοποίηση των απαντήσεων διαμορφώθηκε στο ίδιο Excel. Ο πίνακας με τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου για κάθε οδηγό ενοποιήθηκε μαζί με την ενιαία βάση δεδομένων αλλά και τις πρόσθετες μεταβλητές που δημιουργήθηκαν όπως before-after, fill, lt/100km, οι οποίες δοκιμάστηκαν για την εξαγωγή καλύτερων μαθηματικών μοντέλων και την εκπλήρωση του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μία **ενιαία βάση δεδομένων** που θα χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική ανάλυση αλλά και για τη διερεύνηση της επιρροής της οδηγικής συμπεριφοράς στην κατανάλωση καυσίμου. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται ένα απόσπασμα από τον τελικό πίνακα που καταχωρήθηκαν οι μεταβλητές του ερωτηματολογίου.

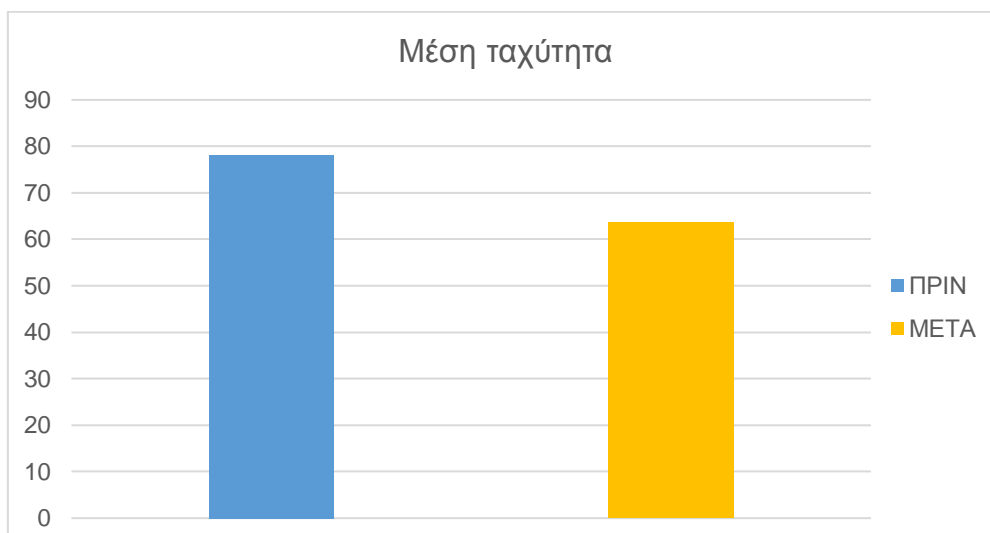
years_drv	hours_drv_week	average_km_week	fuel	money_month	cubism	insured_value	skillful_driver
4	2	4	1	2	3	2	5
4	2	4	1	2	3	2	5
4	2	4	1	2	3	2	5
2	3	4	3	2	3	1	3
2	3	4	3	2	3	1	3
2	3	4	3	2	3	1	3
2	3	4	3	2	3	1	3
2	3	4	3	2	3	1	3
4	4	3	1	2	4	2	4
4	4	3	1	2	4	2	4
4	4	3	1	2	4	2	4
4	4	3	1	2	4	2	4
4	4	3	1	2	4	2	4
2	3	2	2	2	4	2	5
2	3	2	2	2	4	2	5
2	3	2	2	2	4	2	5
2	3	2	2	2	4	2	5
2	3	2	2	2	4	2	5
2	3	2	2	2	4	2	5

Πίνακας 4.4.: Απόσπασμα τελικού πίνακα μεταβλητών ερωτηματολογίου

4.3.2 Συγκεντρωτικά στατιστικά στοιχεία

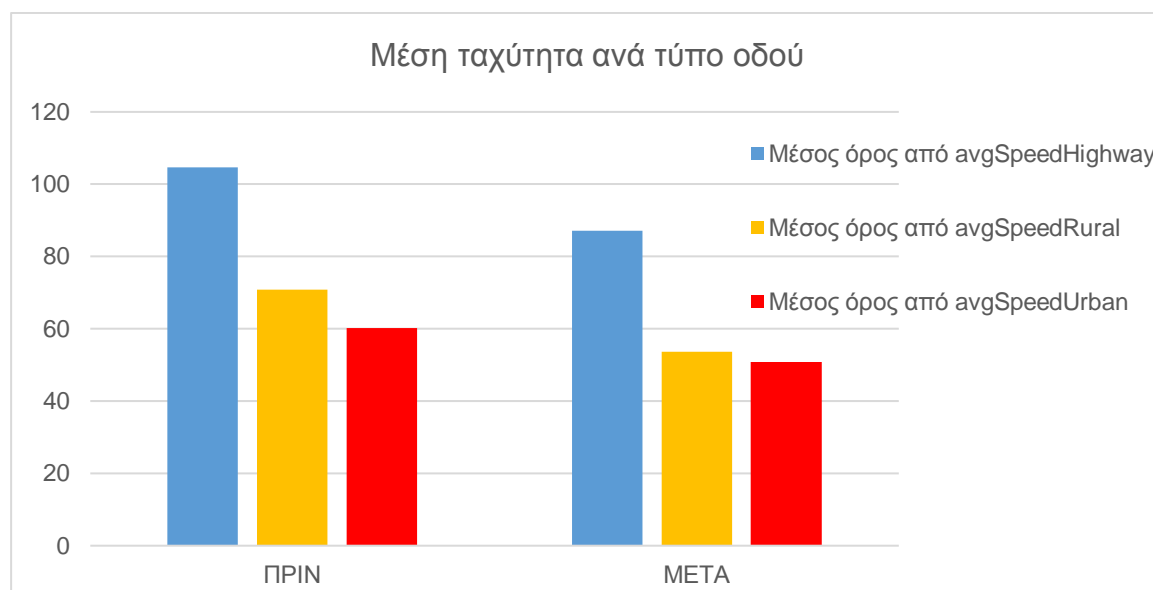
4.3.2.1 Διαγράμματα

Με στόχο τη **συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και κατανάλωσης καυσίμων**, μέσα από λεπτομερή δεδομένα του τρόπου οδήγησης που συλλέχθηκαν από έξυπνα κινητά τηλέφωνα, παρουσιάζονται διαγράμματα τα οποία αποτελούν μια προκαταρκτική ανάλυση η οποία συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή ποιοτικότερων συμπερασμάτων. Αυτά τα στοιχεία επιτρέπουν μια πρώτη ανασκόπηση των δεδομένων και ως εκ τούτου την αναγνώριση ορισμένων φαινομένων ή τάσεων και την εξοικείωση με την τάξη μεγέθους των αριθμών. Κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί πως για να κατανοηθεί πλήρως ο βαθμός στον οποίο η οδηγική συμπεριφορά επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου, σε όλα τα διαγράμματα γίνεται σύγκριση **πριν και μετά** την αλλαγή συμπεριφοράς των οδηγών. Και συγκεκριμένα, το πριν αναφέρεται στην άστατη οδήγηση των συμμετεχόντων για τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο ενώ το μετά αναφέρεται στην προσεκτική οδήγηση τους για τους μήνες Αύγουστο-Σεπτέμβριο. Τα διαγράμματα που ακολουθούν πραγματοποιήθηκαν με την εντολή **Pivot Table** του Excel.



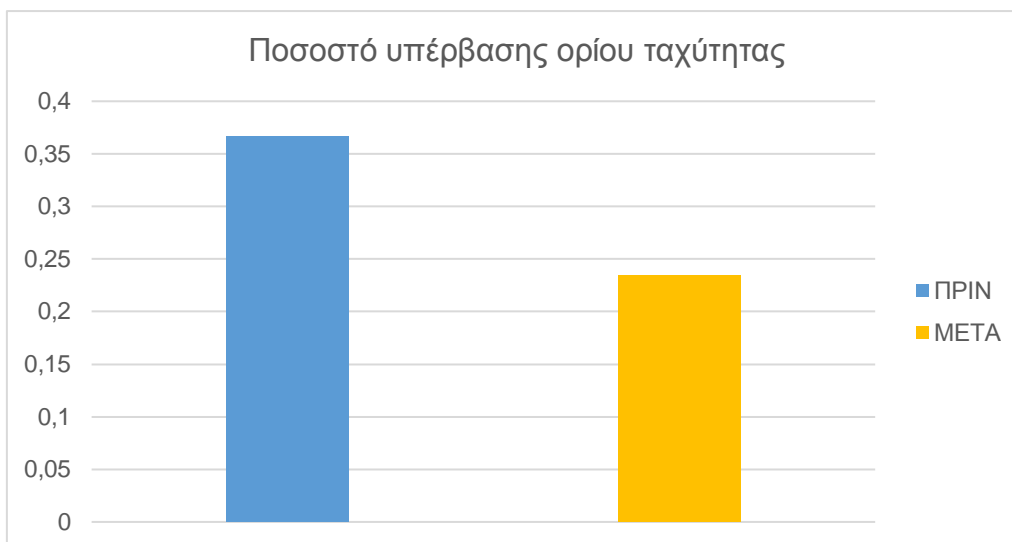
Διάγραμμα 4.1.: Μέση ταχύτητα οδήγησης πριν και μετά

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται πως με τη βελτίωση της οδικής συμπεριφοράς των χρηστών η μέση ταχύτητα οδήγησης μειώθηκε κατά 18,5%.



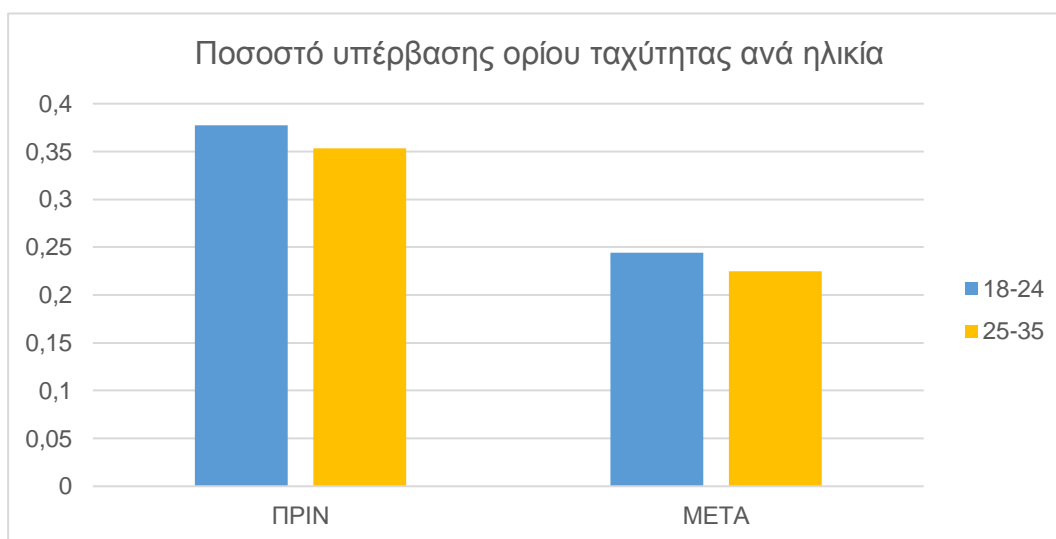
Διάγραμμα 4.2.: Μέση ταχύτητα οδήγησης ανά τύπο οδού πριν και μετά

Αξιόλογη είναι και η μεταβολή της μέσης ταχύτητας ανά τύπο οδού. Πιο αναλυτικά, με τη βελτίωση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων παρατηρήθηκε μείωση της μέσης ταχύτητας 18,5% σε αυτοκινητόδρομο, 24,2% σε υπεραστική οδό ενώ 15,5% σε αστική οδό. Όπως είναι λογικό στον αυτοκινητόδρομο οι ταχύτητες που αναπτύσσουν οι οδηγοί είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές του αστικού δικτύου.



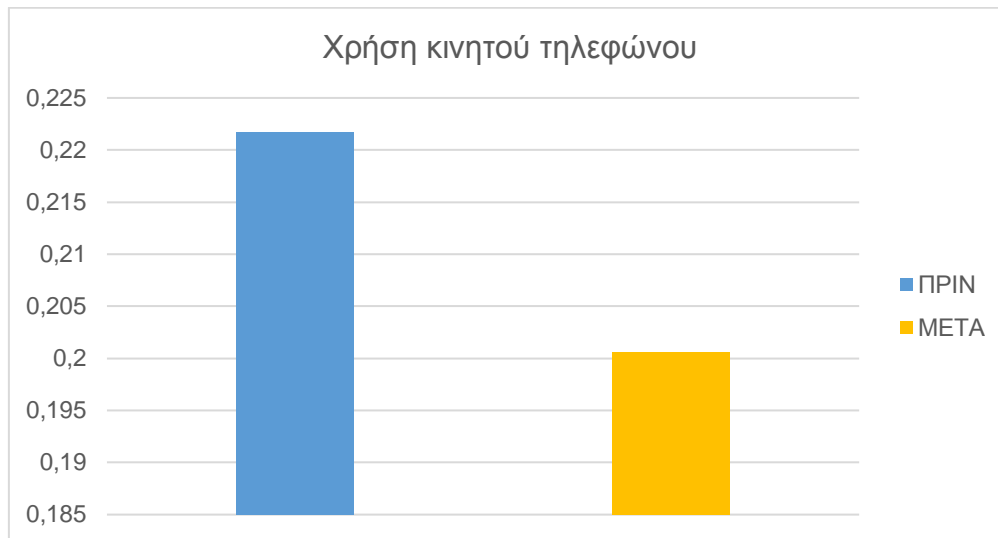
Διάγραμμα 4.3.: Ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας (%) πριν και μετά

Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι υπάρχει αξιόλογη μεταβολή του ποσοστού υπέρβασης του ορίου ταχύτητας. Είναι προφανές πως όσο μεγαλύτερη είναι η μέση ταχύτητα τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό του χρόνου πάνω από το όριο ταχύτητας. Με την αλλαγή συμπεριφοράς και του τρόπου οδήγησης η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας μειώθηκε κατά 36,1%.



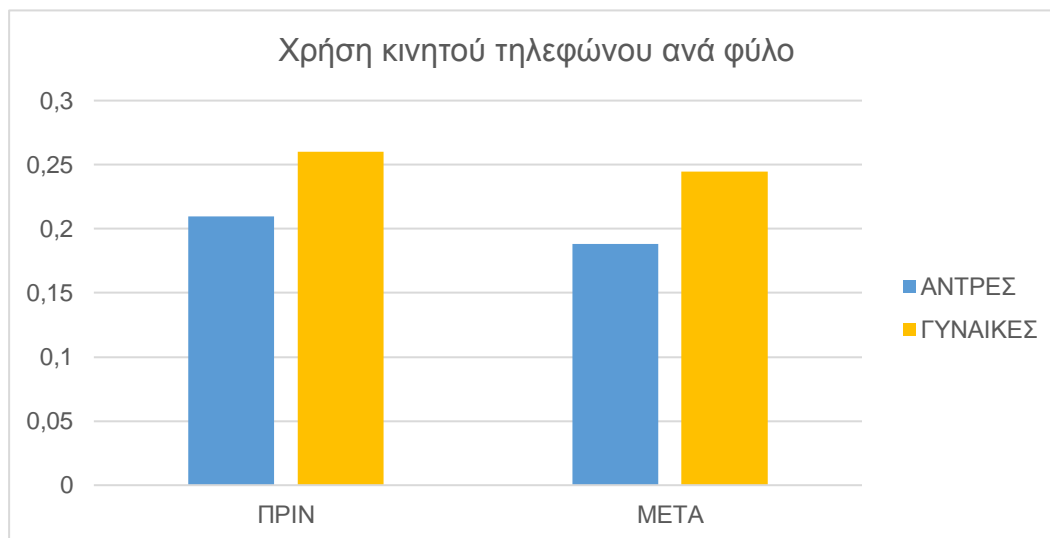
Διάγραμμα 4.4.: Ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας (%) ανά ηλικία πριν και μετά

Οι νέοι ηλικιακά οδηγοί, εκτός του ότι έχουν μικρότερη εμπειρία στην οδήγηση, έχουν την τάση για υπερεκτίμηση της προσωπικής οδηγικής ικανότητάς τους και παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα να υπερβούν το όριο ταχύτητας. Αντιθέτως, οι πιο έμπειροι οδηγοί φαίνεται να είναι πιο ικανοί σε σχέση με τους άπειρους και μπορούν λόγω δεξιότητας να τηρούν περισσότερο τα όρια ταχύτητας. Παρ' όλα αυτά όλοι οι οδηγοί κατάφεραν να ελαττώσουν το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας με την αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά.



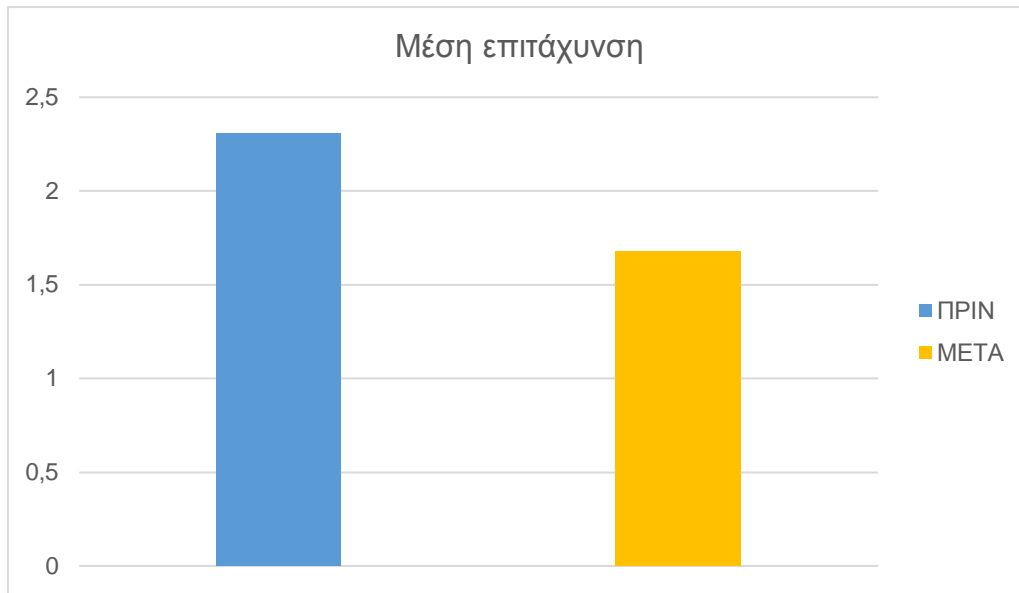
Διάγραμμα 4.5.: Χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης πριν και μετά

Η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης μειώθηκε κατά 9,5%. Αξίζει να σημειωθεί πως οδηγοί που κρατούν στο χέρι τους το κινητό τηλέφωνο έχουν αυξημένο χρόνο αντίδρασης και οποιαδήποτε καθυστέρηση στην επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών που συλλέγονται από τον εγκέφαλο μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες.



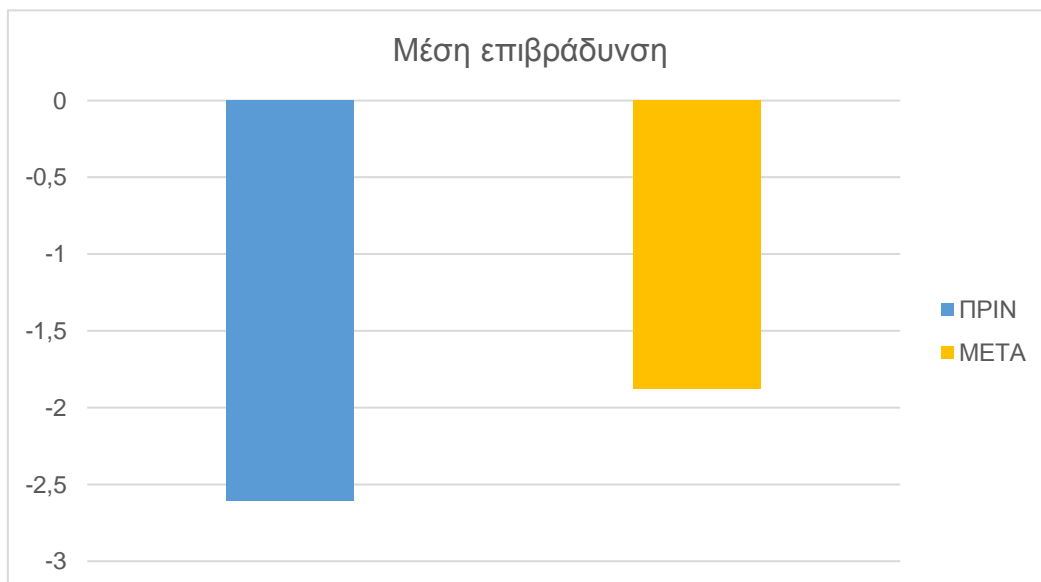
Διάγραμμα 4.6.: Χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης ανά φύλο πριν και μετά

Η πειραματική διαδικασία, όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, έδειξε ότι οι γυναίκες χρησιμοποιούν περισσότερο το κινητό τους τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε σχέση με τους άνδρες, γεγονός το οποίο έρχεται σύμφωνο με τη διεθνή βιβλιογραφία. Οι γυναίκες οδηγοί εμφανίζουν υψηλότερες τιμές στο χρόνο αντίδρασης συγκριτικά με τους άνδρες. Και τα δύο φύλα κατάφεραν να μειώσουν τη χρήση κινητού τηλεφώνου ενώ οδηγούσαν.



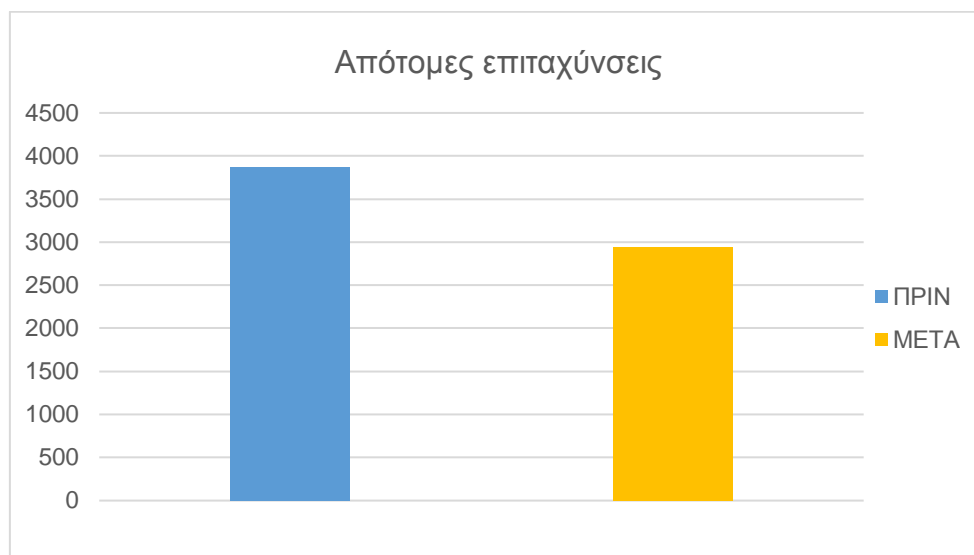
Διάγραμμα 4.7.: Μέση επιτάχυνση πριν και μετά

Μετά το πέρας του πειράματος η μέση επιτάχυνση ελαττώθηκε κατά 27,4%. Οι επιθετικοί οδηγοί πραγματοποιούν εκκινήσεις με ιδιαίτερως υψηλή επιτάχυνση και συνηθίζουν να οδηγούν με υψηλές στροφές του κινητήρα. Αντίθετα, οι οδηγοί που επιδεικνύουν μία πιο μετριοπαθή και προσεκτική συμπεριφορά αποφεύγουν τις απότομες επιταχύνσεις, κάτι το οποίο έγινε αντιληπτό από τη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων.



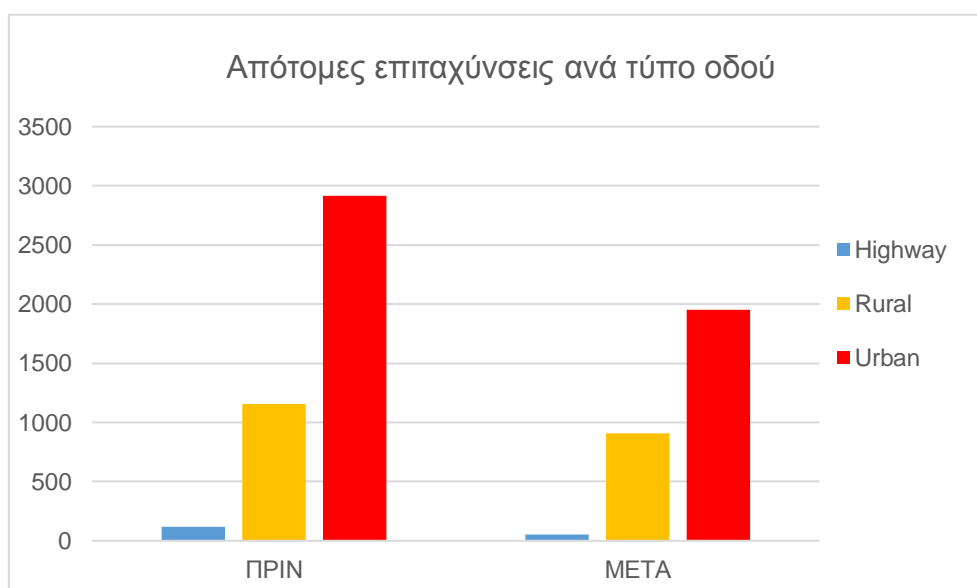
Διάγραμμα 4.8.: Μέση επιβράδυνση πριν και μετά

Έπειτα από την αλλαγή του τρόπου οδήγησης η μέση επιβράδυνση μειώθηκε κατά 27,9% και οι χρήστες κατάφεραν να ελαττώσουν τις άσκοπες επιβραδύνσεις, «αφήνοντας το γκάζι» και επιβραδύνοντας ομαλά όταν πλησίαζαν σε κόκκινο σηματοδότη, σε ένα σήμα STOP ή σε αργή κυκλοφορία μπροστά τους.



