

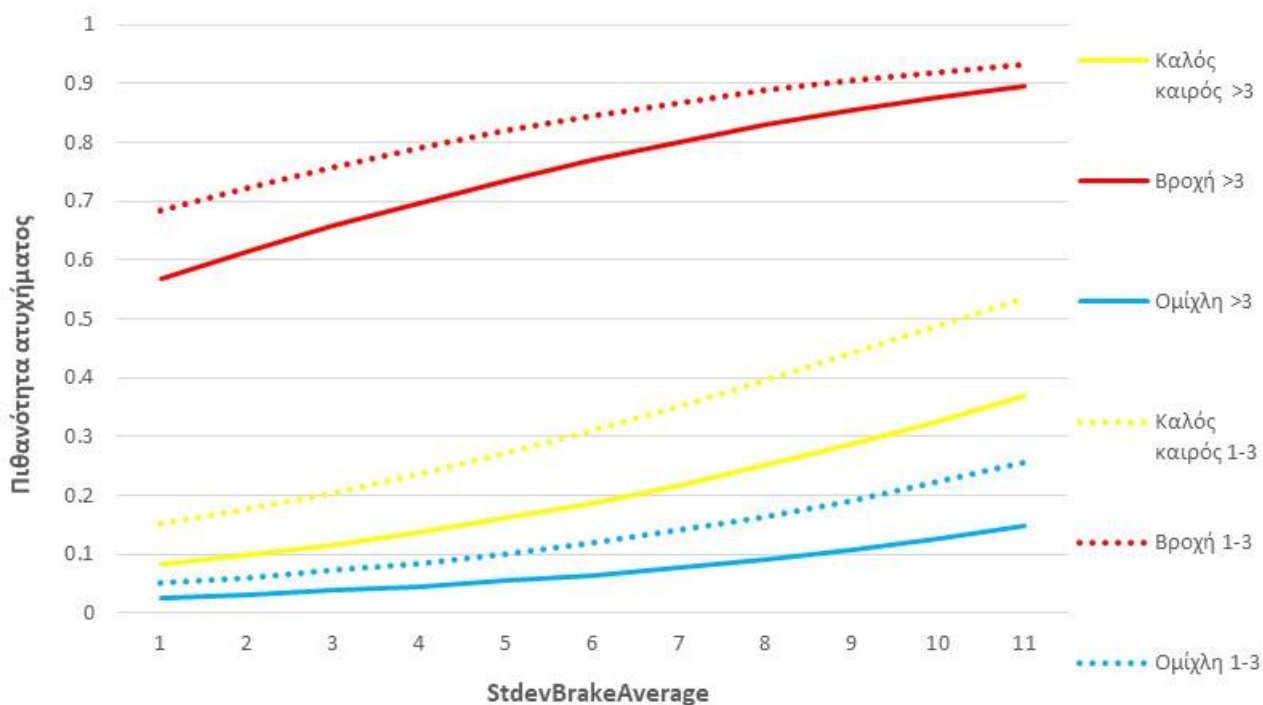


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΝΕΩΝ ΟΔΗΓΩΝ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ



Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης ποσοστού χρήσης του φρένου ανάμεσα σε οδηγούς με διαφορετική οδηγική εμπειρία

ANNA-MARIA ΣΟΥΡΕΛΛΗ

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γιώργο Γιαννή, καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ, τόσο για την ανάθεση του θέματος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, όσο για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την πολύ δημιουργική συνεργασία μας σε όλα τα στάδια της εκπόνησής της.

Παράλληλα, ευχαριστώ πολύ τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής: κ. Ιωάννη Γκόλια, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, και κ. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημοσθένη Παύλου, Διδάκτορα Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ, για την πολύτιμη στήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας σε θέματα επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων καθώς και σε τεχνικά ζητήματα επί της λειτουργίας του προσομοιωτή οδήγησης.

Ευχαριστώ, επίσης, όσους συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία, καθώς ο ρόλος τους ήταν καταλυτικός στην υλοποίηση αυτής της έρευνας, καθώς και την κ. Μαρία Χαιρέτη, προπτυχιακή φοιτήτρια για την ευχάριστη και εξαιρετική συνεργασία κατά την πειραματική διαδικασία.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια, τους φίλους και τις φίλες μου, για τη στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

Άννα-Μαρία Σουρέλλη

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΝΕΩΝ ΟΔΗΓΩΝ
ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ**

ΣΟΥΡΕΛΛΗ ANNA-MARIA

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Σύνοψη:

Ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας είναι η ανάλυση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών σε υπεραστικές οδούς. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε προσομοιωτή οδήγησης, κατά την οποία οι 40 συμμετέχοντες ηλικίας 20-28 ετών οδήγησαν σε διάφορα οδηγικά σενάρια. Με χρήση της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης αναπτύχθηκε το μαθηματικό μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης και με χρήση της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης το μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας ατυχήματος. Από την ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων προέκυψε πως η βροχή αυξάνει σημαντικά την πιθανότητα ατυχήματος, παρά την παρατηρούμενη μείωση της ταχύτητας από τους οδηγούς. Επιπλέον, διαπιστώθηκε πως οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη μέση ταχύτητα οδήγησης. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε σημαντική μείωση κατά την οδήγηση με βροχή, αλλά και κάποια μείωση κατά την οδήγηση με ομίχλη. Τέλος, η ομίχλη φαίνεται να έχει μία μικρή αλλά σαφή επιρροή τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα ατυχήματος.

Λέξεις κλειδιά: καιρικές συνθήκες, προσομοιωτής οδήγησης, μέση ταχύτητα οδήγησης, πιθανότητα ατυχήματος, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης

ANALYSIS OF THE IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON THE BEHAVIOUR AND SAFETY OF YOUNG DRIVERS ON RURAL ROADS WITH THE USE OF DRIVING SIMULATOR

SOURELLI ANNA-MARIA

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

Abstract:

The current Diploma Thesis focuses on the analysis of the impact of weather conditions on the behaviour and safety of young drivers on rural roads. In order to achieve this objective, an experimental process using a driving simulator was carried out, in which 40 participants aged 20-28 years drove in different driving scenarios. Lognormal regression methods were used in order to develop the mathematical model of the average driving speed and binary logistic methods were used for the model of the accident probability. The models' application revealed that rain increases significantly the accident probability, despite the observed speed reduction. Furthermore, it appears that adverse weather conditions affect average driving speed. More precisely, significant speed decrease was observed during rainy conditions and some decrease during fog. Finally, fog seems to have a small but clear impact on the average speed as well as on accident probability.

Key words: weather conditions, driving simulator, average driving speed, accident probability, lognormal regression, binary logistic

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια νέων οδηγών σε υπεραστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης**.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF) του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στο πείραμα συμμετείχαν 40 νέοι οδηγοί, ηλικίας 20-28 ετών, οι οποίοι στη συνέχεια συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια αναφορικά με τα χαρακτηριστικά τους και την οδηγική τους συμπεριφορά.

Για τη **στατιστική επεξεργασία** των στοιχείων που συλλέχθηκαν, επιλέχθηκε για την ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης, κατόπιν διαφόρων δοκιμών, η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** και όσον αφορά στο μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**. Τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν κατά τη διαδικασία της στατιστικής ανάλυσης αποτυπώνουν τη συσχέτιση των εξεταζόμενων εξαρτημένων μεταβλητών και των ανεξάρτητων μεταβλητών που συλλέχθηκαν μέσω του προσομοιωτή και των ερωτηματολογίων.

Για τον προσδιορισμό της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στις αντίστοιχες εξαρτημένες χρησιμοποιήθηκε η θεωρία της ελαστικότητας και όσον αφορά στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το μέγεθος της ψευδοελαστικότητας. Η ποσοτικοποίηση αυτή της επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μέσω του μεγέθους της **σχετικής επιρροής** προσέφερε τη δυνατότητα σύγκρισης των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του κάθε μοντέλου.

Στους πίνακες που ακολουθούν (Πίνακες 6.1,6.2) περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i , t και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* για κάθε μοντέλο.

Μέσα από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία επιχειρούν να απαντήσουν στα ερωτήματα και τον αρχικό της στόχο, δηλαδή την επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού. Στο υποκεφάλαιο αυτό, συνθέτονται τα αποτελέσματα αυτά και συνοψίζονται σε κάποια **γενικότερα συμπεράσματα**:

	Μοντέλο μέσης ταχύτητας οδήγησης			
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	ei	ei*
Συνεχείς μεταβλητές				
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0.00028	12.952	0.17	-53.231
Διακριτές μεταβλητές				
Βροχή	-0.086	-5.089	-0.0076	2.382
Ομίχλη	-0.037	-2.201	-0.0032	1
Ηλικία	0.04	2.906	0.0059	-1.852
Φύλο	-0.051	-3.559	-0.0058	1.824
Κυκλοφοριακός φόρτος	-0.037	-2.684	-0.0049	1.544
Αν στο συμμετέχοντα αρέσει η οδήγηση	-0.066	-2.934	-0.0158	4.93

Πίνακας : Σχετική επιρροή των μεταβλητών του μοντέλου μέσης ταχύτητας οδήγησης

	Μοντέλο πιθανότητας ατυχήματος			
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	Wald	ei	ei*
Συνεχείς μεταβλητές				
Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου	0.186	11.396	1.02	-1.491
Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα	-0.005	4.29	-0.6842	1
Διακριτές μεταβλητές				
Βροχή	2.675	33.368	13.045	-19.066
Ομίχλη	-1.203	3.054	-0.699	1.022
Οδηγική εμπειρία συμμετέχοντα 1-3 έτη	0.673	2.756	0.964	-1.409
Απάντηση στην ερώτηση «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες; »	1.864	6.654	5.411	-7.908

Πίνακας : Σχετική επιρροή των μεταβλητών του μοντέλου πιθανότητας ατυχήματος

- ❖ Η **βροχή** φαίνεται να **αυξάνει σημαντικά την πιθανότητα ατυχήματος**, παρά την παρατηρούμενη μείωση της ταχύτητας από τους οδηγούς. Συγκεκριμένα, από τη διαδικασία προσδιορισμού της επιρροής κάθε παραμέτρου στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα προέκυψε η επιρροή της βροχής σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη των υπόλοιπων παραμέτρων. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με τη διεθνή βιβλιογραφία η οποία υποδεικνύει το υγρό οδόστρωμα ως έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες οδικών ατυχημάτων που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα.
- ❖ Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη **μέση ταχύτητα οδήγησης**, συγκεκριμένα παρατηρήθηκε σημαντική **μείωση** κατά την οδήγηση με **βροχή**, αλλά και κάποια μείωση κατά την οδήγηση με **ομίχλη**. Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην έλλειψη ορατότητας κατά την οδήγηση με δυσμενείς καιρικές συνθήκες αλλά και στο υγρό οδόστρωμα κατά την οδήγηση με βροχή, το οποίο προκαλεί δυσκολία κατά την πέδηση. Οι δυσκολίες αυτές πιθανώς να καθιστούν τους οδηγούς περισσότερο

επιφυλακτικούς κατά την οδήγηση με βροχή και λιγότερο κατά την οδήγηση με ομίχλη.

- ❖ Η **βροχή** παρουσιάζει σημαντικά **μεγαλύτερη επιρροή** από την **ομίχλη** τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό εξηγείται ενδεχομένως από την επιπρόσθετη δυσκολία κατά την οδήγηση με βροχή λόγω του υγρού οδοστρώματος και της περιορισμένης ορατότητας από το βρεγμένο παρμπρίζ.
- ❖ Από τη διαδικασία της **ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων** προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας οδήγησης και πιθανότητας ατυχήματος προέκυψαν τα εξής:
 - I. Το **φύλο** φάνηκε να επηρεάζει τη **μέση ταχύτητα οδήγησης** αλλά όχι την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Συγκεκριμένα, οι γυναίκες οδηγοί παρουσίασαν μικρότερες ταχύτητες. Το παραπάνω συμπέρασμα συμφωνεί με τα αντίστοιχα σε αναλύσεις διεθνούς βιβλιογραφίας όπου εμφανίζουν τον γυναικείο πληθυσμό περισσότερο επιφυλακτικό κατά την οδήγηση με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν μειωμένες ταχύτητες συγκριτικά με τους άνδρες οδηγούς.
 - II. Η **ηλικία** προέκυψε πως επηρεάζει τη **μέση ταχύτητα οδήγησης** αλλά όχι την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Συγκεκριμένα, οι οδηγοί μεγαλύτερης ηλικίας (24-28 ετών) παρουσίασαν μεγαλύτερες ταχύτητες συγκριτικά με τους νεότερους οδηγούς (20-24 ετών). Το αποτέλεσμα αυτό πιθανώς να εξηγείται από την ενδεχόμενη μεγαλύτερη εμπειρία και άνεση των μεγαλύτερων οδηγών κατά τη διάρκεια της οδήγησης, η οποία οδηγεί σε αυξημένη ταχύτητα.
 - III. Η οδηγική εμπειρία φάνηκε να επηρεάζει την **πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** αλλά όχι τη μέση ταχύτητα οδήγησης και ειδικότερα, μόνο η **μικρή οδηγική εμπειρία** (1-3 έτη) φαίνεται να επηρεάζει. Το συμπέρασμα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι λιγότερο έμπειροι οδηγοί ενδεχομένως να μη δείχνουν την απαραίτητη ψυχραιμία, συνεπώς είναι πιθανό να μην είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν απρόοπτα συμβάντα με την ίδια ευκολία με κάποιον έμπειρο οδηγό.
- ❖ Μέσω της σχετικής επιρροής προσδιορίστηκε ο βαθμός επιρροής της κάθε παραμέτρου στη **μέση ταχύτητα οδήγησης**. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:
 - I. Μεγαλύτερη επιρροή στην μέση ταχύτητα οδήγησης παρουσίασε ο **μέσος αριθμός στροφών κινητήρα**. Συγκεκριμένα, με την αύξηση του αριθμού των στροφών του κινητήρα αυξάνεται και η ταχύτητα. Το

αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο, καθώς πράγματι, η οδήγηση με αυξημένες στροφές συνεπάγεται την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος. Συμπεραίνεται, λοιπόν ότι πως η συμπεριφορά του χρήστη της οδού έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητά του, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία.

- II. Μετά τον ανθρωπογενή παράγοντα, ο εξωγενής παράγοντας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση ταχύτητα οδήγησης είναι η **βροχή**.
- ❖ Από τη διαδικασία υπολογισμού της σχετικής επιρροής κάθε παραμέτρου στην **πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** προέκυψαν τα εξής:
 - I. Μεγαλύτερη επιρροή στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα παρουσίασε η **βροχή**. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η δυσκολία κατά την πέδηση λόγω του υγρού οδοστρώματος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες οδικών ατυχημάτων που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα, όπως δείχνει και η διεθνής βιβλιογραφία. Συνεπώς, σε συνδυασμό με τη μειωμένη ορατότητα, είναι λογικό η βροχή να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή ανάμεσα στους υπόλοιπους παράγοντες που εξετάζονται.
 - II. Οι οδηγοί που απάντησαν ότι ενημερώνονται για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή παρουσίασαν μεγαλύτερη πιθανότητα να τους συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι η συνήθεια αυτή ενδεχομένως να αποτελεί χαρακτηριστικό οδηγού με χαμηλή εξοικείωση στην οδήγηση υπό δυσμενή καιρικά φαινόμενα και γενικότερα ανασφάλεια για την οδηγική του ικανότητα.
 - ❖ Η **ομίχλη**, όπως προέκυψε από τη διαδικασία υπολογισμού της σχετικής επιρροής των μεταβλητών φαίνεται να έχει μία μικρή αλλά σαφή επιρροή τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα ατυχήματος.
 - ❖ Κατά τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε πως η κατάλληλη μέθοδος για την ανάπτυξη του μοντέλου της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα είναι η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**. Όσον αφορά στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης επιλέχθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Κατά συνέπεια, οι μέθοδοι αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες αντίστοιχες περιπτώσεις, βέβαια πάντα με τις απαραίτητες προσαρμογές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	7
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	9
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	11
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
2.2 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ	11
2.2.1 HERMANS ET.AL, 2002	11
2.2.2 PERRELS ET.AL, 2015	13
2.3 ΕΡΕΥΝΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	14
2.3.1. VAN DER HORST AND DER RIDDER, 2007	15
2.3.2 BELLA ET.AL, 2014	15
2.4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	16
2.4.1 MUELLER AND TRICK, 2011	16
2.4.2 SAFFARIAN ET.AL, 2012	18
2.4.3 CHAKRABARTY ET.AL, 2014	19
2.5 ΣΥΝΟΨΗ	21
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	23
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	23
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	23
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ-ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	25
3.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	26
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	26
3.5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	26
3.5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	28
3.5.3 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	28
3.5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	29
3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	30
3.6.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΑΙ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	30
3.6.2 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	32

3.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	33
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	35
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	35
4.2 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ	35
4.2.1 ΟΙ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ	35
4.2.2 Ο ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	36
4.2.3 Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	42
4.3 Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	45
4.3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ	45
4.3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ.....	51
4.3.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ EXCEL	52
4.3.2.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ VISUAL BASIC	53
4.3.2.3 ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	56
4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	58
4.5 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	60
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	63
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	63
5.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	63
5.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	64
5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	64
5.2.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	65
5.2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	67
5.2.4.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	68
5.2.4.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	69
5.2.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	72
5.2.6 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	74
5.2.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	76
5.3 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ	82
5.3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	82
5.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.....	83
5.3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	83
5.3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	84
5.3.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	86
5.3.6 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	88
5.3.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ.....	91

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	96
6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	100
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	101
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103

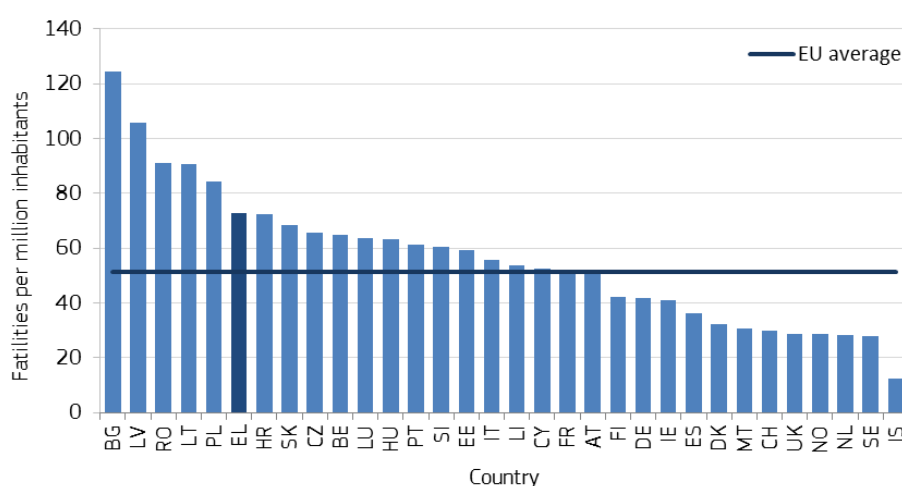
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση

Η ανάπτυξη των συγκοινωνιακών υποδομών και των μεταφορών αποτελεί κατεξοχήν χαρακτηριστικό της σύγχρονης εξελιγμένης κοινωνίας, συνοδευόμενη, δυστυχώς, από εξαιρετικά μεγάλα ποσοστά οδικών ατυχημάτων. Το σημαντικό οικονομικό και κοινωνικό τους κόστος καθιστά την οδική ασφάλεια τομέα ιδιαίτερης σημασίας.

Το 2016 στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταγράφηκαν περισσότεροι από 25.000 νεκροί από **οδικά ατυχήματα**, αριθμός ο οποίος ισούται με τον πληθυσμό μίας μεσαίου μεγέθους πόλης. Ταυτόχρονα, σε κάθε θάνατο αντιστοιχούν 4 τραυματισμοί που προκαλούν μόνιμη αναπηρία, 8 σοβαροί τραυματισμοί και 50 μικρότεροι τραυματισμοί (EC,2017). Στην Ελλάδα, το ποσοστό θνησιμότητας στα οδικά ατυχήματα (73 νεκροί ανά εκ. πληθυσμού) ξεπερνά τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο (51 νεκροί ανά εκ. πληθυσμού) και μάλιστα μέχρι το 2010 η διαφορά αυτή ήταν πολύ μεγαλύτερη (ERSO, 2016).

Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 2001 παρατηρείται σημαντική μείωση των θανάτων από οδικά ατυχήματα στην Ευρώπη, η περαιτέρω μείωση τους δεν παύει, όμως, να αποτελεί σημαντική προτεραιότητα για κάθε χώρα. Στο διάγραμμα 1.2 φαίνεται η μείωση αυτή, σε σύγκριση με τον στόχο ο οποίος τέθηκε από το Πρόγραμμα Οδικής Ασφάλειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το διάστημα 2011-2020. Στην Ελλάδα, για πρώτη φορά από το 2004 και μετά παρατηρήθηκε αύξηση των θανάτων το 2016, δίνοντας τέλος στην εντυπωσιακή τους μείωση που σημειώθηκε κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης (Πίνακας 1.1).



Διάγραμμα 1.1: Θάνατοι ανά εκατομμύριο κατοίκων το 2014 σε σύγκριση με τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο. Πηγή: European Commission, Road Safety Country Overview - Greece, European Commission, 2017.



Διάγραμμα 1.2: Θάνατοι λόγω οδικών ατυχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2001 σε σύγκριση με τον στόχο για το 2020. Πηγή: European Commission, 2017

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016/2006
Injury Road accidents	16.019	15.499	15.083	14.789	15.032	13.849	12.398	12.109	11.690	11.440	11.439	-29%
Fatalities	1.657	1.612	1.553	1.456	1.258	1.141	988	879	795	793	807	-51%
Serious Injuries	2.021	1.821	1.872	1.676	1.709	1.626	1.399	1.212	1.016	999	850	-58%
Slight Injuries	18.654	17.945	17.138	16.965	17.399	15.633	14.241	13.963	13.548	13.097	12.945	-31%
Vehicle Fleet (x1000)	6.996	7.380	7.729	7.911	8.062	8.087	8.070	8.035	8.048	8.076	8.173	17%
Fatalities per million vehicles	237	218	201	184	156	141	122	109	99	98	99	-58%
Speed infringements	307.763	353.133	349.417	330.186	263.382	238.033	186.675	178.816	156.892	173.476	176.592	-43%
Drink & drive infringements	44.848	45.668	47.257	45.901	38.033	34.992	30.707	30.853	29.597	29.191	33.192	-26%
Seat belt infringements	142.152	107.112	86.353	77.274	49.703	37.120	33.722	35.478	34.526	29.611	34.831	-75%
Helmet infringements	144.251	97.953	94.530	78.453	51.526	47.250	47.736	58.122	54.354	52.783	63.971	-56%

Πίνακας 1.1: Βασικά στοιχεία για την οδική ασφάλεια, Ελλάδα, 2006-2016. Πηγή: NRSO, 2017

Οι **παράγοντες** που επιδρούν στην οδική ασφάλεια κατά αυξανόμενη σειρά σπουδαιότητας είναι οι εξής (Φραντζεσκάκης, Γκόλιας, 1993):

- **Όχημα**

Ένας μικρός αριθμός ατυχημάτων έχει ως κύρια αιτία τις μηχανικές ή άλλες βλάβες που οφείλονται στην ανεπαρκή συντήρηση και την παλαιότητα των οχημάτων.

- **Οδός και περιβάλλον οδού**

Ατυχήματα προκαλούν διάφορες συνθήκες στην οδό (ανεπαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά, χαμηλά πρότυπα κατασκευής, κακή μελέτη, κακή οργάνωση της κυκλοφορίας, πλήρης έλλειψη ή ανεπάρκεια φωτισμού, ανεπαρκής έλεγχος και σήμανση, δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες) και γενικότερα το περιβάλλον.

- **Οι χρήστες της οδού**

Ο άνθρωπος είτε ως οδηγός ή επιβάτης ενός οχήματος είτε πεζός αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα. Τα ατυχήματα που αποδίδονται στη χρήση της οδού προκαλούνται κυρίως από την παράβαση των κανόνων οδικής κυκλοφορίας (λανθασμένη προσπέραση, στροφή ή στάση, απρόσεκτη οδήγηση, μέθη, μη συμμόρφωση με τη σήμανση και σηματοδότηση).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, δύο ή τρεις από τους παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στο ατύχημα. Δεν είναι πάντα εφικτή η αντικειμενική διαπίστωση της συμβολής του καθενός, λόγω της πολυπλοκότητας και της έλλειψης λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών κάτω από τις οποίες έγινε ένα ατύχημα. Παρόλα αυτά, οι διάφορες σχετικές μελέτες που έχουν εκπονηθεί δείχνουν ότι ο **χρήστης της οδού**, μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες, αποτελεί **την κύρια αιτία των ατυχημάτων**, συγκεκριμένα, από μελέτες που εκπονήθηκαν στη Μ. Βρετανία για την περίοδο 1970-1974 προκύπτει ότι σχετίζεται με το 95% των ατυχημάτων (I.M. Φραντζεσκάκης, I.K. Γκόλιας 1994). Η ανάδειξη του ανθρώπινου παράγοντα ως τον πλέον σημαντικότερο, καθιστά τις μελέτες της οδηγικής συμπεριφοράς ύψιστης σημασίας για την οδική ασφάλεια.

Σημαντικά εργαλεία για τον προσδιορισμό των παραγόντων που επιδρούν στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού είναι οι **προσομοιωτές οδήγησης**.