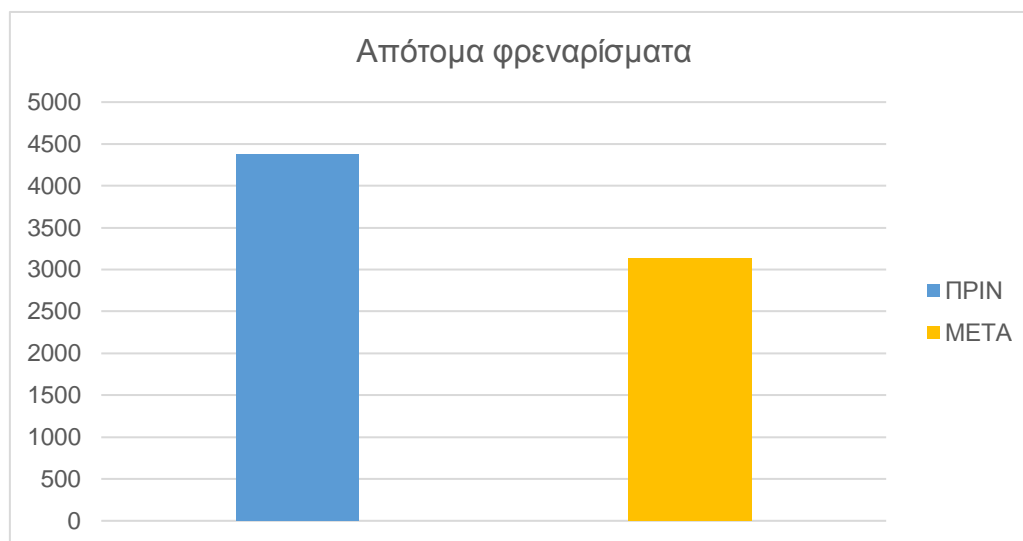
Διάγραμμα 4.9.: Αριθμός απότομων επιταχύνσεων πριν και μετά

Αξιοσημείωτη μεταβολή παρουσιάστηκε στον αριθμό των απότομων επιταχύνσεων καθώς εντοπίστηκε μια πτώση της τάξεως των 23,7%. Οι οδηγοί βελτίωσαν την οδηγική τους συμπεριφορά ελαττώνοντας τις απότομες εκκινήσεις και επιταχύνσεις και προσπάθησαν να «μην πατάνε τέρμα το γκάζι» κατά τη διάρκεια της οδήγησης τους, μεταβάλλοντας ομαλά την ταχύτητα τους.



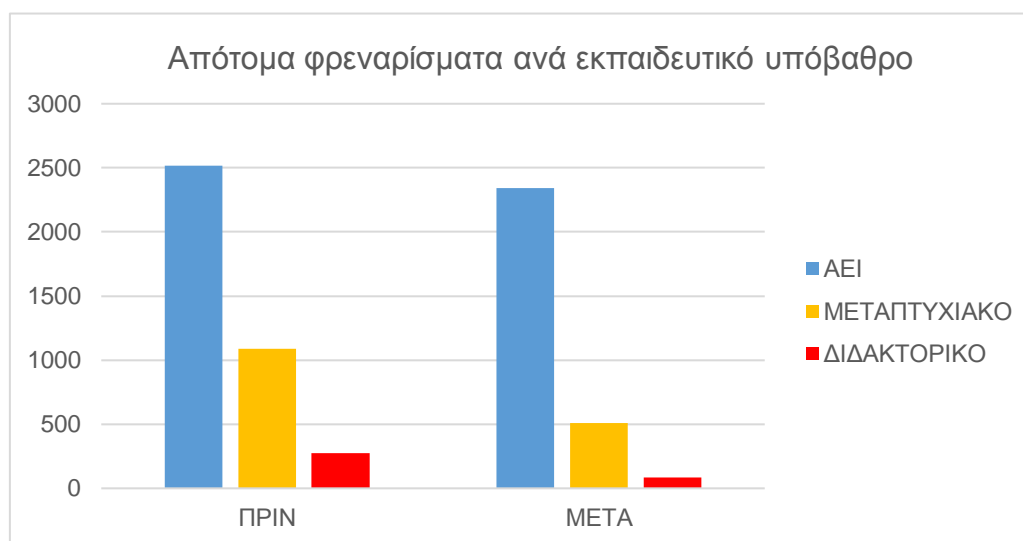
Διάγραμμα 4.10.: Αριθμός απότομων επιταχύνσεων ανά τύπο οδού πριν και μετά

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι οι απότομες επιταχύνσεις όταν οι οδηγοί κινούνται σε αυτοκινητόδρομο είναι ελάχιστες και πολύ λιγότερες από κάθε άλλο τύπο οδού. Στους αυτοκινητοδρόμους που αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες υπάρχουν λιγότερες απότομες επιταχύνσεις και ελιγμοί σε σχέση με το περιβάλλον εντός πόλης όπου υπάρχουν περισσότεροι κόμβοι και πεζοί. Στην υπεραστική οδό η συμπεριφορά των οδηγών τείνει να είναι όμοια με εκείνη στις αστικές οδούς, αλλά κάπως βελτιωμένη στην πλειοψηφία των οδηγών.



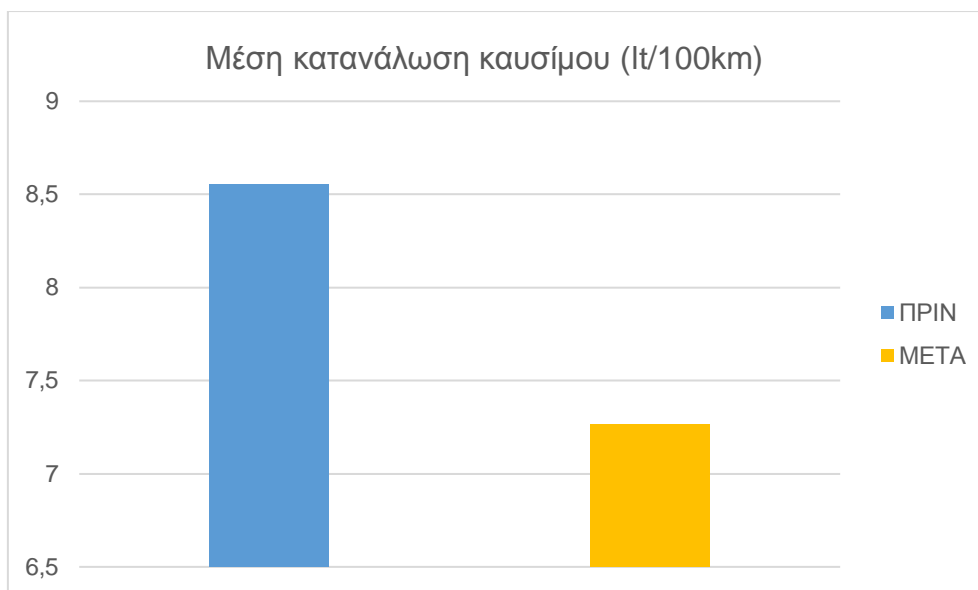
Διάγραμμα 4.11.: Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων πριν και μετά

Ο αριθμός των απότομων φρεναρισμάτων περιορίστηκε κατά 28,3%. Οι οδηγοί υιοθετώντας μία πιο προσεκτική και οικολογική συμπεριφορά κατάφεραν να μειώσουν τα φρεναρίσματα και τις απότομες στάσεις, τηρώντας τις αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων.



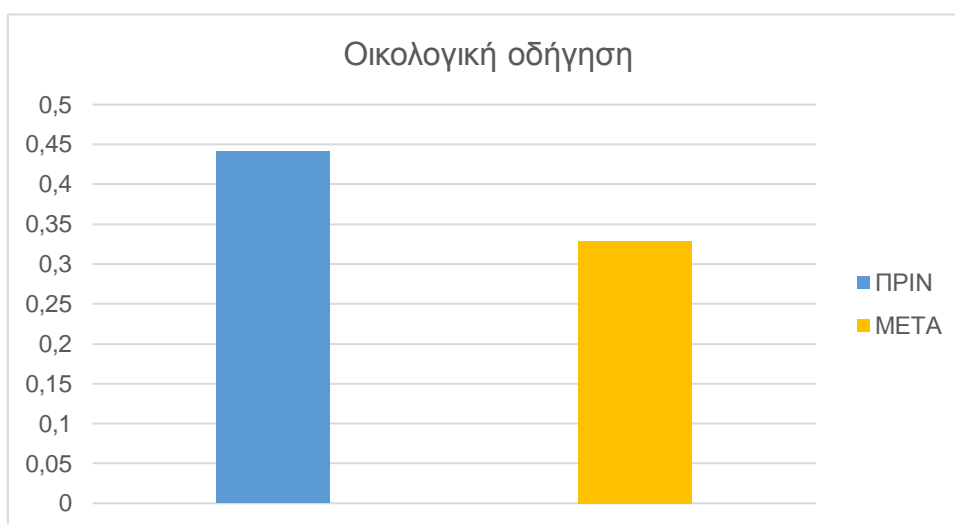
Διάγραμμα 4.12.: Αριθμός απότομων φρεναρισμάτων ανά εκπαιδευτικό υπόβαθρο πριν και μετά

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η καθοδική πορεία των απότομων φρεναρισμάτων όσο μεγαλώνει το μορφωτικό επίπεδο των συμμετεχόντων. Όσο αυξημένο είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο τόσο λιγότερα φρεναρίσματα κάνουν οι χρήστες της οδού, γεγονός που οφείλεται στις δεξιότητες τους, την εμπειρία τους αλλά και την ευαισθητοποίησή τους σε θέματα οδικής ασφάλειας και οικολογικής οδήγησης.



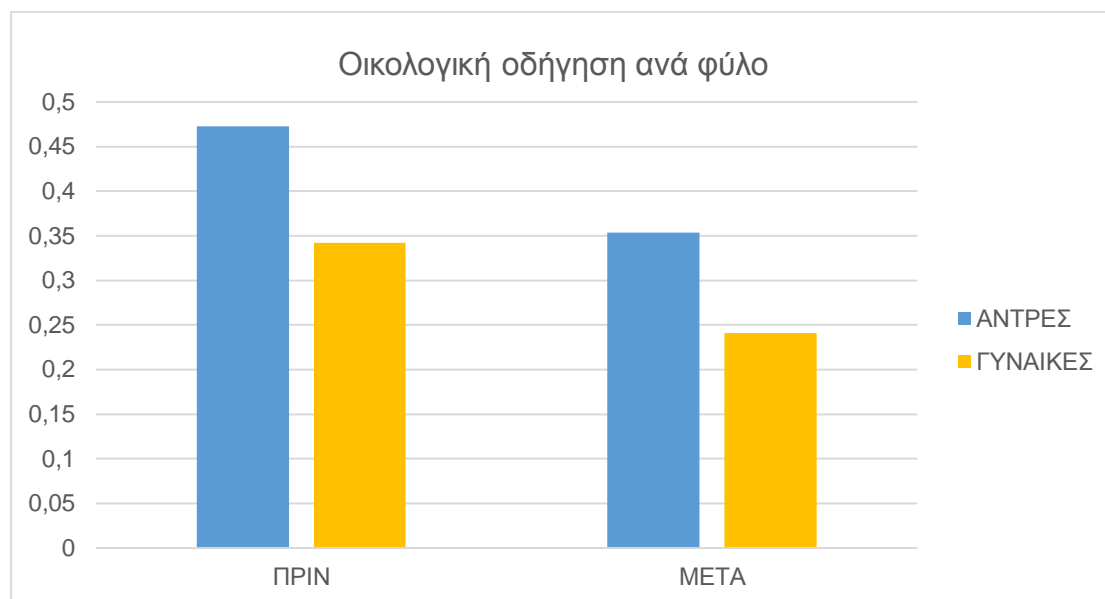
Διάγραμμα 4.13.: Μέση κατανάλωση καυσίμου (lt/100km) πριν και μετά

Μετά την αλλαγή της οδηγικής συμπεριφοράς των χρηστών παρουσιάστηκε αξιόλογη μείωση της **κατανάλωσης καυσίμου κατά 15%**. Οι οδηγοί οι οποίοι προσπάθησαν να είναι πιο προσεκτικοί και να υιοθετήσουν ένα προφίλ πιο οικολογικό, παρατήρησαν πως η οδηγική τους στάση είχε **άμεσο αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου**, και με αυτή τη διαπίστωση **εκπληρώνεται σαφώς ο στόχος** της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, με τον οποίο συσχετίζεται άμεσα η οδηγική συμπεριφορά με την κατανάλωση καυσίμων.



Διάγραμμα 4.14.: Ποσοστό οικολογικής οδήγησης πριν και μετά

Από άποψη οικολογικής προσέγγισης παρατηρήθηκε πως με τη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς τους οι χρήστες οδηγούσαν πιο οικολογικά και μάλιστα αποτυπώθηκε 25,5% μείωση σε σχέση με την αρχική τους συμπεριφορά. Να τονιστεί μάλιστα πως με τον όρο «οικολογική οδήγηση» δεν νοείται μόνο εξοικονόμηση καυσίμου και κατ' επέκταση χρημάτων αλλά και περιορισμός των αέριων ρύπων στο περιβάλλον.



Διάγραμμα 4.15.: Ποσοστό οικολογικής οδήγησης ανά φύλο πριν και μετά

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται αντιληπτό ότι τόσο οι άνδρες όσο και οι γυναίκες, βελτιώνοντας την οδηγική τους συμπεριφορά, υιοθέτησαν ένα προφίλ πιο οικολογικό και πιο φιλικό προς το περιβάλλον. Τέλος, διαπιστώνεται πως οι γυναίκες οδηγοί έχουν την τάση να οδηγούν πιο συνετά και προσεκτικά από ότι οι άντρες κάτι που αποτυπώνεται και στα ποσοστά οικολογικής οδήγησης τα οποία είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με αυτά των αντρών.

4.3.2.2 Γενικά σχόλια – Παρατηρήσεις

Εξετάζοντας τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Με τη βελτίωση της οδηγικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων παρουσιάστηκε σημαντική **μείωση 15% της κατανάλωσης καυσίμου**. Η οδήγηση με σταθερό ρυθμό, η τήρηση των ορίων ταχύτητας, ο περιορισμός απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, καθώς και η αποφυγή χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης συνέβαλαν στην εξοικονόμηση καυσίμου σε ικανοποιητικό βαθμό.
- Παρουσιάστηκε σημαντική **μείωση της μέσης ταχύτητας** τόσο σε γενικό πλαίσιο, όσο και ανά τύπο οδού. Οι οδηγοί κατάφεραν να ελαττώσουν την μέση ταχύτητα και να **περιορίσουν το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας** με αποτέλεσμα να μειώσουν και την κατανάλωση καυσίμου. Είναι φανερό άλλωστε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μέση ταχύτητα τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του χρόνου πάνω από το όριο ταχύτητας και κατά συνέπεια τόσο αυξάνεται και η κατανάλωση.
- Με την αλλαγή της οδηγικής συμπεριφοράς οι έμπειροι οδηγοί κατάφεραν να μειώσουν το ποσοστό υπέρβασης του ορίου ταχύτητας περισσότερο από ότι οι νέοι **ηλικιακά οδηγοί** οι οποίοι εκτός του ότι έχουν μικρότερη εμπειρία στην οδήγηση, έχουν την τάση να **υπερεκτιμούν την προσωπική οδηγική**

τους ικανότητά και παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα να υπερβούν το όριο ταχύτητας.

- Η **χρήση κινητού τηλεφώνου** κατά τη διάρκεια της οδήγησης μειώθηκε κατά 9,5%. Οι οδηγοί που κρατούν στο χέρι τους το κινητό τηλέφωνο έχουν **αυξημένο χρόνο αντίδρασης** και οποιαδήποτε καθυστέρηση στην επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών που συλλέγονται από τον εγκέφαλο μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες. Διαπιστώθηκε ακόμα ότι **οι γυναίκες χρησιμοποιούν περισσότερο το κινητό τους τηλέφωνο** κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε σχέση με τους άνδρες.
- **Όσο περισσότερο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά τόσο περισσότερο ελαττώνεται η μέση επιτάχυνση.** Οι επιθετικοί οδηγοί πραγματοποιούν εκκινήσεις με ιδιαίτερα υψηλή επιτάχυνση και συνηθίζουν να οδηγούν με υψηλές στροφές του κινητήρα. Αντίθετα, οι οδηγοί που επιδεικνύουν μια πιο **μετριοπαθή** και προσεκτική συμπεριφορά αποφεύγουν τις απότομες εκκινήσεις και επιταχύνσεις και προσπαθούν να «μην πατάνε τέρμα το γκάζι» κατά τη διάρκεια της οδήγησης τους, μεταβάλλοντας ομαλά την ταχύτητα τους.
- **Οι απότομες επιταχύνσεις** όταν οι οδηγοί κινούνται σε αυτοκινητόδρομο είναι ελάχιστες και πολύ λιγότερες από κάθε άλλο τύπο οδού. Στους αυτοκινητοδρόμους που αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες υπάρχουν λιγότερα απότομα συμβάντα καθώς δεν υπάρχουν διασταυρώσεις ή σηματοδότες. Οι απότομες επιταχύνσεις και οι ελιγμοί είναι εμφανώς λιγότεροι σε σχέση με το περιβάλλον εντός πόλης όπου υπάρχουν περισσότεροι κόμβοι και πεζοί. Στην υπεραστική οδό η συμπεριφορά των οδηγών τείνει να είναι όμοια με εκείνη στις αστικές οδούς, αλλά κάπως βελτιωμένη στην πλειοψηφία των οδών.
- Ο αριθμός των **απότομων φρεναρισμάτων περιορίστηκε** όταν οι οδηγοί υιοθέτησαν ένα **πιο οικολογικό προφίλ**. Οι οδηγοί κατάφεραν να μειώσουν τα φρεναρίσματα και τις απότομες στάσεις, τηρώντας τις αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων.
- **Όσο αυξημένο είναι το μορφωτικό επίπεδο τόσο λιγότερα φρεναρίσματα** κάνουν οι χρήστες της οδού, γεγονός που οφείλεται στις δεξιότητές τους, την εμπειρία τους αλλά και την ευαισθητοποίηση τους σε θέματα οδικής ασφάλειας και οικολογικής οδήγησης.
- **Όσο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά τόσο πιο οικολογική γίνεται η οδήγηση.** Αξίζει να τονιστεί πως η οικολογική οδήγηση προαπαιτεί, αλλά και προωθεί έναν ασφαλή τρόπο οδήγησης, συμβάλλοντας στη μείωση της πιθανότητας σύγκρουσης ή τη σοβαρότητα αυτής, των οδικών ατυχημάτων αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου. Μάλιστα, παρατηρήθηκε πως οι **γυναίκες οδηγούν πιο συνετά**, προσεκτικά και κατ' επέκταση οικολογικά από ότι οι άνδρες, εμφανίζοντας λιγότερες πιθανότητες να εμπλακούν σε ένα ατύχημα.

4.3.3 Εισαγωγή βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, IBM SPSS 23.0

Η βάση δεδομένων δόθηκε σε μορφή αρχείου Microsoft Excel συμβατή με το στατιστικό πρόγραμμα. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω δημιουργήθηκαν επιπλέον στήλες για νέες μεταβλητές (όπως before-after, fill, lt, lt/100km), ορισμένες από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν εν τέλει στα μοντέλα. Μετά τη διαμόρφωση του τελικού πίνακα στο λογισμικό Excel, τα στοιχεία μεταφέρθηκαν στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, IBM SPSS 23.0. Η εισαγωγή τους πραγματοποιήθηκε στο πεδίο δεδομένων (**data view**) το οποίο δέχεται στοιχεία μόνο αριθμητικής μορφής.

	totaldist	beforeafter	fill	@lt	lt100km	loglt100km	avgSpeedHighway	avgSpeedRural	avgSpeedUrban
1	360.58309111094650	.0	1.0	24.63	6.8306031556043860	.8344590544260642	91.72933307484660	71.705428753741300	73.963391095798
2	319.55077962917730	.0	2.0	23.17	7.2508037773802530	.8603861523271379	108.25581575502500	63.512059751898700	59.756216325773
3	56.93885809315506	1.0	1.0	19.81	.0000000000000000	.	.	59.259735706035400	61.948978102960
4	325.93319710231066	.0	1.0	36.89	10.3044692737430170	1.0130256285829290	.	66.458295959999900	50.318657429577
5	448.20051501414764	.0	2.0	39.65	10.5312500000000000	1.0224799225514327	99.92520921481490	63.355165454838600	61.027690344186
6	403.07622639149210	1.0	1.0	36.21	8.9834124736571900	.9534413407831936	.	41.118280076758200	37.542147834869
7	376.20658620380990	1.0	2.0	31.46	8.3624266968459050	.9223323238646856	.	48.248150392609100	36.438428576078
8	257.57773141077950	1.0	3.0	20.88	8.1062908216630800	.9088221804540154	.	45.570685590485800	41.962909451755
9	474.4535523270760	.0	1.0	36.21	8.0825892857142850	.9075505108188676	109.38244913877500	70.017047013371400	72.036095567761
10	606.07409846035280	.0	2.0	35.52	8.5384615384615400	.9313796264798208	116.96253418666600	76.026409681927500	65.737587107096
11	328.04273751369490	1.0	1.0	39.90	7.8235294117647060	.8934027195888119	.	45.050440796019990	54.541616446357
12	566.58381633135380	1.0	2.0	36.21	6.3909343959841240	.8055643594655766	.	57.991933173647800	59.854422913543
13	283.85247471997116	1.0	3.0	38.00	7.3295454545454550	.8650770424850992	119.88817973632600	52.365083909714200	49.115530275225
14	392.58629117334460	.0	1.0	14.21	5.6613545816733070	.7529203564464316	115.73238360000000	72.822129981971000	68.820324460416
15	208.40813011824594	.0	2.0	20.00	5.2505050505050500	.7202010805674439	90.59001490140840	58.231518492193300	52.141781271232
16	499.96089672149310	.0	3.0	31.70	6.3404958683516240	.8021232238860919	108.50269843375000	60.010443697297200	63.003009978260
17	582.87021460586980	.0	4.0	36.00	6.1855639000000000	.7913792977396019	123.25609421793100	62.970831944166000	74.791872382320
18	595.92150195398700	1.0	1.0	14.38	5.0481751824817500	.7031344174454780	82.56571257425647	55.167384325520800	54.165686193974
19	340.45847415677410	1.0	2.0	17.66	5.187123053295325	.7149265508175873	78.05305967060256	48.22245074118400	41.040917138661
20	523.85734294318600	.0	1.0	32.25	8.2061068702290070	.9141371685958598	98.67489375324400	83.288818624390000	88.482362933333
21	303.63126333158715	.0	2.0	28.30	7.8393351800554010	.8942792336186323	64.34233594285690	73.041977546888000	65.968363352054
22	403.94773803861890	.0	3.0	31.79	7.8688118811881190	.8959091628041680	57.83313337499990	52.689135090449300	49.505131470110

Εικόνα 4.6.: Πεδίο Δεδομένων SPSS (data view)

Στη συνέχεια καθορίστηκε στο πεδίο των μεταβλητών (**variable view**) το όνομα, ο τύπος και ο αριθμός των ψηφίων κάθε μεταβλητής. Επισημαίνεται ότι, το πρόγραμμα αυτό αναγνωρίζει μόνο λατινικούς χαρακτήρες και όλες οι στήλες αποτελούνται από αριθμούς και όχι από κείμενο. Επίσης, έγινε διάκριση κάθε μεταβλητής σε συνεχή (scale), διατεταγμένη (ordinal) και διακριτή (nominal). Για παράδειγμα η μεταβλητή before-after ορίστηκε ως nominal καθώς παίρνει μόνο τις τιμές 0 και 1.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Identifier	String	9	0		None	None	9	Left	Nominal	Input
2	totaldist	Numeric	15	14		None	None	15	Right	Scale	Input
3	beforeafter	Numeric	12	1	before - after	None	None	12	Right	Nominal	Input
4	fill	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
5	@t	Numeric	12	2	t	None	None	12	Right	Scale	Input
6	t/100km	Numeric	17	16	t/100km	None	None	17	Right	Scale	Input
7	logt/100km	Numeric	17	16	log (t/100km)	None	None	17	Right	Scale	Input
8	avgSpeedHi...	Numeric	15	14		None	None	15	Right	Scale	Input
9	avgSpeedR...	Numeric	16	15		None	None	16	Right	Scale	Input
10	avgSpeedUr...	Numeric	16	15		None	None	16	Right	Scale	Input
11	avgSqSpee...	Numeric	15	14		None	None	15	Right	Scale	Input
12	avgSqSpee...	Numeric	16	15		None	None	16	Right	Scale	Input
13	avgSqSpee...	Numeric	16	15		None	None	16	Right	Scale	Input
14	avgSqSpee...	Numeric	15	14		None	None	15	Right	Scale	Input
15	mobileUsage	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
16	mobileUsag	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
17	mobileUsag	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
18	mobileUsag	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
19	av_accel_hi...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
20	av_accel_rur...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
21	av_accel_ur...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
22	av_decel_hi...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
23	av_decel_rur...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
24	av_decel_ur...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input

Εικόνα 4.7.: Πεδίο μεταβλητών SPSS (Variable View)

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Όπως προαναφέρθηκε, ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση συναφών ερευνών, την παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των στοιχείων και την περιγραφή συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων, πραγματοποιήθηκε η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας για την παρούσα Εργασία.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων της εργασίας, η οποία παρουσιάστηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 3 με τίτλο «Θεωρητικό Υπόβαθρο» είναι η **γραμμική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (linear and lognormal regression).

Πιο συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται **αναλυτικά τα βήματα** που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αποδοχή ή την απόρριψη των μαθηματικών μοντέλων.

Τέλος, **παρατίθενται τα αποτελέσματα** που προκύπτουν από την εφαρμογή των μεθοδολογιών, η περιγραφή τους, αλλά και η ερμηνεία τους με βάση το γενικότερο πλαίσιο της έρευνας.

Σημαντικό τμήμα του κεφαλαίου καταλαμβάνει το υποκεφάλαιο που αφορά στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων και διακρίνεται στις τρεις φάσεις που ακολουθούν:

1. Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
2. Περιγραφή των αποτελεσμάτων
3. Εξήγηση των αποτελεσμάτων

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τόσο τη μαθηματική σχέση του μοντέλου, όσο και σχετικά διαγράμματα που επιτρέπουν τη γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

5.2 Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης κατανάλωσης καυσίμου

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων που αφορούν **στην κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με την οδηγική συμπεριφορά του οδηγού**. Σκοπός της ανάλυσης με τη μέθοδο της γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης είναι να υπολογισθούν στατιστικά σημαντικά μοντέλα και να εντοπισθούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου.

5.2.1 Δεδομένα εισόδου - Καθορισμός μεταβλητών

Στα στατιστικά μοντέλα προσδιορισμού της κατανάλωσης καυσίμου, μέσα από αισθητήρες κινητού τηλεφώνου που καταγράφονται λεπτομερή στοιχεία για τη συμπεριφορά και τον τρόπο οδήγησης του κάθε οδηγού, εξετάστηκαν όλες οι μεταβλητές που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 4.2.4.

Είναι επιτακτική ανάγκη να τονιστεί ότι τα τελικά μοντέλα που προέκυψαν ήταν αποτέλεσμα μιας **μεγάλης σειράς δοκιμών**, κατά τις οποίες αναπτύχθηκε μεγάλος αριθμός μαθηματικών μοντέλων που περιλάμβαναν συνδυασμούς όλων των μεταβλητών που καταγράφηκαν, διαδικασία χρονοβόρα και δύσκολη. Από τις μετρήσεις του πειράματος, τα δεδομένα που λήφθηκαν από τον **πίνακα καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου** των χρηστών αλλά και από τα **ερωτηματολόγια** προέκυψε ένα μεγάλο πλήθος μεταβλητών, οι οποίες στη συνέχεια θα χρησιμοποιούνταν στα μοντέλα.

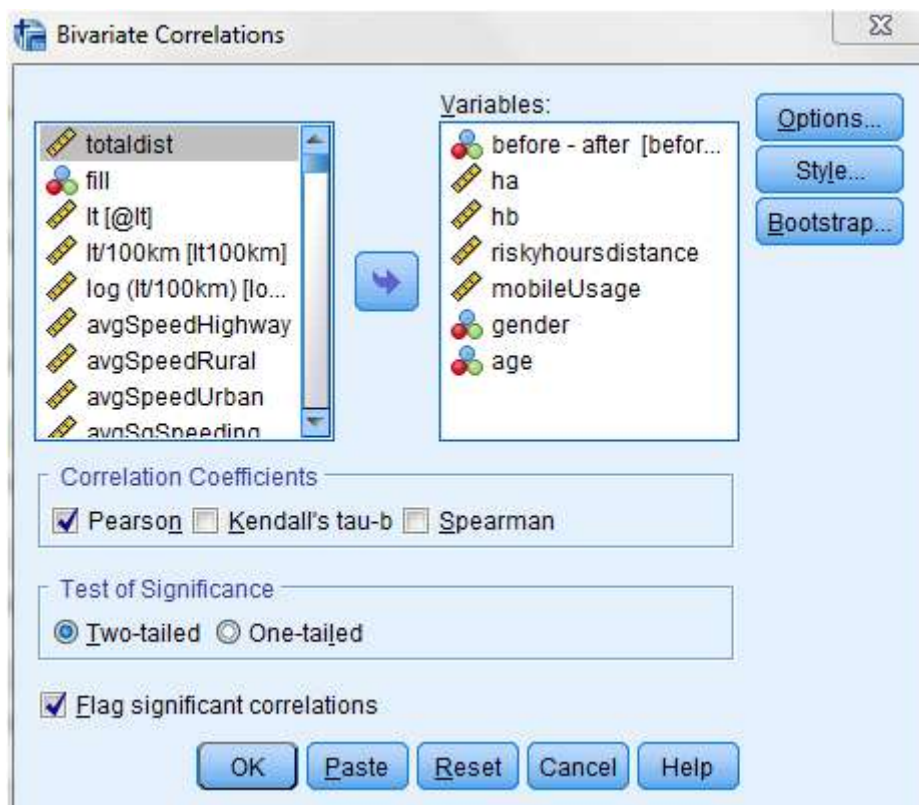
Τα μοντέλα αυτά αξιολογήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα **στατιστικών ελέγχων** (Wald, πιθανοφάνεια κλπ.), όπως αυτοί έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο αλλά και με βάση τη λογική εξήγηση των αποτελεσμάτων. Στις δοκιμές αυτές απορρίφθηκαν οι μεταβλητές που αποδείχθηκαν ότι δεν έχουν στατιστικά σημαντική επιρροή. Με αυτή τη διαδικασία **διαδοχικών δοκιμών και απόρριψης μοντέλων** προέκυψαν τα μαθηματικά μοντέλα με τις καλύτερες επιδόσεις στατιστικής σημαντικότητας, όπως αυτά παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια.

5.2.2 Έλεγχος συσχέτισης μεταβλητών

Για να ολοκληρωθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή η δημιουργία μοντέλων **για τη συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και της κατανάλωσης καυσίμου**, εξετάστηκε σε πρώτη φάση η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο μοντέλο. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διερεύνηση αυτή έγινε με την εισαγωγή του πίνακα των επιλεχθέντων μεταβλητών στο ειδικό στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα SPSS 23, και τις εντολές:

Analyze → Correlate → Bivariate

Οι μεταβλητές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας εισάγονται στο πεδίο **Variables**. Απόλυτες τιμές των συντελεστών συσχέτισης κοντά στη μονάδα δείχνουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Στην πράξη θεωρείται μικρή συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών όταν η απόλυτη του δείκτη συσχέτισης κατά Pearson r είναι μικρότερη ή ίση με 0,5~0,6 ($r \leq 0,5\sim 0,6$).



Εικόνα 5.1.: Επιλογή παραμέτρων για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών

Correlations

		before - after	ha	hb	riskyhoursdistance	mobileUsage	gender	age
before - after	Pearson Correlation	1	-,220*	-,259**	-,181	-,109	-,025	,059
	Sig. (2-tailed)		,016	,005	,063	,236	,790	,523
	N	119	119	119	106	119	119	119
ha	Pearson Correlation	-,220*	1	,759**	,026	,120	,002	,029
	Sig. (2-tailed)	,016		,000	,793	,195	,978	,751
	N	119	119	119	106	119	119	119
hb	Pearson Correlation	-,259**	,759**	1	,139	,057	,005	,064
	Sig. (2-tailed)	,005	,000		,156	,539	,959	,487
	N	119	119	119	106	119	119	119
riskyhoursdistance	Pearson Correlation	-,181	,026	,139	1	,148	-,098	,106
	Sig. (2-tailed)	,063	,793	,156		,129	,317	,281
	N	106	106	106	106	106	106	106
mobileUsage	Pearson Correlation	-,109	,120	,057	,148	1	,234*	,068
	Sig. (2-tailed)	,236	,195	,539	,129		,011	,462
	N	119	119	119	106	119	119	119
gender	Pearson Correlation	-,025	,002	,005	-,098	,234*	1	,194*
	Sig. (2-tailed)	,790	,978	,959	,317	,011		,034
	N	119	119	119	106	119	119	119
age	Pearson Correlation	,059	,029	,064	,106	,068	,194*	1
	Sig. (2-tailed)	,523	,751	,487	,281	,462	,034	
	N	119	119	119	106	119	119	119

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
 **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Εικόνα 5.2.: Αποτελέσματα για τον έλεγχο συσχέτισης των μεταβλητών

Στη συνέχεια, το αποτέλεσμα της συσχέτισης μεταβλητών, εισήχθη σε φύλλο υπολογισμού Excel με τη μορφή πίνακα, όπου επεξεργάστηκε και χρωματίστηκαν τα κελιά των μεταβλητών που έχουν απόλυτη τιμή $r \leq 0,6$, για να είναι πιο γρήγορα κατανοητό. Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εμφάνισαν υψηλή συσχέτιση (μεγαλύτερη από 0,6) δεν ελήφθησαν υπόψη στα τελικά μοντέλα του δείκτη συνολικής επίδοσης. Απόσπασμα του πίνακα παρουσιάζεται στη συνέχεια στην εικόνα 5.3.

		before - after	ha	hb	riskyhoursdistance	mobileUsage	gender	age
before - after	Pearson Correlation	1	-.220 [*]	-.259 ^{**}	-.181	-.109	-.025	.059
	Sig. (2-tailed)		.016	.005	.063	.236	.790	.523
	N	119	119	119	106	119	119	119
ha	Pearson Correlation	-.220 [*]	1	.759 ^{**}	.026	.120	.002	.029
	Sig. (2-tailed)	.016		.000	.793	.195	.978	.751
	N	119	119	119	106	119	119	119
hb	Pearson Correlation	-.259 ^{**}	.759 ^{**}	1	.139	.057	.005	.064
	Sig. (2-tailed)	.005	.000		.156	.539	.959	.487
	N	119	119	119	106	119	119	119
riskyhoursdistance	Pearson Correlation	-.181	.026	.139	1	.148	-.098	.106
	Sig. (2-tailed)	.063	.793	.156		.129	.317	.281
	N	106	106	106	106	106	106	106
mobileUsage	Pearson Correlation	-.109	.120	.057	.148	1	.234 [*]	.068
	Sig. (2-tailed)	.236	.195	.539	.129		.011	.462
	N	119	119	119	106	119	119	119
gender	Pearson Correlation	-.025	.002	.005	-.098	.234 [*]	1	.194 [*]
	Sig. (2-tailed)	.790	.978	.959	.317	.011		.034
	N	119	119	119	106	119	119	119
age	Pearson Correlation	.059	.029	.064	.106	.068	.194 [*]	1
	Sig. (2-tailed)	.523	.751	.487	.281	.462	.034	
	N	119	119	119	106	119	119	119

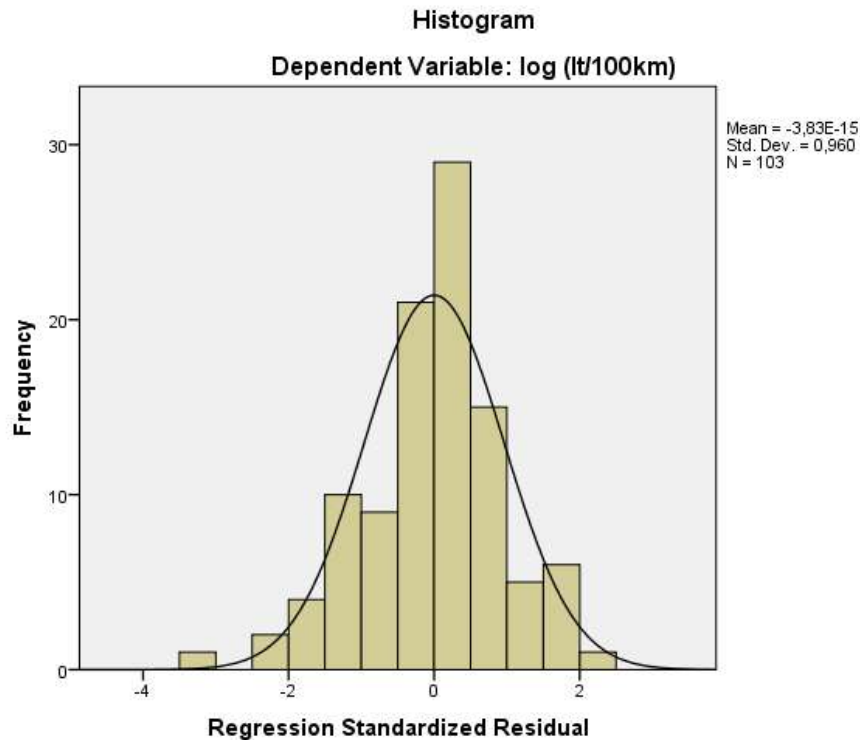
Εικόνα 5.3.: Παραδείγματα συσχέτισης των μεταβλητών

Αφού βρέθηκαν οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών, πραγματοποιήθηκε η **επιλογή των βασικών μεταβλητών** οι οποίες **δεν συσχετίζονται** με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο το οποίο θα αναλυθεί στο παρών κεφάλαιο. Η επιλογή αυτή έγινε με την **παραδοχή** ότι οι συγκεκριμένες μεταβλητές που αναφέρονται παρακάτω είναι σημαντικές σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και δεν είναι δυνατό να παραληφθούν καθώς συνήθως επηρεάζουν, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό την κατανάλωση καυσίμου.

5.2.3 Μοντέλα Γραμμικής Παλινδρόμησης

Για τη διερεύνηση της επιρροής της οδηγικής συμπεριφοράς στην κατανάλωση καυσίμων δοκιμάστηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Κρίθηκε σκόπιμο με την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων να εντοπισθούν ποιοι είναι αυτοί οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμων. Για το λόγο αυτό, όλα τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν είχαν ως εξαρτημένη μεταβλητή την κατανάλωση καυσίμου (lt/100km).

Η επιλογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης, βασίστηκε αφενός στο γεγονός ότι η μεταβλητή που εξετάζεται (εξαρτημένη) είναι συνεχής και αφετέρου στο ότι η κατανομή που ακολουθεί μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την κανονική. Παρακάτω, παρουσιάζεται το διάγραμμα της κατανομής που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή:



Διάγραμμα 5.1.: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή κατανάλωσης καυσίμου

Από τη στιγμή που η εξαρτημένη μεταβλητή εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές, η μέθοδος που χρησιμοποιείται ονομάζεται **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η διαδικασία της γραμμικής παλινδρόμησης στο SPSS εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών:

Analyze → Regression → Linear

Στη συνέχεια **καθορίζονται η εξαρτημένη και οι ανεξάρτητες μεταβλητές**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο **Dependent**. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο **Independent(s)**. Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται «Enter», που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που γράφονται εκεί. Σταδιακά εισάγονται πιθανές ανεξάρτητες (επεξηγηματικές) μεταβλητές έως ότου καταλήξουμε σε επιθυμητά αποτελέσματα.

Στην προσπάθεια αναζήτησης μιας καλύτερης μεθόδου ανάλυσης των δεδομένων επιλέχθηκε η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (lognormal regression). Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και σε αυτή την περίπτωση γραμμική. Η διαφορά της από την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση έγκειται στο ότι στην περίπτωση αυτή ενδιαφέρει ο **φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής**.

Η **διαδικασία της ανάλυσης** είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη που ακολουθήθηκε προηγουμένως για τη γραμμική παλινδρόμηση (analyze → regression → linear), με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί ως εξαρτημένη μεταβλητή ο **λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου** ($\log(t/100\text{km})$).



Εικόνα 5.4.: Επιλογή ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση

Αναφέρεται ότι κάθε φορά που εξεταζόταν κάποιο στατιστικό πρότυπο, χρησιμοποιούνταν διαδοχικά όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές και κάθε φορά απορρίπτονταν όσες είχαν t μικρότερο από 1,69. Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επιλέχθηκαν έπειτα από **πολλές δοκιμές**. Το πιο συχνό πρόβλημα που προέκυψε ήταν η χαμηλή σημαντικότητα ($t < 1,69$). Τα μοντέλα που πληρούν όλους τους στατιστικούς ελέγχους παρουσιάζονται στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

Η εξίσωση η οποία αποτυπώνει τη σχέση ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές έχει τη γενικότερη μορφή:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * x_{1i} + \beta_2 * x_{2i} + \dots + \beta_v * x_{vi} + \varepsilon_i$$

Σύμφωνα με το Θεωρητικό Υπόβαθρο του κεφαλαίου 3, σε κάθε μοντέλο θα πρέπει να ελεγχθούν οι παρακάτω παράγοντες:

- ✓ Οι τιμές και τα πρόσημα των **συντελεστών παλινδρόμησης β_i** να μπορούν να εξηγηθούν λογικά.
- ✓ Το **επίπεδο σημαντικότητας** (Sig-Significance) να είναι μικρότερο από 5%.

- ✓ Ο **σταθερός όρος** της εξίσωσης (Constant), που εκφράζει το σύνολο των παραμέτρων που δεν λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
- ✓ Η **τιμή του στατιστικού ελέγχου t** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,69 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- ✓ Ο **συντελεστής συσχέτισης R²** (Adjusted R square) να είναι κατά το δυνατό μεγαλύτερος (ιδανικά μεγαλύτερος από 0,4) και ταυτόχρονα όχι πολύ υψηλός (μικρότερος του 0,85) καθώς πολύ υψηλό R² υποδηλώνει πως συσχετίζονται όμοια στοιχεία οπότε και δεν προκύπτουν ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Εκτός από τους μαθηματικούς ελέγχους ο απώτερος σκοπός κάθε μοντέλου είναι η ικανότητα του να **προβλέπει** με σχετική ακρίβεια το φαινόμενο που περιγράφει.

Για να ικανοποιηθούν, λοιπόν, οι στόχοι της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκαν τα παρακάτω στατιστικά μοντέλα που περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα υποκεφάλαια.

- ❖ Μοντέλο 1: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου – Γενικό Μοντέλο
- ❖ Μοντέλο 2: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο
- ❖ Μοντέλο 3: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό
- ❖ Μοντέλο 4: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό

5.3 Μοντέλο 1: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου – Γενικό Μοντέλο

5.3.1 Ανάπτυξη μοντέλου

Έπειτα από **πολλές δοκιμές** ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή την κατανάλωση καυσίμου ($\log(lt/100km)$) και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- before–after: Πρόκειται για μια δίτιμη κατηγορική μεταβλητή που λαμβάνει τις τιμές 0 και 1, (0 για το before και 1 για το after). Το before αναφέρεται στην «άστατη οδήγηση», δηλαδή στην αρχική οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων για τους δυο πρώτους μήνες (Ιούνιο-Ιούλιο) του πειράματος κατά τους οποίους οι χρήστες οδηγούν υπό πραγματικές συνθήκες χωρίς να καταβάλουν καμία προσπάθεια. Αντιθέτως, το after αφορά στην «προσεκτική οδήγηση», δηλαδή στη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς κατά τους δυο άλλους μήνες (Αύγουστο-Σεπτέμβριο) όπου οι συμμετέχοντες τηρούν κατά γράμμα τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.
- avgspeed: μέση ταχύτητα (km/h)
- harsh acceleration (ha): αριθμός των απότομων επιταχύνσεων
- avdecel: μέση επιβράδυνση (km/h/s)

- mobileUsage: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης
- riskyhoursdistance: οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00
- gender: φύλο συμμετεχόντων
- educational_level: μορφωτικό επίπεδο συμμετεχόντων

Οι συσχετίσεις των μεταβλητών και τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια.

		before - after	avgspeed	ha	avdecel	mobileUsage	riskyhoursdistance	gender	educational_level
before - after	Pearson Correlation	1	-,488 ^{**}	-,220 [*]	,589 ^{**}	-,109	-,181	-,025	-,179
avgspeed	Pearson Correlation	-,488 ^{**}	1	,118	-,298 ^{**}	,193 [*]	,237 [*]	-,145	-,123
ha	Pearson Correlation	-,220 [*]	,118	1	-,433 ^{**}	,120	,026	,002	,082
avdecel	Pearson Correlation	,589 ^{**}	-,298 ^{**}	-,433 ^{**}	1	-,035	-,176	,089	-,115
mobileUsage	Pearson Correlation	-,109	,193 [*]	,120	-,035	1	,148	,234 [*]	,280 ^{**}
riskyhoursdistance	Pearson Correlation	-,181	,237 [*]	,026	-,176	,148	1	-,098	,067
gender	Pearson Correlation	-,025	-,145	,002	,089	,234 [*]	-,098	1	,099
educational_level	Pearson Correlation	-,179	-,123	,082	-,115	,280 ^{**}	,067	,099	1

Πίνακας 5.1.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 1

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,788 ^a	,620	,588	,0692987108

a. Predictors: (Constant), educational_level, riskyhoursdistance, ha, gender, avgspeed, mobileUsage, avdecel, before - after

Πίνακας 5.2.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,738	8	,092	19,204	,000 ^b
	Residual	,451	94	,005		
	Total	1,189	102			

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

b. Predictors: (Constant), educational_level, riskyhoursdistance, ha, gender, avgspeed, mobileUsage, avdecel, before - after

Πίνακας 5.3.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 1

Coefficients^a

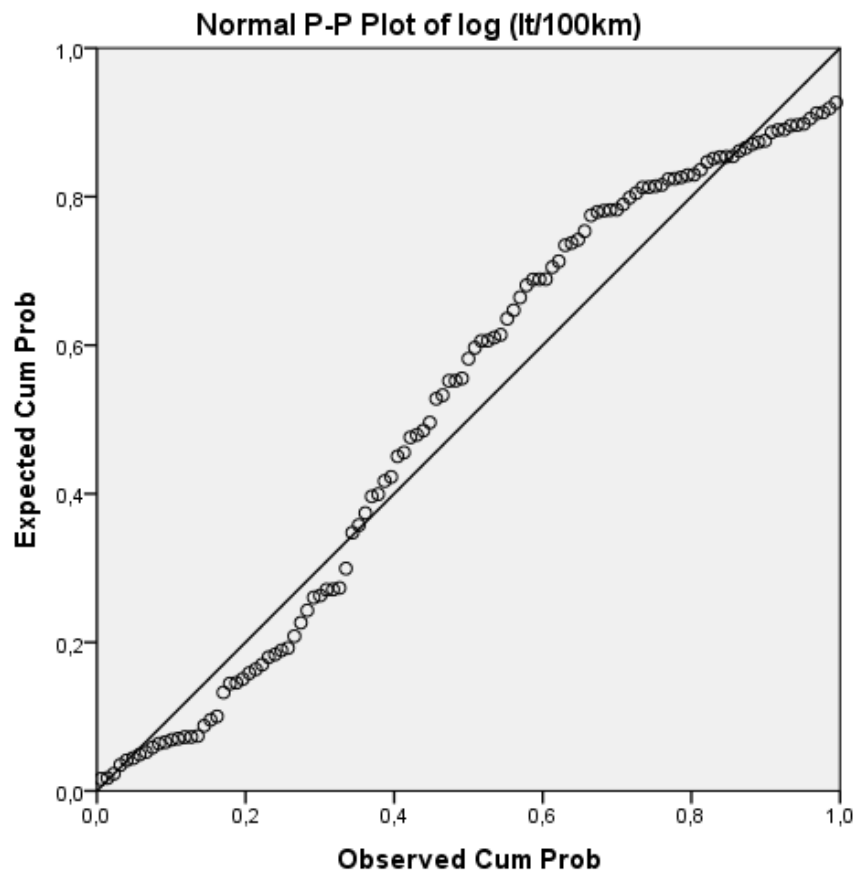
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,335	,083		16,182	,000
	before - after	-,056	,019	-,261	-2,971	,004
	avgspeed	,001	,001	,140	1,787	,077
	ha	,001	,000	,182	2,613	,010
	avdecel	,029	,015	,169	1,986	,050
	mobileUsage	-,158	,077	-,147	-2,056	,043
	riskyhoursdistance	,003	,001	,173	2,581	,011
	gender	-,087	,017	-,340	-4,996	,000
	educational_level	-,101	,014	-,521	-7,386	,000

a. Dependent Variable: log (It/100km)

Πίνακας 5.4.: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation)–Μοντέλο 1

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε είναι:

$$\log(It/100km) = 1,335 - 0,056*before-after + 0,001*avgspeed + 0,001*ha + 0,029*avdecel - 0,158*mobileUsage + 0,003*riskyhoursdistance - 0,087*gender - 0,101*educational_level$$



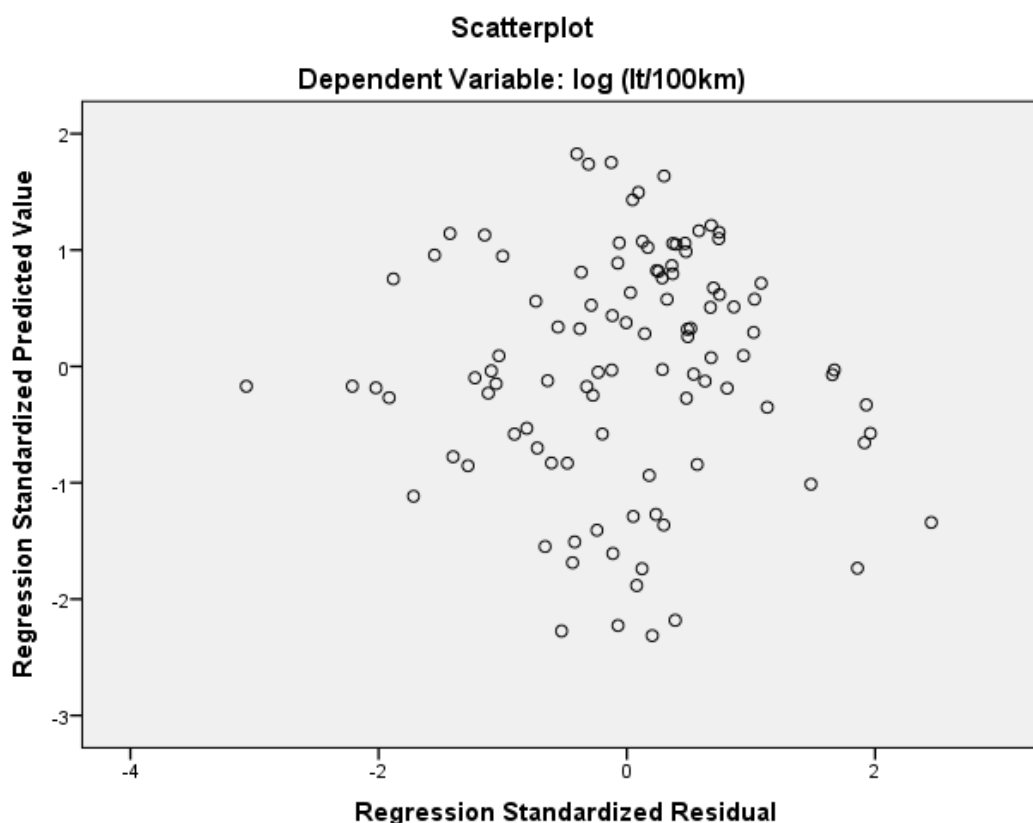
Διάγραμμα 5.2.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 1

5.3.2 Ποιότητα μοντέλου

Στο μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι. Πιο αναλυτικά:

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι αρκετά ικανοποιητικός, ίσος με 0,620
- ✓ Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος από 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή επαληθεύεται
- ✓ Οι σταθεροί όροι (β_i) είναι μικροί
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους εξηγούνται με βάση τη λογική

Ένας ακόμα έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος $zresid$ (Standard Residual), δηλαδή τυπικά σφάλματα και ο άξονας Y το μέγεθος $zpred$ (Standard Predicted Value), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου.