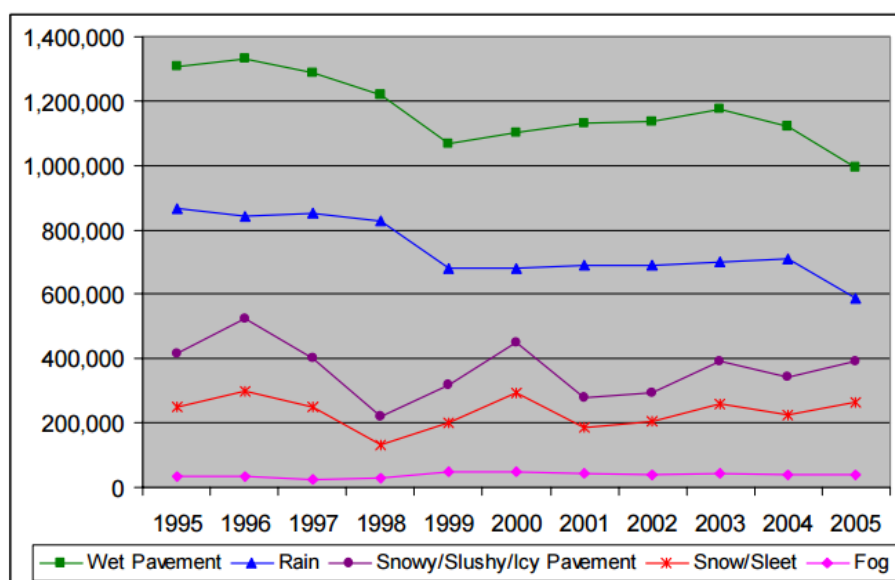
Οι προσομοιωτές οδήγησης διαθέτουν αρκετά **πλεονεκτήματα** έναντι των μετρήσεων σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Σε απόλυτα ελεγχόμενο περιβάλλον δίνεται η δυνατότητα να προσομοιωθούν αρκετά ρεαλιστικά επικίνδυνες οδικές συνθήκες και να εξάγουν γι' αυτές χρήσιμα συμπεράσματα σε συνθήκες απόλυτης ασφάλειας. Ταυτόχρονα, η τυποποίηση που προσφέρουν επιδρά θετικά στα αποτελέσματα της έρευνας, εν αντιθέσει με το πραγματικό οδικό περιβάλλον που είναι σε μεγάλο βαθμό τυχαίο. Ακόμη, η συλλογή των δεδομένων διευκολύνεται κατά πολύ, ένας προσομοιωτής οδήγησης μπορεί να τα καταγράψει με ακρίβεια η οποία θα ήταν δύσκολο να σημειωθεί με τη χρήση πραγματικού οχήματος (De Winter et.al, 2012). Τέλος, η χρήση του προσομοιωτή οδήγησης αποτελεί μια πειραματική διαδικασία φιλική προς το περιβάλλον, καθώς δεν παράγονται ρύποι και εξοικονομούνται φυσικοί πόροι (Hirsch, 2016).

Υπάρχουν, όμως, και ορισμένα σημεία στα οποία οι προσομοιωτές **μειονεκτούν**. Η μη ρεαλιστική απεικόνιση είναι ένα από αυτά, προσομοιωτές περιορισμένης πιστότητας πιθανώς να οδηγήσουν σε μη έγκυρα ερευνητικά αποτελέσματα. Ταυτόχρονα, η προαναφερθείσα ασφάλεια συγκαταλέγεται και στα μειονεκτήματα, καθώς η έλλειψη κινδύνου και συνεπειών μεταβάλλει την συμπεριφορά των συμμετεχόντων, όπως και το αίσθημα ότι «παρακολουθούνται», καθώς οι επιδόσεις τους καταγράφονται. Τέλος, η παρατεταμένη οδήγηση του προσομοιωτή είναι πιθανόν να προκαλέσει αίσθημα ζάλης, γεγονός που ορισμένες φορές οδηγεί μέχρι και στην πρόωρη διακοπή του πειράματος (De Winter et.al, 2012).

Προηγουμένως αναφέρθηκαν οι **καιρικές συνθήκες** σαν παράγοντας που επιδρά στην οδική ασφάλεια. Οι δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η ομίχλη, η βροχή και το χιόνι προκαλούν μείωση ορατότητας, η οποία δυσκολεύει την οδήγηση.

Η επίδραση της ομίχλης στην οδική ασφάλεια έχει δύο σκέλη, αφενός μεν αυξάνει το δείκτη των ατυχημάτων, αφετέρου δε αυξάνει τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Όσον αφορά τη σοβαρότητα των ατυχημάτων, ο αριθμός των παθόντων ανά ατύχημα αυξάνεται κατά 40% περίπου, ενώ της ίδιας τάξης είναι περίπου και η αύξηση του λόγου των θανατηφόρων ατυχημάτων προς το σύνολο των ατυχημάτων. Η βροχή και το υγρό οδόστρωμα είναι από τις πιο συνηθισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες που αυξάνουν την επικινδυνότητα της οδού. Ο δείκτης των ατυχημάτων σε υγρό οδόστρωμα είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο σε στεγνό οδόστρωμα σε ποσοστό που κυμαίνεται από 50%-300% (Ι.Μ. Φραντζεσκάκης, Ι.Κ. Γκόλιας 1994).

Το ένα τέταρτο των οδικών ατυχημάτων στις Η.Π.Α. συνδέονται με τις καιρικές συνθήκες. Ετησίως, υπολογίζονται κατά μέσο όρο πάνω από 1.560.000 ατυχήματα σχετικά με τον καιρό, με περισσότερους από 673.000 τραυματίες και 7.400 νεκρούς (Pisano, Goodwin, Rossetti, 2008). Στο διάγραμμα 1.3 βλέπουμε τη συχνότητα ατυχημάτων σχετικών με τις καιρικές συνθήκες στις Η.Π.Α. για το διάστημα 1995-2005 ανά καιρική συνθήκη.



Διάγραμμα 1.3: Συχνότητα ατυχημάτων σχετικών με τις καιρικές συνθήκες ανά καιρική συνθήκη Πηγή: U.S. HIGHWAY CRASHES IN ADVERSE ROAD WEATHER CONDITIONS, Pisano, Goodwin, Rossetti, 2008

Table: Weather-Related Crash Statistics (Annual Averages)

Road Weather Conditions	Weather-Related Crash Statistics		
	#REF	10-year Percentages	
Wet Pavement	907,831 crashes	16% of vehicle crashes	73% of weather-related crashes
	352,221 persons injured	15% of crash injuries	80% of weather-related injuries
	4,488 persons killed	13% of crash fatalities	77% of weather-related fatalities
Rain	573,784 crashes	10% of vehicle crashes	46% of weather-related crashes
	228,196 persons injured	10% of crash injuries	52% of weather-related injuries
	2,732 persons killed	8% of crash fatalities	47% of weather-related fatalities
Snow/Sleet	210,341 crashes	4% of vehicle crashes	17% of weather-related crashes
	55,942 persons injured	3% of crash injuries	13% of weather-related injuries
	739 persons killed	2% of crash fatalities	13% of weather-related fatalities
Icy Pavement	151,944 crashes	3% of vehicle crashes	13% of weather-related crashes
	38,770 persons injured	2% of crash injuries	9% of weather-related injuries
	559 persons killed	2% of crash fatalities	10% of weather-related fatalities
Snow/Slushy Pavement	174,446 crashes	4% of vehicle crashes	14% of weather-related crashes
	41,597 persons injured	2% of crash injuries	10% of weather-related injuries
	538 persons killed	2% of crash fatalities	10% of weather-related fatalities
Fog	28,533 crashes	1% of vehicle crashes	3% of weather-related crashes
	10,448 persons injured	1% of crash injuries	3% of weather-related injuries
	495 persons killed	2% of crash fatalities	9% of weather-related fatalities
Weather-Related *	1,258,978 crashes	22% of vehicle crashes	
	445,303 persons injured	19% of crash injuries	
	5,897 persons killed	16% of crash fatalities	

Πίνακας 1.1: Στατιστικά οδικών ατυχημάτων σχετικών με καιρικές συνθήκες Πηγή: U.S Department of Transportation, Ten-year averages from 2005 to 2014 analyzed by Booz Allen Hamilton, based on NHTSA data

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1.1, το 22% των οδικών ατυχημάτων για το διάστημα 2005-2014 είναι οδικά ατυχήματα σχετικά με τις καιρικές συνθήκες.

Στο σημείο αυτό θα ήταν χρήσιμο να αναφερθεί πως όταν γίνεται λόγος για ατυχήματα σχετικά με καιρικές συνθήκες, πρόκειται για ατυχήματα που έλαβαν χώρα υπό την επιρροή **δυσμενών καιρικών συνθηκών**. Στον πίνακα 1.1 καθώς και στο διάγραμμα 1.3 φαίνεται η με διαφορά επιρροή του υγρού οδοστρώματος στην οδική ασφάλεια, η οποία ακολουθείται από την επιρροή της βροχής.

Στην Ελλάδα, σχετική μελέτη που έγινε για τα έτη 1979-1981 στην εθνική οδό Αθηνών-Λαμίας, έδειξε ότι για υγρό οδόστρωμα έδειξε ότι ο δείκτης για το σύνολο των ατυχημάτων, όσο και ο δείκτης ατυχημάτων με παθόντες, είναι περίπου διπλάσιοι από τους αντίστοιχους δείκτες για στεγνό οδόστρωμα (Ι.Μ. Φραντζεσκάκης, Ι.Κ. Γκόλιας 1994).

Όπως υποδεικνύεται από σχετικές έρευνες, η πλειοψηφία των θανατηφόρων ατυχημάτων λαμβάνουν χώρα σε **υπεραστικές οδούς**. Συγκεκριμένα, τα 2/3 των θανάτων και σοβαρών τραυματισμών από οδικά ατυχήματα διεθνώς συμβαίνουν σε υπεραστικές οδούς (RSO, 2014). Οι πεζοί αποτελούν το 11% των θανάτων σε ατυχήματα εκτός πόλης (ERSO, 2017). Στο διάγραμμα 1.4 φαίνεται η αναλογία των θανάτων οδηγών σε αστικές και υπεραστικές οδούς. Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, ο αριθμός των θανάτων σε υπεραστικές οδούς ξεπερνά τον αντίστοιχο αριθμό σε αστικές.



Διάγραμμα 1.4: Θάνατοι οδηγών λόγω οδικών ατυχημάτων ανά τύπο οδού Πηγή: European Commission 2017

1.2 Στόχος της διπλωματικής εργασίας

Με βάση τα όσα αναπτύχθηκαν νωρίτερα, στόχο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **ανάλυση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού σε υπεραστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.**

Συγκεκριμένα, θα εξεταστεί κατά πόσο οι **δυσμενείς καιρικές συνθήκες** (βροχή, ομίχλη), σε συνδυασμό με ορισμένα **χαρακτηριστικά του οδηγού** (π.χ. φύλο, ηλικία, οδηγική εμπειρία) και του **τρόπου οδήγησης** του (π.χ. μέσο ποσοστό χρήσης του φρένου, μέσος αριθμός στροφών κινητήρα και οι τυπικές αποκλίσεις τους) συμβάλουν στην **μεταβολή της οδηγικής συμπεριφοράς** του (μέση ταχύτητα οδήγησης) και στην **πιθανότητα ατυχήματος** σε υπεραστικές οδούς.

Προκειμένου να επιτευχθεί η ποσοτικοποίηση αυτής της σύγκρισης, απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης δεδομένων. Συνεπώς, αποτελεί επιμέρους στόχο αυτής της Διπλωματικής Εργασίας η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων για την **ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων** που θα απεικονίζουν τις σχέσεις μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών και των ανεξάρτητων που θα συλλεχθούν κατά την πειραματική διαδικασία στον προσομοιωτή οδήγησης και μέσω των ερωτηματολογίων.

Τα μαθηματικά μοντέλα που θα αναπτυχθούν, περιγράφουν τη **μεταβολή της μέσης ταχύτητας οδήγησης και της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα** σε υπεραστικές οδούς, ως συνέπεια των καιρικών συνθηκών και άλλων παραμέτρων.

Εκτιμάται ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την διαδικασία αυτή, θα επιτρέψουν **την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου** με τον οποίο οι καιρικές συνθήκες σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά του οδηγού και του τρόπου οδήγησής του επηρεάζουν την μέση ταχύτητα οδήγησης και την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα σε υπεραστικές οδούς.

1.3 Μεθοδολογία

Στο υποκεφάλαιο αυτό ακολουθεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Αρχικά καθορίστηκε το αντικείμενο που θα εξέταζε η παρούσα εργασία, καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Ακολούθησε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**, αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με αυτό της Διπλωματικής Εργασίας, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Οι έρευνες αυτές φάνηκαν χρήσιμες τόσο στην επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων, όσο και στην επιλογή μεθόδου ανάλυσης αυτών.

Ακολούθησε η εύρεση τρόπου **συλλογής στοιχείων**. Επιλέχθηκε η εκπόνηση πειράματος με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης του εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Μέσω του λειτουργικού συστήματος του προσομοιωτή και των ερωτηματολογίων συλλέχθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία.

Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων, η οποία τροποποιήθηκε μέχρι να 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 (SPSS 21.0)**.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η **ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων** και η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στα πλαίσια της οποίας πραγματοποιήθηκε η περιγραφή της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη μέση ταχύτητα οδήγησης και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Τέλος, προέκυψαν τα συμπεράσματα για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.

Ακολουθεί διάγραμμα ροής με τα διαδοχικά στάδια τα οποία ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.



Διάγραμμα 1.5: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Στο ακόλουθο υποκεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά η δομή της Διπλωματικής Εργασίας, μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

Το **1^ο κεφάλαιο** είναι **εισαγωγικό** και αποτελεί τη βάση για την κατανόηση του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά παρατίθενται ορισμένα

γενικά στατιστικά αναφορικά με το θέμα της οδικής ασφάλειας σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της συλλογής δεδομένων με χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Ακολουθούν επιλεγμένα στοιχεία σχετικά με την επίδραση των καιρικών συνθηκών στην οδική ασφάλεια και αναφέρονται κάποια σημαντικά συμπεράσματα που έχουν προκύψει από έρευνες συναφείς με το αντικείμενο αυτό. Εν συνεχεία, καταγράφεται με μεγαλύτερη σαφήνεια ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας και τέλος, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξή του. Παρατίθεται ένα διάγραμμα ροής για την καλύτερη αντίληψη των βημάτων που ακολουθήθηκαν.

Στο **2^ο κεφάλαιο**, αυτό της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, παρουσιάζονται μεθοδολογίες και αποτελέσματα ερευνών με αντικείμενο συναφές με αυτό της Διπλωματικής Εργασίας. Στο τέλος του κεφαλαίου συνοψίζονται οι μεθοδολογίες όλων των ερευνών που εξετάστηκαν, καταγράφονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματά τους και γίνεται μία συγκριτική, συνολική αξιολόγησή τους.

Στο **3^ο κεφάλαιο**, που αφορά στο **θεωρητικό υπόβαθρο**, αναλύεται η επιλεγείσα μέθοδος και περιγράφεται η οικογένεια στην οποία ανήκει. Αρχικά, περιγράφονται βασικές μαθηματικές και στατιστικές έννοιες και στη συνέχεια αναλύονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής και τα επιμέρους στοιχεία της γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης καθώς και της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Ακολούθως, παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλου και οι απαραίτητοι στατιστικοί έλεγχοι στους οποίους υποβάλλονται. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται, για την επεξεργασία των δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης.

Στο **4^ο κεφάλαιο**, γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της **συλλογής και επεξεργασίας των στοιχείων**, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, δίνεται μια σύντομη περιγραφή του προσομοιωτή οδήγησης καθώς και του επιλεχθέντος οδικού περιβάλλοντος και στη συνέχεια περιγράφεται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας. Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία διαμόρφωσης της βάσης δεδομένων έως την απόκτηση της τελικής μορφής της. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο εισαγωγής της βάσης δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό. Επιπρόσθετα, επισημαίνονται τα κρίσιμα σημεία στη λειτουργία του λογισμικού και παρατίθενται οι διαδοχικές οθόνες εκτέλεσης της επεξεργασίας των στοιχείων.

Το **5^ο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την **αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας** που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Περιγράφονται τα βήματα που οδήγησαν στην ανάπτυξη του κάθε μαθηματικού μοντέλου, καθώς και οι στατιστικοί έλεγχοι που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις, καθώς και διαγράμματα ευαισθησίας για την ευκολότερη κατανόησή τους.

Το **6^ο κεφάλαιο**, το οποίο είναι και το τελευταίο της Διπλωματικής Εργασίας, συγκεντρώνει τα **συνολικά αποτελέσματα** που προέκυψαν ύστερα από την ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων. Αποτελούν μία σύνθεση αρκετών ποσοτικοποιημένων στοιχείων σε συνδυασμό με τα επιμέρους αποτελέσματα του προηγούμενου

κεφαλαίου. Επίσης, καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, είτε με άλλες μεθόδους, είτε με την εξέταση πρόσθετων μεταβλητών και παραμέτρων.

Στο **7^ο κεφάλαιο**, παρατίθεται ο **κατάλογος των βιβλιογραφικών αναφορών**. Οι αναφορές αυτές αφορούν σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αλλά και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται έρευνες με αντικείμενο συναφές με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή την επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού σε υπεραστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Ακολουθεί μία σύνοψη για κάθε επιστημονική εργασία, με έμφαση στη μεθοδολογία και τα αποτελέσματά της. Μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μιας κατάλληλης μεθόδου και κατάλληλων παραμέτρων για την αντιμετώπιση του αντικείμενου της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 Διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού

Πλήθος ερευνών έχει πραγματοποιηθεί για τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού. Οι περισσότερες από αυτές έχουν πραγματοποιηθεί με χρήση δεδομένων για καταγεγραμμένα ατυχήματα σε συνδυασμό με δεδομένα για τις καιρικές συνθήκες στις οποίες έλαβαν χώρα.

2.2.1 Hermans et.al., 2002

Το 2002 οι Hermans et.al. διερεύνησαν την επιρροή των καιρικών συνθηκών στον ωριαίο αριθμό ατυχημάτων στην Ολλανδία. Εξετάστηκε η επιρροή 17 κλιματικών παραγόντων, οι οποίοι ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες: άνεμος, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, βροχόπτωση, εικόνα και ορατότητα. Η επιρροή των παραγόντων αυτών ποσοτικοποιήθηκε και τα αποτελέσματα της έρευνας συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα άλλων ερευνών. Για την ποσοτικοποίηση της επιρροής των παραγόντων αυτών αρχικά επιλέχθηκαν η κατανομή Poisson και η αρνητική διωνυμική (negative binomial), οι οποίες θεωρήθηκαν κατάλληλες για την περιγραφή των ατυχημάτων, τα οποία λαμβάνουν χώρα σε τυχαίο χώρο και χρόνο. Σε δεύτερο στάδιο χρησιμοποιήθηκε μοντέλο με μηδενική αύξηση (Zero-inflated), το οποίο εφαρμόστηκε με κατανομή Poisson (Zero-inflated Poisson) και με αρνητική διωνυμική κατανομή (Zero-inflated negative binomial). Τα μοντέλα με μηδενική αύξηση επιλέχθηκαν, καθώς είναι κατάλληλα για δεδομένα τα οποία περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό μηδενικών τιμών. Η μηδενική τιμή σε αυτή την περίπτωση εκφράζει την μη πραγματοποίηση ατυχήματος.

Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι ωριαίοι αριθμοί ατυχημάτων που έλαβαν χώρα το 2002 στο Ολλανδικό Οδικό Δίκτυο και μετρήσεις από 37 μετεωρολογικούς σταθμούς του Ολλανδικού Μετεωρολογικού Ινστιτούτου KNMI. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν επίσης κάθε ώρα, κάθε σταθμός πραγματοποίησε 8,760 μετρήσεις για κάθε μεταβλητή. Τα δεδομένα για τα οδικά ατυχήματα συλλέχθηκαν από το Κέντρο Έρευνας Μεταφορών AVV του Υπουργείου Μεταφορών και Δημοσίων

Έργων. Συνολικά, καταγράφηκαν 26,940 με υλικές ζημιές ή/και παθόντες. Κάθε ατύχημα ανατέθηκε στον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό.

Στη συνέχεια επιλέχθηκαν οι απαραίτητες επεξηγηματικές μεταβλητές, οι ανεξάρτητες μεταβλητές που προέκυψαν από τους δείκτες των καιρικών συνθηκών και οι μεταβλητές ορατότητας. Ακολούθησε η ανά δύο συσχέτιση των μεταβλητών και η ανάλυση με τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν. Από τη διαδικασία αυτή και μετά από τους απαραίτητους ελέγχους προέκυψε πως 5 μετεωρολογικοί σταθμοί προσεγγίζονταν καλύτερα από το μοντέλο Poisson, 31 από το αρνητικό διωνυμικό, 1 από το μοντέλο Poisson με μηδενική αύξηση και 3 από το αρνητικό διωνυμικό μοντέλο με μηδενική αύξηση. Ακολουθούν στον πίνακα 2.5 τα αποτελέσματα του αρνητικού διωνυμικού μοντέλου.

	VAR	MIN	MED	MAX	P _{0.05}	P _{0.05-0.10}	N _{0.05-0.10}	N _{0.05}	Cases
Maximum wind gust	FX	-0.0061	0.0040	0.0196	18	1	1	1	40
Average wind speed	FH	-0.0347	-0.0089	0.0108	3	2	4	6	40
Varying wind direction	WIS	-0.7420	0.3830	2.7820	5	0	0	1	40
Temperature	T	-0.0031	-0.0018	0.0178	3	1	1	7	39
Global radiation	Q	0.0014	0.0029	0.0168	26	4	0	0	38
Sunshine duration	SQ	-0.2530	0.0552	0.1140	15	6	0	1	38
Cloudiness	N	-0.0626	0.0493	0.0812	8	0	1	1	16
Precipitation duration	RD	0.0322	0.0629	0.1380	26	2	0	0	38
Precipitation amount	RH	0.0100	0.0178	0.0405	8	1	0	0	38
Relative humidity	U	-0.0193	0.0011	0.0221	2	2	1	3	39
Presence of precipitation	WW_R	0.3160	0.4050	0.8320	11	0	0	0	16
Presence of fog	WW_M	-1.2800	0.0288	0.7170	2	1	0	1	16
Presence of snow	WW_S	1.0700	1.2500	1.4300	1	1	0	0	16
Presence of thunderstorm	WW_O	0.7950	0.7950	0.7950	1	0	0	0	16
Presence of black ice	WW_Y	0.6800	0.8680	1.2000	3	0	0	0	12
Presence of hail	WW_H	/	/	/	0	0	0	0	14
Horizontal visibility	VV	-0.0091	0.0044	0.0123	2	2	0	2	28

Πίνακας 2.1: Αποτελέσματα αρνητικού διωνυμικού μοντέλου

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα εξής:

- Η αύξηση της ριπής του ανέμου προκαλεί αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων.
- Η παγκόσμια ακτινοβολία και η ηλιοφάνεια έχουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην οδική ασφάλεια.
- Δέκα επιπλέον λεπτά βροχόπτωσης αυξάνουν τον αριθμό των ατυχημάτων κατά 6.5%, ενώ η επιπλέον ποσότητα βροχόπτωσης έχει μικρότερο αντίκτυπο.
- Από όλους τους δείκτες των καιρικών συνθηκών η βροχόπτωση έχει τη σημαντικότερη επιρροή.
- Η ύπαρξη συννεφιάς επίσης αυξάνει τον αριθμό των ατυχημάτων.

2.2.2 Perrels et.al., 2015

Το 2015 οι Perrels et.al. πραγματοποίησαν μία μελέτη με σκοπό τη διερεύνηση της συσχέτισης των χειμερινών ημερήσιων ποσοστών των ατυχημάτων με τις καιρικές συνθήκες στην Φινλανδία. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με την απεικόνιση των τάσεων και της χωροχρονικής διακύμανσης στα επίπεδα των ατυχημάτων σε σύγκριση με τα δεδομένα για τον καιρό με χρήση του προγράμματος GIS (Geographic Information Systems) και με την ανάπτυξη ενός μοντέλου παλινδρόμησης για την ευαισθησία του επιπέδου των ατυχημάτων σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Τα δεδομένα για τα ατυχήματα ελήφθησαν από το Φινλανδικό Κέντρο Ασφάλισης Αυτοκινήτων και συγχωνεύτηκαν με τα δεδομένα του οδικού δικτύου ανά περιφέρεια από τη Διοίκηση Φινλανδικών Οδών(η οποία αργότερα μετονομάστηκε σε Φινλανδική Υπηρεσία Μεταφορών). Τα μετεωρολογικά δεδομένα συλλέχθηκαν από το Φινλανδικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο(FMI). Τα δεδομένα για τις οδικές συνθήκες ελήφθησαν από την Εθνική Αρχή Μεταφορών.

Στη συνέχεια, από τα δεδομένα προέκυψαν οι υπό εξέταση ανεξάρτητες μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης και της ύπαρξης ή μη προειδοποίησης για δυσμενή καιρικά φαινόμενα. Η ανάλυση εστίασε στους χειμερινούς μήνες. Πραγματοποιήθηκαν 8 διαφορετικές αναλύσεις παλινδρόμησης: Δευτέρα έως Πέμπτη για τους μήνες Νοέμβρη και Δεκέμβρη, Δευτέρα έως Πέμπτη για το διάστημα Ιανουάριος-Μάρτιος, Παρασκευές για τους μήνες Νοέμβρη και Δεκέμβρη, Παρασκευές για το διάστημα Ιανουάριος-Μάρτιος, Σάββατα για τους μήνες Νοέμβρη και Δεκέμβρη, Σάββατα για το διάστημα Ιανουάριος-Μάρτιος, Κυριακές για τους μήνες Νοέμβρη και Δεκέμβρη και Κυριακές για το διάστημα Ιανουάριος-Μάρτιος. Στους πίνακες 2.6, 2.7 παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης.