Διάγραμμα 5.3.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 1

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών των σφαλμάτων. Επιπρόσθετα, φαίνεται η σταθερή διασπορά των σφαλμάτων γύρω από το μηδέν και η κατά προσέγγιση μηδενική τιμή του μέσου όρου. Αναφέρεται ότι η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης. Τα προαναφερθέντα συγκλίνουν στο ότι πληρούνται ικανοποιητικά οι προϋποθέσεις για τον έλεγχο του σφάλματος, ώστε αυτό να μην επηρεάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου.

5.3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής **«before-after»** στο γενικό μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου εμφανίζεται αρνητικό και ίσο με $-0,056$. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 και κατ' επέκταση όσο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Η αλλαγή του τρόπου οδήγησης, η επίδειξη προσοχής καθώς και η τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της οδήγησης μπορούν εύκολα να επιφέρουν εξοικονόμηση καυσίμου.
- Η μεταβλητή **«avgspeed»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,001$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Η αποφυγή υπερβολικά υψηλής ταχύτητας σε ανοικτούς δρόμους έχει ως αποτέλεσμα ασφαλέστερη οδήγηση και καλύτερη οικονομία καυσίμου. Το γεγονός αυτό δε θα πρέπει βέβαια να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος τόσο μεγαλύτερη είναι η οικονομία καυσίμου επειδή κάτι τέτοιο δεν επιβεβαιώνεται. Με την ομαλή οδήγηση και με μέσες ταχύτητες πορείας εξασφαλίζεται βέλτιστη οικονομία καυσίμου και οδική ασφάλεια.
- Η μεταβλητή **«harsh acceleration (ha)»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,001$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων που αναπτύσσει ο οδηγός τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται λογικό, καθώς όσο περισσότερο νευρικός είναι ο οδηγός και εκτελεί πολλές απότομες επιταχύνσεις τόσο περισσότερες εκρήξεις γίνονται στον κινητήρα και δαπανάται περισσότερη ενέργεια ώστε να μετατραπεί σε κινητική, πράγμα που σημαίνει αυτομάτως σπατάλη καυσίμου. Άλλωστε το «σανίδωμα» του γκαζιού αναγκάζει τον κινητήρα να μεταβεί σε μια κατάσταση λειτουργίας εμπλουτισμένου καυσίμου.
- Η μεταβλητή **«avdecel»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,029$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση επιβράδυνση που αναπτύσσει ο οδηγός τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί όσο πιο βίαια και απότομα φρενάρει ο οδηγός τόσο περισσότερη ενέργεια σπαταλάται και κατ' επέκταση μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου.
- Η μεταβλητή **«mobileUsage»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με $-0,158$ που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της

κατανάλωσης καυσίμου. Ενδεχομένως οφείλεται στο γεγονός ότι η χρήση κινητού τηλεφώνου αποσπά την προσοχή του οδηγού και είναι αλλού συγκεντρωμένος με αποτέλεσμα να μειώνει αισθητά και την ταχύτητα του.

- Η μεταβλητή **«riskyhoursdistance»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,003 που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο χρήστης οδηγεί κατά τις επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00 τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι χρήστες οδηγούν κατά τις επικίνδυνες ώρες παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Κατά συνέπεια, οι υψηλές ταχύτητες, μπορεί να επιφέρουν απότομα φρεναρίσματα αλλά και αυξημένες επιταχύνσεις, με αποτέλεσμα η κατανάλωση καυσίμου να είναι ιδιαίτερα υψηλή.
- Η διακριτή μεταβλητή **«gender»** εμφανίζεται στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου με αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,087, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής αυτής, μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το αρνητικό πρόσημο, σε αυτή την περίπτωση, δηλώνει ότι οι γυναίκες (τιμή 2 της μεταβλητής) παρουσιάζουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου από εκείνη των ανδρών (τιμή 1 της μεταβλητής). Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, που διαχωρίζουν τα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να θεωρούνται πιο επιφυλακτικές και να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες.
- Η μεταβλητή **«educational_level»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,101 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται το μορφωτικό επίπεδο των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Με άλλα λόγια παρατηρείται ότι όσο πιο μικρό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι νεαροί οδηγοί συνήθως παρουσιάζουν μια πιο ριψοκίνδυνη οδηγική συμπεριφορά σε σχέση με τις άλλες ηλικιακές ομάδες και οι πιο μορφωμένοι χρήστες της οδού υιοθετούν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά.

5.3.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 1 – Γενικό

Στο σημείο αυτό κρίθηκε σημαντικός ο υπολογισμός του βαθμού επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών του παραπάνω μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή, δηλαδή αυτή του δείκτη συνολικής επίδοσης. Ο **βαθμός της επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας και αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της

εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Η ελαστικότητα είναι ένα αδιάστατο μέγεθος, που σε αντίθεση με τους συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου, δεν εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των μεταβλητών. Σε συνδυασμό με το πρόσημο των συντελεστών, είναι πιθανό να προσδιοριστεί αν η αύξηση κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής επιφέρει αύξηση ή μείωση στην εξαρτημένη. Είναι πολλές φορές ορθότερο να εκφραστεί η ευαισθησία ως ποσοστιαία μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής που προκαλεί η κατά 1% μεταβολή της ανεξάρτητης.

Η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου που αναπτύχθηκε υπολογίστηκε σύμφωνα με τη σχέση:

$$e_i = \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right) * \left(\frac{X_i}{Y_i} \right) = \beta_i * \left(\frac{X_i}{Y_i} \right)$$

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση:

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

όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές και όχι για διακριτές μεταβλητές. Επισημαίνεται λοιπόν ότι η παραπάνω σχέση εφαρμόζεται αποκλειστικά σε συνεχείς μεταβλητές. Για να πραγματοποιηθεί όμως σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του μοντέλου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή, χρησιμοποιείται η **έννοια της ψευδοελαστικότητας** για διακριτές μεταβλητές, η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μια τιμή της διακριτής μεταβλητής στην άλλη. Η σχέση που υπολογίζει την τιμή της ψευδοελαστικότητας για διακριτές μεταβλητές είναι η παρακάτω:

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

όπου I είναι το πλήθος των πιθανών επιλογών, x_{ink} είναι η τιμή της μεταβλητής k για την εναλλακτική i του ατόμου n , $\Delta(\beta_i x_n)$ είναι η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1, $\beta_i x_n$ είναι η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει την τιμή 0, β_{ik} είναι η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk} .

Εφόσον η παραπάνω σχέση αφορά σε κάθε άτομο (n), η σχετική ελαστικότητα αφορά στην ευαισθησία του συγκεκριμένου ατόμου στην αλλαγή της μεταβλητής και επομένως πρόκειται για εξατομικευμένη ελαστικότητα (disaggregate elasticity). Για τον υπολογισμό της συγκεντρωτικής ελαστικότητας (aggregate elasticity), από την οποία προκύπτει η ευαισθησία του συνόλου του δείγματος στην εξεταζόμενη μεταβολή, ως προς την αντίστοιχη συνολική μεταβολή της πιθανότητας επιλογής μιας εναλλακτικής, εφαρμόζεται η σχέση (Ben-Akiva & Lerman, 1985):

$$E_{x_{nk}}^{P(i)} = \frac{\sum_{n=1}^N P_n(i) E_{x_{nk}}^{P_n(i)}}{\sum_{n=1}^N P_n(i)}$$

Επομένως η συγκεντρωτική ελαστικότητα του δείγματος στη συγκεκριμένη μεταβολή υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των εξατομικευμένων ελαστικοτήτων με βάση τις αντίστοιχες πιθανότητες επιλογής.

Από τον επόμενο πίνακα, προκύπτει το **είδος και το μέγεθος της επιρροής** της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη τόσο για συνεχείς όσο και για διακριτές μεταβλητές. Στη στήλη ei^* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστές β_i	t	Ελαστικότητα ei	Σχετική επιρροή ei^*
before - after	-,056	-2,971	-0,016	1,000
avgspeed	,001	1,787	0,054	3,404
ha	,001	2,613	0,096	6,125
avdecel	,029	1,986	0,070	4,440
mobileUsage	-,158	-2,056	-0,038	2,424
riskyhoursdistance	,003	2,581	0,041	2,592
gender	-,087	-4,996	-0,023	1,479
educational_level	-,101	-7,386	-0,023	1,456

Πίνακας 5.5.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο

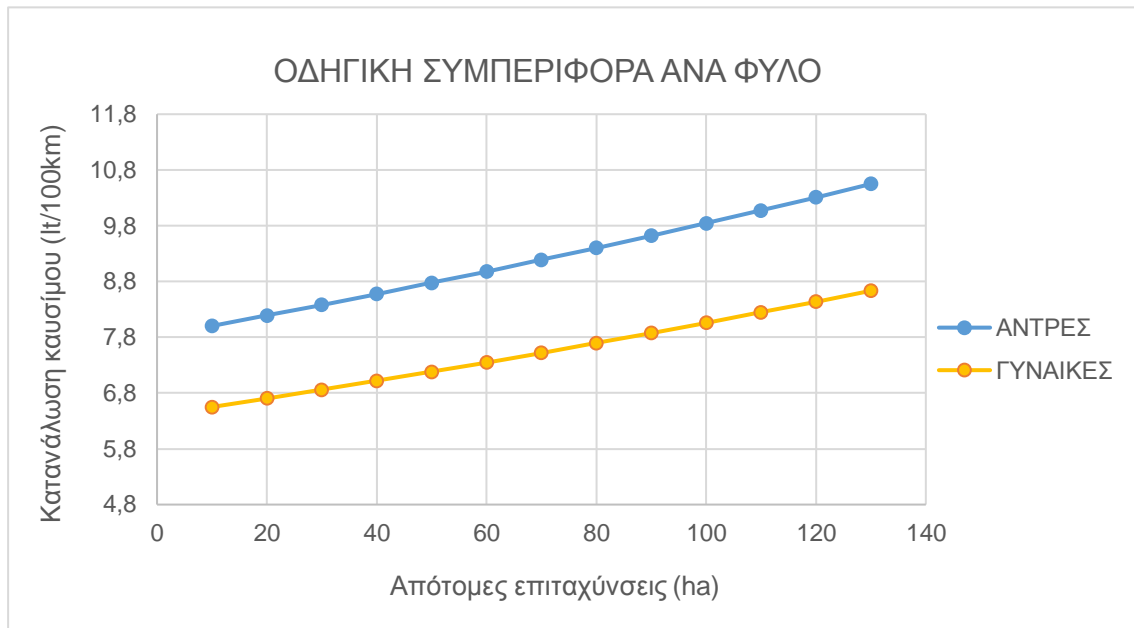
Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο γενικό μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου, παρατηρούνται τα εξής:

- Η επιρροή της μεταβλητής **«harsh acceleration (ha)»** είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα του αριθμού των απότομων επιταχύνσεων στο δείκτη συνολικής επίδοσης και στην κατανάλωση καυσίμου. Στο γενικό μοντέλο οι απότομες επιταχύνσεις είναι αυτές που επηρεάζουν περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου. Η τιμή της επιρροής είναι 0,096.
- Η μεταβλητή **«before–after»** εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο γενικό μοντέλο. Συγκεκριμένα, σε σχέση με την μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 6,13 φορές λιγότερο.
- Η επιρροή της μεταβλητής **«avgspeed»** είναι 3 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με την μικρότερη επιρροή και 1,7 φορές μικρότερη σε σχέση με τη μεταβλητή «harsh acceleration (ha)».
- Η επιρροή της μεταβλητής **«avdecel»** είναι η δεύτερη μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές και είναι μόνο 1,4 φορές μικρότερη σε σχέση με τη μεγαλύτερη επιρροή.
- Η μεταβλητή **«mobileUsage»** είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «before–after» ενώ είναι και 2,5 φορές μικρότερη σε σχέση με τη μεταβλητή «harsh acceleration (ha)».
- Η επιρροή της μεταβλητής **«riskyhoursdistance»** είναι πάρα πολύ κοντά με εκείνη της μεταβλητής «mobileUsage».
- Η μεταβλητή **«gender»** είναι η τρίτη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο κατανάλωσης καυσίμου εμφανίζοντας επιρροή 1,5 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη μεταβλητή.
- Η μεταβλητή **«educational_level»** παρουσιάζει πολύ όμοια συμπεριφορά με εκείνη της μεταβλητής «gender» καθώς έχουν την ίδια τιμή σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή.

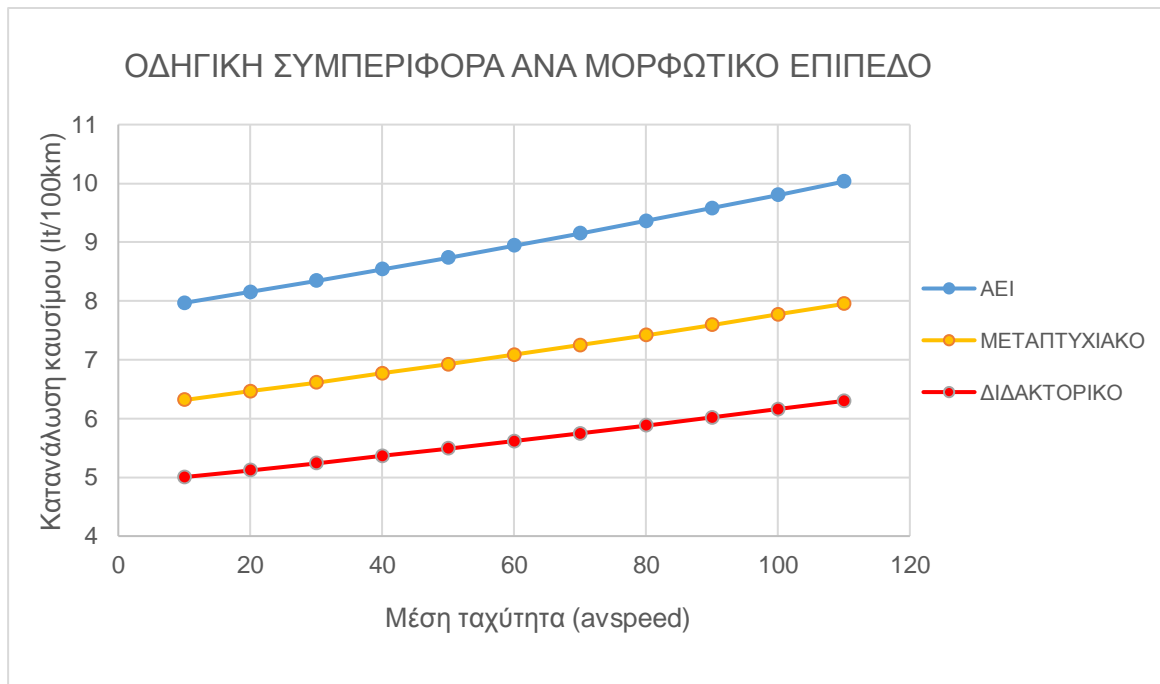
5.3.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα ευαισθησίας, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την **καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή**, που προβλέπει το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής (κατανάλωση καυσίμου) όταν **μεταβάλλεται μια εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές**.

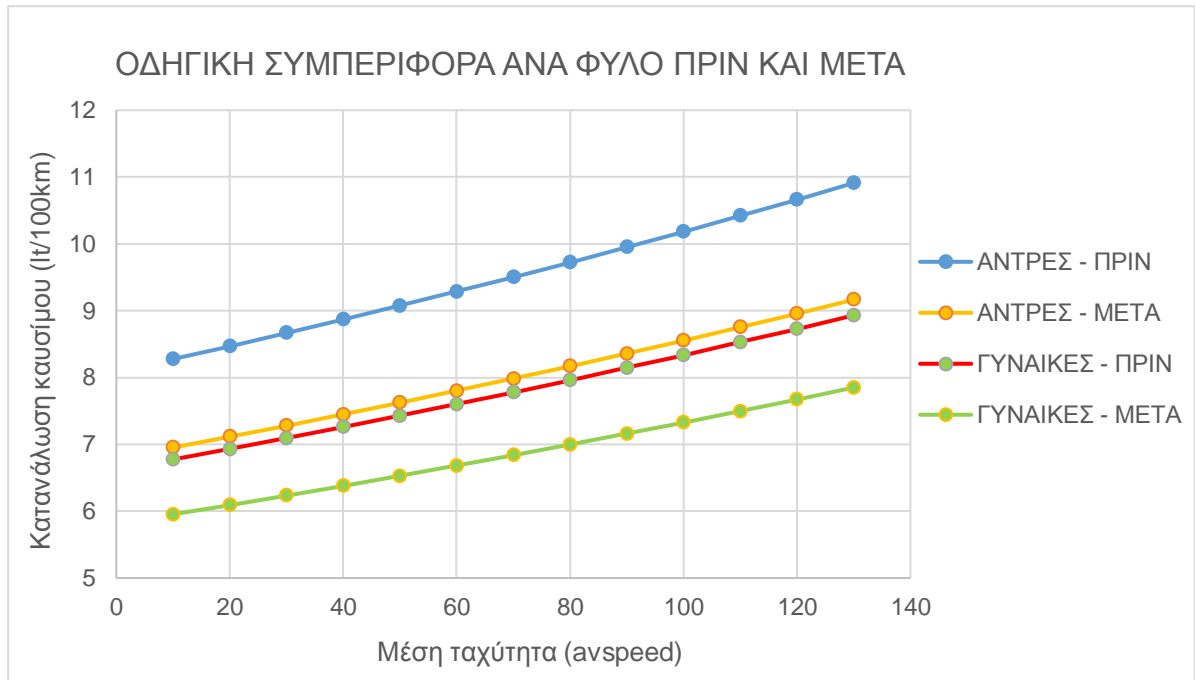
Στη συνέχεια απεικονίζονται τα διαγράμματα μόνο για το γενικό μοντέλο που προβλέπει την κατανάλωση καυσίμου, ανεξάρτητα από τον τύπο της οδού. Για τα υπόλοιπα μοντέλα ισχύουν περίπου τα ίδια γι' αυτό και δεν περιλαμβάνονται στη Διπλωματική Εργασία.



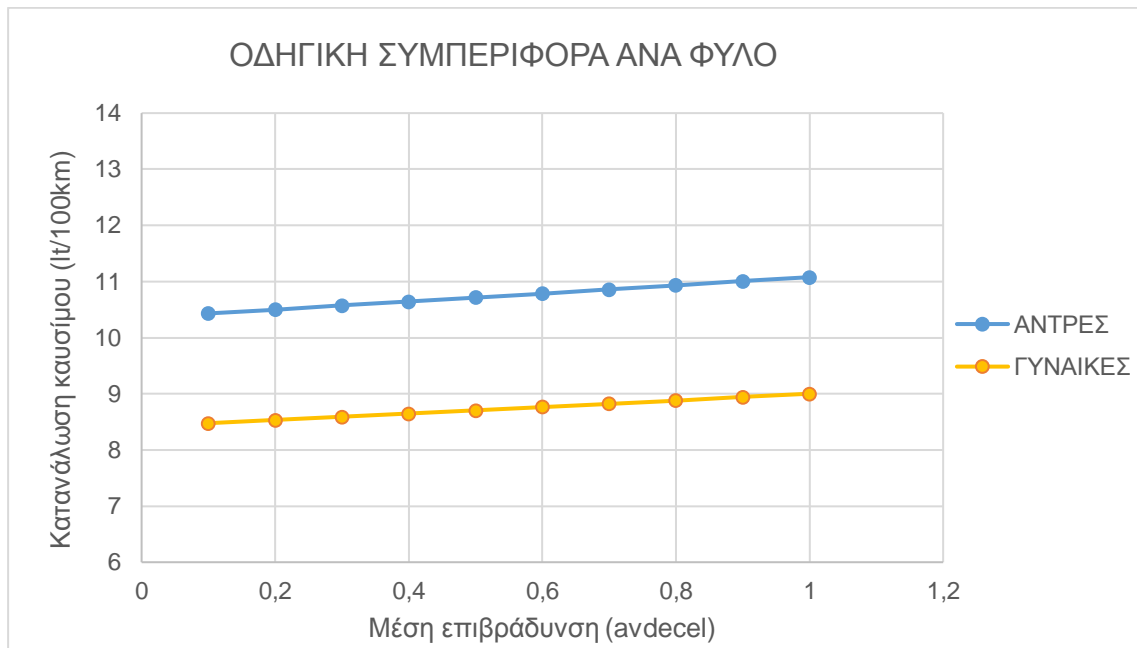
Διάγραμμα 5.4.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει των απότομων επιταχύνσεων ανάλογα με το φύλο



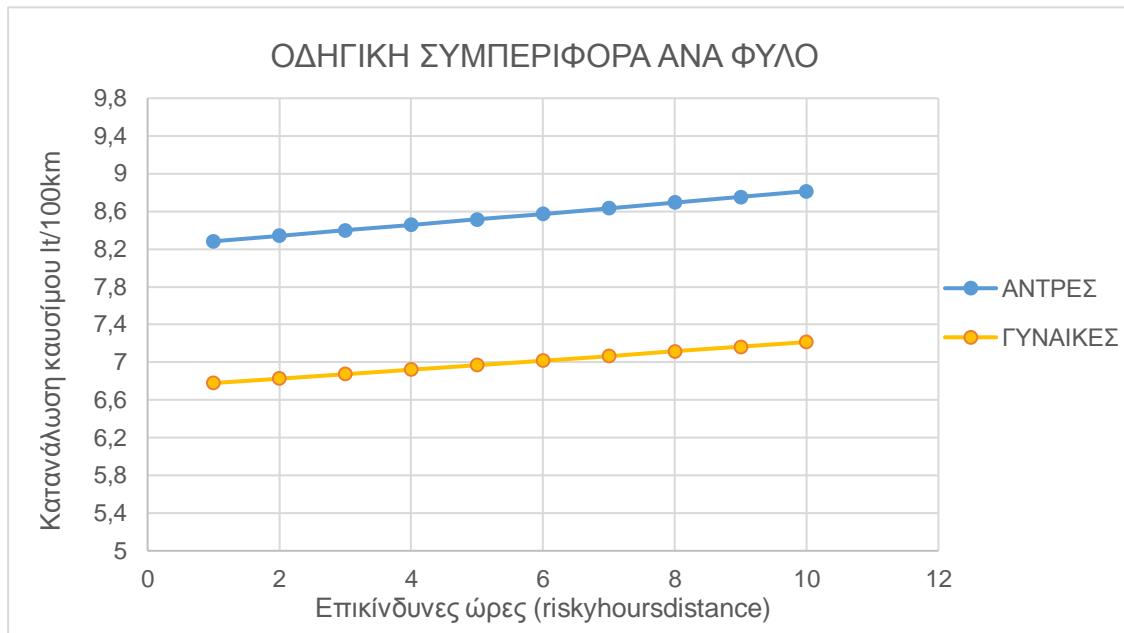
Διάγραμμα 5.5.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της μέσης ταχύτητας ανάλογα με το μορφωτικό επίπεδο