Dependent Variable: <i>Crash Rate</i>	Monday–Thursday November–December			Monday–Thursday January–March			Friday November–December			Friday January–March		
Explanatory Variables:	Coefficient	Standard Error	t Statistic	Coefficient	Standard Error	t Statistic	Coefficient	Standard Error	t Statistic	Coefficient	Standard Error	t Statistic
Intercept	0.85216	0.8685	0.98	−5.41001	0.4874	−11.10	0.37749	1.3623	0.28	−2.76251	0.9712	−2.84
<i>W_{idsr}</i> :												
ln_Tave	0.03511	0.0081	4.34	0.10520	0.0063	16.65	0.04802	0.0162	2.97	0.05707	0.0130	4.40
ln_RRmax	0.01244	0.0133	0.93	0.02594	0.0116	2.23	0.04863	0.0258	1.89	0.01151	0.0241	0.48
ln_Wsavg	0.03011	0.0106	2.83	0.06744	0.0082	8.22	0.05482	0.0193	2.84	0.06177	0.0156	3.95
ln_Rhmax	−0.62942	0.1882	−3.35	0.76484	0.1060	7.22	−0.30317	0.2948	−1.03	0.28797	0.2105	1.37
ln_snowdp	0.07360	0.0042	17.45	0.08694	0.0055	15.75	0.01530	0.0084	1.82	0.11470	0.0107	10.72
ln_prepxwind	0.05606	0.0102	5.48	0.05949	0.0090	6.58	0.00696	0.0195	0.36	0.08894	0.0187	4.76
<i>T_{idsr}</i> :												
ln_tcarsperday	0.40566	0.0123	33.08	0.37779	0.0103	36.70	0.26676	0.0241	11.08	0.33361	0.0204	16.32
ln_pchighways	−0.11191	0.0221	−5.06	−0.11448	0.0177	−6.46	−0.01859	0.0432	−0.43	−0.10225	0.0356	−2.88
<i>D_{idsr}</i> :												
D_Thaw	0.11245	0.0171	6.59	0.01607	0.0136	1.18	0.08029	0.0339	2.37	−0.06639	0.0282	−2.35
N	6942			9657			1698			2450		
R ²	0.192			0.184			0.104			0.168		

Πίνακας 2.2: Αποτελέσματα ανάλυσης παλινδρόμησης για τις ημέρες Δευτέρα-Πέμπτη και Παρασκευή

Dependent Variable: <i>Crash Rate</i>	Saturday November–December			Saturday January–March			Sunday November–December			Sunday January–March		
Explanatory Variables:	Coefficient	Standard Error	t Statistic	Coefficient	Standard Error	t Statistic	Coefficient	Standard Error	t Statistic	Coefficient	Standard Error	t Statistic
Intercept	2.21916	1.5590	1.42	-2.71915	0.9143	-2.97	3.96220	1.8090	2.19	-7.00080	1.1439	-6.12
<i>W_{dsr}:</i>												
ln_Tave	0.01206	0.0163	0.74	0.08378	0.0123	6.83	0.02598	0.0182	1.43	0.09357	0.0143	6.54
ln_RRmax	-0.01129	0.0289	-0.39	0.02260	0.0225	1.00	0.04694	0.0294	1.60	0.04009	0.0263	1.53
ln_Wsavg	-0.00563	0.0222	-0.25	0.10774	0.0167	6.46	0.02114	0.0242	0.87	0.06690	0.0190	3.52
ln_Rhmax	-0.83380	0.3363	-2.48	0.37713	0.1989	1.90	-1.29335	0.3900	-3.32	1.19153	0.2498	4.77
ln_snowdp	0.05299	0.0092	5.77	0.08812	0.0105	8.38	0.06043	0.0098	6.15	0.06607	0.0123	5.39
ln_prepxwind	0.04281	0.0220	1.94	0.05412	0.0178	3.05	-0.01074	0.0229	-0.47	0.02365	0.0198	1.19
<i>T_{dsr}:</i>												
ln_tcarsperday	0.29203	0.0263	11.12	0.20971	0.0207	10.14	0.31532	0.0278	11.33	0.23327	0.0240	9.73
ln_pchighways	-0.01010	0.0469	-0.22	-0.09658	0.0358	-2.70	-0.05759	0.0496	-1.16	-0.04948	0.0412	-1.20
<i>D_{dsr}:</i>												
D_Thaw	0.13078	0.0352	3.71	-0.03595	0.0289	-1.25	0.07345	0.0391	1.88	-0.00600	0.0314	-0.19
N	1644			2476			1607			2449		
R ²	0.102			0.127			0.082			0.100		

Πίνακας 2.3: Αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για τις ημέρες Σάββατο και Κυριακή

Ορισμένες από τις μεταβλητές που περιλαμβάνουν τα παραπάνω μοντέλα είναι: μέση ταχύτητα του ανέμου, μέση θερμοκρασία, μέγιστη ημερήσια βροχόπτωση, μέγιστη ημερήσια υγρασία, εμφάνιση κύκλου ψύξης-απόψυξης, βάθος χιονιού. Προκύπτει πως η μεταβλητή της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης είναι στατιστικά σημαντική μόνο κατά τη διάρκεια των εργάσιμων ημερών. Αντίθετα, οι μεταβλητές της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου προκύπτουν στατιστικά σημαντικές στις περισσότερες περιπτώσεις, όπως επίσης και το βάθος του χιονιού. Η εμφάνιση κύκλου ψύξης-απόψυξης εμφανίζεται να είναι στατιστικά σημαντική στις αρχές του χειμώνα, ενώ η σημαντικότητά της φαίνεται να μειώνεται κατά το τέλος του χειμώνα.

Από την ανάλυση στο σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών(GIS) προέκυψε πως υπάρχει πράγματι σχέση των χωρικών δεδομένων και της διανομής των καιρικών συνθηκών, αλλά αποδεικνύεται πως δεν υπάρχει σημαντική σχέση ανάμεσα στα χωρικά δεδομένα και τα επίπεδα των ατυχημάτων.

Βασικότερο συμπέρασμα της έρευνας αυτής είναι πως οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες μπορούν να αυξήσουν τον αριθμό των ατυχημάτων σε σημαντικό βαθμό, δεν μπορεί όμως να εκτιμηθεί με βάση τα παραπάνω αύξηση ή μη του αριθμού των παθόντων. Η ταχύτητα του ανέμου, η ένταση της βροχής και η θερμοκρασία παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές στις περισσότερες περιπτώσεις.

2.3 Έρευνες με χρήση προσομοιωτή οδήγησης

Οι προσομοιωτές οδήγησης, όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως η καταγραφή πλήθους δεδομένων και η προσομοίωση επικίνδυνων συνθηκών σε απόλυτα ελεγχόμενο περιβάλλον. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης, με σκοπό τον προσδιορισμό της επιρροής διαφόρων παραγόντων στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού.

2.3.1 Van der Horst and de Ridder, 2007

Το 2007 οι Van der Horst και de Ridder επιχείρησαν να προσδιορίσουν την επιρροή των οδικών υποδομών στην οδηγική συμπεριφορά με χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η επιρροή των δέντρων, προστατευτικών κιγκλιδωμάτων, εμποδίων και λωρίδων έκτακτης ανάγκης στην ταχύτητα και την απόσταση από το δεξί άκρο της οδού.

Στο πείραμα συμμετείχαν 20 άτομα ηλικίας 29-53 ετών με τουλάχιστον 5 έτη οδηγικής εμπειρίας. Κάθε συμμετέχων πραγματοποίησε 24 οδηγικά σενάρια διάρκειας 5 λεπτών, σε τμήματα υπεραστικής οδού και αυτοκινητόδρομου, με διαφορετικές κάθε φορά οδικές συνθήκες(εμπόδια, οδικές υποδομές).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης με σκοπό να προσδιοριστεί η επιρροή των συνθηκών αυτών στις εξαρτημένες μεταβλητές.

Όσον αφορά την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο παρατηρήθηκε πως ο τύπος του προστατευτικού κιγκλιδώματος δεν επηρεάζει την ταχύτητα και την απόσταση από το δεξί άκρο της οδού. Αντίθετα, η ύπαρξη ή μη της λωρίδας έκτακτης ανάγκης επηρέασε την οδηγική συμπεριφορά, συγκεκριμένα, η απουσία της οδηγούσε σε αύξηση της απόστασης από το δεξί άκρο της οδού. Κατά την οδήγηση σε υπεραστική οδό, οι συμμετέχοντες μείωναν την ταχύτητά τους με την εμφάνιση δέντρων ή/και προστατευτικών κιγκλιδωμάτων, ανάλογα με την απόσταση των παραπάνω από το άκρο της οδού. Όσον αφορά την απόσταση από το δεξί άκρο της οδού, παρατηρήθηκε πως αυξανόταν κατά την εμφάνιση δέντρων σε συνδυασμό με προστατευτικό κιγκλίδωμα, ενώ στην περίπτωση που εμφανίζονταν μόνο δέντρα η απόσταση δεν μεταβαλλόταν.

2.3.2 Bella et.al., 2014

Το 2014 οι Bella et.al. πραγματοποίησαν μία ανάλυση των ταχυτήτων κατά τη νυχτερινή οδήγηση με χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής οδήγησης του εργαστηρίου του Διαπανεπιστημιακού Κέντρου Ερευνών για την Οδική Ασφάλεια (CRISS) στο Πανεπιστήμιο Roma Tre. Οι 40 συμμετέχοντες οδήγησαν κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας υφιστάμενη υπεραστική οδό μήκους 21.9km, με όριο ταχύτητας 60km/h. Κάθε συμμετέχων συμπλήρωσε ένα ερωτηματολόγιο αναφορικά με την εμπειρία του προσομοιωμένου σεναρίου.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης της ταχύτητας λειτουργίας σε ευθύγραμμο και καμπύλο τμήματα της οδού, καθώς και της διαφοράς των ταχυτήτων. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκαν τα μοντέλα: ταχύτητας σε καμπύλο τμήμα οδού κατά τη διάρκεια της ημέρας, ταχύτητας σε καμπύλο τμήμα οδού κατά τη διάρκεια της νύχτας, ταχύτητας σε ευθύγραμμο τμήμα οδού κατά τη διάρκεια της ημέρας, ταχύτητας σε ευθύγραμμο τμήμα οδού κατά τη διάρκεια της νύχτας, διαφοράς της ταχύτητας σε ευθύγραμμο και καμπύλο τμήμα οδού κατά τη διάρκεια της ημέρας και διαφοράς της ταχύτητας σε ευθύγραμμο και καμπύλο τμήμα οδού κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Παρατηρήθηκε πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στις ταχύτητες ανάμεσα σε πρωινή και νυχτερινή οδήγηση σε καμπύλα τμήματα της οδού, γεγονός που πιθανώς να οφείλεται στην ύπαρξη αρκετά οξείων καμπυλών οι οποίες οδήγησαν τους συμμετέχοντες στην υιοθέτηση χαμηλών ταχυτήτων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αντίθετα, η αναμενόμενη πρόσθετη δυσκολία της νυχτερινής οδήγησης φάνηκε να επηρεάζει τις ταχύτητες στην ευθυγραμμία, με μειωμένη μέση ταχύτητα κατά τη διάρκειά της.

2.4 Διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού με χρήση προσομοιωτή οδήγησης

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, ο προσομοιωτής οδήγησης δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης πλήθους καιρικών συνθηκών. Για το λόγο αυτό, έχει χρησιμοποιηθεί σε έρευνες που αφορούν στην επιρροή των δυσμενών καιρικών συνθηκών στην οδήγηση.

2.4.1 Mueller and Trick, 2011

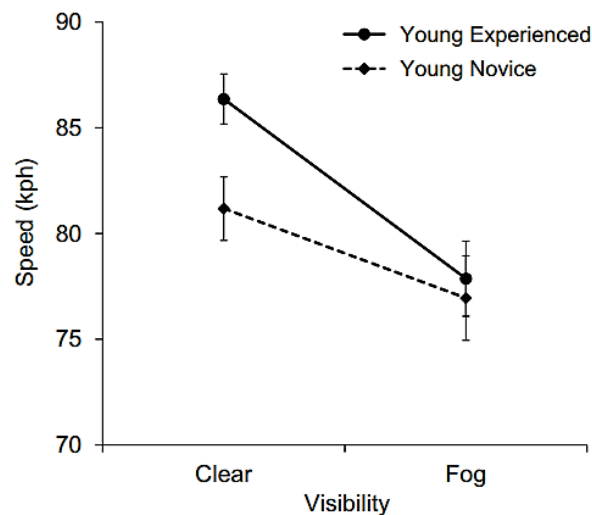
Με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της οδηγικής εμπειρίας στη μεταβολή της οδηγικής συμπεριφοράς κατά την οδήγηση με ομίχλη, οι Mueller και Trick πραγματοποίησαν το 2011 πείραμα με χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Πραγματοποιήθηκαν δύο πειραματικές διαδικασίες. Το πρώτο πείραμα εξέτασε κατά ποιόν τρόπο οι συμμετέχοντες προσαρμόζαν και διατηρούσαν την ταχύτητά τους ανάλογα με την οδηγική τους εμπειρία και το βαθμό ορατότητας. Οι συμμετέχοντες ήταν φοιτητές, έλαβαν \$10.00 για τη συμμετοχή τους και χωρίστηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του διπλώματος οδήγησης που διέθεταν και την οδηγική τους εμπειρία. Κάθε συμμετέχων πραγματοποιούσε τρία οδηγικά σενάρια, τα οποία περιλάμβαναν οδήγηση σε οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας σε υπεραστικό και βιομηχανικό περιβάλλον. Σε κάθε σενάριο εμφανίζονταν δύο απρόοπτα συμβάντα. Στο τέλος, οι συμμετέχοντες συμπλήρωναν δύο ερωτηματολόγια, ένα για πιθανά συμπτώματα αδιαθεσίας προερχόμενα από τη χρήση του προσομοιωτή και ένα αναφορικά με τα οδηγικά χαρακτηριστικά τους.

Τα δεδομένα που καταγράφηκαν ήταν η ταχύτητα, η τυπική απόκλιση της ταχύτητας, η απόσταση από το δεξί άκρο της οδού, η τυπική απόκλιση από το δεξί άκρο της οδού και ο χρόνος αντίδρασης σε απρόοπτα συμβάντα. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης, διορθώσεις για τις παραβιάσεις της παραδοχής της σφαιρικότητας Greenhouse-Geisser, καθώς και ανάλυση της συνδιακύμανσης (με συντελεστές την ηλικία και το φύλο) για τη μέση ταχύτητα οδήγησης, την τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας οδήγησης και την τυπική απόκλιση της απόστασης από το δεξί άκρο της οδού. Από το πείραμα αυτό προέκυψαν τα εξής:

- Όλοι οι οδηγοί σημείωσαν μειωμένη ταχύτητα κατά την οδήγηση με ομίχλη, σε σύγκριση με την ταχύτητα τους κατά την οδήγηση με καλό καιρό.
- Η επιρροή της οδηγικής εμπειρίας στη μέση ταχύτητα οδήγησης δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική.

- Η συσχέτιση ανάμεσα στην οδηγική εμπειρία και την ορατότητα προέκυψε στατιστικά σημαντική.
- Κατά την οδήγηση με καλό καιρό και σαφή ορατότητα οι νέοι οδηγοί με μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία σημείωσαν αυξημένες ταχύτητες συγκριτικά με τους νέους αρχάριους οδηγούς, ενώ κατά την οδήγηση με ομίχλη δεν παρατηρήθηκε διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες.

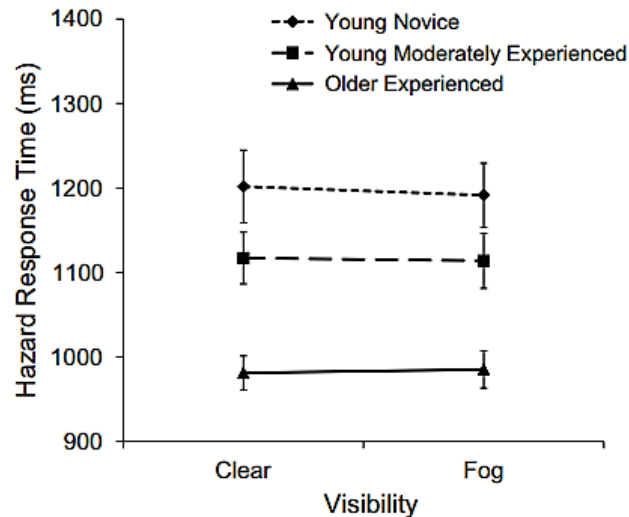


Διάγραμμα 2.1: Μέση ταχύτητα οδήγησης ανάλογα με την οδηγική εμπειρία και την ορατότητα

Το δεύτερο πείραμα εξέταζε αν η ταχύτητα που επέλεξαν οι συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια του πρώτου πειράματος ήταν επαρκής για την ασφαλή αποφυγή του κινδύνου κατά την οδήγηση με ομίχλη και καλό καιρό. Οι συμμετέχοντες ήταν κοινοί με του πρώτου πειράματος, με την προσθήκη ενός επιπλέον αριθμού με μεγαλύτερη οδηγική εμπειρία. Κάθε συμμετέχων πραγματοποίησε 5 οδηγικά σενάρια, κάθε ένα από τα οποία περιλάμβανε 3 απρόοπτα συμβάντα. Τα οδικά περιβάλλοντα ήταν κοινά με εκείνα του πρώτου πειράματος. Τα δεδομένα που καταγράφηκαν ήταν η μέση ταχύτητα οδήγησης, ο χρόνος αντίδρασης σε απρόοπτο συμβάν και ο αριθμός των ατυχημάτων που πραγματοποιήθηκαν. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις διακύμανσης, διορθώσεις για τις παραβιάσεις της παραδοχής της σφαιρικότητας Greenhouse-Geisser και διαδοχικές Holms Bonferroni διορθωμένες δυαδικές συγκρίσεις. Ο χρόνος αντίδρασης και η μέση ταχύτητα οδήγησης αναλύθηκαν περαιτέρω ξεχωριστά. Από το πείραμα αυτό προέκυψαν τα εξής:

- Η επιρροή της οδηγικής εμπειρίας στον χρόνο αντίδρασης σε απρόοπτα συμβάντα δεν φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική.
- Από τα δεδομένα προέκυψε πως οι νέοι άπειροι οδηγοί παρουσίασαν τη μεγαλύτερη πιθανότητα να πραγματοποιήσουν ατύχημα.
- Όσον αφορά τη μείωση της ταχύτητας κατά την οδήγηση με ομίχλη, παρατηρήθηκε πως μόνο οι νέοι έμπειροι οδηγοί σημείωναν επαρκή μείωση.

- Η ηλικία και το φύλο δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικοί παράγοντες επιρροής του χρόνου αντίδρασης σε απρόοπτα συμβάντα.
- Δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στην οδηγική συμπεριφορά των νέων άπειρων οδηγών και των νέων οδηγών με μέτρια οδηγική εμπειρία.



Διάγραμμα 2.2: Χρόνος αντίδρασης σε απρόοπτο συμβάν (με το πάτημα του φρένου) ως συνάρτηση της οδηγικής εμπειρίας και της ορατότητας (Error bars ± 1 SE.)

Συνεπώς, παρατηρήθηκε πως οι νέοι άπειροι οδηγοί παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος, αποτέλεσμα που συμφωνεί και με προγενέστερες έρευνες στην επίδραση της οδηγικής εμπειρίας στην οδηγική συμπεριφορά.

2.4.2 Saffarian et.al, 2012

Το 2012, οι Saffarian et.al, χρησιμοποίησαν προσομοιωτή οδήγησης με σκοπό να εξηγηθεί η τάση των οδηγών να τηρούν μειωμένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα κατά την οδήγηση με ομίχλη.

Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 27 άτομα, όλοι κάτοχοι διπλώματος οδήγησης για τουλάχιστον 6 μήνες. Χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής οδήγησης με ευρεία χρήση στην εκπαίδευση των οδηγών στην Ολλανδία, Green Dino 2011. Κάθε συμμετέχων αρχικά συμπλήρωνε ένα ερωτηματολόγιο και στη συνέχεια πραγματοποιούσε 4 οδηγικά σενάρια. Στα 2 από αυτά, ο ίδιος ο οδηγός χρησιμοποιούσε το τιμόνι, το φρένο και το γκάζι (M), ενώ στα άλλα ένας συντονιστής ρύθμιζε την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα και ο οδηγός χρησιμοποιούσε μόνο το τιμόνι (A). Σε κάθε περίπτωση, ένα σενάριο περιλάμβανε οδήγηση με καλό καιρό (C) και ένα οδήγηση με ομίχλη (F). Το περιβάλλον της προσομοίωσης ήταν σε όλα τα σενάρια αυτοκινητόδρομος με 3 λωρίδες κυκλοφορίας. Κάθε σενάριο περιλάμβανε δύο φάσεις, στην πρώτη, το προπορευόμενο όχημα καθοδήγησε διατηρούσε σταθερή ταχύτητα, ενώ στη δεύτερη η ταχύτητά του ήταν μεταβλητή.

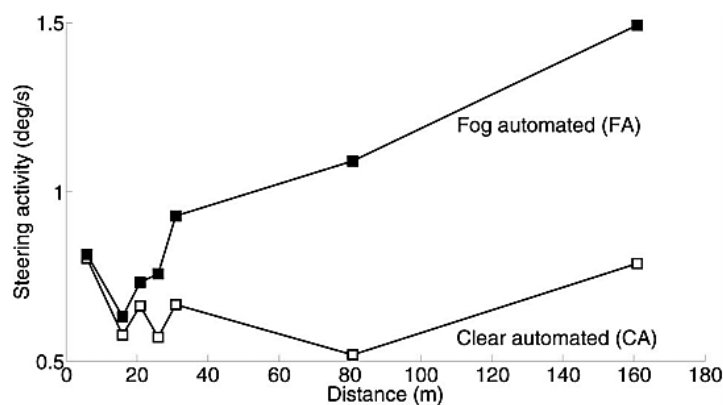
Οι μεταβλητές που καταγράφηκαν ήταν οι εξής: μέση δραστηριότητα τιμονιού, τυπική απόκλιση της χρήσης του φρένου, τυπική απόκλιση της χρήσης του γκαζιού, τυπική απόκλιση της απόστασης από το δεξί άκρο της οδού, μέση διανυόμενη απόσταση,

τυπική απόκλιση της μέσης διανυόμενης απόστασης, μέσο ποσοστό αισθήματος κινδύνου και μεταβλητές προερχόμενες από τα ερωτηματολόγια.

Συγκρίσεις μεταξύ των πειραματικών σεναρίων και των μέσων διανυόμενων αποστάσεων πραγματοποιήθηκαν με ανά 2 κριτήρια της κατανομής student (t-test).

Προέκυψαν τα εξής:

- Η χρήση του φρένου και το αίσθημα του κινδύνου στο οδηγικό σενάριο FA, σημείωναν αύξηση όταν το όχημα καθοδήγησης δεν ήταν ορατό, σε σύγκριση με την περίπτωση που ήταν.
- Η τυπική απόκλιση της απόστασης από το δεξί άκρο της οδού ήταν μειωμένη κατά το οδηγικό σενάριο FA.
- Το αίσθημα του κινδύνου δεν φάνηκε να παρουσιάζει διαφορά ανάμεσα στα σενάρια M,A.



Διάγραμμα 2.3: Μέση χρήση φρένου, προερχόμενη από διάφορες στιγμές στη φάση σταθερής ταχύτητας

2.4.3 Chakrabarty et.al.,2014

Το 2014, οι Chakrabarty et.al. πραγματοποίησαν μία έρευνα με σκοπό την ανάλυση των οπτικών χαρακτηριστικών και της ψυχοκινητικής συμπεριφοράς του οδηγού, σε συνδυασμό με την ταχύτητα, το χρόνο αντίδρασης και την οδηγική του συμπεριφορά σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, σε συνθήκες κανονικές και προσομοίωσης.

Για την έρευνα αυτή τα στοιχεία συλλέχθηκαν σε δύο φάσεις. Η πρώτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο και περιλάμβανε εξετάσεις όπως η μέτρηση της οπτικής οξύτητας, καθώς και οδήγηση σε συνθήκες προσομοίωσης, με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης του Κεντρικού Οδικού Ερευνητικού Ιδρύματος στο Νέο Δελχί. Κατά τη διάρκεια της οδήγησης του προσομοιωτή καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων που πραγματοποιήθηκαν, οι μέσοι χρόνοι αντίδρασης και τα χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς υπό συνθήκες αβεβαιότητας, υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Η δεύτερη πραγματοποιήθηκε με μετρήσεις σε πραγματικές, ποικίλες οδικές συνθήκες. Οι συμμετέχοντες ακολουθούσαν μία καθορισμένη διαδρομή με επιστροφή στο σημείο έναρξης, με διαφορετικές καιρικές

συνθήκες και παραλλαγές των οδικών υποδομών. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής καταγράφηκαν οι χρόνοι αντίδρασης, οι κινήσεις του προσώπου και ορισμένα επιπλέον σχετικά με την οδό ερεθίσματα, με χρήση ηλεκτρονικού συστήματος μετρητικού εξοπλισμού (V-box). Το δείγμα αποτελούταν από 21 άντρες οδηγούς 20-40 ετών με οδηγική εμπειρία 2-15 έτη.

Τα ευρήματα, τα οποία αναδεικνύουν τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων σε συνθήκες βροχής και ομίχλης είναι τα ακόλουθα:

Percent Errors committed	Driving Experience			
	Weather	Upto 2 Yrs.	2 to 5 Yrs.	5 Yrs. & ab.
Crashing (Av. Frequency)	Clear Weather	13.64	10.81	0
	Rainy	15.91	13.51	5.5
	Foggy	14.29	9.51	9.43
Speeding (Km/hr.)	Clear Weather	23.08	22.35	40
	Rainy	10	17.35	25
	Foggy	7.59	17.99	12.5
Improper Merging (Av. Freq.)	Clear Weather	33.33	20	0
	Rainy	33.33	40	12.5
	Foggy	35.71	18.75	14.89
Signal Violations (Av. Freq.)	Clear Weather	18.75	17.95	20
	Rainy	31.25	20.51	40
	Foggy	16.67	15.38	34.78

Πίνακας 2.4: Ποσοστό των σφαλμάτων των οδηγών κατά την οδήγηση σε συνθήκες προσομοίωσης

Υπολογίστηκαν οι μέσες ταχύτητες οδήγησης για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες και διαφορετικό αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας(πίνακας 2.5). Στο τμήμα της οδού με δύο λωρίδες κυκλοφορίας παρουσιάζεται σημαντική μεταβολή της ταχύτητας λόγω αλλαγής των καιρικών συνθηκών, με τυπική απόκλιση 2,5km/h. Αντίθετα, στα τμήματα της οδού με τρεις και τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή. Παρατηρήθηκε επίσης πως η ταχύτητα αυξανόταν με την αύξηση του αριθμού των λωρίδων στο τμήμα της οδού.

Weather Condition	2 Lane		3 Lane		4 Lane	
	Up	Down	Up	Down	Up	Down
Clear	32.58	38.5	42.09	57.34	70	57.705
Rainy	33.73	36.12	50.83	53.75	56.73	65.86
Cloudy	36.15	42.825	50.19	52.75	63.02	63.7
Foggy	25.1	31.9	38.7	26.4	30.5	31.5

Πίνακας 2.5: Μέση ταχύτητα οδήγησης (km/h) κατά την οδήγηση σε πραγματικές οδικές συνθήκες για τη διαδρομή (Up) και την επιστροφή (Down)

Η ανάλυση της διακύμανσης επιβεβαίωσε το επίπεδο σημαντικότητας(πίνακας 2.6).

Source of Variation	df	Ss	Ms	F	Significance
Among mean	5	21606	4321.28	2.16	
Within Conditions	12	23994	1999.51		0.05
Total	17				

*F (5, 12) =2.16, p<.05

Πίνακας 2.6:Ανάλυση της διακύμανσης της μέσης ταχύτητας οδήγησης κατά την οδήγηση σε πραγματικές οδικές συνθήκες

Reaction Time (Secs.)			
Weather Conditions	2 Lane	3 Lane	4 Lane
Clear	2.6	2	3.2
Cloudy day	3.9	3.1	2.9
Rainy Day	4.6	3.4	3
Foggy day	3.2	2.2	1.8

Πίνακας 2.7: Μέσοι χρόνοι αντιδράσεις σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες

2.5 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν παραδείγματα ερευνών που αφορούν στη μελέτη της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού, καθώς και ερευνών που πραγματοποιήθηκαν με χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

Κατά τη μελέτη των ερευνών αυτών προέκυψαν οι εξής παρατηρήσεις, όσον αφορά στην επιρροή των καιρικών συνθηκών:

- Όπως προκύπτει από πλήθος ερευνών, η βροχόπτωση αποτελεί το καιρικό φαινόμενο με τη μεγαλύτερη επιρροή στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού.
- Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά την ασφάλεια του οδηγού, όπως φαίνεται από τα σχετικά αποτελέσματα για τον αριθμό των ατυχημάτων, το χρόνο αντίδρασης και το αίσθημα του κινδύνου. Συγκεκριμένα, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες φαίνεται να αυξάνουν και τα τρία αυτά μεγέθη.
- Τόσο η ομίχλη όσο και η βροχή φαίνεται να οδηγούν σε μείωση της μέσης ταχύτητας οδήγησης.

Όσον αφορά στη χρήση του προσομοιωτή οδήγησης για τη συλλογή δεδομένων:

- Συνήθως στην πειραματική διαδικασία συμμετέχουν 20-40 άτομα με κοινά χαρακτηριστικά όσον αφορά στην ηλικία ή/και στην οδηγική εμπειρία. Διαφορετικά το δείγμα κατανέμεται σε ομάδες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά αυτά.

- Στις περισσότερες περιπτώσεις, επιπλέον δεδομένα συλλέγονται με ερωτηματολόγια τα οποία συμπληρώνονται από τους συμμετέχοντες.
- Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, συνηθέστερα πραγματοποιείται ανάλυση της διακύμανσης ή ανάλυση παλινδρόμησης.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό επιδιώκεται η περιγραφή του θεωρητικού υπόβαθρου, πάνω στο οποίο βασίστηκε η στατιστική ανάλυση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, για την ανάλυση των στοιχείων, επιλέχθηκε η απλή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης (linear regression). Ο κύριος λόγος βάσει του οποίου επιλέχθηκε η μέθοδος αυτή είναι πως η εξαρτημένη μεταβλητή που επιλέχθηκε (μέση ταχύτητα οδήγησης) είναι συνεχής μεταβλητή και ακολουθεί την κανονική κατανομή. Στην πορεία αναζητήθηκε μια καλύτερη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών και επιλέχθηκε η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (lognormal regression). Για την ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου περιγραφής της πιθανότητας ατυχήματος, επιλέχθηκε η μέθοδος της **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης** (binary logistic regression). Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε, καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή στην περίπτωση αυτή είναι διακριτή και λαμβάνει μόνο δύο τιμές.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, θα αναφερθούν ορισμένες βασικές στατιστικές έννοιες, θεωρητικά στοιχεία σχετικά με τις προαναφερθείσες μεθόδους (γραμμική παλινδρόμηση, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης), καθώς και τα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε (SPSS 21.0).

3.2 Βασικές έννοιες της 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. Το φύλο είναι μια τέτοια μεταβλητή.
- **Ποσοτικές μεταβλητές** (quantitative variables): Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Παραδείγματα τέτοιων μεταβλητών είναι η ηλικία και η οδηγική εμπειρία. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις **διακριτές** (ή ασυνεχείς) και τις **συνεχείς**. Διακριτές είναι οι μεταβλητές που μπορούν να πάρουν μόνο διακεκριμένες τιμές, για παράδειγμα ο αριθμός των μελών μίας οικογένειας. Αντίθετα, οι συνεχείς μεταβλητές μπορούν να λάβουν οποιαδήποτε τιμή μέσα σε ένα συνεχές διάστημα. Παραδείγματα τέτοιων μεταβλητών είναι η ταχύτητα και τα εβδομαδιαία διανυόμενα χιλιόμετρα.

Έστω $x_1, x_2, \dots, x_n$, οι τιμές των παρατηρήσεων του δείγματος για μια τυχαία μεταβλητή x . Ορίζονται τα ακόλουθα:

Μέτρα κεντρικής τάσης (measures of central tendency): προσδιορίζουν ένα κεντρικό σημείο γύρω από το οποίο τείνουν να συγκεντρώνονται τα δεδομένα. Η **μέση τιμή** είναι το πιο γνωστό και χρήσιμο μέτρο του κέντρου των δεδομένων. Η δειγματική μέση τιμή συμβολίζεται $\bar{x}$ κι ορίζεται ως:

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

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measures of variability): δίνουν περιληπτικά τη διασκόρπιση και μεταβλητότητα των δεδομένων. Όταν τα δεδομένα είναι συγκεντρωμένα γύρω από μια κεντρική τιμή, δηλαδή η διασπορά των δεδομένων είναι μικρή, τότε η κεντρική τιμή αντιπροσωπεύει ικανοποιητικά τα δεδομένα. Από την άλλη, όταν τα δεδομένα είναι πολύ σκορπισμένα τα μέτρα κεντρικής τιμής δε δίνουν καλή περιληπτική περιγραφή των δεδομένων. Τα κυριότερα μέτρα διασποράς είναι:

- η **διακύμανση**

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

- η τυπική απόκλιση

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

Για την περίπτωση **συμμετρικά κατανομημένου δείγματος** δεδομένων, σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα, προκύπτει ότι το διάστημα:

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

Συνδιακύμανση (covariance of the two variables): Αποτελεί ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ δύο περιοχών δεδομένων. Για δύο μεταβλητές x, y η συνδιακύμανση προκύπτει:

$$cov(X, Y) = [1/(n-1)] * \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})]$$

Μέτρα αξιοπιστίας:

- **Επίπεδο εμπιστοσύνης:** η αναλογία των περιπτώσεων που μια εκτίμηση θα είναι σωστή.
- **Επίπεδο σημαντικότητας:** η αναλογία των περιπτώσεων που ένα συμπέρασμα είναι εσφαλμένο.

3.3 Συσχέτιση μεταβλητών-Συντελεστής συσχέτισης

Στη συνέχεια θεωρούνται δύο τυχαίες και συνεχείς μεταβλητές x, y . Ο **βαθμός της γραμμικής συσχέτισης** των δύο αυτών μεταβλητών x και y με διασπορά σ_x^2, σ_y^2 , αντίστοιχα και συνδιασπορά $cov(X, Y)$ καθορίζεται με τον **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient) ρ που ορίζεται ως:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x * \sigma_y}$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ , όπως και η συνδιασπορά σ_{xy} , εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται, δηλαδή πως η μία τ.μ. μεταβάλλεται ως προς την άλλη. Η σ_{xy} παίρνει τιμές που εξαρτώνται από το πεδίο τιμών των x και y ενώ ο συντελεστής ρ παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Οι χαρακτηριστικές τιμές του ρ ερμηνεύονται ως εξής :

- $\rho = 1$: υπάρχει τέλεια θετική συσχέτιση μεταξύ των x και y
- $\rho = 0$: δεν υπάρχει καλιά (γραμμική) συσχέτιση μεταξύ των x και y
- $\rho = -1$: υπάρχει τέλεια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των x και y

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

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

3.4 Κανονική Κατανομή

Όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της στατιστικής για τη μελέτη των διαφόρων στατιστικών μεγεθών πρέπει να είναι γνωστή η μορφή της κατανομής που ακολουθούν οι τιμές τους. Μια από τις πιο σημαντικές κατανομές πιθανότητας για συνεχείς μεταβλητές είναι η **κανονική κατανομή** ή κατανομή του Gauss.

Η συνάρτηση πυκνότητας της κατανομής αυτής είναι:

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

3.5 Μαθηματικά Πρότυπα

3.5.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Με την **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis) εξετάζουμε τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με σκοπό την πρόβλεψη των τιμών της μιας, μέσω των τιμών της άλλης (ή των άλλων). Οι μεταβλητές στην ανάλυση παλινδρόμησης διακρίνονται σε **εξαρτημένες** και **ανεξάρτητες**. Με τον όρο εξαρτημένη μεταβλητή εννοείται η μεταβλητή της οποίας η τιμή πρόκειται να προβλεφθεί, ενώ με τον όρο ανεξάρτητη γίνεται αναφορά σε εκείνη τη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανεξάρτητη μεταβλητή δεν θεωρείται τυχαία, αλλά παίρνει καθορισμένες τιμές. Η εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται τυχαία και σε αυτήν αντανakλάται το αποτέλεσμα των μεταβολών στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Προκειμένου να προσδιοριστεί αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή ή συνδυασμός ανεξαρτήτων μεταβλητών προκάλεσε τη μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη **μαθηματικών μοντέλων**.

Η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων αποτελεί μία στατιστική διαδικασία που συμβάλει στην **ανάπτυξη εξισώσεων** που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης μεταβλητής και ανεξάρτητης (ή ανεξάρτητων). Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάπτυξης του μοντέλου συνίσταται στο είδος της εξαρτημένης μεταβλητής (συνεχής ή διακριτή).

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής και ακολουθεί κανονική κατανομή, χρησιμοποιείται η μέθοδος της **γραμμικής παλινδρόμησης**. Η απλούστερη μορφή της είναι η **απλή γραμμική παλινδρόμηση** (simple linear regression).

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση, υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή x και η εξαρτημένη μεταβλητή y μπορεί να προσεγγισθεί ικανοποιητικά από μια γραμμική συνάρτηση του x :

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

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης έγκειται στον προσδιορισμό των συντελεστών της συνάρτησης αυτής. Κάθε ζεύγος τιμών (α, β) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο **σταθερός όρος** α είναι η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής y για $x=0$
- Ο όρος β είναι η **κλίση** (slope) της ευθείας, ή αλλιώς ο συντελεστής παλινδρόμησης. Εκφράζει την μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής όταν η ανεξάρτητη μεταβληθεί κατά μία μονάδα.
- Ο όρος ε_i ονομάζεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error) και περιγράφει την διαφορά της παρατηρούμενης τιμής του y_i από την θεωρητική ($E(Y|X=x_i) = \alpha + \beta x_i$).

Για τη γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης πραγματοποιούνται οι εξής υποθέσεις:

- Η ανεξάρτητη μεταβλητή x είναι ελεγχόμενη για το υπό μελέτη πρόβλημα, δηλαδή είναι γνωστές οι τιμές της χωρίς καμία αμφιβολία.
- Η εξάρτηση της y από τη x είναι γραμμική.
- Το σφάλμα παλινδρόμησης έχει μέση τιμή μηδέν για κάθε τιμή του 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 αποτελούν χαρακτηριστικά πληθυσμών με κανονική κατανομή. Για το λόγο αυτό, όπως προαναφέρθηκε θεωρούμε ότι σε προβλήματα γραμμικής παλινδρόμησης η εξαρτημένη μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή.

Στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές, χρησιμοποιείται η **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση**:

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

Όπου k ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών. Ισχύουν οι ίδιες υποθέσεις με την απλή γραμμική παλινδρόμηση. Θα πρέπει, όμως, να ελεγχθεί αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο.

Απαιτείται να εξασφαλιστεί **μηδενική συσχέτιση** μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$). Όταν μία ανεξάρτητη μεταβλητή μπορεί να εκτιμηθεί μέσω μίας άλλης, τότε προκύπτει πρόβλημα συγγραμμικότητας.

3.5.2 Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

Στην πορεία αναζητήθηκε μια καταλληλότερη μέθοδος ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου και επιλέχθηκε η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** (lognormal regression). Μέσω της μεθόδου αυτής 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 διαφορά των δύο μεθόδων είναι πως συσχετίζει τις ανεξάρτητες μεταβλητές με τον λογάριθμο της εξαρτημένης. Η σχέση που συνδέει τον λογάριθμο της εξαρτημένης με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και αυτή γραμμική.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι ο φυσικός λογάριθμος της εξαρτημένης μεταβλητής ακολουθεί μια **κανονική κατανομή** με αριθμητικό μέσο μ και τυπική απόκλιση σ^2 . Με άλλα λόγια η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο όταν 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. Με τη διαδικασία της παλινδρόμησης συσχετίζεται μια εξαρτημένη μεταβλητή με άλλες, τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Βρίσκει εφαρμογή στη μελλοντική πρόβλεψη μιας μεταβλητής σε σχέση με μια άλλη ή στον προσδιορισμό μιας συναρτησιακής σχέσης $\log(\mu_i) = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq})$ μεταξύ των παρατηρηθέντων τιμών μ_i ($i=1, 2, \dots, q$) της εξαρτημένης μεταβλητής και των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών (Bauer, Harwood, 1998).

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει τη μέθοδο αυτή είναι η εξής:

$$\text{Log}(y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki}$$

Όπου y_i η εξαρτημένη μεταβλητή, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης και $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$ οι ανεξάρτητες μεταβλητές.

3.5.3 Λογιστική Ανάλυση Παλινδρόμησης

Σε περιπτώσεις στις οποίες είναι επιθυμητό να προβλεφθεί η παρουσία ή απουσία ενός χαρακτηριστικού ή συμβάντος, όταν δηλαδή η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή, δεν είναι εφικτό να εφαρμοσθούν οι προαναφερθείσες μέθοδοι, καθώς για την εφαρμογή τους απαιτείται η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι συνεχής και να ακολουθεί κανονική κατανομή. Τότε, επιλέγεται η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**. Στην περίπτωση αυτή, η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η πιθανότητα η έκβαση του αποτελέσματος να ισούται με 1. Χρησιμοποιείται ο νεπέριος λογάριθμος για την πιθανότητα ή το **λόγο πιθανοφάνειας** (likelihood ratio), η εξαρτημένη μεταβλητή να είναι 1.

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει την μέθοδο είναι η εξής:

$$y = \text{logit}(P) = \ln\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = B_0 + B_i x_i$$

Όπου: B_0 η σταθερά του μοντέλου

B_i οι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές

$\chi_i=1,...,v$ το σύνολο των ανεξάρτητων μεταβλητών

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\ln(P/1-P)$ κυμαίνεται από μείον άπειρο έως συν άπειρο. Τα μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης υπολογίζουν την καμπυλόγραμμη σχέση ανάμεσα στην κατηγορική επιλογή Y και στις μεταβλητές X_i οι οποίες μπορεί να είναι συνεχείς ή διακριτές. Η καμπύλη της λογιστικής παλινδρόμησης είναι προσεγγιστικά γραμμική στις μεσαίες τιμές και λογαριθμική στις ακραίες τιμές. Με απλό μετασχηματισμό της παραπάνω σχέσης προκύπτει η εξής νέα σχέση:

$$\frac{P_i}{1-P_i} = e^{B_0+B_i\chi_i} = e^{B_0} * e^{B_i\chi_i}$$

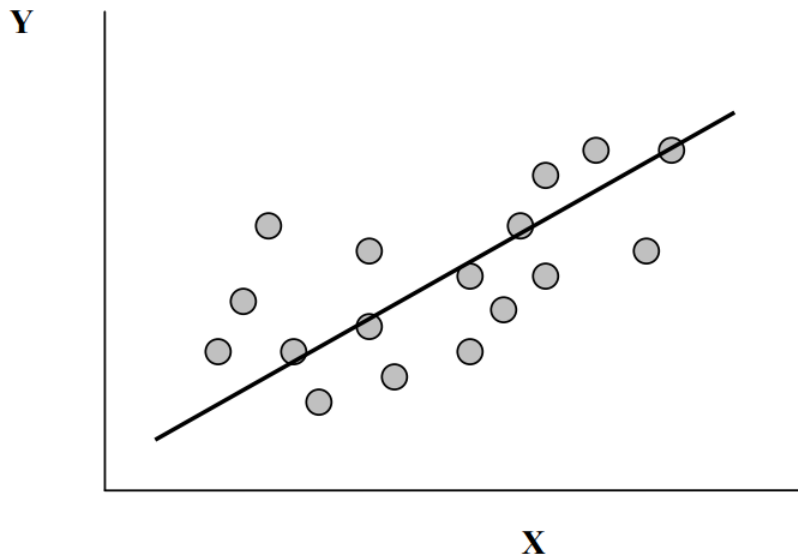
Η θεμελιώδης εξίσωση για τη λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν η τιμή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής αυξηθεί κατά μια μονάδα και όλες **οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμείνουν σταθερές** ο νέος λόγος πιθανοφάνειας $P_i/(1-P_i)$ προκύπτει:

$$\frac{P_i}{1-P_i} = e^{B_0+B_i\chi_{i+1}} = e^{B_0} * e^{B_i\chi_i} * e^{B_i}$$

Δηλαδή η πιθανότητα $\frac{P_i}{1-P_i}$ αυξάνεται κατά e^{B_i} .

3.5.4 Εκτίμηση παραμέτρων

Η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου τόσο της πολλαπλής γραμμικής όσο και της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης γίνεται με τη **μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων** (method of least squares). Ο προσδιορισμός των β_i , δίνει μια προσεγγιστική ευθεία, που συνδέει τις τιμές της μεταβλητής y δοθεισών των τιμών της x . Η ευθεία που προκύπτει λέγεται ευθεία παλινδρόμησης της y πάνω στη x . Σκοπός είναι το άθροισμα των τετραγώνων των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων (x,y) από την ευθεία να είναι ελάχιστο. Δίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων.



Διάγραμμα 3.1: Ευθεία ελαχίστων τετραγώνων

Κατά τη λογιστική παλινδρόμηση η εκτίμηση των παραμέτρων γίνεται με τη **μέθοδο του λόγου πιθανοφάνειας**, δηλαδή επιλέγονται οι πιο πιθανοφανείς τιμές των παραμέτρων, προκειμένου να οδηγήσουν στα παρατηρούμενα αποτελέσματα.

3.6 Διαδικασία ανάπτυξης και κριτήρια αποδοχής του μοντέλου

3.6.1 Γραμμική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

Όπως προαναφέρθηκε οι βασικότερες προϋποθέσεις που εξετάζονται πριν την ανάπτυξη ενός μοντέλου αφορούν στην κανονικότητα, βάση της οποίας απαιτείται οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής y να ακολουθούν την **κανονική κατανομή**.

Αναφέρθηκε ,επίσης, η **συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών**. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, διαφορετικά δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της επιρροής της κάθε μεταβλητής στο αποτέλεσμα. Αν, δηλαδή, σε ένα μοντέλο εισάγονται δύο μεταβλητές που σχετίζονται μεταξύ τους εμφανίζονται προβλήματα μεροληψίας και επάρκειας.

Μετά την διαμόρφωση του, το μοντέλο αξιολογείται με βάση τα εξής κριτήρια:

- **Πρόσημα και τιμές των συντελεστών β_i** : θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των πρόσημών τους. Το θετικό πρόσημο του συντελεστή δηλώνει αύξηση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Αντίθετα, αρνητικό πρόσημο συνεπάγεται μείωση της εξαρτημένης μεταβλητής με την αύξηση της ανεξάρτητης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η ταχύτητα διαδρομής αποτελεί την ανεξάρτητη και οι χρονικοί διαχωρισμοί την εξαρτημένη μεταβλητή του μοντέλου, θα πρέπει ο συντελεστής β_i της ταχύτητας να έχει αρνητικό πρόσημο. 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 πρόκειται για την ελαστικότητα (elasticity).

- **Ελαστικότητα:** αντικατοπτρίζει την ευαισθησία μιας εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας 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 πρότυπα, δίνεται από τη σχέση:

$$ei = (\Delta X_i \Delta Y_i) * (X_i Y_i) = \beta_i * (X_i Y_i)$$

- **Έλεγχος t-test** (κριτήριο t της κατανομής student): Αξιολογεί την **στατιστική εμπιστοσύνη** του γραμμικού μοντέλου. Με τον δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών, καθορίζονται δηλαδή ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Ο συντελεστής t εκφράζεται με τη σχέση:

$$t_{sat} = \frac{\beta_i}{s.e}$$

Όπου s.e. το τυπικό λάθος (standard error)

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής t_{sat} και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.

Βαθμός ελευθερίας	Επίπεδο εμπιστοσύνης				
	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995
80	1.296	1.671	2	2.39	2.66
120	1.289	1.658	1.98	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.96	2.326	2.576

Πίνακας 3.1:Κρίσιμες τιμές συντελεστή t

- **Έλεγχος καλής προσαρμογής** των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο βάσει του συντελεστή προσαρμογής R^2 : Με τον έλεγχο αυτό εξετάζεται η ποιότητα του μοντέλου. Ο συντελεστής αυτός προκύπτει από την σχέση:

$$R^2 = SSR/SST$$

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

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

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσοστό της μεταβλητότητας της μεταβλητής y που εξηγείται από τη μεταβλητή x . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή γίνεται η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών y και x . Ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του R^2 που είναι αποδεκτή ή απορριπτή, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 .

Θα πρέπει να τονιστεί ότι χρειάζεται προσοχή στη χρησιμοποίηση του r και του R^2 . Το R^2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχυρότητας της γραμμικής σχέσης ανεξάρτητα από το αν το x παίρνει καθορισμένες τιμές ή είναι τυχαία μεταβλητή. Αντίθετα, το r μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν το y και το x είναι τυχαίες μεταβλητές. Επομένως, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, που οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι καθορισμένες, χρησιμοποιείται ο συντελεστής R^2 ως κριτήριο καταλληλότητας του μοντέλου.

- Όσον αφορά το **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:
 - 1) Να ακολουθεί την κανονική κατανομή
 - 2) Να έχει σταθερή διασπορά ($Var(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$)
 - 3) Να έχει μηδενική συσχέτιση ($\rho(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0 \forall i \neq j$)

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.

3.6.2 Λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης

Για την αξιολόγηση της **στατιστικής εμπιστοσύνης** του μοντέλου ισχύει ότι και στην γραμμική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, με την διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το αντίστοιχο t -test έχει την ονομασία **Wald**.

Αναφέρθηκε νωρίτερα πως για την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου με τη μέθοδο της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης χρησιμοποιείται η μέθοδος μεγιστοποίησης της πιθανοφάνειας. Για να επιτευχθεί υψηλή πιθανοφάνεια προσπαθούμε ο λογάριθμος των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -\log(\text{likelihood})$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος και προτιμούνται τα μοντέλα με μικρότερο λογάριθμο της συνάρτησης πιθανοφάνειας L . Μοντέλα που περιέχουν πολλές μεταβλητές είναι περισσότερο σύνθετα και χρειάζεται ένας κανόνας να αποφασίζει εάν η μείωση του $L = -\log(\text{likelihood})$ αξίζει την αυξημένη πολυπλοκότητα και για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας (**Likelihood Ratio Test - LRT**).