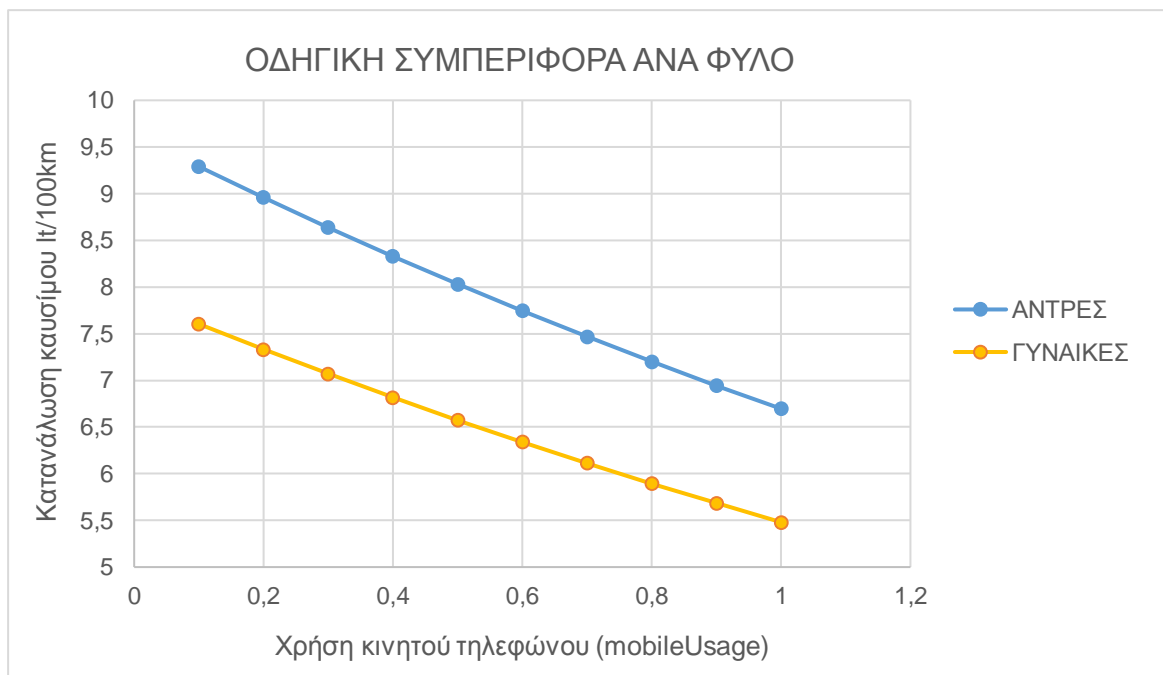
Διάγραμμα 5.6.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της μέσης ταχύτητας ανάλογα με το φύλο πριν και μετά την αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά



Διάγραμμα 5.7.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της μέσης επιβράδυνσης ανάλογα με το φύλο



Διάγραμμα 5.8.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της οδήγησης κατά τις επικίνδυνες ώρες ανάλογα με το φύλο



Διάγραμμα 5.9.: Μεταβολή της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της χρήσης κινητού τηλεφώνου ανάλογα με το φύλο

Συνολικός σχολιασμός διαγραμμάτων

Διαπιστώνεται ότι σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, όποια μεταβλητή και αν αλλάξει, προκύπτουν καμπύλες σχεδόν παράλληλες. Όσο **αυξάνεται η μέση ταχύτητα, οι απότομες επιταχύνσεις, η μέση επιβράδυνση** αλλά και η οδήγηση κατά τις επικίνδυνες ώρες τόσο **αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου**. Η διαφορά των καμπύλων μεγαλώνει, όσο αυξάνεται η τιμή της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής. Η μόνη περίπτωση που κάτι τέτοιο **δεν συμβαίνει** είναι στο διάγραμμα μεταβολής της κατανάλωσης καυσίμου συναρτήσει της χρήσης κινητού τηλεφώνου. Οι δύο σχεδόν παράλληλες καμπύλες έχουν πτωτική τάση. Η διαφορά των καμπύλων μειώνεται, όσο αυξάνεται η τιμή της εκάστοτε ανεξάρτητης μεταβλητής.

Επιπροσθέτως, σε όλα τα διαγράμματα επιβεβαιώθηκε ο ισχυρισμός που είχε αναφερθεί σε προηγούμενο εδάφιο ότι οι γυναίκες οδηγούν πιο προσεκτικά και πιο οικολογικά σε σχέση με τους άνδρες οι οποίοι φαίνεται να οδηγούν πιο επιθετικά, καταναλώνοντας περισσότερα καύσιμα. Μάλιστα, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι άνδρες οδηγοί μετά τη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς φάνηκε να οδηγούν με πολύ όμοιο τρόπο με αυτόν που ακολουθούσαν οι γυναίκες οδηγοί πριν την αλλαγή συμπεριφοράς τους, κατά το πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας. Με απλά λόγια δηλαδή, οι **«καλοί» άνδρες οδηγοί ταυτίζονται με τις «κακές» γυναίκες οδηγούς**. Τέλος, γίνεται αντιληπτό ότι όσο μεγαλώνει το μορφωτικό επίπεδο των συμμετεχόντων τόσο πιο ευαισθητοποιημένοι χρήστες της οδού γίνονται και υπακούουν πιο εύκολα στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, περιορίζοντας τις άσκοπες σπατάλες καυσίμου.

5.4 Μοντέλο 2: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο

5.4.1 Ανάπτυξη μοντέλου

Έπειτα από **πολλές δοκιμές** ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή την κατανάλωση καυσίμου ($\log(\text{lt}/100\text{km})$) και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- before–after: 0 για το before και 1 για το after. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το before αναφέρεται στην άστατη οδήγηση ενώ το after αφορά στην προσεκτική οδήγηση.
- avgspeed_highway: μέση ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο (km/h)
- harsh acceleration (ha)_highway: αριθμός των απότομων επιταχύνσεων σε αυτοκινητόδρομο
- av_decel_highway: μέση επιβράδυνση σε αυτοκινητόδρομο (km/h/s)
- mobileUsage_highway: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο
- riskyhoursdistance: οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00

- duration: συνολική διάρκεια διαδρομής σε δευτερόλεπτα (s)
- gender: φύλο συμμετεχόντων
- educational_level: μορφωτικό επίπεδο συμμετεχόντων

Οι συσχετίσεις των μεταβλητών και τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια.

		before - after	avgSpeedHighway	ha_highway	av_decel_highway	mobileUsage_highway	riskyhoursdistance	duration	gender	educational_level
before - after	Pearson Correlation	1	-.231 ^{**}	-.223 ^{**}	.364 ^{**}	.285 ^{**}	-.181	.022	-.025	-.179
avgSpeedHighway	Pearson Correlation	-.231 ^{**}	1	.041	.049	-.063	-.046	.028	.115	-.182
ha_highway	Pearson Correlation	-.223 ^{**}	.041	1	-.134	-.041	-.040	.325 ^{**}	-.046	-.003
av_decel_highway	Pearson Correlation	.364 ^{**}	.049	-.134	1	.054	-.017	.037	-.014	.101
mobileUsage_highway	Pearson Correlation	.285 ^{**}	-.063	-.041	.054	1	-.150	.014	.005	-.117
riskyhoursdistance	Pearson Correlation	-.181	-.046	-.040	-.017	-.150	1	-.079	-.098	.067
duration	Pearson Correlation	.022	.028	.325 ^{**}	.037	.014	-.079	1	-.271 ^{**}	-.116
gender	Pearson Correlation	-.025	.115	-.046	-.014	.005	-.098	-.271 ^{**}	1	.099
educational_level	Pearson Correlation	-.179	-.182	-.003	.101	-.117	.067	-.116	.099	1

Πίνακας 5.6.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 2

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.798 ^a	.637	.594	.0699948158

a. Predictors: (Constant), educational_level, ha_highway, riskyhoursdistance, avgSpeedHighway, av_decel_highway, mobileUsage_highway, duration, gender, before - after

Πίνακας 5.7.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 2

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.654	9	.073	14,824	.000 ^b
	Residual	.372	76	.005		
	Total	1,026	85			

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

b. Predictors: (Constant), educational_level, ha_highway, riskyhoursdistance, avgSpeedHighway, av_decel_highway, mobileUsage_highway, duration, gender, before - after

Πίνακας 5.8.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 2

Coefficients^a

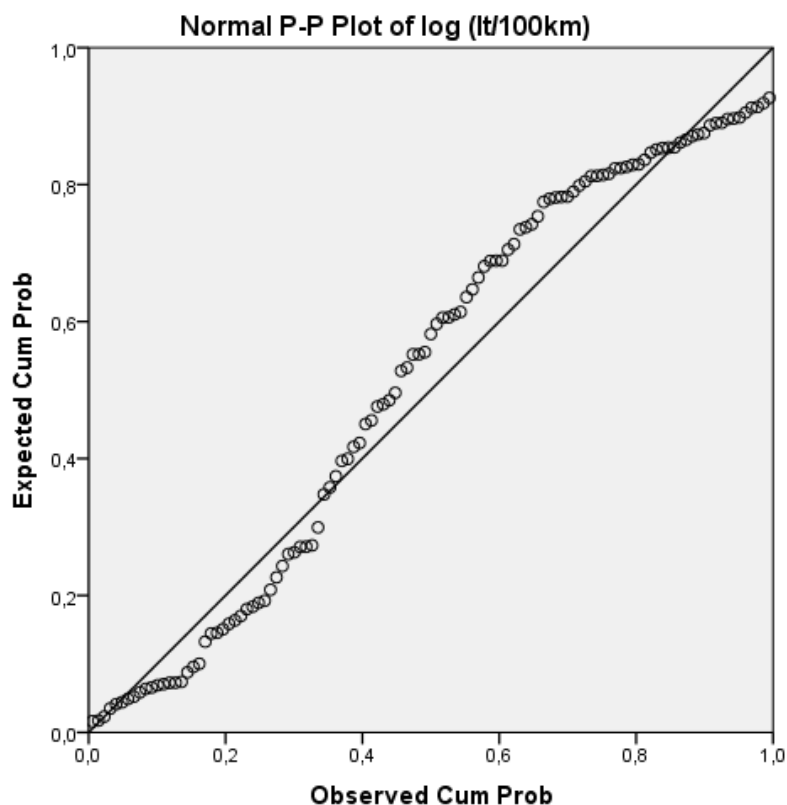
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,413	,088		15,990	,000
	before - after	-,042	,018	-,191	-2,271	,026
	avgSpeedHighway	,001	,000	,150	2,033	,046
	ha_highway	,007	,003	,156	2,072	,042
	av_decel_highway	,021	,010	,155	2,037	,045
	mobileUsage_highway	-,047	,026	-,136	-1,829	,071
	riskyhoursdistance	,002	,001	,151	2,036	,045
	duration	-5,385E-5	,000	-,261	-3,371	,001
	gender	-,114	,020	-,434	-5,607	,000
	educational_level	-,113	,016	-,519	-6,880	,000

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

Πίνακας 5.9.: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 2

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε είναι:

$$\log(\text{lt}/100\text{km}) = 1,413 - 0,042 \cdot \text{before-after} + 0,001 \cdot \text{avgspeed_highway} + 0,007 \cdot \text{ha_highway} + 0,021 \cdot \text{avdecel_highway} - 0,047 \cdot \text{mobileUsage_highway} + 0,002 \cdot \text{riskyhoursdistance} - 0,0000538 \cdot \text{duration} - 0,114 \cdot \text{gender} - 0,113 \cdot \text{educational_level}$$



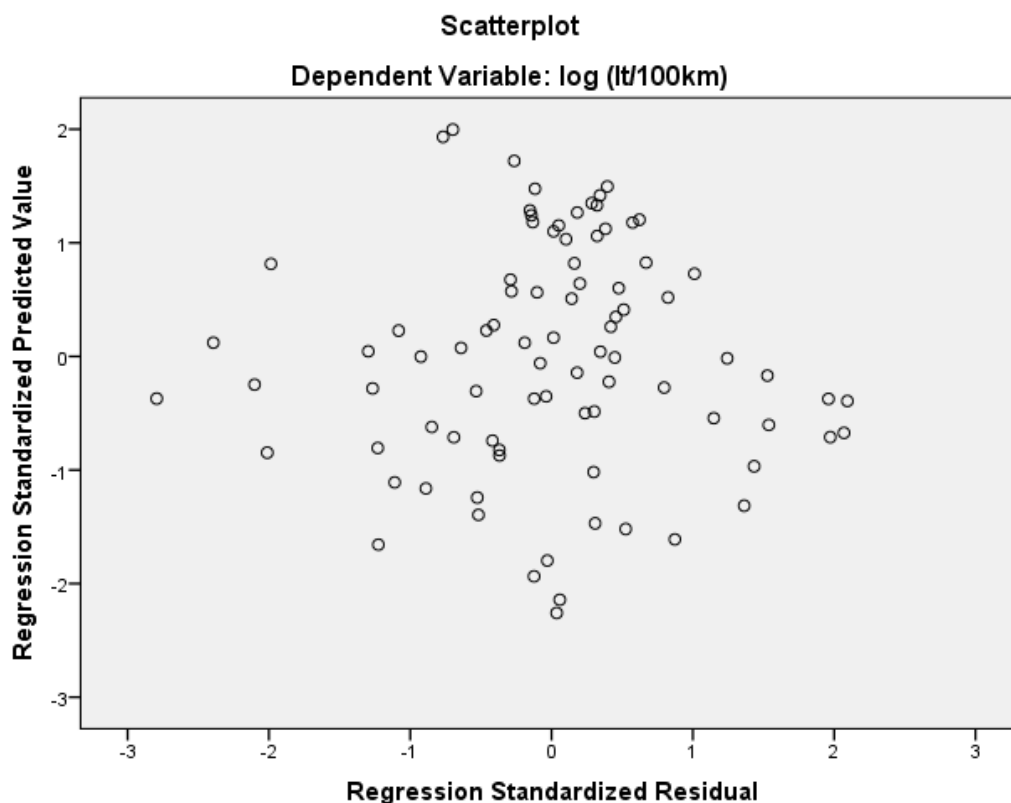
Διάγραμμα 5.10.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 2

5.4.2 Ποιότητα μοντέλου

Στο μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι. Πιο αναλυτικά:

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι αρκετά ικανοποιητικός, ίσος με 0,637
- ✓ Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος από 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή επαληθεύεται
- ✓ Οι σταθεροί όροι (β_i) είναι μικροί
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους εξηγούνται με βάση τη λογική

Ένας ακόμα έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος $zresid$ (Standard Residual), δηλαδή τυπικά σφάλματα και ο άξονας Ψ το μέγεθος $zpred$ (Standard Predicted Value), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου.



Διάγραμμα 5.11.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 2

5.4.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής «before-after» στο μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο εμφανίζεται αρνητικό και ίσο με -0,042. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 και κατ' επέκταση όσο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά των χρηστών, τόσο μειώνεται ο

λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Η αλλαγή του τρόπου οδήγησης, η επίδειξη προσοχής καθώς και η τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της οδήγησης μπορούν εύκολα να επιφέρουν εξοικονόμηση καυσίμου.

- Η μεταβλητή **«avgspeed_highway»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,001 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός σε αυτοκινητόδρομο τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το γεγονός αυτό εξηγείται λογικά καθώς στους αυτοκινητοδρόμους αναπτύσσονται πολύ υψηλές ταχύτητες και πάνω από το 50% της ισχύος η οποία παράγεται από τον κινητήρα δαπανάται για την υπερνίκηση της αντίστασης του αέρα, για την εκτόπιση δηλαδή του αέρα από την πορεία του οχήματος. Επιπλέον, το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται επειδή η τριβή του αυτοκινήτου με τον αέρα που το περιβάλλει αυξάνεται εκθετικά όσο μεγαλύτερες είναι οι ταχύτητες που αναπτύσσονται. Ακόμα, η αντίσταση του αέρα και επομένως η κατανάλωση καυσίμου αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς στις ταχύτητες άνω των 88 km/h.
- Η μεταβλητή **«harsh acceleration (ha)_highway»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,007 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων που αναπτύσσει ο οδηγός σε αυτοκινητόδρομο τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί για να επιταχύνει ο οδηγός πατάει το γκάζι περισσότερο με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ταχύτητα. Με άλλα λόγια όσο υψηλότερες ταχύτητες αναπτύσσονται τόσο μεγαλώνουν και οι απότομες επιταχύνσεις. Το όχημα θα πρέπει να επιταχύνεται σταδιακά και ομοιόμορφα, λόγω του ότι κάθε επιπλέον επιτάχυνση αναγκάζει μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου να εισέρχεται στον κινητήρα.
- Η μεταβλητή **«av_decel_highway»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,021 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση επιβράδυνση που αναπτύσσει ο οδηγός σε αυτοκινητόδρομο τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό είναι λογικό καθώς όσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει ο οδηγός τόσο περισσότερο θα χρειαστεί να επιβραδύνει προκειμένου να επαναφέρει την οδηγική του κατάσταση σε περίπτωση αναπάντεχου γεγονότος. Μάλιστα αξίζει να αναφερθεί ότι τα απότομα φρεναρίσματα μετά από υψηλές ταχύτητες επιταχύνουν τη φθορά στα τακάκια των φρένων και στις δισκόπλακες.
- Η μεταβλητή **«mobileUsage_highway»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,047 που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι η χρήση του κινητού τηλεφώνου αποσπά την προσοχή του οδηγού και είναι αλλού συγκεντρωμένος με αποτέλεσμα να μειώνει και την ταχύτητα του.

- Η μεταβλητή **«riskyhoursdistance»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,002 που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο χρήστης οδηγεί κατά τις επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00 σε αυτοκινητόδρομο, τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι χρήστες οδηγούν κατά τις επικίνδυνες ώρες παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου.
- Η μεταβλητή **«duration»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,0000538 που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο τόσο μειώνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό είναι λογικό καθώς ο οδηγός έχει περισσότερο χρόνο (απόσταση) για να προσαρμοστεί και να εξοικειωθεί με τις συνθήκες του συγκεκριμένου οδικού περιβάλλοντος. Μάλιστα διατηρεί σταθερή την ταχύτητα του οχήματος για μεγάλο χρονικό διάστημα μειώνοντας έτσι τον αριθμό των απότομων συμβάντων.
- Η διακριτή μεταβλητή **«gender»** εμφανίζεται στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο με αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,114, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής αυτής, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το αρνητικό πρόσημο, σε αυτή την περίπτωση, δηλώνει ότι οι γυναίκες (τιμή 2 της μεταβλητής) παρουσιάζουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου από εκείνη των ανδρών (τιμή 1 της μεταβλητής). Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, που διαχωρίζουν τα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να θεωρούνται πιο επιφυλακτικές και να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες.
- Η μεταβλητή **«educational_level»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,113 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται το μορφωτικό επίπεδο των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Με άλλα λόγια παρατηρείται ότι όσο πιο μικρό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι νεαροί οδηγοί συνήθως παρουσιάζουν μια πιο ριψοκίνδυνη οδηγική συμπεριφορά και αναπτύσσουν ιλιγγιώδεις ταχύτητες σε αυτοκινητοδρόμους σε αντίθεση με τους πιο μορφωμένους χρήστες της οδού οι οποίοι υιοθετούν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά και είναι ικανοί να τηρούν τα όρια ταχύτητας και να συνετίζονται στους κανονισμούς.

5.4.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 2

Στον πίνακα που ακολουθεί, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη τόσο για συνεχείς όσο και για διακριτές μεταβλητές.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστές β _i	t	Ελαστικότητα ε _i	Σχετική επιρροή ε _i *
before - after	-,042	-2,271	-0,012	1,696
avgSpeed_highway	,001	2,033	0,105	14,756
ha_highway	,007	2,072	0,028	3,900
av_decel_highway	,021	2,037	0,024	3,313
mobileUsage_highway	-,047	-1,829	-0,007	1,000
riskyhoursdistance	,002	2,036	0,029	4,074
duration	-5,385E-05	-3,371	-0,082	11,432
gender	-,114	-5,607	-0,031	4,299
educational_level	-,113	-6,880	-0,026	3,585

Πίνακας 5.10.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο, εξάγονται οι παρατηρήσεις:

- Η επιρροή της μεταβλητής «**avgSpeed_highway**» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα της μέσης ταχύτητας στο δείκτη συνολικής επίδοσης και στην κατανάλωση καυσίμου. Η μέση ταχύτητα φαίνεται ότι επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου στον αυτοκινητόδρομο περισσότερο από κάθε άλλη μεταβλητή, διότι σε αυτόν τον τύπο οδού οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι ιδιαίτερα υψηλές. Η τιμή της επιρροής είναι 0,105.
- Η μεταβλητή «**before-after**» εμφανίζει αρκετά μικρή επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα, σε σχέση με την μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 8,7 φορές λιγότερο ενώ η τιμή της είναι πολύ κοντά στην τιμή της μικρότερης επιρροής.
- Η επιρροή της μεταβλητής «**harsh acceleration (ha)_highway**» είναι 3,78 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεγαλύτερη επιρροή και 3,9 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή «mobileUsage_highway».
- Η επιρροή της μεταβλητής «**av_decel_highway**» είναι 3,3 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή και 4,45 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «avgSpeed_highway».
- Η μεταβλητή «**mobileUsage_highway**» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο. Συγκεκριμένα, σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 14,76 φορές λιγότερο.

Στον αυτοκινητόδρομο οι χρήστες δεν χρησιμοποιούν πολύ το κινητό τους τηλέφωνο διότι απαιτείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έργο της οδήγησης.

- Η επιρροή της μεταβλητής «**riskyhoursdistance**» είναι 3,6 φορές μικρότερη σε σχέση με τη μεγαλύτερη επιρροή και 4 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «mobileUsage_highway».
- Η επιρροή της μεταβλητής «**duration**» είναι η δεύτερη μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές και είναι μόνο 1,29 φορές μικρότερη σε σχέση με τη μεγαλύτερη επιρροή. Μάλιστα, είναι 11,4 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «mobileUsage_highway».
- Η μεταβλητή «**gender**» είναι η τρίτη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο 2 κατανάλωσης καυσίμου εμφανίζοντας επιρροή 4,3 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη μεταβλητή.
- Η μεταβλητή «**educational_level**» είναι 3,6 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή και 4,11 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «avgSpeed_highway».