Έστω $L(b)$, μοντέλο με p μεταβλητές και $L(o)$, μοντέλο χωρίς τις p μεταβλητές.

Υπολογίζω τη διαφορά $LRT = -2[L(b) - L(0)]$ και αν προκύψει μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 (κριτήριο καλής προσαρμογής) για p βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, το μοντέλο είναι στατιστικά προτιμότερο από το μοντέλο χωρίς τις μεταβλητές και γίνονται δεκτές οι μεταβλητές ως σημαντικές.

Για τον καθορισμό της **ποιότητας του μοντέλου** υπολογίζεται ο συντελεστής ρ^2 . Ο συντελεστής αυτός, είναι ανάλογος του συντελεστή R^2 της γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, και χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης. Προκύπτει από τη σχέση:

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(b)}{L(0)}$$

Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του ρ^2 στην μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών y και x . Επισημαίνεται ότι ο συντελεστής ρ^2 έχει και εδώ συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του ρ^2 που κρίνεται ως αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του ρ^2 .

Επιπροσθέτως, ελέγχεται σε ποιο **ποσοστό** το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης είναι σε θέση να προβλέψει σωστά την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Επιθυμείται να προβλέπονται σωστά η περίπτωση που συνέβη ή όχι ατύχημα σε όσο το δυνατόν πιο μεγάλο ποσοστό. Ο μέσος όρος του ποσοστού αυτού για τα δύο ενδεχόμενα είναι σκόπιμο να είναι μεγαλύτερος από το 65% και να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δυο αντίστοιχων ποσοστών των δυο ενδεχόμενων.

3.7 Λειτουργία του ειδικού στατιστικού λογισμικού

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού **SPSS 21.0**. Τα δεδομένα καταχωρήθηκαν σε πίνακες και μετά από επεξεργασία προέκυψε η τελική βάση δεδομένων, η οποία μεταφέρθηκε στο λογισμικό. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες ενέργειες.

Καθορισμός των μεταβλητών: στο πεδίο μεταβλητών (variable view), προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά της κάθε μεταβλητής, όνομα, τύπος, αριθμός δεκαδικών ψηφίων κ.α. Ο **τύπος των μεταβλητών** (στήλη measure) έχει ιδιαίτερη σημασία για τις επόμενες ενέργειες. Οι μεταβλητές διακρίνονται σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal) και διακριτές (nominal).

Εντολή Analyze: στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές:

- **Descriptive Statistics:** περιέχει δυνατότητες εμφάνισης περιγραφικών μέτρων των δεδομένων (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο), γραφημάτων, πινάκων δεδομένων κ.ά.

- **Correlate:** δίνει τους **συντελεστές συσχέτισης** ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Από εδώ επιλέγεται η εντολή Bivariate correlations. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο Variables και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης **Pearson** αν πρόκειται για συνεχείς μεταβλητές και ο συντελεστής συσχέτισης **Spearman** αν πρόκειται για διακριτές μεταβλητές.
- **Regression:** Η διαδικασία εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης, μία εκ των οποίων είναι η **γραμμική** (linear). Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πεδίο Dependent και οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο πεδίο Independent(s). Το δεύτερο είδος ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε είναι η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης** (binary logistic). Η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγεται στο πεδίο Dependent και οι ανεξάρτητες στο πεδίο Covariates. Από την επιλογή Categorical καθορίζεται ποιες από τις μεταβλητές του μοντέλου είναι διακριτές.

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

Επιδιώκεται:

- Ο συντελεστής συσχέτισης R^2 να είναι κατά το δυνατό μεγαλύτερος στα μοντέλα γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης ενώ, στα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης επιδιώκεται μεγάλη πιθανοφάνεια, δηλαδή η τιμή του λογαρίθμου των συναρτήσεων πιθανοφάνειας $L = -\log(\text{likelihood})$ να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.
- 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 δε 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%.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια πραγματοποιήθηκαν η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας και η ανάπτυξη του θεωρητικού υπόβαθρου το οποίο οδήγησε στην επιλογή των κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης. Κατά την πειραματική διαδικασία συλλέχθηκαν τα απαραίτητα δεδομένα και θα ακολουθήσει η **στατιστική** τους **επεξεργασία** με τη χρήση των μεθόδων αυτών (λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, λογιστική παλινδρόμηση). Με τον τρόπο αυτό θα επιτευχθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας, **η ανάλυση, δηλαδή, της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού σε υπεραστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.**

Στο κεφάλαιο αυτό, θα περιγραφεί η διαδικασία της **συλλογής και της επεξεργασίας των στοιχείων**. Αρχικά, θα αναφερθούν ορισμένα στοιχεία που αφορούν στη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά του προσομοιωτή. Στη συνέχεια, θα περιγραφεί η πειραματική διαδικασία και τα βασικά στοιχεία που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή και τα ερωτηματολόγια. Ακολουθεί η περιγραφή των απαραίτητων ενεργειών για την εισαγωγή των στοιχείων αυτών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και την επεξεργασία τους η οποία οδήγησε στην **τελική βάση δεδομένων**. Παρατίθενται, επίσης, πίνακες και διαγράμματα που αφορούν σε ορισμένα περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος. Τέλος, αναπτύσσεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη χρήση των στατιστικών προγραμμάτων.

4.2 Το πείραμα

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η **ανάλυση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε υπεραστικές οδούς**. Συνεπώς, τα στοιχεία του οδικού περιβάλλοντος των οποίων η επίδραση εξετάστηκε κατά την πειραματική διαδικασία είναι οι **καιρικές συνθήκες** (καλός καιρός, βροχή, ομίχλη) και οι **συνθήκες κυκλοφορίας** (κανονικός κυκλοφοριακός φόρτος, αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος). Ερευνήθηκε, επίσης, η επιρροή διαφόρων **χαρακτηριστικών του οδηγού** (ηλικία, φύλο, οδηγική εμπειρία κ.α.).

4.2.1 Οι συμμετέχοντες

Η ομάδα ατόμων που θα συμμετείχε στην πειραματική διαδικασία έπρεπε να είναι συμπαγής, με ομοιογένεια στα χαρακτηριστικά και συγκεκριμένο μέγεθος. Έτσι, αποφασίστηκε η έρευνα να εστιάσει στη μελέτη της συμπεριφοράς των **νέων οδηγών** (20-28 ετών), οι οποίοι ήταν και ευκολότερο να αναζητηθούν. Η επιλογή της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας ενισχύθηκε από το γεγονός ότι χαρακτηρίζεται από αυξημένη πιθανότητα εμπλοκής σε ατύχημα, λόγω της τάσης υπερεκτίμησης της

προσωπικής οδηγικής ικανότητας. Στο πείραμα συμμετείχαν 40 εθελοντές, 16 γυναίκες και 24 άνδρες, όλοι τους κάτοχοι διπλώματος οδήγησης.

4.2.2 Ο προσομοιωτής οδήγησης

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στον **προσομοιωτή οδήγησης** (Εικόνα 4.1) (Driving Simulator FPF) του Εργαστηρίου Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής (Driving Simulator FPF) έχει κατασκευαστεί από τη γερμανική εταιρεία FOERST ώστε να εξυπηρετεί ερευνητικούς σκοπούς. Η φωτογραφία παρουσιάζει τον προσομοιωτή που αποτελείται από τρεις οθόνες LCD40", θέση οδήγησης και βάση υποστήριξης. Οι διαστάσεις σε πλήρη ανάπτυξη είναι 230 X 180 cm., ενώ το πλάτος βάσης 78cm.



Εικόνα 4.1: Φωτογραφία του προσομοιωτή οδήγησης(Driving Simulator FPF)

Διαθέτει ρυθμιζόμενο κάθισμα οδήγησης, τιμόνι διαμέτρου 27cm, ποδόπληκτρα χειρισμού (γκάζι, φρένο, συμπλέκτης), πίνακα οργάνων οχήματος (ταχογράφος, στροφόμετρο) καθώς και δύο εξωτερικούς και έναν κεντρικό καθρέπτη που εμφανίζονται στις πλάγιες και την κεντρική οθόνη αντίστοιχα και απεικονίζουν σε πραγματικό χρόνο αντικείμενα και συμβάντα που συμβαίνουν πίσω από το «όχημα». Τα χειριστήρια που έχει στη διάθεσή του ο οδηγός είναι μοχλός 5 ταχυτήτων και όπισθεν, φλας, υαλοκαθαριστήρες, φώτα, κόρνα, χειρόφρενο και μίζα (Εικόνες 4.2, 4.3).



Εικόνες 4.2,4.3: Φωτογραφίες της θέσης οδήγησης του προσομοιωτή

Μέσω υπολογιστή παράγεται το **εικονικό οδικό περιβάλλον**. Οι χρήστες πραγματοποιούν τη διαδρομή υπό συνθήκες που προσομοιώνουν ρεαλιστικά τις πραγματικές. Είναι σαφές ότι οι συνθήκες οδήγησης στον προσομοιωτή δεν μπορεί να είναι απολύτως όμοιες με εκείνες που αντιλαμβάνεται ο οδηγός σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως είναι πιο έντονο στη βροχή, όπου ο οδηγός υπό πραγματικές συνθήκες την αντιλαμβάνεται διαφορετικά σε σχέση με την οδήγηση στο προσομοιωμένο περιβάλλον. Όμως, η αλλαγή συμπεριφοράς του οδηγού δεν επηρεάζει απαραίτητα τη σχετική επιρροή των διαφόρων παραμέτρων. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεταξύ πολλών οδικών συνθηκών, όσον αφορά : τον **τύπο της οδού** (υπεραστική οδός, αστική οδός, αυτοκινητόδρομος) τις **κυκλοφοριακές συνθήκες** (κανονικός κυκλοφοριακός φόρτος, αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος) και το **περιβάλλον** (καλός καιρός, ομίχλη, βροχή, χιόνι, νύχτα).

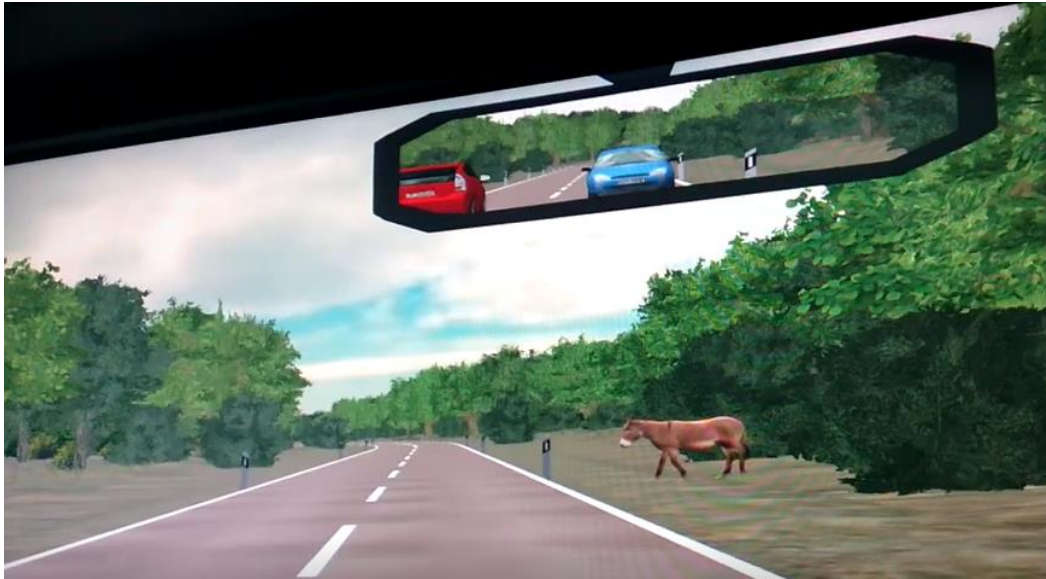


Εικόνες 4.4,4.5:Εικονικό οδικό περιβάλλον υπεραστικής και αστικής οδού αντίστοιχα



Εικόνα 4.6: Περιβάλλον αστικής οδού με ομίχλη

Παράλληλα, ανάλογα με τις απαιτήσεις του πειράματος, μπορεί να επιλεγεί η προσομοίωση διαφόρων **απρόοπτων συμβάντων**, όπως η εμφάνιση εμποδίου κατά τη διάρκεια της οδήγησης ή η μη αναμενόμενη πορεία κάποιου προπορευόμενου οχήματος σε προκαθορισμένα ή τυχαία σημεία της διαδρομής.



Εικόνα 4.7: Απρόοπτο συμβάν, εμφάνιση εμποδίου (ζώο) σε περιβάλλον υπεραστικής οδού



Εικόνα 4.8: Απρόοπτο συμβάν, εμφάνιση εμποδίου (ζώο) σε περιβάλλον υπεραστικής οδού με βροχή

Κατά τη χρήση του προσομοιωτή, η περιήγηση στους καταλόγους των επιλογών που διαθέτει γίνεται με το **ειδικό πληκτρολόγιο ελέγχου**(εικόνα 4.9).



Εικόνα 4.9:Ειδικό πληκτρολόγιο ελέγχου

Κατά την εκπόνηση του πειράματος, οι επιλογές που χρησιμοποιήθηκαν είναι η **ελεύθερη οδήγηση** και η **αποτίμηση**. Η λειτουργία τους θα αναπτυχθεί αργότερα στο υποκεφάλαιο περιγραφής της πειραματικής διαδικασίας.



Εικόνα 4.10:Κατάλογος επιλογών ελεύθερης οδήγησης

Κατά τη διάρκεια της οδήγησης καταγράφονται έως και 30 τιμές το δευτερόλεπτο για κάθε μεταβλητή. Τα δεδομένα αυτά **αποθηκεύονται αυτόματα** σε φάκελο στην επιφάνεια εργασίας(φάκελος D:\Logfiles).Τα αρχεία με την ονομασία Logfile περιέχουν τα δεδομένα που καταγράφηκαν σε κάθε διαδρομή(εικόνα 4.11) και συνοδεύονται από τα αντίστοιχα αρχεία με την ονομασία ErrLog τα οποία περιγράφουν ορισμένα χαρακτηριστικά της οδήγησης κατά τη διαδρομή αυτή(εικόνα 4.12).

1	Time	current real-time in milliseconds since start of the drive.
2	x-pos	x-position of the vehicle in m.
3	y-pos	y-position of the vehicle in m.
4	z-pos	z-position of the vehicle in m.
5	Road	road number of the vehicle in [int].
6	Richt	direction of the vehicle on the road in [BOOL] (0/1).
7	Rdist	distance of the vehicle from the beginning of the drive in m.
8	Rspur	track of the vehicle from the middle of the road in m.
9	Ralpha	direction of the vehicle compared to the road direction in degrees.
10	Dist	driven course in meters since begin of the drive.
11	Speed	actual speed in km/h.
12	Brk	brake pedal position in percent.
13	Acc	gas pedal position in percent.
14	Clutch	clutch pedal position in percent.
15	Gear	chosen gear (0 = idle, 6 = reverse).
16	RPM	motor revolution in 1/min.
17	HWay	headway, distance to the ahead driving vehicle in m.
18	DLeft	Distance to the left road board in meter.
19	DRight	Distance to the right road board in meter.
20	Wheel	Steering wheel position in degrees.
21	THead	time to headway, i. e. to collision with the ahead driving vehicle, in seconds.
22	TTL	time to line crossing, time until the road border line is exceeded, in seconds.
23	TTC	time to collision (all obstacles), in seconds.
24	AccLat	acceleration lateral, in m/s ²
25	AccLon	acceleration longitudinal, in m/s ²
26	EvVis	event-visible-flag/event-indication, 0 = no event, 1 = event.
27	EvDist	event-distance in m.
28	ErrNo	number of the most important driving failure since the last data set
29	ErrVal	state date belonging to the failure, content varies according to type of failure.
30	Err2No	number of the next driving failure (maybe empty).
31	Err2Val	additional date to failure 2.
32	Err3No	number of a further driving failure (maybe empty).
33	Err3Val	additional date to failure 3.

Πίνακας 4.1: Πίνακας συλλεγόμενων δεδομένων Πηγή: DR-ING.REINER FOERST GMBG

 ErrLog_17-04-03_16-49-21	4/3/2017 4:55 PM	Text Document	6 KB
 ErrLog_17-04-03_16-56-09	4/3/2017 5:03 PM	Text Document	7 KB
 ErrLog_17-04-03_17-03-38	4/3/2017 5:11 PM	Text Document	8 KB
 ErrLog_17-04-03_17-11-45	4/3/2017 5:19 PM	Text Document	8 KB
 Eval_17-04-03_16-49-21	4/3/2017 4:55 PM	XPS Document	186 KB
 Eval_17-04-03_16-56-09	4/3/2017 5:03 PM	XPS Document	185 KB
 Eval_17-04-03_17-03-38	4/3/2017 5:11 PM	XPS Document	185 KB
 Eval_17-04-03_17-11-45	4/3/2017 5:19 PM	XPS Document	185 KB
 Logfile_17-04-03_16-49	4/3/2017 4:55 PM	Text Document	4,014 KB
 Logfile_17-04-03_16-56	4/3/2017 5:03 PM	Text Document	4,397 KB
 Logfile_17-04-03_17-03	4/3/2017 5:11 PM	Text Document	4,778 KB
 Logfile_17-04-03_17-11	4/3/2017 5:19 PM	Text Document	4,602 KB

Εικόνα 4.11: Παραδείγματα αρχείων που αποθηκεύονται στον προσομοιωτή

4.2.3 Η πειραματική διαδικασία

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από τις αρχές Απριλίου έως τέλη Μαΐου 2017. Αρχικά, ο **συντονιστής** του πειράματος ρύθμιζε τον προσομοιωτή και περιέγραφε την διαδικασία, εξοικειώνοντας τους συμμετέχοντες με τις διαφορετικές οθόνες και τον υπόλοιπο εξοπλισμό του προσομοιωτή. Έπειτα, ο συμμετέχων οδηγούσε μία πεντάλεπτη **δοκιμαστική** διαδρομή, σε υπεραστικό και σε αστικό τμήμα οδού, προκειμένου να εξοικειωθεί με τον προσομοιωτή. Για την δοκιμαστική αυτή διαδρομή επιλεγόταν η «Ελεύθερη οδήγηση» από τον κατάλογο επιλογών. Στη συνέχεια, με την επιλογή «Αποτίμηση», «Τεστ αντίδρασης», ο συμμετέχων πραγματοποιούσε μία επίσης δοκιμαστική διαδρομή σε υπεραστική οδό, κατά την οποία αντιμετώπιζε ένα απρόοπτο συμβάν(εμφάνιση εμποδίου). Κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών διαδρομών, ο συντονιστής έδινε τις απαραίτητες οδηγίες και συμβουλές ώστε ο συμμετέχων να προσαρμοστεί επαρκώς στις συνθήκες της προσομοίωσης.

Ακολουθούσαν τα **σενάρια οδήγησης** που είχαν επιλεγεί έτσι ώστε να εξυπηρετήσουν το σκοπό της Διπλωματικής Εργασίας, την ανάλυση δηλαδή της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού σε υπεραστικές οδούς. Τα σενάρια αυτά περιλάμβαναν οδήγηση με **καλό καιρό, βροχή και ομίχλη**, σε συνθήκες **κανονικού και αυξημένου κυκλοφοριακού φόρτου**. Δημιουργήθηκαν ζευγάρια διαδρομών ανά καιρική συνθήκη, μία διαδρομή για κάθε συνθήκη κυκλοφοριακού φόρτου. Η οδός διέθετε δύο λωρίδες κυκλοφορίας και η προσπέραση ήταν απαγορευμένη. Κάθε ένα από τα τρία ζευγάρια διαδρομών πραγματοποιούνταν στο ίδιο τμήμα της υπεραστικής οδού, μήκους 2.1 km. Σε κάθε διαδρομή ο συμμετέχων αντιμετώπιζε δύο απρόοπτα συμβάντα, με σκοπό να καταγραφεί ο χρόνος αντίδρασης του και η πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος. Τα συμβάντα αφορούσαν την **ξαφνική εμφάνιση ενός ζώου** κάποια μέτρα μπροστά από το όχημα. Η απόσταση στην οποία θα εμφανιζόταν το εμπόδιο ήταν συναρτημένη της ταχύτητας οδήγησης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η σειρά με την οποία οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν τα σενάρια δεν ήταν σταθερή, αλλά πραγματοποιήθηκε **διαφορετικός συνδυασμός της αλληλουχίας των διαδρομών** από τον κάθε ένα. Η απόφαση αυτή βασίστηκε στο γεγονός ότι η εξοικείωση με τον προσομοιωτή κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του πειράματος είναι πιθανό να **αλλοιώνει τα αποτελέσματα**, οδηγώντας για παράδειγμα σε αυξημένο αριθμό ατυχημάτων στο πρώτο σενάριο λόγω δυσκολίας προσαρμογής ή επικίνδυνη οδήγηση στο τελευταίο λόγω υπερεκτίμησης των προσωπικών δυνατοτήτων. Ο συντονιστής του πειράματος κατέγραφε την αλληλουχία των διαδρομών, καθώς και διάφορες παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Μετά την εκπόνηση του πρώτου μισού της πειραματικής διαδικασίας, ακολουθούσε διάλειμμα, στη διάρκεια του οποίου ο συμμετέχων συμπλήρωνε ένα **ερωτηματολόγιο** (έντυπο 4.1) αναφορικά με τα χαρακτηριστικά και την οδηγική του συμπεριφορά. Στη συνέχεια, προετοιμαζόταν για το επόμενο μισό της διαδικασίας.

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 5 - 157 73 ΖΩΓΡΑΦΟΥ
ΤΗΛ. & VOICE MAIL: 010 772 1203, 772 1285, TELEFAX: 010 772 1327



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
DEPT. OF TRANSPORTATION PLANNING AND ENGINEERING
5, IROON POLYTECHNIU ST. GR-157 73 ZOGRAFOU, ATHENS
TEL. & VOICE MAIL: +3010 772 1203, 772 1285, TELEFAX: +3010 772 1327

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

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Ημερομηνία πειράματος : _____

2. Α/Α συμμετέχοντα : _____

3. Ηλικία: _____ ετών

4. Φύλο: Άντρας Γυναίκα

5. Οδηγική εμπειρία (έτη): 1έως3 4έως6 >7

6. Τι απόσταση διανύετε εβδομαδιαίως με Ι.Χ. όχημα εντός πόλης; _____ km

7. Τι απόσταση διανύετε εβδομαδιαίως με Ι.Χ όχημα εκτός πόλης; _____ km

8. Σας αρέσει η οδήγηση; Ναι Όχι

9. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες ενώ οδηγείτε με:

	Εντός πόλης	Εκτός πόλης
Βροχή		
Ομίχλη		
Καλές καιρικές συνθήκες		

10. Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές μόνο ενώ οδηγείτε με:

	Εντός πόλης	Εκτός πόλης
Βροχή		
Ομίχλη		
Καλές καιρικές συνθήκες		

11. Τι από τα παρακάτω θεωρείτε επικίνδυνο κατά την οδήγηση:

	Με βροχή	Με ομίχλη
Περιορισμένη ορατότητα		
Ολισθηρό οδόστρωμα		
Δυσκολία στο φρενάρισμα		
Επικίνδυνη Συμπεριφορά άλλων οδηγών		
Μειωμένος χρόνος αντίδρασης		
Πιθανή συγκέντρωση νερού στο οδόστρωμα		
Βλάβη στη μηχανή λόγω υγρασίας		

12. Θα αποφεύγατε να οδηγήσετε :

	Ναι	Όχι	Ίσως
Εντός πόλης με βροχή			
Εκτός πόλης με βροχή			
Εντός πόλης με ομίχλη			
Εκτός πόλης με ομίχλη			

13. Κατά την εκκίνηση της οδήγησης:

	Εντός πόλης με βροχή	Εκτός πόλης με βροχή	Εντός πόλης με ομίχλη	Εκτός πόλης με ομίχλη
Ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες				
Σχεδιάζετε την διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσετε αποφεύγοντας σημεία που πλημμυρίζουν				
Βεβαιώνετε για την καλή λειτουργία υαλοκαθαριστήρων και φωτών πορείας				

14. Κατά πόσο θεωρείτε ότι αλλάζει η οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε :

	Καθόλου	Λίγο	Μέτρια	Αρκετά	Πολύ
Εντός πόλης με βροχή					
Εκτός πόλης με βροχή					
Εντός πόλης με ομίχλη					
Εκτός πόλης με ομίχλη					

15. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με βροχή:

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου
- Αποφεύγετε τα απότομα φρεναρίσματα
- Ανάβετε τα φώτα πορείας
- Τηρείτε αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα
- Δεν αλλάζετε συμπεριφορά
- Σταματάτε το όχημα

16. Κατά ποιόν τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με ομίχλη:

- Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά
- Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου
- Αποφεύγετε τα απότομα φρεναρίσματα
- Ανάβετε τα φώτα πορείας
- Τηρείτε αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα
- Δεν αλλάζετε συμπεριφορά
- Σταματάτε το όχημα

17. Κατά πόσο μειώνετε την ταχύτητα σας όταν οδηγείτε :

Ταχύτητα (Km/h)	Καθόλου	0-20	>20
Με βροχή εντός πόλης			
Με βροχή εκτός πόλης			
Με ομίχλη εντός πόλης			
Με ομίχλη εκτός πόλης			

Έντυπο 4.1:Ερωτηματολόγιο

4.3 Επεξεργασία των στοιχείων

Το επόμενο στάδιο ήταν η επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή και τα ερωτηματολόγια. Ακολουθεί η συνοπτική περιγραφή της μεταφοράς των στοιχείων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, της επεξεργασίας που απαιτήθηκε για να δημιουργηθεί η τελική βάση δεδομένων και η εισαγωγή της στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης. Παράλληλα δίδεται μια σύντομη παρουσίαση των προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιούνται και κάποια χρήσιμα στοιχεία πάνω στη λειτουργία τους.