5.5 Μοντέλο 3: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό

5.5.1 Ανάπτυξη μοντέλου

Μετά από **αρκετές δοκιμές** ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου σε υπεραστική οδό προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή την κατανάλωση καυσίμου ($\log(lt/100km)$) και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- before–after: 0 για το before και 1 για το after. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το before αναφέρεται στην άστατη οδήγηση ενώ το after αφορά στην προσεκτική οδήγηση.
- avgspeed_rural: μέση ταχύτητα σε υπεραστική οδό (km/h)
- harsh acceleration (ha)_ rural: αριθμός των απότομων επιταχύνσεων σε υπεραστική οδό
- av_decel_rural: μέση επιβράδυνση σε υπεραστική οδό (km/h/s)
- mobileUsage_rural: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε υπεραστική οδό
- riskyhoursdistance: οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00
- gender: φύλο συμμετεχόντων
- educational_level: μορφωτικό επίπεδο συμμετεχόντων
- years_driving: έτη οδήγησης συμμετεχόντων

Οι συσχετίσεις των μεταβλητών και τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια.

		before - after	avgSpeedRural	ha_rural	av_decel_rural	mobileUsage_rural	riskyhoursdistance	gender	educational_level	years_drv
before - after	Pearson Correlation	1	-.577**	-.167	.528**	-.401**	-.181	-.025	-.179	.170
avgSpeedRural	Pearson Correlation	-.577**	1	.051	-.268**	.303**	.220*	.026	.420**	-.058
ha_rural	Pearson Correlation	-.167	.051	1	-.196*	.283**	-.011	.155	-.066	.063
av_decel_rural	Pearson Correlation	.528**	-.268**	-.196*	1	-.080	-.097	.105	-.231*	-.059
mobileUsage_rural	Pearson Correlation	-.401**	.303**	.283**	-.080	1	.196*	.319**	.169	-.149
riskyhoursdistance	Pearson Correlation	-.181	.220*	-.011	-.097	.196*	1	-.098	.067	-.067
gender	Pearson Correlation	-.025	.026	.155	.105	.319**	-.098	1	.099	.048
educational_level	Pearson Correlation	-.179	.420**	-.066	-.231*	.169	.067	.099	1	.203*
years_drv	Pearson Correlation	.170	-.058	.063	-.059	-.149	-.067	.048	.203*	1

Πίνακας 5.11.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 3

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.810 ^a	.656	.623	.0662919007

a. Predictors: (Constant), years_drv, gender, avgSpeedRural, ha_rural, riskyhoursdistance, av_decel_rural, educational_level, mobileUsage_rural, before - after

Πίνακας 5.12.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 3

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.781	9	.087	19,734	.000 ^b
	Residual	.409	93	.004		
	Total	1,189	102			

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

b. Predictors: (Constant), years_drv, gender, avgSpeedRural, ha_rural, riskyhoursdistance, av_decel_rural, educational_level, mobileUsage_rural, before - after

Πίνακας 5.13.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 3

Coefficients^a

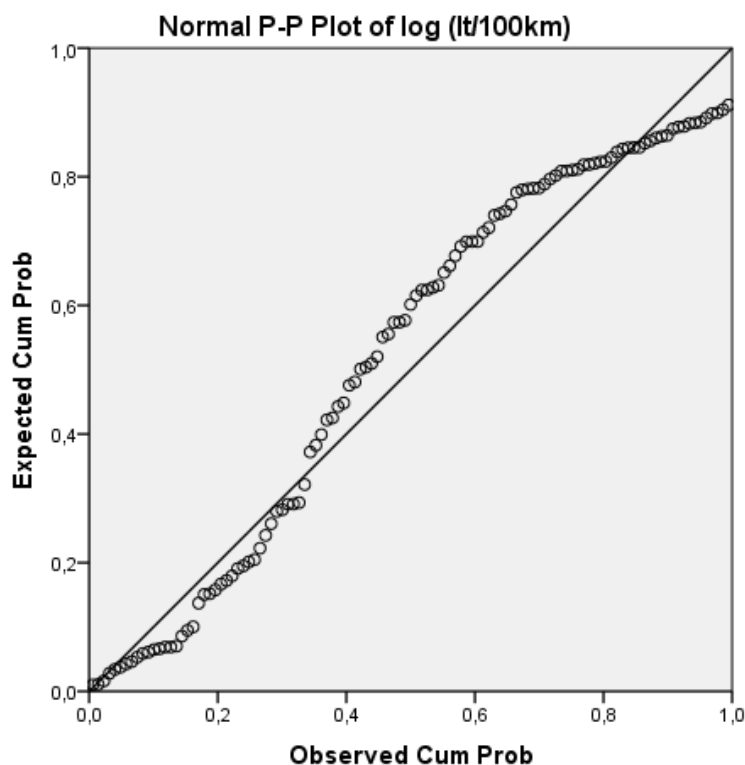
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,371	,063		21,930	,000
	before - after	-,057	,021	-,267	-2,764	,007
	avgSpeedRural	,001	,001	,212	2,496	,014
	ha_rural	,002	,001	,187	2,776	,007
	av_decel_rural	,020	,011	,152	1,910	,059
	mobileUsage_rural	-,149	,057	-,208	-2,630	,010
	riskyhoursdistance	,003	,001	,158	2,465	,016
	gender	-,087	,017	-,344	-5,121	,000
	educational_level	-,107	,014	-,548	-7,500	,000
	years_drv	-,016	,007	-,154	-2,330	,022

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

Πίνακας 5.14.: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 3

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε είναι:

$$\log(\text{lt}/100\text{km}) = 1,371 - 0,057 \cdot \text{before-after} + 0,001 \cdot \text{avgSpeed_rural} + 0,002 \cdot \text{ha_rural} + 0,020 \cdot \text{avdecel_rural} - 0,149 \cdot \text{mobileUsage_rural} + 0,003 \cdot \text{riskyhoursdistance} - 0,087 \cdot \text{gender} - 0,107 \cdot \text{educational_level} - 0,016 \cdot \text{years_drv}$$



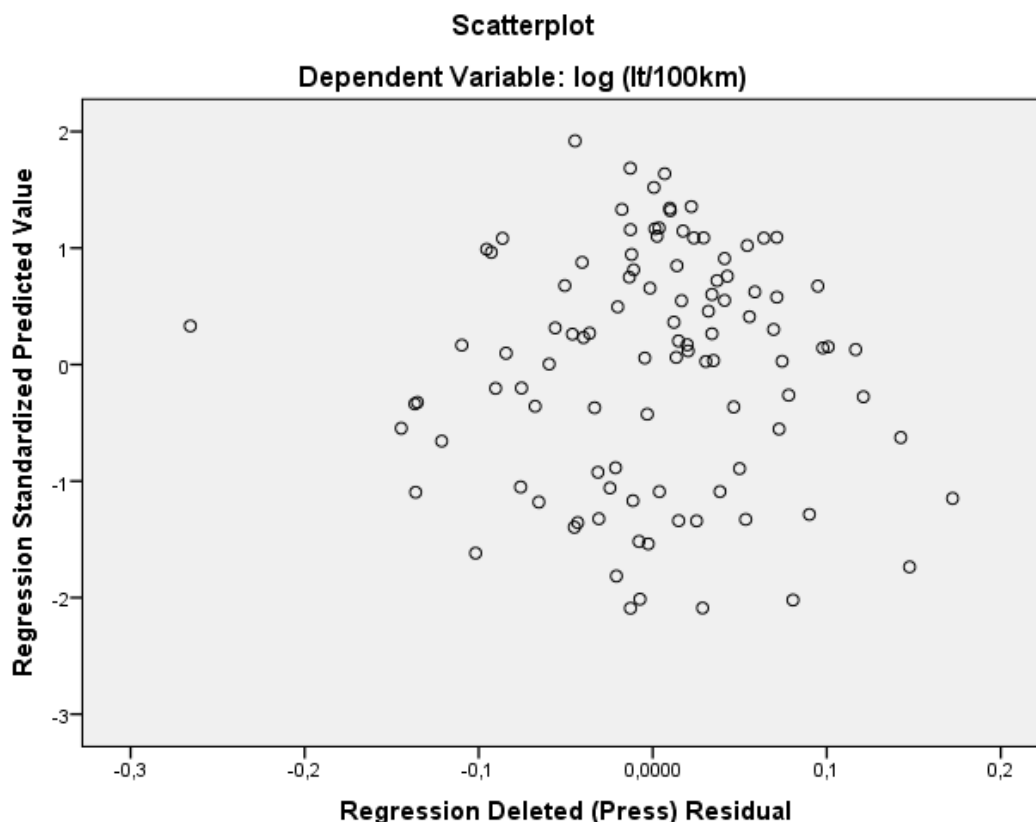
Διάγραμμα 5.12.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 3

5.5.2 Ποιότητα μοντέλου

Στο μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι. Πιο αναλυτικά:

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι πολύ ικανοποιητικός, ίσος με 0,656
- ✓ Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος από 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή επαληθεύεται
- ✓ Οι σταθεροί όροι (β_i) είναι μικροί
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους εξηγούνται με βάση τη λογική

Ένας ακόμα έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας Χ αντιπροσωπεύει το μέγεθος z_{resid} (Standard Residual), δηλαδή τυπικά σφάλματα και ο άξονας Ψ το μέγεθος z_{pred} (Standard Predicted Value), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου.



Διάγραμμα 5.13.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 3

5.5.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής «**before-after**» στο μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό εμφανίζεται αρνητικό και ίσο με $-0,057$. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 και κατ' επέκταση όσο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Η αλλαγή του τρόπου οδήγησης, η επίδειξη προσοχής καθώς και η τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της οδήγησης μπορούν εύκολα να επιφέρουν εξοικονόμηση καυσίμου.
- Η μεταβλητή «**avgspeed_rural**» έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,001$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός σε υπεραστική οδό τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται επειδή η τριβή του αυτοκινήτου με τον αέρα που το περιβάλλει αυξάνεται εκθετικά όσο πιο πολύ μεγαλώνει η μέση ταχύτητα. Με λίγα λόγια απαιτείται περισσότερο καύσιμο για να "περάσουμε" το αυτοκίνητό μας από τον ολοένα και πιο πυκνό αέρα.
- Η μεταβλητή «**harsh acceleration (ha)_rural**» έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,002$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων που αναπτύσσει ο οδηγός σε υπεραστική οδό τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί για να επιταχύνει ο οδηγός πατάει το γκάζι περισσότερο με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ταχύτητα. Το όχημα θα πρέπει να επιταχύνεται σταδιακά και ομοιόμορφα, λόγω του ότι κάθε επιπλέον επιτάχυνση αναγκάζει μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου να εισέρχεται στον κινητήρα.
- Η μεταβλητή «**av_decel_rural**» έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,020$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση επιβράδυνση που αναπτύσσει ο οδηγός σε υπεραστική οδό τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό ενδεχομένως συμβαίνει γιατί η αύξηση της μέσης επιβράδυνσης οφείλεται στην αυξομείωση της ταχύτητας και κατά συνέπεια όσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει ο οδηγός τόσο περισσότερο θα χρειαστεί να επιβραδύνει προκειμένου να επαναφέρει την οδηγική του κατάσταση σε περίπτωση αναπάντεχου γεγονότος.
- Η μεταβλητή «**mobileUsage_rural**» έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με $-0,149$ που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε υπεραστική οδό, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το γεγονός αυτό εξηγείται με τη λογική διότι όταν ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο ενώ οδηγεί αποσπάται η προσοχή του και αποσυντονίζεται με αποτέλεσμα να μειώνει και την ταχύτητα του και να μην είναι αφοσιωμένος πλήρως στο έργο της οδήγησης.

- Η μεταβλητή **«riskyhoursdistance»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,003 που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο χρήστης οδηγεί κατά τις επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00 σε υπεραστική οδό, τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι χρήστες οδηγούν κατά τις επικίνδυνες ώρες παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεγαλώνουν και τα απότομα φρεναρίσματα και οι επιταχύνσεις σε περίπτωση εμφάνισης εμποδίου ή απόκλισης από την πορεία.
- Η διακριτή μεταβλητή **«gender»** εμφανίζεται στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό με αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,087, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής αυτής, μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το αρνητικό πρόσημο, σε αυτή την περίπτωση, δηλώνει ότι οι γυναίκες (τιμή 2 της μεταβλητής) παρουσιάζουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου από εκείνη των ανδρών (τιμή 1 της μεταβλητής). Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, που διαχωρίζουν τα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να θεωρούνται πιο επιφυλακτικές και να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες.
- Η μεταβλητή **«educational_level»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,107 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται το μορφωτικό επίπεδο των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Με άλλα λόγια παρατηρείται ότι όσο πιο μικρό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι νεαροί οδηγοί συνήθως παρουσιάζουν μια πιο ριψοκίνδυνη οδηγική συμπεριφορά σε αντίθεση με τους πιο μορφωμένους χρήστες της οδού οι οποίοι υιοθετούν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά.
- Η μεταβλητή **«years_drv»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,016 που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η οδηγική εμπειρία των χρηστών τόσο μειώνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό είναι λογικό καθώς σε σύγκριση με τους άπειρους οδηγούς, οι έμπειροι χρήστες της οδού μπορούν να εξοικονομήσουν καύσιμα λόγω δεξιότητας. Μάλιστα, οι νέοι οδηγοί εντοπίζουν λιγότερα προβλήματα αλλά και τα αντιλαμβάνονται αργότερα από τους πεπειραμένους.

5.5.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 3

Στον πίνακα που ακολουθεί, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη τόσο για συνεχείς όσο και για διακριτές μεταβλητές.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστές βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*
before - after	-,057	-2,764	-,008	1,000
avgSpeedRural	,001	2,496	,046	5,510
ha_rural	,002	2,776	,050	6,095
av_decel_rural	,020	1,910	,042	5,126
mobileUsage_rural	-,149	-2,630	-,038	4,646
riskyhoursdistance	,003	2,465	,030	3,660
gender	-,087	-5,121	-,026	3,181
educational_level	-,107	-7,500	-,026	3,108
years_drv	-,016	-2,330	-,017	2,000

Πίνακας 5.15.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για υπεραστική οδό

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό, για τον δείκτη συνολικής επίδοσης παρατηρείται:

- Η επιρροή της μεταβλητής «**harsh acceleration (ha)_rural**» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα του αριθμού των απότομων επιταχύνσεων σε υπεραστική οδό, στο δείκτη συνολικής επίδοσης και στην κατανάλωση καυσίμου. Η τιμή της επιρροής είναι 0,050.
- Η μεταβλητή «**before–after**» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο για υπεραστική οδό. Συγκεκριμένα, σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 6 φορές λιγότερο.
- Η επιρροή της μεταβλητής «**avgSpeed_rural**» είναι 1,1 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεγαλύτερη επιρροή και 5,5 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή «before–after».
- Η επιρροή της μεταβλητής «**av_decel_rural**» είναι 5,1 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή και 1,2 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «harsh acceleration (ha)_rural».
- Η μεταβλητή «**mobileUsage_rural**» εμφανίζει επιρροή 4,65 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή του μοντέλου.
- Η επιρροή της μεταβλητής «**riskyhoursdistance**» είναι 3,66 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή και 1,66 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «harsh acceleration (ha)_rural».
- Η μεταβλητή «**gender**» είναι 3,2 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη μεταβλητή.
- Η μεταβλητή «**educational_level**» εμφανίζει πολύ όμοια συμπεριφορά με τη μεταβλητή «gender» καθώς είναι 3,1 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή του μοντέλου.

- Η μεταβλητή «**years_drv**» εμφανίζει μικρή επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα, σε σχέση με την μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 3 φορές λιγότερο ενώ η τιμή της είναι 2 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με εκείνη της μικρότερης επιρροής.

5.6 Μοντέλο 4: Πρόβλεψη κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό

5.6.1 Ανάπτυξη μοντέλου

Μετά από **αρκετές δοκιμές** ως το καλύτερο μοντέλο για να εκφραστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου σε αστική οδό προέκυψε ότι είναι εκείνο με εξαρτημένη μεταβλητή την κατανάλωση καυσίμου ($\log(lt/100km)$) και ανεξάρτητες μεταβλητές:

- before–after: 0 για το before και 1 για το after. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το before αναφέρεται στην άστατη οδήγηση ενώ το after αφορά στην προσεκτική οδήγηση.
- avgSpeed_urban: μέση ταχύτητα σε αστική οδό (km/h)
- harsh acceleration (ha)_urban: αριθμός των απότομων επιταχύνσεων σε αστική οδό
- av_decel_urban: μέση επιβράδυνση σε αστική οδό (km/h/s)
- mobileUsage_urban: ποσοστό χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αστική οδό
- riskyhoursdistance: οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00
- gender: φύλο συμμετεχόντων
- educational_level: μορφωτικό επίπεδο συμμετεχόντων
- years_driving: έτη οδήγησης συμμετεχόντων

Οι συσχετίσεις των μεταβλητών και τα αποτελέσματα για την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο φαίνονται στη συνέχεια.

		before - after	avgSpeedUrban	ha_urban	av_decel_urban	mobileUsage_urban	riskyhoursdistance	gender	educational_level	years_drv
before - after	Pearson Correlation	1	-.379	-.288	.597	-.599	-.181	-.025	-.179	.170
avgSpeedUrban	Pearson Correlation	-.379	1	-.138	-.161	.410	.368	.147	.148	-.203
ha_urban	Pearson Correlation	-.288	-.138	1	-.579	.091	-.042	-.062	.101	.273
av_decel_urban	Pearson Correlation	.597	-.161	-.579	1	-.360	-.208	.005	-.152	.004
mobileUsage_urban	Pearson Correlation	-.599	.410	.091	-.360	1	.224	.135	.170	-.130
riskyhoursdistance	Pearson Correlation	-.181	.368	-.042	-.208	.224	1	-.098	.067	-.067
gender	Pearson Correlation	-.025	.147	-.062	.005	.135	-.098	1	.099	.048
educational_level	Pearson Correlation	-.179	.148	.101	-.152	.170	.067	.099	1	.203
years_drv	Pearson Correlation	.170	-.203	.273	.004	-.130	-.067	.048	.203	1

Πίνακας 5.16.: Συσχετίσεις ανεξάρτητων μεταβλητών – Μοντέλο 4

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,839 ^a	,704	,675	,0616190281

a. Predictors: (Constant), years_drv, gender, av_decel_urban, riskyhoursdistance, educational_level, mobileUsage_urban, avgSpeedUrban, ha_urban, before - after

Πίνακας 5.17.: Περίληψη μοντέλου (Model Summary) – Μοντέλο 4

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,829	9	,092	24,263	,000 ^b
	Residual	,349	92	,004		
	Total	1,178	101			

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

b. Predictors: (Constant), years_drv, gender, av_decel_urban, riskyhoursdistance, educational_level, mobileUsage_urban, avgSpeedUrban, ha_urban, before - after

Πίνακας 5.18.: Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) – Μοντέλο 4

Coefficients^a

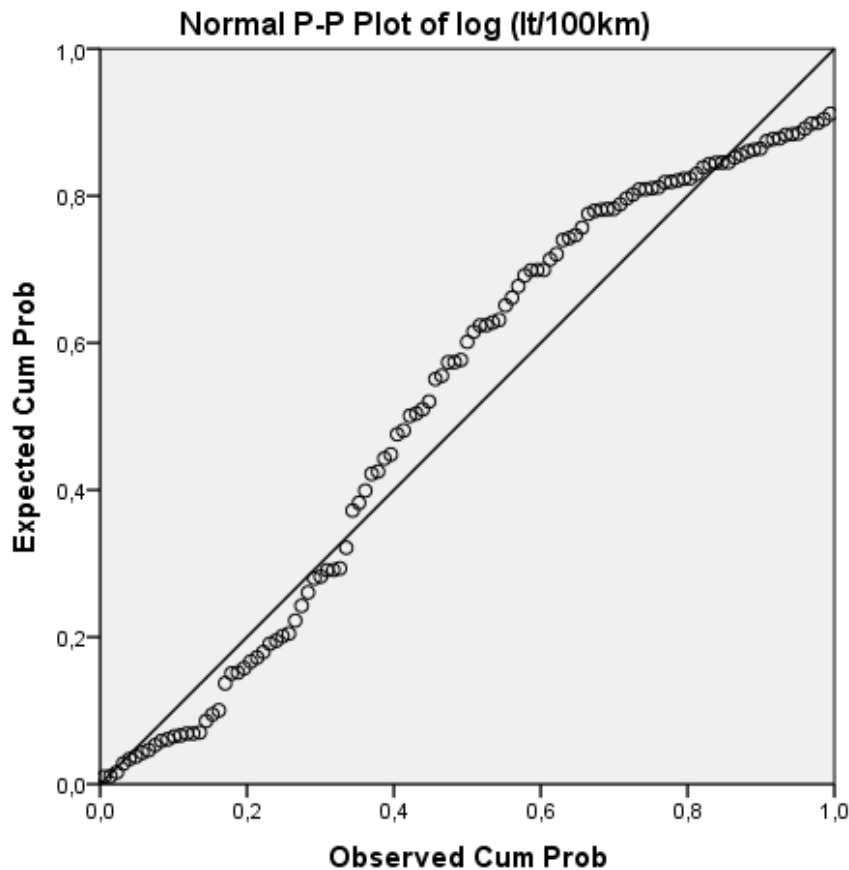
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,365	,061		22,210	,000
	before - after	-,056	,020	-,262	-2,868	,005
	avgSpeedUrban	,002	,001	,234	3,267	,002
	ha_urban	,002	,000	,411	5,398	,000
	av_decel_urban	,043	,015	,257	2,907	,005
	mobileUsage_urban	-,079	,045	-,131	-1,736	,086
	riskyhoursdistance	,003	,001	,160	2,498	,014
	gender	-,091	,015	-,357	-5,995	,000
	educational_level	-,102	,012	-,526	-8,495	,000
	years_drv	-,024	,007	-,233	-3,634	,000

a. Dependent Variable: log (lt/100km)

Πίνακας 5.19.: Μεταβλητές στην εξίσωση (Variables in the Equation) – Μοντέλο 4

Η μαθηματική σχέση του μοντέλου που προέκυψε είναι:

$$\log(It/100km) = 1,365 - 0,056*before-after + 0,002*avgspeed_urban + 0,002*ha_urban + 0,043*avdecel_urban - 0,079*mobileUsage_urban + 0,003*riskyhoursdistance - 0,091*gender - 0,102*educational_level - 0,024*years_drv$$



Διάγραμμα 5.14.: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος για το Μοντέλο 4

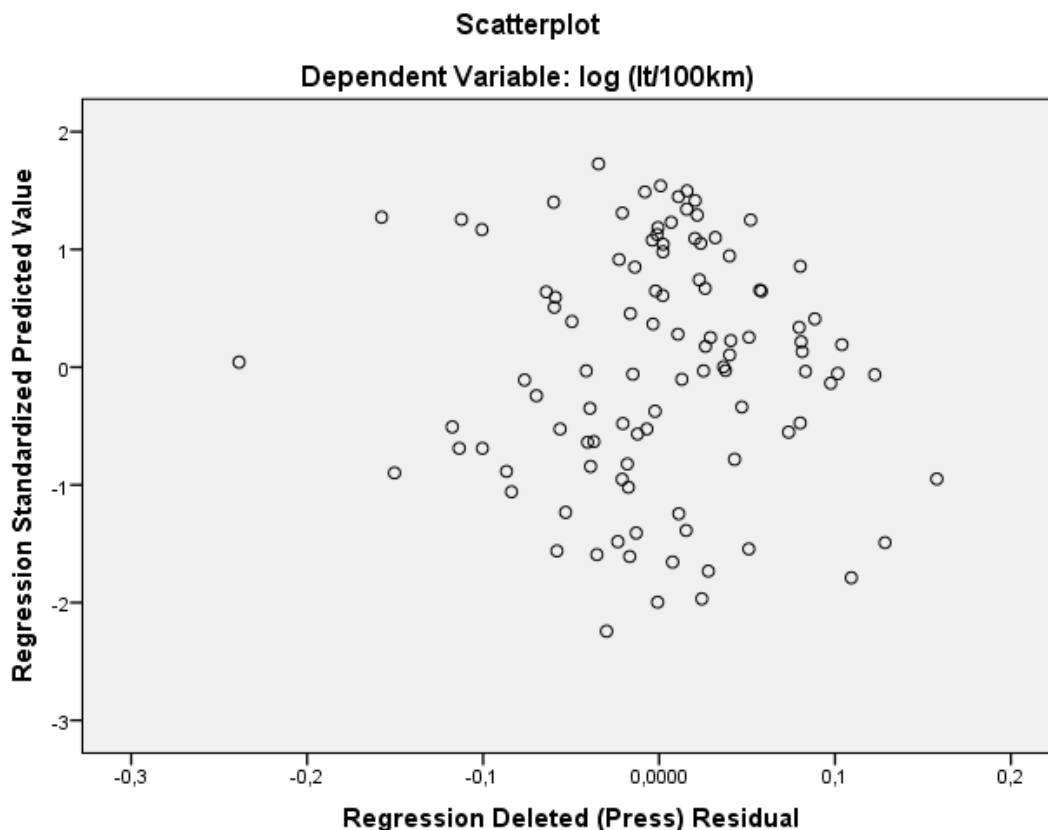
5.6.2 Ποιότητα μοντέλου

Στο μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω τηρούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι. Πιο αναλυτικά:

- ✓ Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 είναι ιδιαίτερος ικανοποιητικός, ίσος με 0,704
- ✓ Ο έλεγχος του t να είναι μεγαλύτερος από 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή επαληθεύεται
- ✓ Οι σταθεροί όροι (β_i) είναι μικροί
- ✓ Οι μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο καθώς και τα πρόσημα τους εξηγούνται με βάση τη λογική

Ένας ακόμα έλεγχος είναι εκείνος που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου ο άξονας X αντιπροσωπεύει το μέγεθος zresid (Standard Residual),

δηλαδή τυπικά σφάλματα και ο άξονας Ψ το μέγεθος z_{pred} (Standard Predicted Value), δηλαδή τις προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου.



Διάγραμμα 5.15.: Συσχέτιση και διασπορά σφαλμάτων στο Μοντέλο 4

5.6.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων μοντέλου

Από τους συντελεστές του παραπάνω μαθηματικού μοντέλου προκύπτει μια σειρά από ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις.

- Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής **«before-after»** στο μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό εμφανίζεται αρνητικό και ίσο με $-0,056$. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 και κατ' επέκταση όσο βελτιώνεται η οδηγική συμπεριφορά των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Η αλλαγή του τρόπου οδήγησης, η επίδειξη προσοχής καθώς και η τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της οδήγησης μπορούν εύκολα να επιφέρουν εξοικονόμηση καυσίμου.
- Η μεταβλητή **«avgspeed_urban»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με $0,002$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα που αναπτύσσει ο οδηγός σε αστική οδό τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Ενδεχομένως αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι οδηγοί πολλές φορές υπερβαίνουν το όριο ταχύτητας σε αστική οδό και αναπτύσσουν μεγάλη

ταχύτητα για να φτάσουν πιο γρήγορα στον προορισμό τους και να μην καθυστερούν εξαιτίας της αυξημένης κίνησης και του κυκλοφοριακού φόρτου που παρουσιάζεται ιδιαίτερα τις ώρες αιχμής. Όμως σε αυτό το σημείο είναι επιτακτική ανάγκη να τονιστεί πως καταρρίπτεται η λανθασμένη εντύπωση πως εάν «πατήσουμε» το γκάζι λίγο παραπάνω περιορίζεται ο χρόνος της μετακίνησης. Είναι αποδεδειγμένο ότι η παρουσία σηματοδότησης και διασταυρώσεων δεν επιτρέπει τη μείωση του χρόνου μετακίνησης στην πόλη, ακόμη κι αν αυξηθεί η ταχύτητα του αυτοκινήτου.

- Η μεταβλητή **«harsh acceleration (ha)_urban»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,002 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των απότομων επιταχύνσεων που αναπτύσσει ο οδηγός σε αστική οδό τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει γιατί όσο αυξάνεται η μέση ποσοστιαία υπέρβαση του ορίου ταχύτητας στο αστικό περιβάλλον τόσο αυξάνονται οι απότομες εκκινήσεις και επιταχύνσεις. Οι συχνές στάσεις που εκτελούνται στην πόλη λόγω σηματοδότησης, διασταυρώσεων κλπ., ωθούν τους οδηγούς να είναι περισσότερο νευρικοί και να πατάνε το γκάζι πολύ βίαια και απότομα. Άλλωστε όσο πιο πολλές απότομες επιταχύνσεις εκτελούνται τόσο περισσότερες εκρήξεις γίνονται στον κινητήρα και δαπανάται περισσότερη ενέργεια ώστε να μετατραπεί σε κινητική, πράγμα που σημαίνει αυτομάτως άσκοπη σπατάλη καυσίμου.
- Η μεταβλητή **«av_decel_urban»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,043 που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μέση επιβράδυνση που αναπτύσσει ο οδηγός σε αστική οδό τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό πιθανόν συμβαίνει διότι ένα όχημα επιβραδύνει όταν μπροστά του υπάρχουν εμπόδια, δηλαδή ή φωτεινός σηματοδότης με ένδειξη κόκκινο ή οχήματα που σχηματίζουν ουρές. Είναι προφανές πως στην πόλη όπου τα εμπόδια που εμφανίζονται είναι πολύ περισσότερα από κάθε άλλο τύπο οδού, η μέση επιβράδυνση είναι αρκετά υψηλή όταν η οδήγηση είναι άστατη και καθόλου οικολογική προς το περιβάλλον.
- Η μεταβλητή **«mobileUsage_urban»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με -0,079 που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της οδήγησης σε αστική οδό, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το γεγονός αυτό εξηγείται με τη λογική διότι όταν ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο ενώ οδηγεί αποσπάται η προσοχή του και αποσυντονίζεται με αποτέλεσμα να μειώνει και την ταχύτητα του και να μην είναι αφοσιωμένος πλήρως στο έργο της οδήγησης.
- Η μεταβλητή **«riskyhoursdistance»** έχει θετικό πρόσημο και ίσο με 0,003 που σημαίνει ότι όσο περισσότερο ο χρήστης οδηγεί κατά τις επικίνδυνες ώρες από τις 22:00 μέχρι τις 05:00 σε αστική οδό, τόσο αυξάνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να

ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι συμμετέχοντες οδηγούν στο αστικό περιβάλλον κατά τις επικίνδυνες ώρες ενδεχομένως να έχουν πιο «νευρική» συμπεριφορά, πιθανώς λόγω της μειωμένης ορατότητας, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να διατηρήσουν σταθερή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Επιπλέον, παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεγαλώνουν και τα απότομα φρεναρίσματα και οι επιταχύνσεις σε περίπτωση εμφάνισης εμποδίου.

- Η διακριτή μεταβλητή **«gender»** εμφανίζεται στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό με αρνητικό πρόσημο και ίσο με $-0,091$, που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής αυτής, μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Το αρνητικό πρόσημο, σε αυτή την περίπτωση, δηλώνει ότι οι γυναίκες (τιμή 2 της μεταβλητής) παρουσιάζουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου από εκείνη των ανδρών (τιμή 1 της μεταβλητής). Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, που διαχωρίζουν τα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να θεωρούνται πιο επιφυλακτικές και να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες.
- Η μεταβλητή **«educational_level»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με $-0,102$ που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται το μορφωτικό επίπεδο των χρηστών, τόσο μειώνεται ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Με άλλα λόγια παρατηρείται ότι όσο πιο μικρό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι νεαροί οδηγοί συνήθως παρουσιάζουν μια πιο ριψοκίνδυνη οδηγική συμπεριφορά σε αντίθεση με τους πιο μορφωμένους χρήστες της οδού οι οποίοι υιοθετούν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά.
- Η μεταβλητή **«years_drv»** έχει αρνητικό πρόσημο και ίσο με $-0,024$ που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η οδηγική εμπειρία των χρηστών τόσο μειώνεται και ο λογάριθμος της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό είναι λογικό καθώς σε σύγκριση με τους άπειρους οδηγούς, οι έμπειροι χρήστες της οδού μπορούν να εξοικονομήσουν καύσιμα λόγω δεξιότητας. Επιπλέον, οι περισσότεροι νέοι οδηγοί είναι άτομα νεαρής ηλικίας και μερικοί από αυτούς τείνουν να οδηγούν απερίσκεπτα. Συχνά οδηγούν πολύ γρήγορα και φρενάρουν πολύ αργά και απότομα.

5.6.4 Σχετική επιρροή των μεταβλητών στο Μοντέλο 4

Στον πίνακα που ακολουθεί, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη τόσο για συνεχείς όσο και για διακριτές μεταβλητές.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Συντελεστές β _i	t	Ελαστικότητα ε _i	Σχετική επιρροή ε _i *
before - after	-,056	-2,868	-,007	1,000
avgSpeedUrban	,002	3,267	,030	4,596
ha_urban	,002	5,398	,116	17,736
av_decel_urban	,043	2,907	,106	16,286
mobileUsage_urban	-,079	-1,736	-,026	3,983
riskyhoursdistance	,003	2,498	,035	5,371
gender	-,091	-5,995	-,024	3,733
educational_level	-,102	-8,495	-,023	3,550
years_drv	-,024	-3,634	-,016	2,411

Πίνακας 5.20.: Ελαστικότητες και σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο για αστική οδό

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό, για τον δείκτη συνολικής επίδοσης παρατηρείται:

- Η επιρροή της μεταβλητής «**harsh acceleration (ha)_urban**» είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές. Αυτό δείχνει τη σημαντικότητα του αριθμού των απότομων επιταχύνσεων σε αστική οδό, στο δείκτη συνολικής επίδοσης και στην κατανάλωση καυσίμου. Η τιμή της επιρροής είναι 0,116.
- Η μεταβλητή «**before–after**» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο για αστική οδό. Συγκεκριμένα, σε σχέση με τη μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 17,7 φορές λιγότερο.
- Η επιρροή της μεταβλητής «**avgSpeed_urban**» είναι 3,86 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεγαλύτερη επιρροή και 4,6 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή «before–after».
- Η μεταβλητή «**av_decel_urban**» παρουσιάζει τη δεύτερη μεγαλύτερη επιρροή στο μοντέλο και μάλιστα η τιμή της είναι ιδιαίτερα υψηλή και προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό την επιρροή της μεταβλητής «harsh acceleration (ha)_urban». Συγκεκριμένα, είναι 16,3 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή και 1 φορά μικρότερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «harsh acceleration (ha)_urban».
- Η μεταβλητή «**mobileUsage_urban**» εμφανίζει επιρροή 4 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή του μοντέλου.
- Η επιρροή της μεταβλητής «**riskyhoursdistance**» είναι 5,37 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή και 3,3 φορές μικρότερη σε σύγκριση με τη μεταβλητή «harsh acceleration (ha)_urban».
- Η μεταβλητή «**gender**» είναι 3,7 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη μεταβλητή.

- Η μεταβλητή «**educational_level**» εμφανίζει πολύ όμοια συμπεριφορά με τη μεταβλητή «gender» καθώς είναι 3,55 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μικρότερη επιρροή του μοντέλου .
- Η μεταβλητή «**years_drv**» εμφανίζει μικρή επιρροή στο μοντέλο. Συγκεκριμένα, σε σχέση με την μεταβλητή με τη μεγαλύτερη επιρροή, επηρεάζει το μοντέλο 7,35 φορές λιγότερο ενώ η τιμή της είναι 2,4 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με αυτή της μικρότερης επιρροής.

5.7 Συγκριτική ανάλυση μοντέλων

5.7.1 Ποιότητα μοντέλων

Η σύγκριση των μοντέλων οδήγησε στις παρακάτω βασικές παρατηρήσεις:

- ✓ Όλα τα αποτελέσματα των μοντέλων μπορούν να **εξηγηθούν λογικά**, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- ✓ Τα τελικά μοντέλα που παρουσιάζονται παραπάνω είναι τα **βέλτιστα** ως αποτέλεσμα πολλαπλών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και συνεπώς προβλέπουν όσο το δυνατόν καλύτερα την εξαρτημένη μεταβλητή.
- ✓ Όλοι οι **στατιστικοί έλεγχοι** πληρούνται ($\text{Sig} < 0,05$, $R^2 > 0,40$).
- ✓ Η τιμή του **στατιστικού ελέγχου t** να είναι μεγαλύτερη από 1,7 για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή επαληθεύεται.
- ✓ Οι **σταθεροί όροι** (β_i) που εκφράζουν το σύνολο των παραμέτρων που δεν λήφθηκαν υπόψη είναι μικροί.
- ✓ Ο συντελεστής διακύμανσης **δεν ξεπερνάει** το 0,9 κάτι το οποίο θα δήλωνε ότι το εκάστοτε μοντέλο δεν είναι αξιόπιστο καθώς συγκρίνονται όμοια στοιχεία.
- ✓ Σε όλα τα μοντέλα έχουν εισαχθεί **σχεδόν οι ίδιες ακριβώς μεταβλητές**.
- ✓ Όλα τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν περιλαμβάνουν μια παράμετρο για την ταχύτητα, τις απότομες επιταχύνσεις, τη μέση επιβράδυνση, τη χρήση κινητού τηλεφώνου, την οδήγηση κατά τις επικίνδυνες ώρες, το φύλο καθώς και το μορφωτικό επίπεδο. Αυτό είναι πάρα πολύ θετικό καθώς **επηρεάζουν άμεσα την κατανάλωση καυσίμου**, άλλες σε μεγαλύτερο και άλλες σε μικρότερο βαθμό.

5.7.2 Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύγκριση των 4 μοντέλων που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα, συγκρίνονται το γενικό μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου, το μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο, το μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό καθώς και το μοντέλο πρόβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό.

Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μοντέλο 1 - Γενικό: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου	Μοντέλο 2: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο	Μοντέλο 3: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό	Μοντέλο 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό
before - after	1,000	1,696	1,000	1,000
avgspeed	3,404	14,756	5,510	4,596
ha	6,125	3,900	6,095	17,736
avdecel	4,440	3,313	5,126	16,286
mobileUsage	2,424	1,000	4,646	3,983
riskyhoursdistance	2,592	4,074	3,660	5,371
gender	1,479	4,299	3,181	3,733
educational_level	1,456	3,585	3,108	3,550

Πίνακας 5.21.: Σχετική επιρροή ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Ο αριθμός των **απότομων επιταχύνσεων** φαίνεται να έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην κατανάλωση καυσίμου στην αστική οδό από όλες τις άλλες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στα μοντέλα. Μάλιστα, είναι 4,5 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή σε αυτοκινητόδρομο και περίπου 3 φορές μεγαλύτερη από εκείνη σε υπεραστική οδό. Πιθανόν αυτό να συμβαίνει διότι στο **αστικό περιβάλλον** οι οδηγοί κάνουν συχνές στάσεις λόγω σηματοδότησης ή διασταυρώσεων και συνηθίζουν να οδηγούν πιο νευρικά, πατώντας το γκάζι πολύ βίαια και απότομα με συνέπεια να αυξάνονται οι απότομες εκκινήσεις και επιταχύνσεις και να δαπανάται άσκοπα καύσιμο.
- ❖ Επιπλέον, είναι συνηθισμένο το φαινόμενο κατά το οποίο οι οδηγοί τείνουν να επιταχύνουν πιο απότομα, όταν μπροστά τους ανοίγεται χώρος, αφού πηγαίνουν σε κάποια δουλεία στην οποία δεν πρέπει να αργήσουν. Αντιθέτως, στον **αυτοκινητόδρομο** στον οποίο οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι ιδιαίτερα υψηλές, δεν υλοποιούνται πολλές απότομες επιταχύνσεις. Σε αυτό ενδεχομένως να επηρεάζει και το γεγονός ότι οι αυτοκινητόδρομοι είναι σχεδιασμένοι με μεγαλύτερες ακτίνες καμπύλης για μεγάλες ταχύτητες. Τέλος, στην **υπεραστική οδό** η συμπεριφορά των οδηγών τείνει να είναι όμοια με εκείνη των αστικών οδών, αλλά κάπως βελτιωμένη στην πλειοψηφία των οδηγών.

- ❖ Η **μέση ταχύτητα** φαίνεται να επηρεάζει άμεσα την κατανάλωση καυσίμου στο μοντέλο για τον αυτοκινητόδρομο και είναι 2,7 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή στο μοντέλο για υπεραστική οδό, 3,2 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή στο μοντέλο για αστική οδό και 4,33 φορές μεγαλύτερη από την επιρροή στο γενικό μοντέλο. Η διαπίστωση αυτή εξηγείται σαφώς με τη λογική, καθώς στον αυτοκινητόδρομο οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τους άλλους τύπους της οδού και κατ'επέκταση η κατανάλωση καυσίμου είναι αυξημένη. Όσο μεγαλύτερες είναι οι ταχύτητες που αναπτύσσονται τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή του αυτοκινήτου με τον αέρα που το περιβάλλει. Μάλιστα, πάνω από το 50% της ισχύος η οποία παράγεται από τον κινητήρα δαπανάται για την υπερνίκηση της αντίστασης του αέρα, για την εκτόπιση δηλαδή του αέρα από την πορεία του οχήματος. Ακόμα, η αντίσταση του αέρα και επομένως η κατανάλωση καυσίμου αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς στις ταχύτητες άνω των 88 km/h. Στην αστική οδό δεν υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης υψηλών ταχυτήτων, λόγω των συχνών εμποδίων που παρουσιάζονται στο οδικό δίκτυο, γι' αυτό και η επιρροή της μέσης ταχύτητας είναι μικρή.
- ❖ Η **μέση επιβράδυνση** εμφανίζει τη μεγαλύτερη επιρροή στην κατανάλωση καυσίμου σε αστική οδό και μάλιστα επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου 3 φορές παραπάνω από ότι στο γενικό μοντέλο, 5 φορές παραπάνω από ότι στο μοντέλο σε αυτοκινητόδρομο και 3,5 φορές παραπάνω από ότι στο μοντέλο σε υπεραστική οδό. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι λόγω της μεγαλύτερης κυκλοφορίας οχημάτων που επικρατεί στην πόλη, οι οδηγοί επιβραδύνουν απότομα και πιο συχνά διότι συναντούν εμπόδια στην πορεία τους με αποτέλεσμα να υπάρχει άσκοπη σπατάλη καυσίμου, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει τόσο συχνά σε αυτοκινητόδρομο.
- ❖ Η **χρήση κινητού τηλεφώνου** εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στο μοντέλο για αυτοκινητόδρομο. Επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου 2 φορές λιγότερο από ότι το γενικό μοντέλο, 4,5 φορές λιγότερο από ότι το μοντέλο σε υπεραστική οδό και 4 φορές λιγότερο από ότι το μοντέλο σε αστική οδό. Αυτή η διαπίστωση εξηγείται πιθανόν καθώς ο οδηγός δε συνηθίζει να μιλάει στο κινητό τηλέφωνο σε υψηλές ταχύτητες εφόσον απαιτείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έργο της οδήγησης.
- ❖ Η οδήγηση κατά τις **επικίνδυνες ώρες** φαίνεται πως ασκεί τη μεγαλύτερη επιρροή στην κατανάλωση καυσίμου στο μοντέλο σε αστική οδό. Πιο αναλυτικά, επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου 2 φορές παραπάνω για το γενικό μοντέλο, 1,3 φορές παραπάνω για το μοντέλο σε αυτοκινητόδρομο και 1,5 φορές παραπάνω για το μοντέλο σε υπεραστική οδό. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι συμμετέχοντες οδηγούν στο αστικό περιβάλλον κατά τις επικίνδυνες ώρες ενδεχομένως να έχουν πιο «νευρική» συμπεριφορά, πιθανώς λόγω της μειωμένης ορατότητας, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να διατηρήσουν σταθερή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και να καταφεύγουν σε απότομα φρεναρίσματα και επιβραδύνσεις, με άμεσο αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου. Επιπλέον, παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

- ❖ Το **φύλο** φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο το μοντέλο σε αυτοκινητόδρομο. Τόσο σε υπεραστική όσο και σε αστική οδό η επιρροή του φύλου είναι 1,2 φορές μικρότερη από ότι εκείνη που εμφανίζεται στον αυτοκινητόδρομο. Οι γυναίκες στην πλειοψηφία τους θεωρούνται πιο επιφυλακτικές και οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες, καταναλώνοντας λιγότερα καύσιμα. Στον αυτοκινητόδρομο, οι άνδρες αναπτύσσουν αρκετά υψηλές ταχύτητες ενώ οι γυναίκες έχουν την ικανότητα να τηρούν τα όρια ταχύτητας και να μην παραβιάζουν τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας αλλά να συμμορφώνονται κάθε φορά στο οδηγικό περιβάλλον.
- ❖ Το **μορφωτικό επίπεδο** παρουσιάζει την ίδια ακριβώς επιρροή σε όλους τους τύπους της οδού. Γίνεται ξεκάθαρο ότι όσο πιο μικρό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι νεαροί οδηγοί συνήθως παρουσιάζουν μια πιο ριψοκίνδυνη οδηγική συμπεριφορά σε αντίθεση με τους πιο μορφωμένους χρήστες της οδού οι οποίοι υιοθετούν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά και μπορούν να εξοικονομήσουν καύσιμα λόγω δεξιότητας.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η **συσχέτιση της οδηγικής συμπεριφοράς και της κατανάλωσης καυσίμου με δεδομένα από έξυπνα κινητά τηλεφωνά.**

Πιο αναλυτικά, πραγματοποιήθηκε ένα **πείραμα** οδήγησης στο οποίο συμμετείχαν 17 οδηγοί σε πραγματικές συνθήκες για χρονικό διάστημα **4 μηνών** (Ιούνιος – Σεπτέμβριος 2018). Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε δύο στάδια, διάρκειας περίπου δύο μηνών το κάθε ένα. Οι οδηγοί κλήθηκαν στο **πρώτο στάδιο** (Ιούνιο – Ιούλιο) να οδηγήσουν με τη συνηθισμένη οδηγική τους συμπεριφορά ενώ στο **δεύτερο** (Αύγουστο – Σεπτέμβριο) κλήθηκαν να οδηγήσουν τηρώντας αυστηρά τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (τήρηση ορίων ταχύτητας, αποφυγή απότομων επιταχύνσεων, επιβραδύνσεων αλλά και ομιλίας στο κινητό στο χέρι), βελτιώνοντας την οδηγική τους συμπεριφορά.

Εξετάστηκε ο βαθμός στον οποίο τα διάφορα στοιχεία που συνθέτουν τον τρόπο οδήγησης του οδηγού όπως οι απότομες επιταχύνσεις, οι απότομες επιβραδύνσεις, η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας, η απόσπαση προσοχής μέσω της χρήσης κινητού τηλεφώνου αλλά και η οδήγηση κατά τις βραδινές ώρες, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και καθορίζουν την κατανάλωση καυσίμου ανάλογα με την εκάστοτε οδηγική συμπεριφορά. Επιπλέον, μέσω ερωτηματολογίων που δόθηκαν στους οδηγούς, διερευνήθηκε κατά πόσο τα δημογραφικά στοιχεία των χρηστών, όπως το φύλο, η ηλικία, το μορφωτικό επίπεδο κλπ., επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου.

Έπειτα από τον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου, ξεκίνησε η **βιβλιογραφική αναζήτηση** ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και παγκοσμίως, καθώς και των διαθέσιμων στοιχείων που ήταν απαραίτητα για τη συγκεκριμένη διερεύνηση. Δεδομένου ότι η δυνατότητα αξιοποίησης των στοιχείων αυτών είναι σχετικά πρόσφατη, πρόκειται για ένα θέμα το οποίο δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα ούτε διεθνώς ούτε στην Ελλάδα, ωστόσο, τα τελευταία χρόνια χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, παρατηρείται μια αυξανόμενη ενασχόληση του επιστημονικού κόσμου γύρω από το συγκεκριμένο ζήτημα.

Αφού μελετήθηκαν τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σειρά είχε η ανάλυση της βάσης δεδομένων που συλλέχθηκαν από 17 οδηγούς σε **πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης** μέσω των αισθητήρων έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Η πειραματική διαδικασία, η οποία διήρκεσε 4 μήνες, υλοποιήθηκε με την **υποστήριξη της εταιρείας τηλεματικής OSeven**, η οποία παραχώρησε τα πολύ χρήσιμα στοιχεία μέτρησης της συμπεριφοράς οδηγού. Οι συμμετέχοντες κατά τους 2 πρώτους μήνες οδήγησαν με βάση τη συνηθισμένη οδηγική τους συμπεριφορά ενώ για τους δύο επόμενους μήνες κλήθηκαν να βελτιώσουν τη στάση και τις συνήθειες

τους και να τηρούν κατά γράμμα τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, υιοθετώντας ένα πιο οικολογικό οδηγικό προφίλ, φιλικότερο προς το περιβάλλον.

Κατά τη στατιστική επεξεργασία αποφασίστηκε η εξαγωγή μαθηματικών μοντέλων τόσο για το σύνολο των οδικών δικτύων (αστικό περιβάλλον, υπεραστικό περιβάλλον, αυτοκινητόδρομοι) όσο και ξεχωριστά για κάθε τύπο οδού. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία και μια σειρά δοκιμών αναπτύχθηκαν τέσσερα μαθηματικά μοντέλα με τη μέθοδο της **γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, όπως αυτά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πρόβλεψη του λογαρίθμου της κατανάλωσης καυσίμου ανά τύπο οδού																
Ανεξάρτητες μεταβλητές	Μοντέλο 1 - Γενικό: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου				Μοντέλο 2: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο				Μοντέλο 3: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε υπεραστική οδό				Μοντέλο 4: Πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου σε αστική οδό			
	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*	βι	t	Ελαστικότητα ει	Σχετική επιρροή ει*
σταθερά	1,335	16,182			1,413	15,990			1,371	21,930			1,365	22,210		
πριν - μετά	-0,056	-2,971	-0,016	1,000	-0,042	-2,271	-0,012	1,696	-0,057	-2,764	-0,008	1,000	-0,056	-2,868	-0,007	1,000
μέση ταχύτητα	0,001	1,787	0,054	3,404	0,001	2,033	0,105	14,756	0,001	2,496	0,046	5,510	0,002	3,267	0,030	4,596
απότομες επιταχύνσεις	0,001	2,613	0,096	6,125	0,007	2,072	0,028	3,900	0,002	2,776	0,050	6,095	0,002	5,398	0,116	17,736
μέση επιβράδυνση	0,029	1,986	0,070	4,440	0,021	2,037	0,024	3,313	0,020	1,910	0,042	5,126	0,043	2,907	0,106	16,286
χρήση κινητού τηλεφώνου	-0,158	-2,056	-0,038	2,424	-0,047	-1,829	-0,007	1,000	-0,149	-2,630	-0,038	4,646	-0,079	-1,736	-0,026	3,983
οδήγηση σε επικίνδυνες ώρες	0,003	2,581	0,041	2,592	0,002	2,036	0,029	4,074	0,003	2,465	0,030	3,660	0,003	2,498	0,035	5,371
διάρκεια οδήγησης					0,000	-3,371	-0,082	11,432								
φύλο	-0,087	-4,996	-0,023	1,479	-0,114	-5,607	-0,031	4,299	-0,087	-5,121	-0,026	3,181	-0,091	-5,995	-0,024	3,733
μορφωτικό επίπεδο	-0,101	-7,386	-0,023	1,456	-0,113	-6,880	-0,026	3,585	-0,107	-7,500	-0,026	3,108	-0,102	-8,495	-0,023	3,550
έτη οδήγησης									-0,016	-2,330	-0,017	2,000	-0,024	-3,634	-0,016	2,411
Συντελεστής συσχέτισης	0,620				0,637				0,658				0,704			

Πίνακας 6.1.: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων

6.2 Συμπεράσματα

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

- ✚ Στις έρευνες που έχουν διεξαχθεί έως τώρα παγκοσμίως αναφορικά με τη μελέτη της συμπεριφοράς των οδηγών και την κατανάλωση καυσίμων, η συλλογή των δεδομένων γινόταν είτε μέσω διαγνωστικού συστήματος εντός του οχήματος (OBD) είτε μέσω άλλων πολύπλοκων συνδυασμών οργάνων καταγραφής που συνδέονταν με το όχημα (naturalistic driving, κλπ.) ή με προσομοιωτές οδήγησης και ερωτηματολόγια. Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται **για πρώτη φορά** η παρακολούθηση της συμπεριφοράς

των οδηγών με **δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες έξυπνων κινητών τηλεφώνων** που αφορούν στον οδηγό και όχι στο όχημα και επιχειρείται η διερεύνηση της επιρροής αυτής της συμπεριφοράς στην κατανάλωση καυσίμου.