4.3.1 Επεξεργασία ερωτηματολογίων

Τα δεδομένα των ερωτηματολογίων καταχωρήθηκαν σε ένα πίνακα 65 στηλών. Οι μεταβλητές που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια αφορούν σε **δημογραφικά χαρακτηριστικά**(φύλο, ηλικία, οδηγική εμπειρία) και **χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς** των συμμετεχόντων(μεταβολή της οδηγικής συμπεριφοράς υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες, πιθανό ιστορικό εμπλοκής σε ατύχημα).Στο σημείο αυτό να σημειωθεί πως χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι μεταβλητές που αφορούσαν στην οδήγηση σε υπεραστικές οδούς, οι οποίες είναι το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Για την εισαγωγή τους στο ειδικό λογισμικό (εικόνα 4.12) και την ανάλυση τους ήταν απαραίτητο οι μεταβλητές τους να κωδικοποιηθούν με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι μεταξύ τους συγκρίσιμες. Η κωδικοποίηση αυτή γίνεται με τη χρήση τιμών, ως εξής:

- Στις ερωτήσεις με υποχρεωτική επιλογή μίας μόνο απάντησης, όπως η ηλικία αντιστοιχίστηκε η κάθε πιθανή τιμή της μεταβλητής με έναν ακέραιο αριθμό, στην προκειμένη περίπτωση 20-23=0, 24-28=1 .

- Στις ερωτήσεις με δυνατότητα επιλογής περισσότερων από μία απαντήσεων, επιλέχθηκαν ξεχωριστές μεταβλητές για κάθε απάντηση, με δυνατές τιμές 1, 0 ανάλογα με την επιλογή τους ή μη αντίστοιχα, παράδειγμα τέτοιας μεταβλητής είναι η dang1_rain (αν ο συμμετέχων θεωρεί την μειωμένη ορατότητα κατά την οδήγηση με βροχή επικίνδυνη).

Ακολουθεί πίνακας με τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου (πίνακας 4.2).

Μεταβλητές	Περιγραφή/Τιμές	Τύπος Μεταβλητής	Μεταβλητές	Περιγραφή/Τιμές	Τύπος Μεταβλητής
Age	Ηλικία 20-23=0 24-28=1	Nominal	acc_inj_fog	Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες ενώ οδηγείτε με ομίχλη; NAI=1 OXI=0	Nominal
Sex	Φύλο 0=Αντρας 1=Γυναίκα	Nominal	acc_dam_nice	Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές ενώ οδηγείτε με καλές καιρικές συνθήκες; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_exp1	Οδηγική εμπειρία 1-3 έτη NAI=1 OXI=0	Nominal	acc_dam_rain	Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές ενώ οδηγείτε με βροχή; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_exp2	Οδηγική εμπειρία 4-6 έτη NAI=1 OXI=0	Nominal	acc_dam_fog	Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές ενώ οδηγείτε με ομίχλη; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_exp3	Οδηγική εμπειρία >7 έτη NAI=1 OXI=0	Nominal	dang1_rain	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με βροχή την περιορισμένη ορατότητα ; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_enj	Σας αρέσει η οδήγηση ; NAI=1 OXI=0	Nominal	dang1_fog	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με ομίχλη την περιορισμένη ορατότητα ; NAI=1 OXI=0	Nominal
acc_inj_nice	Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες ενώ οδηγείτε με καλές καιρικές συνθήκες; NAI=1 OXI=0	Nominal	dang2_rain	Θεωρείτε επικίνδυνο κατά την οδήγηση με βροχή το ολισθηρό οδόστρωμα ; NAI=1 OXI=0	Nominal

acc_inj_rain	Έχετε εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες ενώ οδηγείτε με βροχή; NAI=1 OXI=0	Nominal	dang2_fog	Θεωρείτε επικίνδυνο κατά την οδήγηση με ομίχλη το ολισθηρό οδόστρωμα ; NAI=1 OXI=0	Nominal
dang3_rain	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με βροχή τη δυσκολία στο φρενάρισμα; NAI=1 OXI=0	Nominal	dang7_fog	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με ομίχλη την πιθανή βλάβη στη μηχανή λόγω υγρασίας ; NAI=1 OXI=0	Nominal
dang3_fog	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με ομίχλη τη δυσκολία στο φρενάρισμα; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_hes1_rain	Ο συμμετέχων θα απέφυγε την οδήγηση με βροχή NAI=1 OXI=0	Nominal
dang4_rain	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με βροχή την επικίνδυνη συμπεριφορά άλλων οδηγών; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_hes2_rain	Ο συμμετέχων ίσως να απέφυγε την οδήγηση με βροχή NAI=1 OXI=0	Nominal
dang4_fog	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με ομίχλη την επικίνδυνη συμπεριφορά άλλων οδηγών; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_hes1_fog	Ο συμμετέχων θα απέφυγε την οδήγηση με ομίχλη NAI=1 OXI=0	Nominal
dang5_rain	Θεωρείτε επικίνδυνο κατά την οδήγηση με βροχή τον μειωμένο χρόνο αντίδρασης ; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_hes2_fog	Ο συμμετέχων ίσως να απέφυγε την οδήγηση με ομίχλη NAI=1 OXI=0	Nominal
dang5_fog	Θεωρείτε επικίνδυνο κατά την οδήγηση με ομίχλη τον μειωμένο χρόνο αντίδρασης ; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_start_inf_rain	Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή ενημερώνεστε για τα πρόσφατα γεγονότα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες ; NAI=1 OXI=0	Nominal
dang6_rain	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με βροχή την πιθανή συγκέντρωση του νερού στο οδόστρωμα; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_start_inf_fog	Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα γεγονότα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες ; NAI=1 OXI=0	Nominal
dang6_fog	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με ομίχλη την πιθανή συγκέντρωση του νερού στο οδόστρωμα; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_start_plan_rain	Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή σχεδιάζετε την διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσετε αποφεύγοντας σημεία που πλημμυρίζουν; NAI=1 OXI=0	Nominal

dang7_rain	Θεωρείτε επικίνδυνη κατά την οδήγηση με βροχή την πιθανή βλάβη στη μηχανή λόγω υγρασίας ; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_start_plan_fog	Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη σχεδιάζετε την διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσετε αποφεύγοντας σημεία που πλημμυρίζουν; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_start_funcn_rain	Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή βεβαιώνετε για την καλή λειτουργία υαλοκαθαριστήρων και φωτών πορείας; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh5_rain	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει πολύ η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_start_funcn_fog	Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη βεβαιώνετε για την καλή λειτουργία υαλοκαθαριστήρων και φωτών πορείας; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh1_fog	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή δεν αλλάζει καθόλου η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh1_rain	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή δεν αλλάζει καθόλου η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh2_fog	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει λίγο η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh2_rain	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει λίγο η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh3_fog	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει μέτρια η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh3_rain	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει μέτρια η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh4_fog	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει αρκετά η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh4_rain	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει αρκετά η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh5_fog	Ο συμμετέχων θεωρεί ότι κατά την οδήγηση με βροχή αλλάζει πολύ η οδηγική του συμπεριφορά NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_sp_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh_dist_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή τηρείτε αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_sp_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh_dist_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη τηρείτε αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα; NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_r_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή οδηγείτε στην άκρη του δρόμου; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh_nc_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή δεν αλλάζετε συμπεριφορά. NAI=1 OXI=0	Nominal

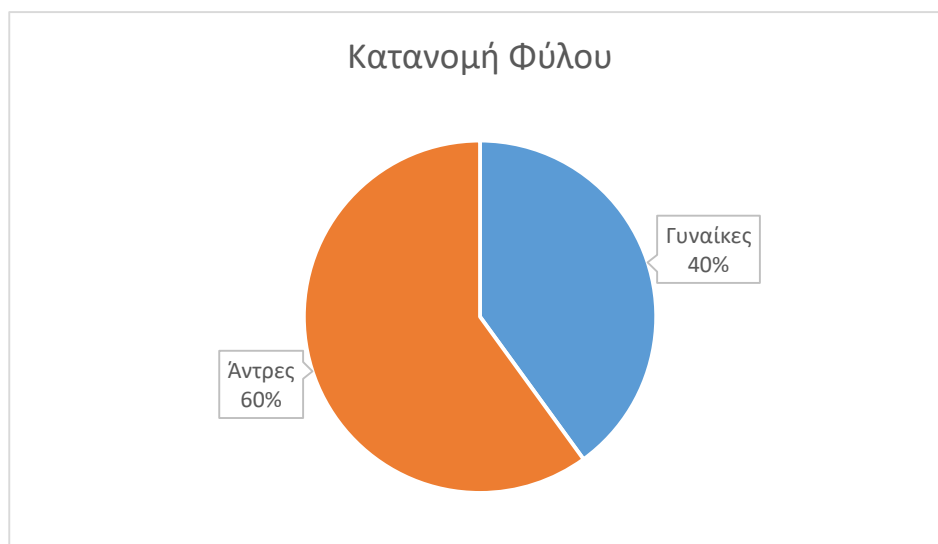
dr_beh_r_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη οδηγείτε στην άκρη του δρόμου; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh_nc_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη δεν αλλάζετε συμπεριφορά. NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_nbr_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή αποφεύγετε τα απότομα φρεναρίσματα ; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh_stop_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή σταματάτε το όχημα. NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_nbr_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη αποφεύγετε τα απότομα φρεναρίσματα ; NAI=1 OXI=0	Nominal	dr_beh_stop_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη σταματάτε το όχημα. NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_l_rain	Κατά την οδήγηση με βροχή ανάβετε τα φώτα πορείας ; NAI=1 OXI=0	Nominal	red_speed1_rain	Ο συμμετέχων δε μειώνει καθόλου την ταχύτητά του κατά την οδήγηση με βροχή NAI=1 OXI=0	Nominal
dr_beh_l_fog	Κατά την οδήγηση με ομίχλη ανάβετε τα φώτα πορείας ; NAI=1 OXI=0	Nominal	red_speed2_rain	Ο συμμετέχων μειώνει κατά 0-20km/h την ταχύτητά του κατά την οδήγηση με βροχή NAI=1 OXI=0	Nominal
red_speed3_rain	Ο συμμετέχων μειώνει κατά >20km/h την ταχύτητά του κατά την οδήγηση με βροχή NAI=1 OXI=0	Nominal	red_speed2_fog	Ο συμμετέχων μειώνει κατά 0-20km/h την ταχύτητά του κατά την οδήγηση με ομίχλη NAI=1 OXI=0	Nominal
red_speed1_fog	Ο συμμετέχων δε μειώνει καθόλου την ταχύτητά του κατά την οδήγηση με ομίχλη NAI=1 OXI=0	Nominal	red_speed3_fog	Ο συμμετέχων μειώνει κατά >20km/h την ταχύτητά του κατά την οδήγηση με ομίχλη NAI=1 OXI=0	Nominal

Πίνακας 4.2: Μεταβλητές ερωτηματολογίου

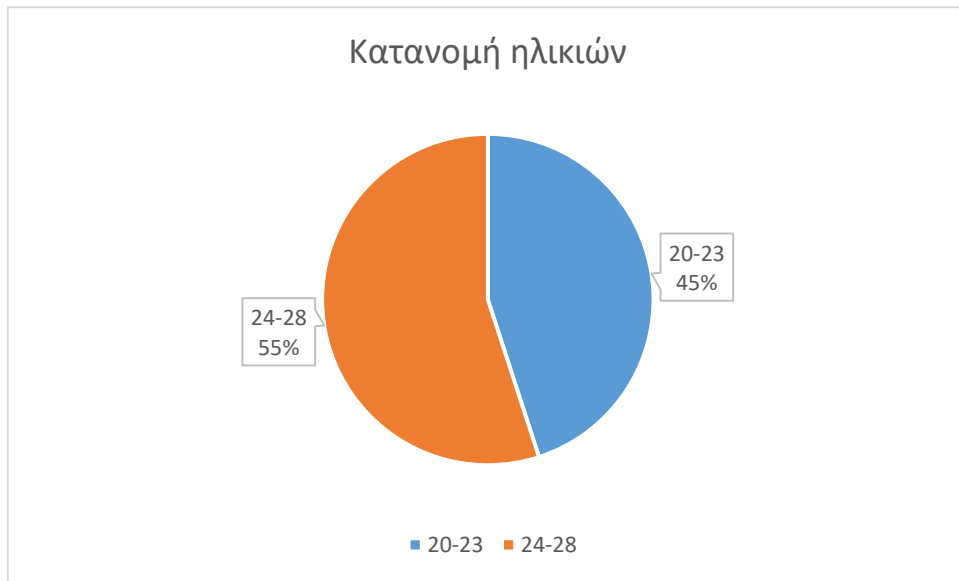
	dr_enj	acc_inj	acc_dam	dr_hes	dr_start_inf	dr_start_plan	dr_start_funct	dr_beh1	dr_beh_sp	dr_beh_r	dr_beh_nbr
1	1.0	.0	.0	2.0	.0	.0	.0	3.0	1.0	.0	.0
2	1.0	.0	.0	2.0	.0	.0	.0	3.0	1.0	.0	.0
3	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
4	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
5	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.0	1.0	.0	.0
6	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.0	1.0	.0	.0
7	1.0	.0	.0	2.0	.0	.0	.0	4.0	1.0	.0	.0
8	1.0	.0	.0	2.0	.0	.0	.0	4.0	1.0	.0	.0
9	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
10	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
11	1.0	.0	.0	2.0	.0	.0	.0	4.0	1.0	.0	1.0
12	1.0	.0	.0	2.0	.0	.0	.0	4.0	1.0	.0	1.0
13	1.0	.0	.0	2.0	1.0	.0	.0	4.0	1.0	.0	1.0
14	1.0	.0	.0	2.0	1.0	.0	.0	4.0	1.0	.0	1.0
15	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
16	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
17	1.0	.0	.0	.0	1.0	.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0
18	1.0	.0	.0	.0	1.0	.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0
19	1.0	.0	.0	2.0	.0	1.0	.0	3.0	1.0	.0	.0
20	1.0	.0	.0	2.0	.0	1.0	.0	3.0	1.0	.0	.0
21	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
22	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

Εικόνα 4.12:Εισαγωγή των μεταβλητών ερωτηματολογίου στο ειδικό στατιστικό λογισμικό

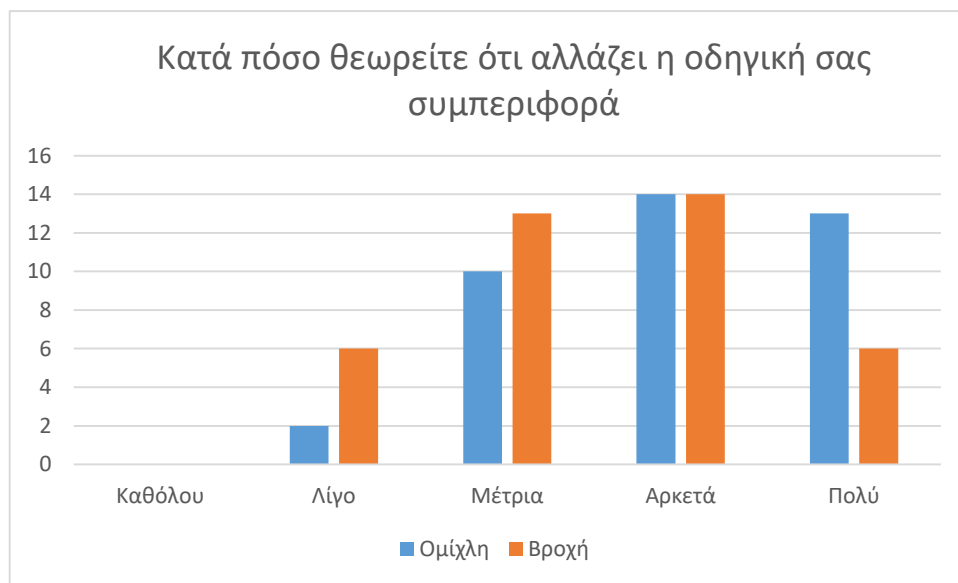
Ακολουθούν κάποια **γραφήματα** που προέκυψαν από τα δεδομένα των ερωτηματολογίων και δίνουν κάποια πρώτα στοιχεία για το δείγμα.



Γράφημα 4.1: Κατανομή φύλου του δείγματος



Γράφημα 4.2: Κατανομή ηλικιών δείγματος



Γράφημα 4.3: Απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με την αλλαγή της οδηγικής τους συμπεριφοράς σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες

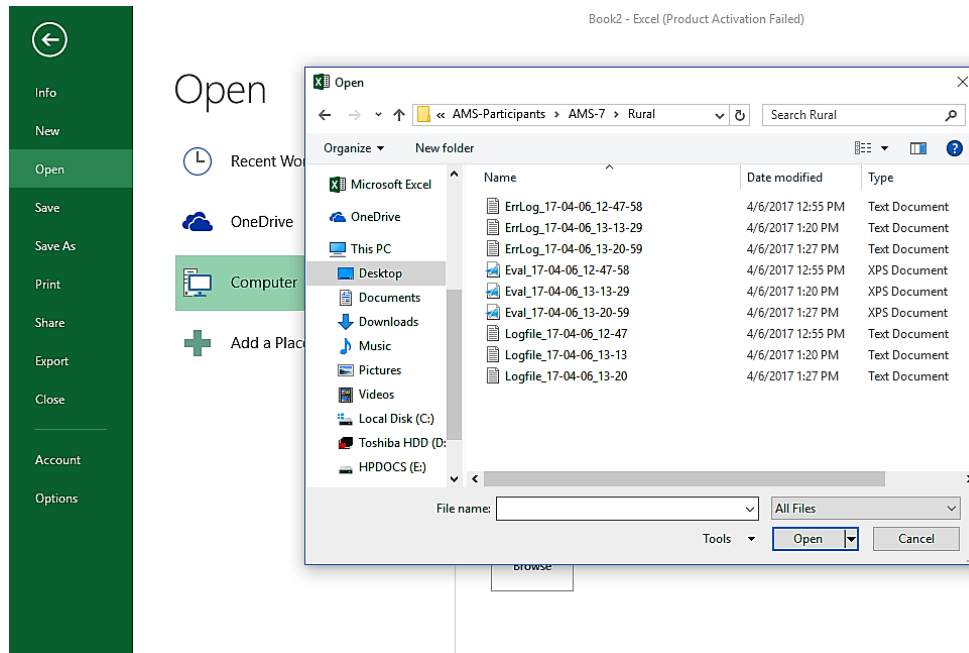
4.3.2 Επεξεργασία μετρήσεων προσομοιωτή

Αρχικά, τα αρχεία που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή, για να είναι δυνατή η επεξεργασία τους, έπρεπε να εισαχθούν σε φύλλο εργασίας **Excel**. Τα αρχεία που προκύπτουν περιλαμβάνουν όλες τις μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Αυτό σημαίνει ότι η κάθε σειρά αυτών των αρχείων αντιστοιχεί στις μετρήσεις που πραγματοποίησε ο προσομοιωτής σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα που απείχαν μεταξύ τους 33 έως 50 χιλιοστά του δευτερολέπτου.

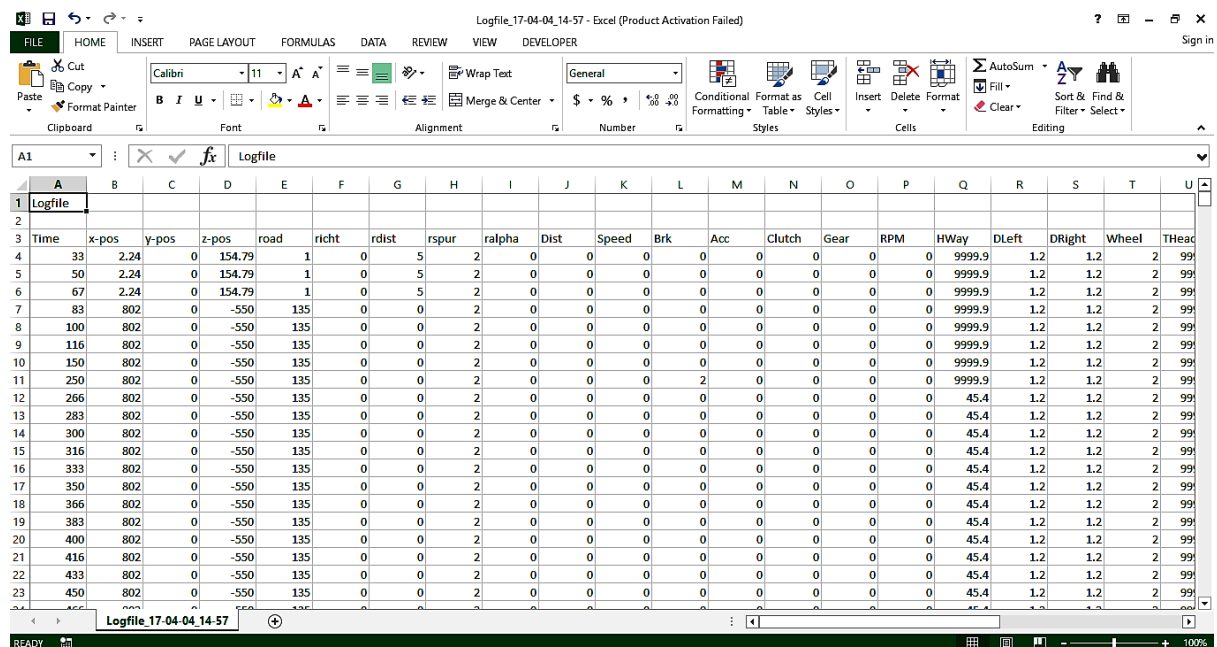
4.3.2.1 Εισαγωγή των στοιχείων στο Excel

Για κάθε συμμετέχοντα δημιουργήθηκε ένα φύλλο Excel για κάθε ζευγάρι διαδρομών ανά καιρική συνθήκη που πραγματοποιήσε. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε ως εξής:

File>Open>Επιλογή του Αρχείου Logfile>Open (εικόνες 4.13, 4.14)



Εικόνα 4.13: Εισαγωγή των δεδομένων στο Excel



Εικόνα 4.14: Εισαγωγή των δεδομένων στο Excel

Στο αρχείο Excel της κάθε διαδρομής δόθηκε ονομασία τέτοια ώστε να διευκολύνεται η οργάνωση των αρχείων (εικόνα 4.15). Η ονομασία περιλάμβανε την καιρική συνθήκη υπό την οποία πραγματοποιήθηκε η διαδρομή καθώς και την αλληλουχία των κυκλοφοριακών φόρτων κατά τη διαδρομή αυτή.

	AMS7-R1-FogLH	5/10/2017 2:33 PM	Microsoft Excel W...	3,991 KB
	AMS7-R1-NiceHL	5/10/2017 2:34 PM	Microsoft Excel W...	3,731 KB
	AMS7-R1-RainHL	5/10/2017 2:35 PM	Microsoft Excel W...	3,644 KB
	ErrLog_17-04-06_12-47-58	4/6/2017 12:55 PM	Text Document	3 KB
	ErrLog_17-04-06_13-13-29	4/6/2017 1:20 PM	Text Document	3 KB
	ErrLog_17-04-06_13-20-59	4/6/2017 1:27 PM	Text Document	3 KB

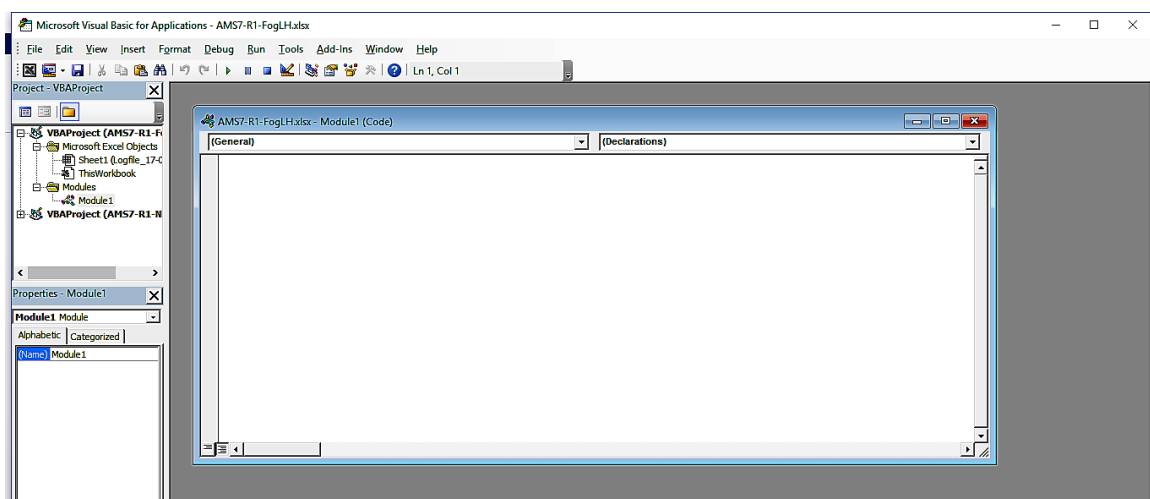
Εικόνα 4.15: Παράδειγμα αρχείων μετά την εισαγωγή τους στο Excel

4.3.2.2 Επεξεργασία των στοιχείων με Visual Basic

Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε η ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας των αρχείων των διαδρομών και ειδικότερα η προσθήκη ορισμένων επιπλέον στηλών, ώστε να είναι ευχερέστερη η ανάλυσή τους. Για λόγους οικονομίας χρόνου, δεδομένου του όγκου των καταγραφών, επιλέχθηκε η χρήση της visual basic με τη δημιουργία ενός script με το οποίο «έτρεχαν» τα δεδομένα και τελικώς παρείχαν επαρκείς πλέον μεταβλητές. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε ως εξής:

Developer>Visual Basic>Insert>Module

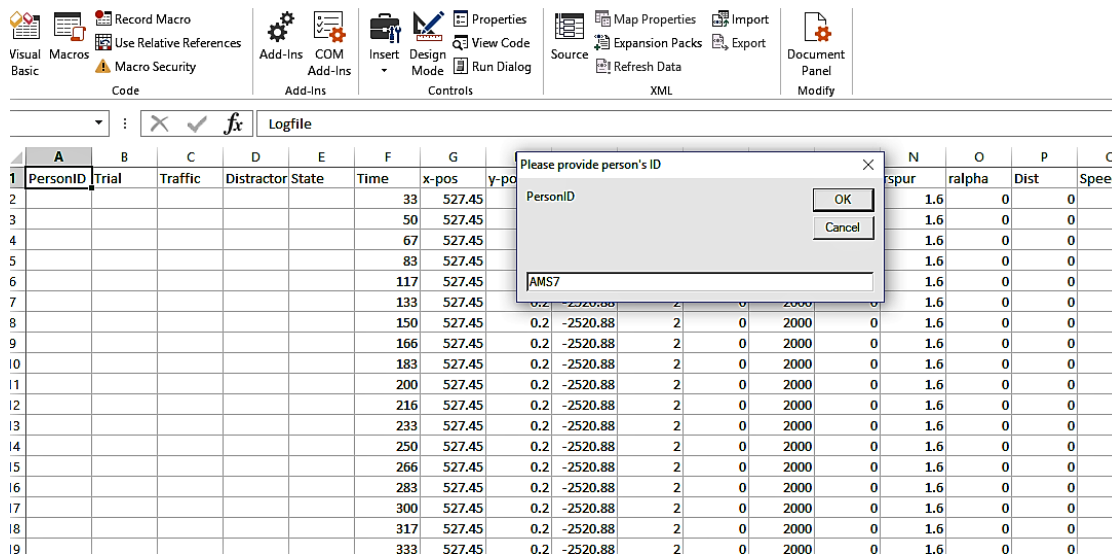
Η παραπάνω εντολή οδηγεί στο παράθυρο εισαγωγής του μοντέλου(εικόνα 4.16)



Εικόνα 4.16: Περιβάλλον Visual Basic με το παράθυρο εισαγωγής μοντέλου

Στο παράθυρο αυτό εισάγεται το script (εικόνα 4.17), το οποίο αναπτύχθηκε για το σκοπό αυτό. Στη συνέχεια, επιλέγεται η εντολή Run (εικόνα 4.18).

Με την εκτέλεση της εντολής αυτής προστίθενται οι **επιπλέον στήλες**, οι οποίες αποσκοπούν στην καλύτερη οργάνωση των δεδομένων. Οι στήλες που προστέθηκαν είναι ο κωδικός του συμμετέχοντα(PersonID), αριθμός δοκιμής (Trial), κυκλοφοριακός φόρτος (Traffic), καιρική συνθήκη (Weather) και η στήλη state στην οποία αναγραφόταν αν υπήρχε κάποιο συμβάν τη χρονική εκείνη στιγμή, για παράδειγμα μηδενική ταχύτητα(speed0).



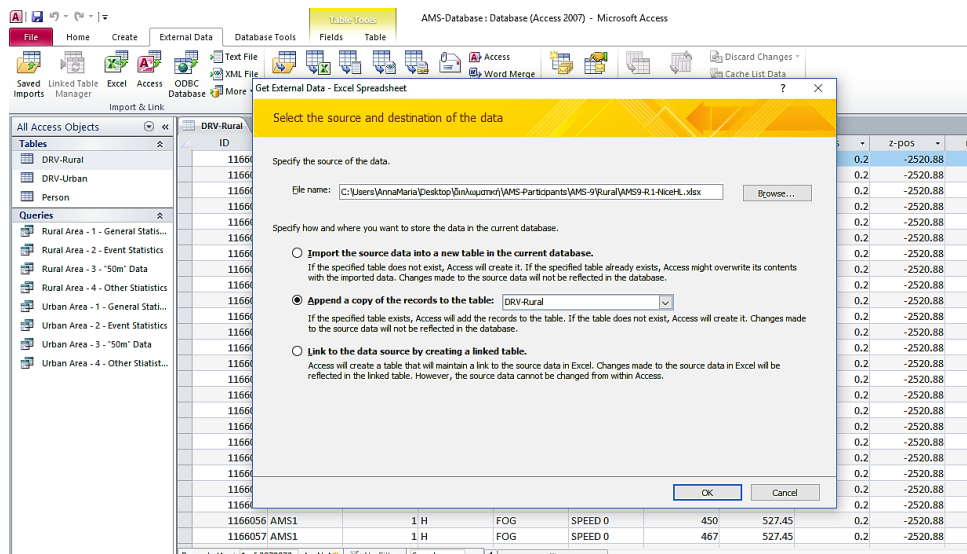
Εικόνα 4.19: Κωδικός συμμετέχοντα, PersonID

FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW DEVELOPER																
Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1000	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
3	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1016	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
4	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1033	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
5	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1050	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
6	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1066	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
7	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1083	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
8	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1100	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
9	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1116	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
0	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1133	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
1	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1150	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
2	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1166	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
3	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1183	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
4	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1199	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
5	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1216	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
6	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1233	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
7	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1249	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
8	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1266	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
9	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1283	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
0	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1300	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
1	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1316	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
2	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1333	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
3	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1350	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0
4	AMS7	1	H	NICE	SPEED 0	1366	527.45	0.2	-2520.88	2	0	2000	0	1.6	0	0

Εικόνα 4.20: Δεδομένα στο Excel μετά την εισαγωγή των στηλών με τη Visual Basic

4.3.2.3 Τελική βάση δεδομένων

Στην συνέχεια, έπρεπε να δημιουργηθεί **ενιαία βάση δεδομένων** για όλους τους συμμετέχοντες. Το Excel δεν υποστηρίζει αρχεία τέτοιου μεγέθους. Για το λόγο αυτό, όλα τα αρχεία Excel εισήχθησαν στην **Access**, εργαλείο διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Δημιουργήθηκε πίνακας (Table) και η εισαγωγή των αρχείων σε αυτόν έγινε ως εξής: External Data>Excel>Επιλογή του αρχείου Excel>Append a copy of the records to the table (εικόνα 4.21).



Εικόνα 4.21:Εισαγωγή αρχείου Excel στον πίνακα

ID	PersonID	Trial	Traffic	Distractor	State	Time	x-pos	y-pos	z-pos	road	right
1166038	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	33	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166034	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	50	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166035	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	67	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166036	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	117	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166037	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	133	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166038	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	150	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166039	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	167	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166040	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	183	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166041	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	200	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166042	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	217	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166043	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	233	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166044	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	250	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166045	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	267	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166046	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	283	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166047	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	300	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166048	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	317	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166049	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	333	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166050	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	350	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166051	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	367	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166052	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	383	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166053	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	400	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166054	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	417	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166055	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	433	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166056	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	450	527.45	0.2	-2520.88	2	
1166057	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	467	527.45	0.2	-2520.88	2	

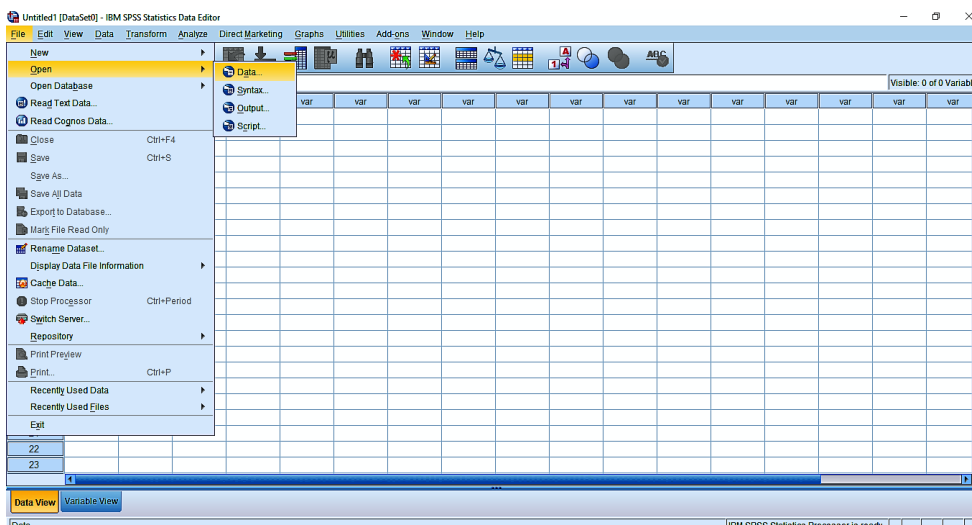
Εικόνα 4.22:Περιβάλλον της Access μετά την εισαγωγή των αρχείων Excel

Στην συνέχεια, υπήρξε η ανάγκη να περιοριστεί ο αριθμός των δεδομένων στη βάση που δημιουργήθηκε και να υπολογιστούν μέσες τιμές για τα καταγεγραμμένα μεγέθη. Για λόγους εξοικονόμησης χρόνου, επιλέχθηκε η χρήση queries, τα οποία δημιουργήθηκαν για το σκοπό αυτό. Τα queries «έτρεχαν» τα δεδομένα εκτελώντας τους απαραίτητους υπολογισμούς. Έτσι, προέκυψαν δύο αρχεία, εκ των οποίων το ένα περιλάμβανε τα στατιστικά που αφορούσαν γενικότερα στα χαρακτηριστικά των διαδρομών (General Statistics) (εικόνα 4.23) και το άλλο τα στατιστικά των απρόοπτων συμβάντων (Event Statistics).

The screenshot shows a Microsoft Access window titled 'AMS-Database: Database (Access 2007)'. The 'Database Tools' ribbon is active, showing options like 'Text File', 'Excel', 'XML File', 'PDF or XPS', 'E-mail', 'Word Merge', 'Create E-mail Replies', 'Work Online', 'Synchronize', 'Discard Changes', 'Cache List Data', and 'Relink Lists'. The 'Table Design View' for 'Rural Area - 1 - General Statistics' is displayed. The table has the following columns: Distractor, TimeRun, DistanceCar, LateralPosition, StdevLateral, AverageSpeed, StdevAverage, RspurAverage, StdRspurAvr, AlphaAverage, and StdRat. The data is organized into rows for different conditions (FOG, RAIN, NICE) and time intervals (06:26, 06:01, 04:57, 05:04, 07:46, 02:15, 08:01, 06:45, 06:41, 06:12, 05:41, 06:41, 06:39, 05:37, 06:21, 05:05, 05:42, 05:41, 06:57, 06:57, 06:13, 05:29, 06:00, 05:51, 05:00). The status bar at the bottom indicates 'Record: 1 of 237'.

Εικόνα 4.23: Αρχείο General Statistics

Το αρχείο General Statistics, καθώς και οι στήλες του χρόνου αντίδρασης (RespTime) και του αριθμού των ατυχημάτων (NumOfCrashes) του αρχείου Event Statistics εισήχθησαν στο Excel. Ακολούθως, στο ίδιο αρχείο προστέθηκαν οι μεταβλητές του ερωτηματολογίου και η επιπλέον στήλη logV (λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης). Στη συνέχεια, ακολούθησε η εισαγωγή του αρχείου στο ειδικό λογισμικό



Εικόνα 4.24: Εισαγωγή του αρχείου Excel στο ειδικό στατιστικό λογισμικό

στατιστικής ανάλυσης, ως εξής: File>Open>Data> Επιλογή του αρχείου (εικόνα 4.24). Έτσι, δημιουργήθηκε η **τελική βάση δεδομένων** (εικόνα 4.25).

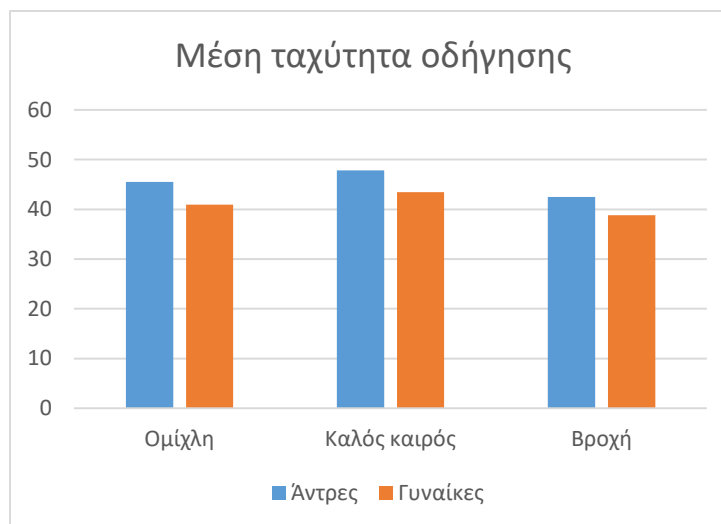
AMS Statistics-4.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

	Perso...	Age	Sex	TrialNumber	Traffic	Distractor	TimeRun	DistanceCar	loglat	LateralPosition	StdevLateralP
1	AMS1	.0	1.0	1.0	1.0	.0	06:26	2199.760	-.060	.870	
2	AMS1	.0	1.0	1.0	.0	.0	04:57	2125.910	-.065	.860	
3	AMS1	.0	1.0	2.0	1.0	2.0	02:15	903.710	-.125	.749	
4	AMS1	.0	1.0	1.0	.0	2.0	05:04	2111.020	-.127	.747	
5	AMS1	.0	1.0	1.0	1.0	1.0	06:01	2103.420	-.125	.750	
6	AMS1	.0	1.0	1.0	.0	1.0	07:46	2199.780	-.094	.805	
7	AMS2	1.0	.0	1.0	1.0	.0	05:01	2124.530	-.171	.675	
8	AMS2	1.0	.0	2.0	.0	.0	02:25	1108.500	-.091	.811	
9	AMS2	1.0	.0	1.0	1.0	2.0	05:04	2119.500	-.111	.775	
10	AMS2	1.0	.0	1.0	.0	2.0	04:56	2199.810	-.183	.656	
11	AMS2	1.0	.0	2.0	1.0	1.0	03:24	1409.120	-.100	.795	
12	AMS2	1.0	.0	1.0	.0	1.0	05:49	2133.700	-.072	.847	
13	AMS3	.0	.0	1.0	1.0	.0	05:30	2199.890	-.072	.847	
14	AMS3	.0	.0	1.0	.0	.0	05:01	2146.150	-.041	.910	
15	AMS3	.0	.0	1.0	1.0	2.0	04:13	2112.370	-.021	.952	
16	AMS3	.0	.0	1.0	.0	2.0	05:26	2199.990	-.151	.706	
17	AMS3	.0	.0	1.0	1.0	1.0	05:32	2164.280	-.198	.633	
18	AMS3	.0	.0	2.0	.0	1.0	03:29	1394.000	-.174	.669	
19	AMS4	.0	1.0	1.0	1.0	.0	06:49	2121.490	-.123	.754	
20	AMS4	.0	1.0	2.0	.0	.0	05:56	2098.320	-.055	.881	
21	AMS4	.0	1.0	1.0	1.0	2.0	06:11	2147.930	-.164	.686	
22	AMS4	.0	1.0	2.0	.0	2.0	04:59	2103.880	-.144	.718	
23	AMS4	.0	1.0	2.0	1.0	1.0	07:03	2130.420	-.094	.805	

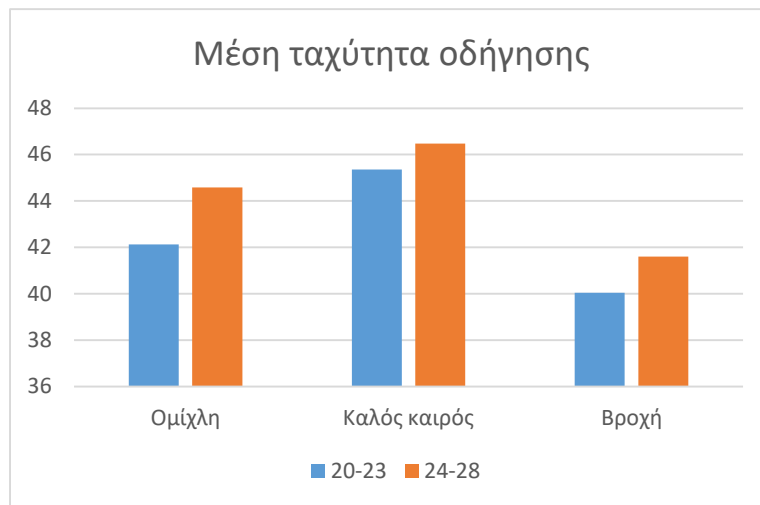
Εικόνα 4.25: Τελική βάση δεδομένων στο ειδικό στατιστικό λογισμικό

4.4 Περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρατίθενται ορισμένα **περιγραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος**, τα οποία προέκυψαν από την επεξεργασία της τελικής βάσης δεδομένων.



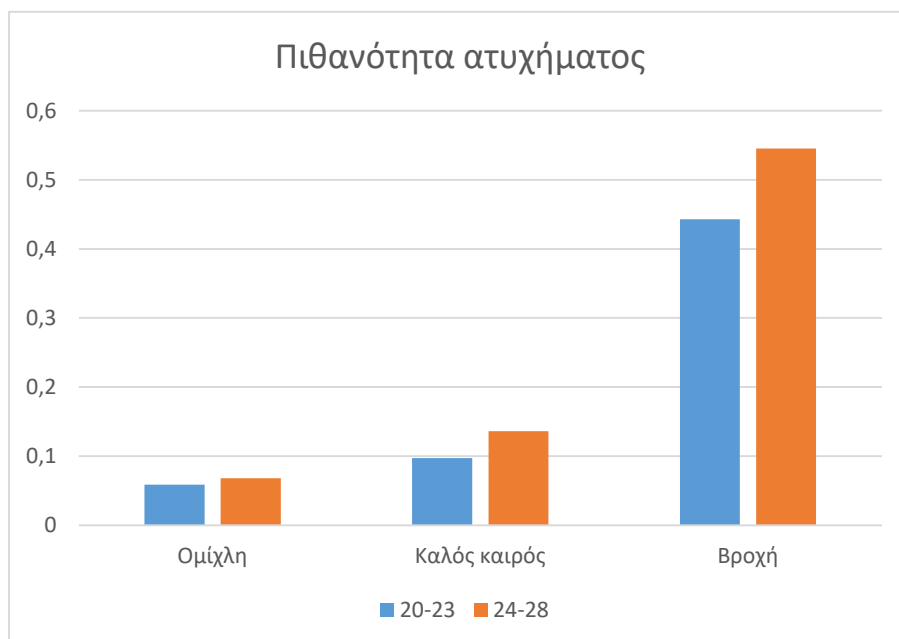
Γράφημα 4.4: Μέση ταχύτητα οδήγησης δείγματος ανά φύλο και καιρική συνθήκη



Γράφημα 4.5: Μέση ταχύτητα οδήγησης δείγματος ανά ηλικία και καιρική συνθήκη

Από τα παραπάνω γραφήματα συμπεραίνονται τα εξής :

- Όσον αφορά τις καιρικές συνθήκες, αυξημένη ταχύτητα οδήγησης παρατηρείται κατά την οδήγηση με καλό καιρό, ενώ η μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας σημειώνεται κατά την οδήγηση με βροχή και μικρότερη μείωση κατά την οδήγηση με ομίχλη.
- Οι άντρες σημείωσαν αυξημένη ταχύτητα οδήγησης συγκριτικά με τις γυναίκες σε κάθε καιρική συνθήκη.
- Οι οδηγοί μεγαλύτερης ηλικίας (24-28 ετών) είναι εκείνοι που σημείωσαν μεγαλύτερη ταχύτητα σε κάθε καιρική συνθήκη.



Γράφημα 4.6: Πιθανότητα ατυχήματος ανά ηλικία και καιρική συνθήκη

Από το παραπάνω γράφημα συμπεραίνεται:

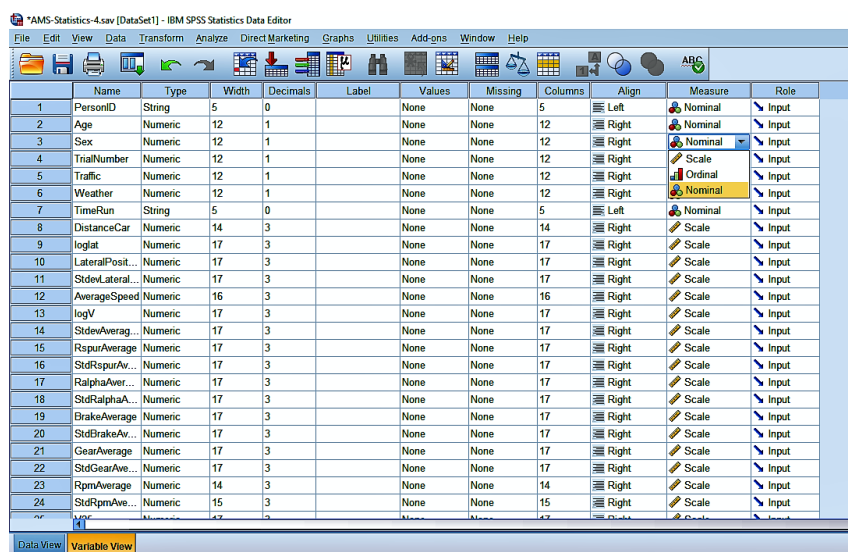
- Η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται κατά πολύ κατά την οδήγηση με βροχή, ενώ μειώνεται κατά την οδήγηση με ομίχλη.
- Οι οδηγοί μεγαλύτερης ηλικίας (24-28 ετών) έχουν αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος συγκριτικά με τους νεότερους (20-23 ετών) σε κάθε καιρική συνθήκη.

Κατά ποίο τρόπο μεταβάλλετε την οδηγική σας συμπεριφορά	Βροχή	Ομίχλη
Μειώνετε την ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά	95%	95%
Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου	5%	20%
Αποφεύγετε τα απότομα φρεναρίσματα	37.50%	75%
Ανάβετε τα φώτα πορείας	65%	85%
Τηρείτε αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα	82.50%	72.50%
Δεν αλλάζετε συμπεριφορά	0	0
Σταματάτε το όχημα	0	2.50%

Πίνακας 4.3: Απαντήσεις των συμμετεχόντων για την μεταβολή της οδηγικής τους συμπεριφοράς στην οδήγηση υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες

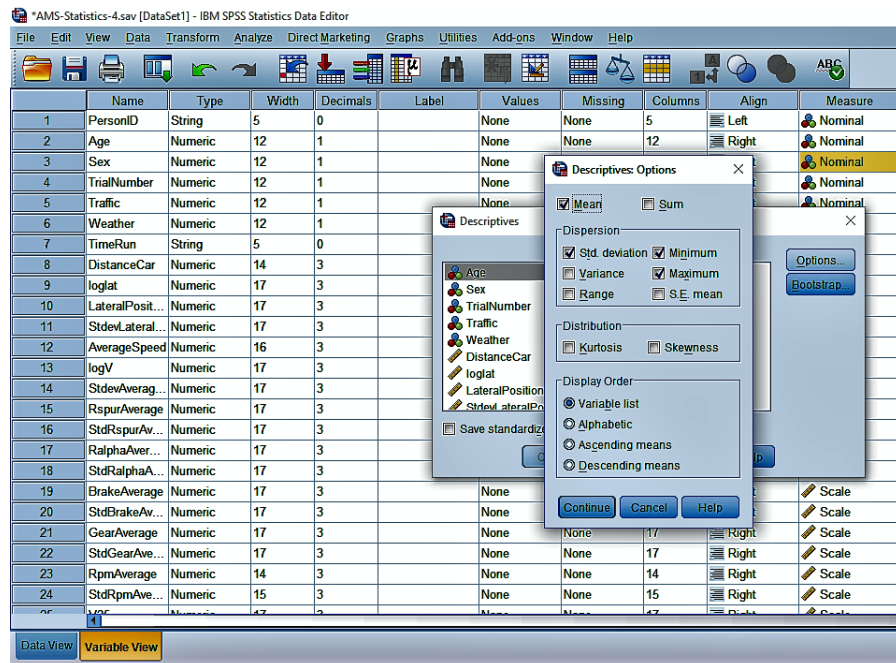
4.5 Συνοπτική παρουσίαση της μεθοδολογίας στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί συνοπτική αναφορά της μεθοδολογίας της στατιστικής ανάλυσης με τη χρήση του ειδικού στατιστικού λογισμικού. Συγκεκριμένα, θα αναφερθεί η ακολουθία των εντολών που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, μέσω της οποίας προέκυψαν τα συμπεράσματα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, καθορίστηκε το όνομα, ο τύπος και ο αριθμός των ψηφίων κάθε μεταβλητής της τελικής βάσης δεδομένων στο **πεδίο μεταβλητών** (variable view). Σημαντικό βήμα ήταν η διάκριση των μεταβλητών σε συνεχείς (scale), διατεταγμένες (ordinal) και κατηγορικές (nominal) (εικόνα 4.26).