- ✚ Με την αλλαγή της οδηγικής συμπεριφοράς των συμμετεχόντων παρουσιάστηκε σημαντική **μείωση 15% της κατανάλωσης καυσίμου**. Η οδήγηση με σταθερό ρυθμό, η τήρηση των ορίων ταχύτητας, ο περιορισμός απότομων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων, καθώς και η αποφυγή χρήσης κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της οδήγησης συνέβαλαν στην εξοικονόμηση καυσίμου σε ικανοποιητικό βαθμό, στη μείωση της ηχορύπανσης καθώς και στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα.
- ✚ Από τα αποτελέσματα του πειράματος επιβεβαιώθηκε ότι **όσο πιο ασφαλής γίνεται η οδηγική συμπεριφορά τόσο πιο οικολογική είναι η οδήγηση**. Κατά συνέπεια η οικολογική οδήγηση προαπαιτεί, αλλά και προωθεί έναν ασφαλή τρόπο οδήγησης, συμβάλλοντας στη μείωση της πιθανότητας σύγκρουσης ή τη σοβαρότητα αυτής, των οδικών ατυχημάτων αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου. Συμπερασματικά επισημαίνεται ότι οι ομαλές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις αλλά και η ταχύτητα με σταθερό ρυθμό, εξοικονομούν καύσιμο, μειώνουν τη φθορά του οχήματος και αποτελούν δείγμα καλής συμπεριφοράς και σεβασμού προς τους υπόλοιπους οδηγούς.
- ✚ Ο **αριθμός των απότομων επιταχύνσεων** φάνηκε να επηρεάζει περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου στην πλειοψηφία των τύπων της οδού. Οι οδηγοί κατάφεραν να περιορίσουν τις απότομες επιταχύνσεις σε όλο το οδικό δίκτυο. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι στο αστικό περιβάλλον οι χρήστες συνηθίζουν να οδηγούν πιο νευρικά, πατώντας το γκάζι πιο βίαια και απότομα με συνέπεια να αυξάνονται οι απότομες εκκινήσεις και επιταχύνσεις, γεγονός που οφείλεται στις συχνές στάσεις που εκτελούνται λόγω σηματοδότησης και διασταυρώσεων, κάτι που αποτυπώθηκε και στην κατανάλωση καυσίμου. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε απότομη επιτάχυνση αναγκάζει μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου να εισέρχεται προς τους κυλίνδρους του κινητήρα, το οποίο συνεπάγεται άσκοπη σπατάλη καυσίμου. Μάλιστα, στην οδήγηση εντός πόλης, περίπου το μισό της απόδοσης του κινητήρα χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση.
- ✚ Αντιθέτως, στον **αυτοκινητόδρομο** δεν πραγματοποιούνται πολλές απότομες επιταχύνσεις διότι οι οδηγοί διατηρούν σταθερή ταχύτητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τέλος, στην υπεραστική οδό η συμπεριφορά των οδηγών τείνει να είναι λίγο καλύτερη (λιγότερες απότομες επιταχύνσεις) από εκείνη των αστικών οδών.
- ✚ Μετά την αλλαγή στον τρόπο οδήγησης, επιτεύχθηκε αξιόλογη **μείωση της μέσης ταχύτητας** σε όλους τους τύπους της οδού. Η τήρηση των ορίων ταχύτητας καθώς και η ομαλή οδήγηση έχουν άμεσο αντίκτυπο στην κατανάλωση καυσίμου. Ιδιαίτερα στον **αυτοκινητόδρομο**, στον οποίο οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι αρκετά υψηλές, διαπιστώθηκε ότι η

κατανάλωση καυσίμου μεγαλώνει σημαντικά, όσο αυξάνεται η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας και κατ' επέκταση οι στροφές του κινητήρα. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι στο αστικό περιβάλλον **ο χρόνος ταξιδιού είναι ο ίδιος ανεξάρτητα από τον τρόπο οδήγησης του χρήστη**, διότι η ύπαρξη σηματοδοτών και διασταυρώσεων δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων.

- ✚ Η **μέση επιβράδυνση** επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου τόσο σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον όσο και στο σύνολο των οδικών δικτύων. Οι οδηγοί υιοθετώντας μία πιο προσεκτική και οικολογική συμπεριφορά ελάττωσαν τις άσκοπες επιβραδύνσεις, «αφήνοντας εγκαίρως το γκάζι» και επιβραδύνοντας ομαλά. Επιπλέον, με την αλλαγή της οδηγικής τους συμπεριφοράς, οι χρήστες κατάφεραν να μειώσουν τα άσκοπα φρεναρίσματα και τις απότομες στάσεις και να εξοικονομήσουν καύσιμα. Έγινε αντιληπτό ότι η ήρεμη οδήγηση επιβραδύνοντας ομαλά και κρατώντας μεγάλες αποστάσεις ασφαλείας είναι οικονομικότερη, ασφαλέστερη και πιο άνετη. Στον αυτοκινητόδρομο, λόγω των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του, οι οδηγοί δεν συνηθίζουν να επιβραδύνουν πολύ διότι αναπτύσσουν σταθερές ταχύτητες.
- ✚ Η **χρήση κινητού τηλεφώνου** προέκυψε ότι επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου αλλά όχι τόσο όσο οι άλλες μεταβλητές. Όταν ο οδηγός χρησιμοποιεί το κινητό του τηλέφωνο ενώ οδηγεί αποσπάται η προσοχή του και αποσυντονίζεται με αποτέλεσμα να μειώνει και την ταχύτητα του και να μην είναι αφοσιωμένος πλήρως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου τόσο σε αστική όσο και σε υπεραστική οδό. Στους αυτοκινητοδρόμους παρατηρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες δεν μιλούσαν στο κινητό τηλέφωνο κι αυτό γιατί η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων απαιτεί μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έργο της οδήγησης. Κάτι το οποίο δεν συμβαίνει σε αστική οδό διότι οι ταχύτητες είναι μικρότερες και εκτελούνται περισσότερες στάσεις.
- ✚ Η **οδήγηση κατά τις επικίνδυνες (βραδινές) ώρες** φαίνεται πως ασκεί αξιόλογη επιρροή στην κατανάλωση καυσίμου σε όλους τους τύπους της οδού. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι χρήστες οδηγούν κατά τις επικίνδυνες ώρες ενδεχομένως να έχουν πιο «νευρική» συμπεριφορά, πιθανώς λόγω της μειωμένης ορατότητας, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να διατηρήσουν σταθερή απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και να καταφεύγουν σε απότομα φρεναρίσματα και επιβραδύνσεις σε περίπτωση εμφάνισης εμποδίου ή απόκλισης από την πορεία. Επίσης, ενδεχομένως συνδέεται και με την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος κάτι το οποίο συμβαίνει πιθανότατα λόγω χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου.
- ✚ Η **διάρκεια της οδήγησης** επηρεάζει περισσότερο την κατανάλωση καυσίμου σε αυτοκινητόδρομο και όχι τόσο στους υπόλοιπους τύπους της οδού. Από την παρούσα εργασία προέκυψε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια τόσο λιγότερη κατανάλωση εξασφαλίζεται στα καύσιμα. Κι αυτό διότι ο οδηγός έχει περισσότερο χρόνο και απόσταση για να προσαρμοστεί

και να εξοικειωθεί με τις συνθήκες του συγκεκριμένου οδικού περιβάλλοντος. Μάλιστα διατηρεί σταθερή την ταχύτητα του οχήματος για μεγάλο χρονικό διάστημα μειώνοντας έτσι τον αριθμό των απότομων συμβάντων.

- ✚ Η παρούσα έρευνα κατέδειξε ότι **οι άνδρες οδηγοί καταναλώνουν πολύ περισσότερα καύσιμα σε σχέση με τις γυναίκες**. Και τα δύο φύλα κατάφεραν να βελτιώσουν την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να οδηγούν πιο οικολογικά και συνετά σε σύγκριση με τους άνδρες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι άνδρες οδηγοί μετά την αλλαγή του τρόπου οδήγησης φάνηκε να οδηγούν με πολύ όμοιο τρόπο με εκείνον που ακολουθούσαν οι γυναίκες οδηγοί πριν την αλλαγή στη συμπεριφορά τους, κατά το πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας. Με απλά λόγια διαπιστώθηκε ότι οι «καλοί» άνδρες οδηγοί ταυτίζονται με τις «κακές» γυναίκες οδηγούς.
- ✚ Το **μορφωτικό επίπεδο** παρουσιάζει την ίδια ακριβώς επιρροή σε όλους τους τύπους της οδού. Από την εργασία αυτή γίνεται ξεκάθαρο ότι όσο πιο χαμηλό είναι το εκπαιδευτικό υπόβαθρο και η ηλικία του συμμετέχοντος τόσο αυξημένη είναι και η κατανάλωση καυσίμου. Οι χρήστες με μεταπτυχιακό ή διδακτορικό δίπλωμα κατάφεραν να βελτιώσουν τον τρόπο οδήγησης τους σε πολύ μεγάλο βαθμό, υιοθέτησαν μια πιο συντηρητική και οικολογική οδηγική συμπεριφορά και εξοικονόμησαν καύσιμα λόγω δεξιοτήτας και εμπειρίας. Αντιθέτως, παρατηρήθηκε ότι οι λιγότερο μορφωμένοι χρήστες της οδού εκτελούσαν περισσότερα απότομα φρεναρίσματα και επιταχύνσεις τόσο πριν όσο και μετά την αλλαγή στην οδηγική συμπεριφορά τους.
- ✚ **Οι νέοι ηλικιακά οδηγοί** διαπιστώθηκε ότι οδηγούν πιο απερίσκεπτα, εντοπίζουν λιγότερα προβλήματα στο οδικό δίκτυο και παρουσιάζουν αυξημένη κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με τους πεπειραμένους. Παρ' όλα αυτά όλες οι ηλικιακές ομάδες κατάφεραν να βελτιώσουν αισθητά την οδηγική τους συμπεριφορά και να συμμορφωθούν σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας.
- ✚ **Ο χαρακτήρας του οδηγού και ο τρόπος οδήγησης** επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου. Οι απότομες, επανειλημμένες κι άχρηστες αυξομειώσεις ταχύτητας αλλά και οι συχνές κι ανατιολόγητες στάσεις αυξάνουν την κατανάλωση καυσίμου. Έτσι, η οδηγική συμπεριφορά μπορεί και να εξαρτάται έμμεσα από την ηλικία, το φύλο ή από το επάγγελμα του οδηγού, στο βαθμό που οι συγκεκριμένες κατηγορίες, έναντι άλλων, αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης συγκεκριμένων αντιδράσεων ή συμπεριφορών.
- ✚ Τα σαφή και ερμηνεύσιμα αποτελέσματα, τα οποία μάλιστα συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία καταδεικνύουν την **καταλληλότητα της μεθόδου** ανάλυσης για την πρόβλεψη της κατανάλωσης καυσίμου ανάλογα την

οδηγική συμπεριφορά και τον τύπο της οδού. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου επιτρέπει την εφαρμογή της σε έρευνες με παρόμοιο αντικείμενο έπειτα από κατάλληλη προσαρμογή των συνθηκών. Βέβαια, οι μεταβλητές θα πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της Οικολογικής Οδήγησης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της Εργασίας αυτής, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλλουν στη βελτίωση τόσο της διαχείρισης της κυκλοφορίας όσο και του επιπέδου οδικής ασφάλειας και να προωθήσουν την οικολογική οδηγική συμπεριφορά.

- Πρώτα από όλα, σημαντική κρίνεται η **ενημέρωση** και η ευαισθητοποίηση όλων των χρηστών της οδού για θέματα οικολογικής συμπεριφοράς στην οδήγηση και η προώθηση της ασφάλειας στο οδικό δίκτυο. Άλλωστε, η **οικολογική οδήγηση έχει διπλό πλεονέκτημα**, τόσο ως προς την ασφάλεια όσο και ως προς την κατανάλωση καυσίμου.
- Κρίνεται επιτακτική ανάγκη να γνωρίζουν όλοι οι οδηγοί ότι με τη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς, την τήρηση ορίων ταχύτητας αλλά και με την ορθή στάση οδήγησης όπως ορίζει ο Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας, **μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου** με ταυτόχρονη εξοικονόμηση του αντίστοιχου ποσού χρημάτων. Παράλληλα, περιορίζεται το κόστος συντήρησης του αυτοκινήτου και ελαττώνονται οι εκπομπές αέριων ρύπων, επιβλαβών προς το περιβάλλον. Πρέπει να κατανοήσουν οι χρήστες πως μια σωστή οδηγική συμπεριφορά μόνο οφέλη μπορεί να επιφέρει τόσο στους ίδιους όσο και στο περιβάλλον.
- Ακόμα, καλό θα ήταν οι **ασφαλιστικές εταιρείες οχημάτων** να επιβραβεύουν τους προσεκτικούς οδηγούς με μειωμένα ασφάλιστρα για όσους δεν εμπλέκονται σε οδικά ατυχήματα. Αυτή η τακτική ενδεχομένως θα δώσει οικονομικό κίνητρο σε όλους τους οδηγούς με στόχο τη βελτίωση της οδηγικής τους συμπεριφοράς, τη μείωση των ατυχημάτων καθώς και τον περιορισμό της άσκοπης κατανάλωσης καυσίμων και αέριων ρύπων.
- Πολύ σημαντική θα ήταν η **εισαγωγή κινήτρων** με τη μορφή έκπτωσης στα κυκλοφοριακά τέλη ανάλογα με την οικολογική ή μη συμπεριφορά του οδηγού και η εξεύρεση αποτελεσματικού τρόπου ενημέρωσης των χρηστών για τις επιδόσεις τους στην **οικολογική οδήγηση** κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός ταξιδιού με σκοπό την άμεση βελτίωση.
- Επιπροσθέτως, **απαιτείται ένα σχέδιο δράσης**, μέσω εκστρατειών ενημέρωσης σε όλα τα μέσα που ασκούν επιρροή στο κοινό και το διαδίκτυο, ώστε να επιτευχθεί αλλαγή της νοοτροπίας των οδηγών και να αναδειχθούν οι κίνδυνοι που εγκυμονεί η άστατη οδήγηση καθώς και να υπογραμμισθεί ο αυξημένος δείκτης σοβαρότητας των ατυχημάτων.

- Θα πρέπει να **ελέγχεται ηλεκτρονικά** η ταχύτητα των οχημάτων, ιδίως στους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, μέσω κάθε είδους ειδικών συσκευών, ώστε να γνωρίζουν οι αρμόδιοι φορείς ποιος υπερβαίνει τα νομοθετημένα όρια και να προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες. Με την **αυστηρότερη και συχνότερη αστυνόμευση** θα καταστεί δυνατός ο περιορισμός των παραβιάσεων κατά την οδήγηση, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και η ελάττωση των εκπομπών ρύπων και θα δημιουργηθούν ασφαλέστερες συνθήκες οδήγησης στους δρόμους τόσο για τους υπόλοιπους οδηγούς (ΙΧ, μοτοσικλετών, ποδηλάτων) όσο και για τους πεζούς. Είναι πιθανόν, οι χρήστες οι οποίοι γνωρίζουν ότι παρακολουθείται η οδηγική τους συμπεριφορά και ελλοχεύει ο κίνδυνος επιβολής κυρώσεων και ποινών, να οδηγούν πιο συνετά και να μην παραβιάζουν τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν από τους φορείς αστυνόμευσης για την ανίχνευση της χρήσης του κινητού μέσα από την παρατήρηση διαφόρων οδηγικών μεγεθών.
- Τέλος, θα πρέπει να υπάρξει μια συντονισμένη αντιμετώπιση του προβλήματος και από την πολιτεία αλλά και πολύ περισσότερο από τους εκπαιδευτικούς φορείς, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το υπόβαθρο για τη δημιουργία υπεύθυνων και υποδειγματικών οδηγών από μικρή ηλικία. Είναι, λοιπόν, απαραίτητη η **ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων** αλλά και η ένταξη μαθημάτων κυκλοφοριακής αγωγής και πρωτίστως οικολογικής οδηγικής συμπεριφοράς στο πλαίσιο των σχολικών δραστηριοτήτων, ώστε να ενημερώνονται οι μαθητές πάνω σε θέματα οικολογικής οδήγησης με απώτερο σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και τον περιορισμό των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Άλλωστε όλοι οφείλουν να γνωρίζουν ότι η οδική συμπεριφορά είναι πάνω από όλα θέμα παιδείας.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Για την περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση των παρακάτω:

- ✓ Αναντίρρητα, η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών **σε μεγαλύτερο δείγμα οδηγών**, θα παρουσίαζε αρκετό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα, όσο περισσότεροι οδηγοί συμμετέχουν στο πείραμα, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν.
- ✓ Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η διερεύνηση της κατανάλωσης καυσίμου ανάλογα με την **πίεση των ελαστικών** του αυτοκινήτου καθώς και τη διατήρηση ή όχι της σχάρας οροφής, με ή χωρίς φορτίο.
- ✓ Όσον αφορά στη μεθοδολογία ανάλυσης ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης, όπως η ανάλυση με χρονοσειρές ή η ανάλυση ομαδοποίησης και η ανάλυση παραγόντων με

σκοπό την **ομαδοποίηση των οδηγών ανάλογα με τη συμπεριφορά τους**. Αρκετό ενδιαφέρον θα παρουσίαζε μάλιστα ένα αντίστοιχο πείραμα στο οποίο θα συμμετείχαν οι οδηγοί όλων των ηλικιών με τις **χειρότερες επιδόσεις**.

- ✓ Επιπροσθέτως, χρήσιμη θα ήταν μια ανάλυση η οποία θα στηριζόταν σε **ακόμα περισσότερα δεδομένα**, όπως η ψυχολογική κατάσταση των συμμετεχόντων και τα χαρακτηριστικά του οχήματος (κινητήριος δύναμη, ίπποι, ηλικία, καύσιμο, κυβισμός κλπ.). Έτσι, αυτά τα επιπλέον στοιχεία φαίνεται ότι θα οδηγήσουν σε πολύ πιο αξιόπιστα και αντικειμενικά μοντέλα.
- ✓ Αξιόλογες, επίσης, θα ήταν και έρευνες αντίστοιχες της παρούσας οι οποίες θα πραγματοποιηθούν σε **διαφορετικές συνθήκες κυκλοφορίας και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα** (υψηλή/χαμηλή κυκλοφορία, χρήση του κλιματισμού, ανοιχτά/κλειστά παράθυρα, διάφορες καιρικές συνθήκες κα.), αλλά και διάφορες ομάδες οδηγών με μεγαλύτερο ηλικιακό εύρος (νέοι, ηλικιωμένοι, κλπ.).
- ✓ Επιπλέον, η καταγραφή της κατανάλωσης καυσίμου θα μπορούσε να γίνεται αυτόματα μέσω μιας συσκευής συνδεδεμένης στην θύρα **On-Board Diagnostics** (OBD) του οχήματος.
- ✓ Τέλος, θα μπορούσε να εξετασθεί η επιρροή που έχει στην συμπεριφορά του οδηγού η **παρουσία ή μη συνοδηγού** και άλλων ατόμων (ειδικότερα παιδιών) εντός οχήματος, η χρήση ή μη ζώνης ασφαλείας καθώς και η κατανάλωση αλκοόλ πριν χρησιμοποιήσει το όχημά του.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adrian Ellison and Stephen Greaves. “Driver Characteristics and Speeding Behavior.”, Institute of Transport & Logistics Studies, 2010.
2. Ahn K., Rakha H., Trani A. and Van Aerde M. “Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels.”, Journal of Transportation Engineering, 128, p: 182–190, 2002.
3. Ben C.M., Shmerling E. and Kuperman A. “Analytic Modeling of Vehicle Fuel Consumption.”, Energies, 6, p: 117-127, 2013.
4. Ben-Akiva, Moshe E., Steven R. Lerman and Steven R. Lerman. “Discrete choice analysis: theory and application to travel demand.”, Vol. 9, MIT press, 1985.
5. Beusen B. and Denys T. “Long-term effect of eco-driving education on fuel consumption using an on-board logging device.”, Department of Energy Technology, VITO, Belgium, p: 395–403, 2008.
6. CARE (EU Road Accidents Database), 2018, ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics_en (ανάκτηση 22/2/2019).
7. Carlo Giacomo Prato, Tomer Toledo, Tsippy Lotan and Orit Taubman-Ben-Ari. “Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure.”, Accident Analysis & Prevention, p: 480–486, 2010.
8. Carolein Beckx, Luc Int Panis, I De Vlieger and G Wets. “Influence of gear changing behaviour on fuel-use and vehicular exhaust emissions.”, Belgium, 2007.
9. Deepak Hari, Christian J. Brace, Christopher Vagg, John Poxon and Lloyd Ash. “Analysis of a Driver Behavior Improvement Tool to Reduce Fuel Consumption.”, International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), Beijing, China, 2012.
10. Dimitrios Tselentis, George Yannis and Eleni Vlahogianni. “Innovative motor insurance schemes: A review of current practices and emerging challenges.”, Accident Analysis & Prevention, p: 139–148, 2017.
11. European Campaign on Improving Driving Behaviour Energy Efficiency and Traffic Safety, www.ecodriving.gr (ανάκτηση 22/2/2019).

12. George Yannis, Alexandra Laiou, Panagiotis Papantoniou and Charalambos Christoforou. "Impact of texting on young drivers' behavior and safety on urban and rural roads through a simulation experiment.", *Journal of Safety Research*, 2014.
13. George Yannis, Eleonora Papadimitriou and Panagiotis Papantoniou. "Distracted driving and mobile phone use: Overview of impacts and countermeasures.", *Proceedings of the Communication Technologies and Road Safety Conference*, Abu Dhabi, 2014.
14. George Yannis, Dimitrios Tselentis, Eleonora Papadimitriou and Stergios Mavromatis. "Star rating driver traffic and safety behavior through OBD and smartphone data collection.", *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Intelligent Transport Systems*, Technical University of Brest, Brest, Belarus, May 2016.
15. Hakkert S., Gitelman V., Carmel R. and Pesaho F. "Exploring safety impacts of pedestrian crossing configurations at signalized junctions on urban roads with public transport routes.", *Transportation research procedia*, April, 2007.
16. Hojati. "A simple method for computation of fuzzy linear regression.", 2011.
17. Jin-Hyuk Hong, Ben Margines and Anind Dey. "A Smartphone - based Sensing Platform to Model Aggressive Driving Behaviors.", *Human - Computer Interaction Institute*, 2014.
18. João C. Ferreira, José Almeida and Alberto Rodrigues da Silva. "The Impact of Driving Styles on Fuel Consumption: A Data Warehouse and Data Mining based Discovery Process.", *IEEE Intelligent Transportation Systems Society*, 2015.
19. Joana Peleja Madureira. "Monitoring driving behaviour in fuel consumption in light duty diesel vehicles.", *Instituto Superior Técnico*, Technical University of Lisbon, 2007.
20. Jorge Zaldivar, Carlos T. Calafate, Juan Carlos Cano and Pietro Manzoni. "Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones.", *Local Computer Networks (LCN)*, 36th Conference on IEEE, 2011.
21. Karl Dunkle Werner. "Driver Behavior and Fuel Efficiency.", *Undergraduate Honors Thesis*, University of Michigan, 2013.
22. Maria Linardou, Ioanna Spyropoulou, Dimosthenis Pavlou and George Yannis. "Impact of mobile phone use on driving performance: findings from a simulator study.", *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA*, Vienna, Austria, 2018.

23. Maria Papadakaki, Georgia Tzamalouka, Charalampos Gnardellis, Timo Juhani Lajunen and Joannes Chliaoutakis. “Driving performance while using a mobile phone: A simulation study of Greek professional.”, 2016.
24. National Highway Transport Safety Administration (NHTSA), 2017, www.nhtsa.gov/risky-driving/distracted-driving (ανάκτηση 13.4.2017).
25. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, 2018.
26. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, 2018, www.nrso.ntua.gr/road-fatalities-characteristics-greece-1991-2017 (ανάκτηση 5/2/2019).
27. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, 2018, www.nrso.ntua.gr/road-fatalities-per-million-population-european-union-2008-2017 (ανάκτηση 29/6/2018).
28. NTUA Road Safety Observatory, NRSO, 2018, www.nrso.ntua.gr/new-significant-decrease-of-road-fatalities-in-greece-2017 (ανάκτηση 13/3/2018).
29. Ohta, Tohru, and Shouji Nakajima. “Development of a driving data recorder.”, JSAE Review p: 255–258, 1994.
30. OSeven, 2018, www.oseven.io (ανάκτηση 22/2/2019).
31. Poisson distribution and Road accidents, Chapman 1971, Zahavi 1962.
32. Public Transport Planning with Smart Card Data, De Romph 2012, Lee 2014.
33. Sabey, Barbara E. and Harold Taylor. “The Known Risks We Run: The Highway.”, Societal risk assessment. Springer, Boston, MA, p: 43-70, 1980.
34. Salvi B.L. and Subramanian K.A. “Sustainable development of road transportation sector using hydrogen energy system.”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 51(C), p: 1132-1155, 2015.
35. The Road Safety Monitor, Mayhew and Simpson 1995, McKnight and Hundt 1971, Shinar 1978.
36. Tomer Toledo and Tsippy Lotan. “In-Vehicle Data Recorder for Evaluation of Driving Behavior and Safety.”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2006.
37. Vaiana Rosolino, Teresa Luele, et al. “Driving behavior and traffic safety: an acceleration-based safety evaluation procedure for smartphones.”, Modern Applied Science, 2014.

38. Valletta Declaration on Road Safety, Malta, 28-29 March, 2017.
39. West J. W., G. M. Hill and P. R. Utley. "Peanut skins as a feed ingredient for lactating dairy cows.", *Journal of Dairy Science*, p: 590-599, 1993.
40. WHO (World Health Organization), "Global Status Report on Road Safety", 2018.
41. WHO (World Health Organization), 2018, www.nrso.ntua.gr/who-global-status-report-on-road-safety-highlights-insufficient-progress-2018 (ανάκτηση 10/12/2018).
42. Zantema, Jacobus, et al. "Pay-as-You-Drive Strategies: Case Study of Safety and Accessibility Effects.", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, p: 8-16, December 2008.
43. Zhou M., Jin H and Wang W. "A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing.", *Transportation Research Part D* 49 p: 203–218, 2016.
44. Βικιπαίδεια, 2018, el.wikipedia.org/wiki/Γραμμική_παλινδρόμηση (ανάκτηση 22/2/2019).
45. Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2018, www.statistics.gr/statistics/-/publication/SDT04 (ανάκτηση 31/5/2018).
46. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2018.
47. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018, ec.europa.eu/transport/road_safety (ανάκτηση 22/2/2019).
48. Κοκολάκης Γ. και Σπηλιώτης Ι. "Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική.", Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1999.
49. Στατιστικά Στοιχεία Τροχαίας, 2018, www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=74456&Itemid=86&lang (ανάκτηση 2/10/2018).
50. Φραντζεσκάκης Ι.Μ. και Γκόλιας Ι. "Οδική Ασφάλεια.", Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1994.