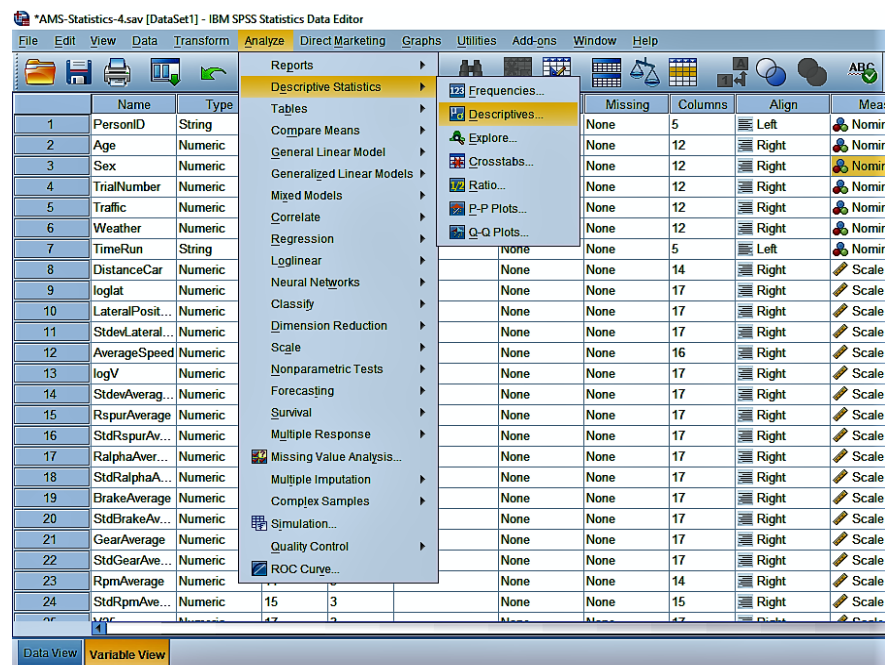


Εικόνα 4.26: Επιλογή τύπου μεταβλητής στο περιβάλλον του πεδίου μεταβλητών

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν χρήσιμα **περιγραφικά μέτρα των δεδομένων** (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο) ως εξής: Analyze>Descriptive Statistics>Descriptives>Εισαγωγή των μεταβλητών στο πεδίο Variables>Options (εικόνες 4.27, 4.28)



Εικόνα 4.27: Εντολή Descriptives

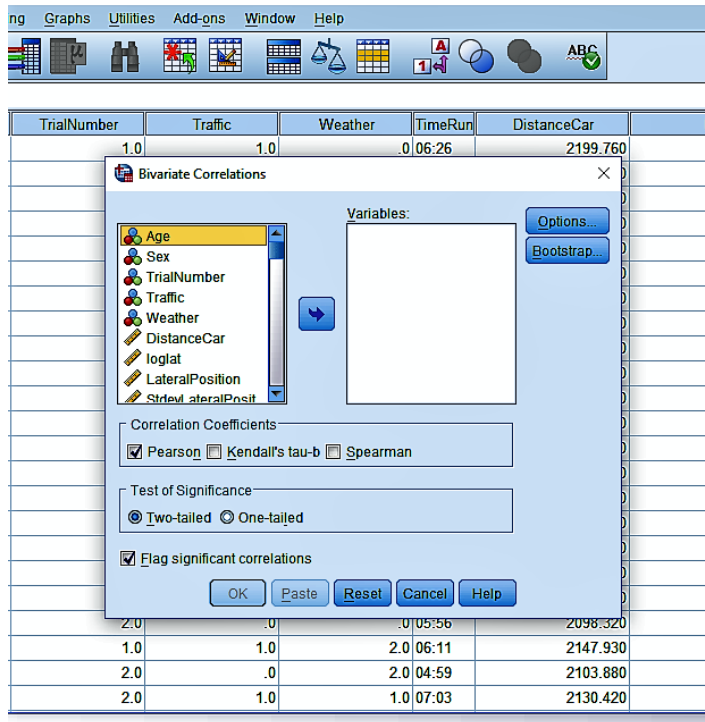


Εικόνα 4.28: Παράθυρο επιλογών της εντολής Descriptives

Ακολούθως, υπολογίστηκαν οι **συντελεστές συσχέτισης** ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών:

Analyze>Correlate>Bivariate>Εισαγωγή των μεταβλητών στο πεδίο Variables

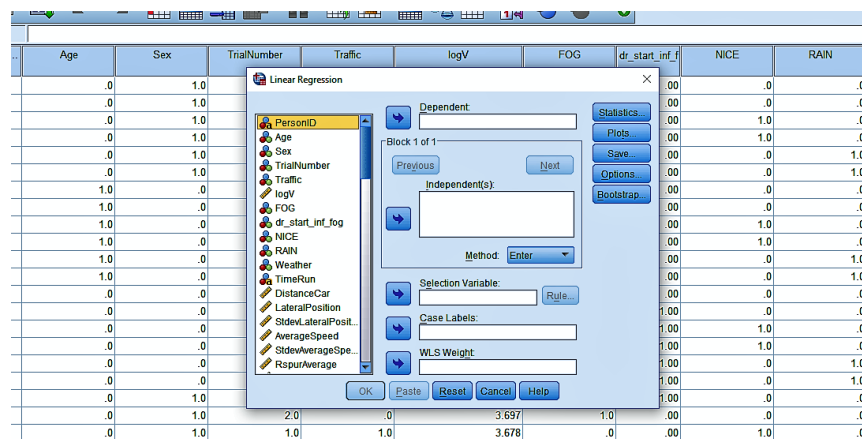
Ανάλογα με τον τύπο των μεταβλητών επιλέγονται οι αντίστοιχες συσχετίσεις, **Pearson** για συνεχείς μεταβλητές και **Spearman** για διακριτές (εικόνα 4.29).



Εικόνα 4.29: Παράθυρο επιλογών της εντολής *Correlate*

Τέλος, εφαρμόστηκαν **μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης** με τις ακόλουθες εντολές:

- Γραμμικό μοντέλο: *Analyze>Regression>Linear>* Εισαγωγή της εξαρτημένης μεταβλητής στο πεδίο *Dependent* και των ανεξάρτητων στο πεδίο *Predictors* και συγκεκριμένα στο πεδίο *Factors* οι διακριτές και στο *Covariates* οι συνεχείς. (εικόνα 4.30)
- Λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης: *Analyze>Regression> Binary logistic>* Εισαγωγή της εξαρτημένης μεταβλητής στο πεδίο *Dependent* και των ανεξάρτητων στο πεδίο *Independent(s)* (εικόνα 4.31).



Εικόνα 4.30: Καθορισμός των μεταβλητών στο γραμμικό μοντέλο

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράφηκε η διαδικασία της συλλογής και της επεξεργασίας στοιχείων, καθώς και τα βασικότερα βήματα της διαδικασίας της **στατιστικής** τους **ανάλυσης**. Στο παρόν κεφάλαιο, η διαδικασία αυτή θα αναπτυχθεί εκτενώς και θα παρουσιαστούν τα **αποτελέσματα** της Διπλωματικής Εργασίας.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τις μεθόδους λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης και λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης, για την ανάπτυξη η πρώτη του μοντέλου προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας οδήγησης και η δεύτερη της πιθανότητας ατυχήματος. Σκοπός της ανάλυσης ήταν να προκύψουν στατιστικά σημαντικά μοντέλα, τα οποία να ποσοτικοποιούν τη σχέση εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών. Τα τελικά μοντέλα προέκυψαν ύστερα από μεγάλο αριθμό δοκιμών, διαδικασία χρονοβόρα και απαιτητική. Σε κάθε μοντέλο εξετάστηκε η επιρροή των **καιρικών συνθηκών**, η οποία ήταν και το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, σε συνδυασμό με μεταβλητές οι οποίες συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή και τα ερωτηματολόγια.

Συγκεκριμένα, στο παρόν κεφάλαιο θα αναπτυχθούν για κάθε μοντέλο:

- Τα βήματα εφαρμογής της **μεθοδολογίας και ανάπτυξης του** (καθορισμός μεταβλητών, περιγραφική στατιστική, συσχέτιση μεταβλητών, επιλογή της μεθόδου).
- Οι απαραίτητοι **στατιστικοί έλεγχοι** οι οποίοι αποτέλεσαν κριτήριο αποδοχής του.
- Η **παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, συμπεριλαμβανομένων και της περιγραφής και εξήγησής τους.

5.2 Μαθηματικό μοντέλο για τη μέση ταχύτητα οδήγησης

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας οδήγησης και θα διερευνηθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών σε αυτή. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με όλες τις μεταβλητές που συλλέχθηκαν. Για λόγους οικονομίας χώρου, στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται μόνο οι μεταβλητές του τελικού μοντέλου.

5.2.1 Δεδομένα εισόδου-Καθορισμός μεταβλητών

Μετά την ολοκλήρωση της τελικής βάσης δεδομένων και την εισαγωγή της στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, καθορίστηκαν τα χαρακτηριστικά κάθε μεταβλητής στο πεδίο μεταβλητών (variable view) ,με τον τρόπο που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι το πρόγραμμα αναγνωρίζει μόνο αριθμούς και οι στήλες που αποτελούνταν από κείμενο (στήλη weather) έπρεπε να αντικατασταθούν.

Εξαρτημένη μεταβλητή:

LogV: Μέση ταχύτητα οδήγησης

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Age: Ηλικία (20-23= 0, 24-28=1)

Gender: Φύλο (Άντρας=0, Γυναίκα=1)

Traffic: Κυκλοφοριακός φόρτος (Μειωμένος κυκλοφοριακός φόρτος=0, Αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος=1)

RAIN: Βροχή (Ναι=1, Όχι=0)

FOG: Ομίχλη (Ναι=1, Όχι=0)

RpmAverage: Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

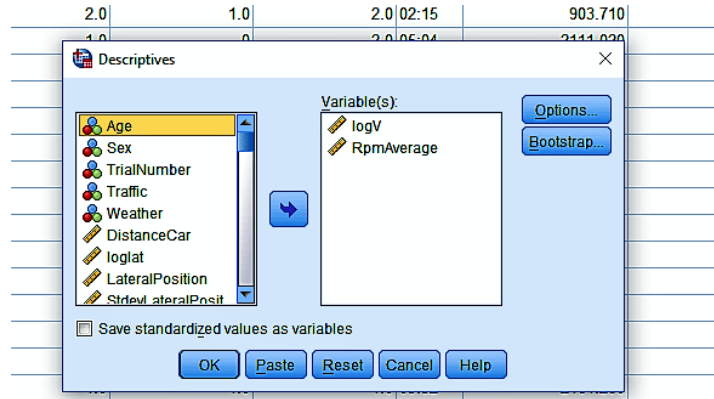
dr_enj: Σας αρέσει η οδήγηση; (Ναι=1, Όχι=0)

Οι μεταβλητές LogV και RpmAverage ορίστηκαν ως συνεχείς (scale), ενώ οι υπόλοιπες ως διακριτές (nominal), χωρίς να έχουν την έννοια της φυσικής διάταξης (ordinal).

5.2.2 Περιγραφική στατιστική

Ακολούθησε ο υπολογισμός των **περιγραφικών μέτρων** των δεδομένων (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο) , με τον τρόπο που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Προφανώς ο υπολογισμός τους έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές. Άρα, στο πεδίο Variables εισάγονται μόνο ο λογάριθμος της μέσης

ταχύτητας οδήγησης (LogV) και ο μέσος αριθμός στροφών κινητήρα (RpmAverage) (εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Παράθυρο εισαγωγής μεταβλητών της εντολής Descriptives

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
logV	237	3.214	4.108	3.76023	.157331
RpmAverage	237	1526.100	3362.622	2287.51347	332.136790
Valid N (listwise)	237				

Πίνακας 5.1: Περιγραφικά μέτρα συνεχών μεταβλητών μοντέλου

5.2.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Στο υποκεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών πραγματοποιείται όπως προαναφέρθηκε μέσω της εντολής *analyze*. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Όπως παρατηρείται στον πίνακα 5.2 (Πίνακας συσχέτισης τελικών συνεχών μεταβλητών του μοντέλου), η εξαρτημένη μεταβλητή LogV (λογάριθμος μέσης ταχύτητας οδήγησης) έχει υψηλή συσχέτιση με την συνεχή ανεξάρτητη μεταβλητή RpmAverage (μέσος αριθμός στροφών κινητήρα). Στον πίνακα 5.3 ακολουθεί η ανά δύο συσχέτιση των διακριτών μεταβλητών του μοντέλου και όπως

παρατηρείται, κάθε ζεύγος μεταβλητών παρουσιάζει χαμηλή συσχέτιση, όπως είναι επιθυμητό.

Correlations

		logV	RpmAverage
logV	Pearson Correlation	1	.674**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	237	237
RpmAverage	Pearson Correlation	.674**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	237	237

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

Πίνακας 5.2: Συσχέτιση τελικών συνεχών μεταβλητών μοντέλου

Correlations

			Age	Sex	Traffic	FOG	RAIN	dr_enj
Spearman's rho	Age	Correlation Coefficient	1.000	-.048	-.005	.010	.000	.038
		Sig. (2-tailed)	.	.460	.942	.877	1.000	.555
		N	237	237	237	237	237	237
	Sex	Correlation Coefficient	-.048	1.000	-.004	.008	.000	-.047
		Sig. (2-tailed)	.460	.	.955	.905	1.000	.470
		N	237	237	237	237	237	237
	Traffic	Correlation Coefficient	-.005	-.004	1.000	-.003	.006	.001
		Sig. (2-tailed)	.942	.955	.	.964	.927	.983
		N	237	237	237	237	237	237
	FOG	Correlation Coefficient	.010	.008	-.003	1.000	-.495**	-.003
		Sig. (2-tailed)	.877	.905	.964	.	.000	.963
		N	237	237	237	237	237	237
	RAIN	Correlation Coefficient	.000	.000	.006	-.495**	1.000	.000
		Sig. (2-tailed)	1.000	1.000	.927	.000	.	1.000
		N	237	237	237	237	237	237
	dr_enj	Correlation Coefficient	.038	-.047	.001	-.003	.000	1.000
		Sig. (2-tailed)	.555	.470	.983	.963	1.000	.
		N	237	237	237	237	237	237

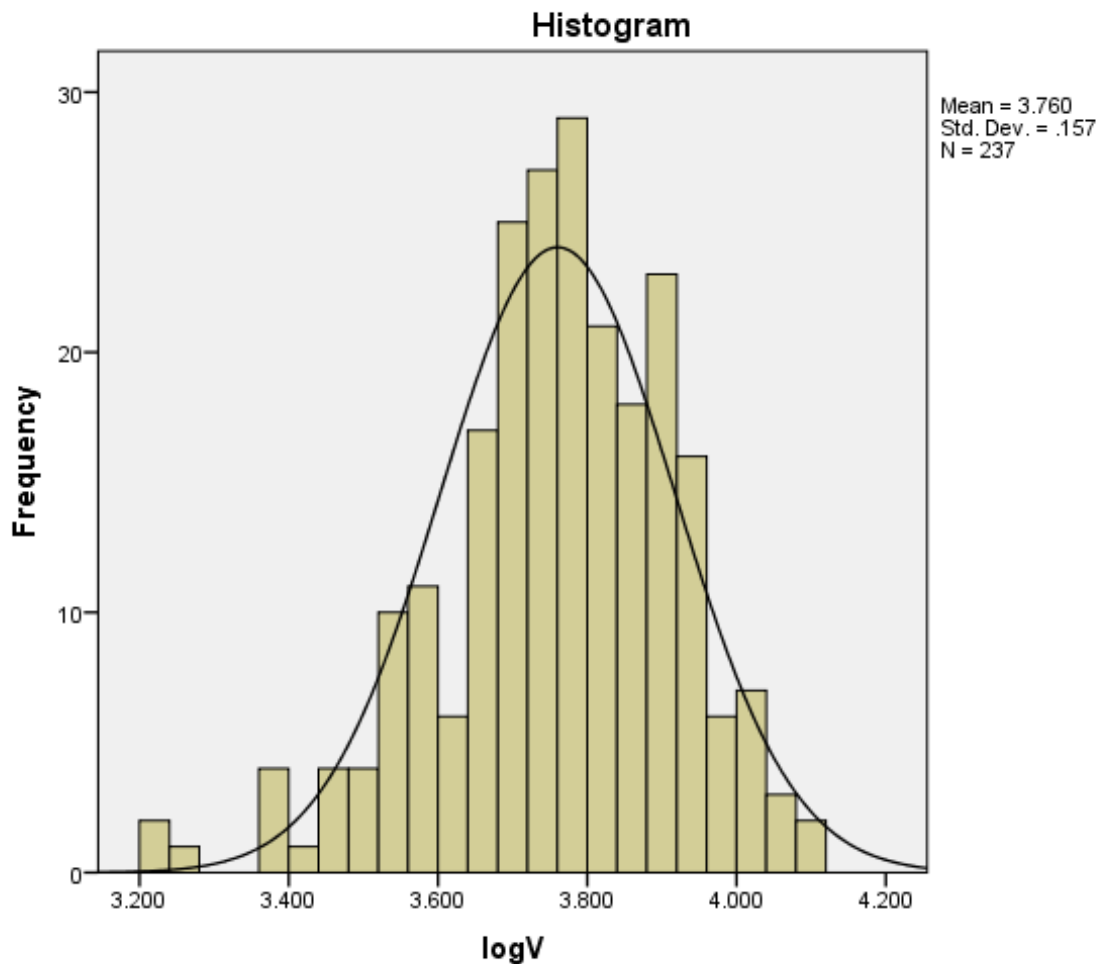
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 5.3: Συσχέτιση τελικών διακριτών μεταβλητών μοντέλου

5.2.4 Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης συνίσταται στην επιλογή του είδους της παλινδρόμησης, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων σχετικών με το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δηλαδή τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού.

Η επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά του οδηγού θα μελετηθεί μέσω του μοντέλου ταχύτητας, άρα ως εξαρτημένη μεταβλητή τίθεται η **μέση ταχύτητα οδήγησης**, συγκεκριμένα ο λογάριθμός της ($\log V$). Ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου, πέρα από το είδος της εξαρτημένης μεταβλητής (συνεχής ή διακριτή) είναι η **κατανομή** που ακολουθεί. Όπως παρατηρείται στο ακόλουθο ιστόγραμμα (διάγραμμα 5.1), η εξαρτημένη μεταβλητή προσεγγίζει την κανονική κατανομή.



Διάγραμμα 5.1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων της μέσης ταχύτητας οδήγησης

5.2.4.1 Γραμμική παλινδρόμηση

Με βάση το γεγονός ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι **συνεχής** και η κατανομή των συχνοτήτων της προσεγγίζει την **κανονική**, αρχικά εξετάστηκε η επιλογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της. Η ακολουθία των εντολών για την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Τα δεδομένα που εξετάζονται για την **αξιολόγηση του μοντέλου** είναι ο συντελεστής R^2 , οι συντελεστές της εξίσωσης β_i , οι τιμές t του στατιστικού ελέγχου t -test και το σφάλμα της εξίσωσης. Ακολουθεί συνοπτική αναφορά στα δεδομένα αυτά, τα οποία αναπτύχθηκαν εκτενώς στο κεφάλαιο 3, όπου περιγράφηκε το θεωρητικό υπόβαθρο.

Ο **συντελεστής R^2** καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου. Ο συντελεστής αυτός, για τον οποίο έγινε αναφορά σε προηγούμενο κεφάλαιο, χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο. Συγκεκριμένα, εκφράζει το **ποσοστό της μεταβλητότητας** της μεταβλητής y που εξηγείται από τη μεταβλητή x . Σε μοντέλα με πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές ελέγχεται και το διορθωμένο R^2 (adjusted R^2), καθώς στην περίπτωση αυτή, η τιμή διαφέρει σημαντικά από εκείνη του R^2 .

Όσον αφορά στους **συντελεστές β_i** των μεταβλητών, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας τόσο των προσήμων όσο και των τιμών τους.

Στη συνέχεια αξιολογείται η **στατιστική εμπιστοσύνη** του μοντέλου, μέσω του ελέγχου **t -test** (κριτήριο t της κατανομής student). Με το δείκτη t προσδιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών. Καθορίζεται, δηλαδή, ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στο τελικό μοντέλο. Όπως προαναφέρθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Η τιμή του t θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7.

Το **σφάλμα** (ε_i) πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά $\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma_\varepsilon^2 = c$
- Να έχει μηδενική αυτοσυσχέτιση, $\rho(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \ \forall \ i \neq j$
- Να έχει μηδενικό μέσο όρο ($\mu = 0$)

Η ισχύς των προϋποθέσεων αυτών ελέγχονται μέσω της ακολουθίας εντολών του στατιστικού λογισμικού:

- Analyze >Regression >Linear >Plot
- Graphs>Legacy Dialogs>Scatter/Dot>Simple Scatter

Πρέπει να σημειωθεί ότι αναπτύχθηκαν αρκετά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης με ικανοποιητική προσαρμογή. Όμως θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί και η μέθοδος της **λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, η οποία βελτιώνει την κανονικότητα των καταλοίπων (σφαλμάτων), η οποία αποτελεί σημαντική προϋπόθεση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.

5.2.4.2 Λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση

Στην πορεία αναζήτησης μιας καταλληλότερης μεθόδου ανάπτυξης του μαθηματικού μοντέλου και επιλέχθηκε η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση**. Η μέθοδος αυτή αποτελεί περίπτωση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με μόνη διαφορά πως σαν εξαρτημένη μεταβλητή τίθεται ο **λογάριθμος** της, στην προκειμένη περίπτωση, δηλαδή, ο λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης. Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου πραγματοποιήθηκε πλήθος δοκιμών με όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή και τα ερωτηματολόγια.

Για την αρχική αξιολόγηση του μοντέλου, πριν εξεταστούν οι έλεγχοι που προαναφέρθηκαν, συγκρίνεται η σημαντικότητα της κάθε μεταβλητής (**significance**) με το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας, το οποίο ορίζεται ίσο με 0.05 (5%). Θα πρέπει η σημαντικότητα να μην ξεπερνά την τιμή αυτή. Στον πίνακα 5.4 για παράδειγμα, βλέπουμε πως η σημαντικότητα της μεταβλητής LateralPosition (απόσταση από το δεξί άκρο της οδού) είναι ίση με 0.674, ξεπερνά δηλαδή κατά πολύ το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας. Συνεπώς, η μεταβλητή αυτή στην προκειμένη περίπτωση είναι στατιστικά ασήμαντη. Θα πρέπει να σημειωθεί πως διαφορετικός συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών συνήθως οδηγεί σε διαφορετική σημαντικότητα για την ίδια μεταβλητή.

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	3.883	.064		60.412	.000
FOG	-.058	.022	-.174	-2.602	.010
RAIN	-.119	.022	-.357	-5.333	.000
1 Sex	-.100	.019	-.314	-5.322	.000
Age	.040	.018	.126	2.157	.032
LateralPosition	.035	.084	.026	.422	.674
dr_enj	-.078	.031	-.150	-2.509	.013

a. Dependent Variable: logV

Πίνακας 5.4: Ενδεικτικά αποτελέσματα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης με στατιστικά ασήμαντη την απόσταση από το δεξί άκρο της οδού

Τα **τελικά αποτελέσματα** παρατίθενται στους πίνακες 5.5,5.6.

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	3.238	.059		54.466	.000
Age	.040	.014	.126	2.906	.004
Sex	-.051	.014	-.161	-3.559	.000
Traffic	-.037	.014	-.117	-2.684	.008
RAIN	-.086	.017	-.257	-5.089	.000
RpmAverage	.00028	.000	.591	12.952	.000
FOG	-.037	.017	-.111	-2.201	.029
dr_enj	-.066	.023	-.128	-2.934	.004

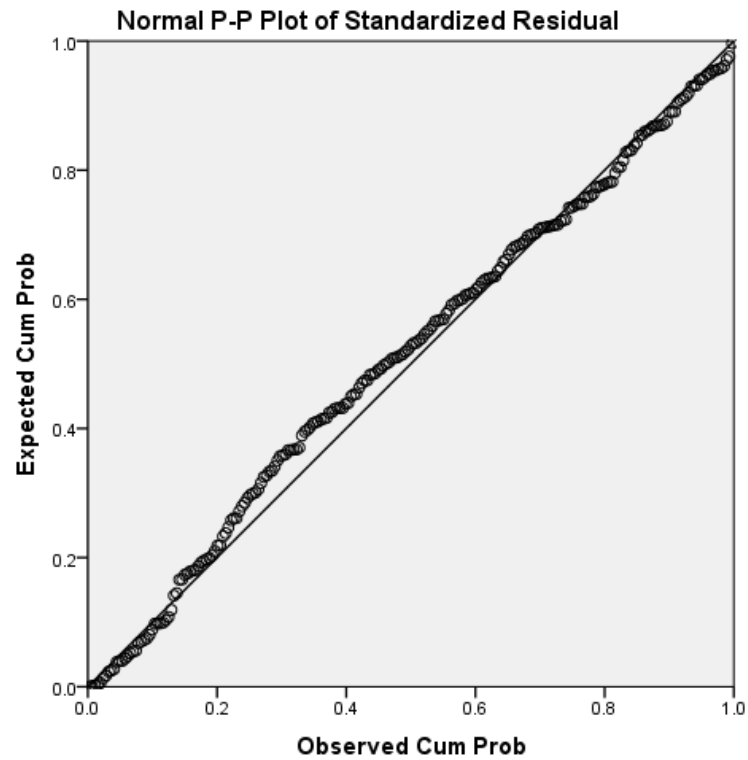
a. Dependent Variable: logV

Model Summary

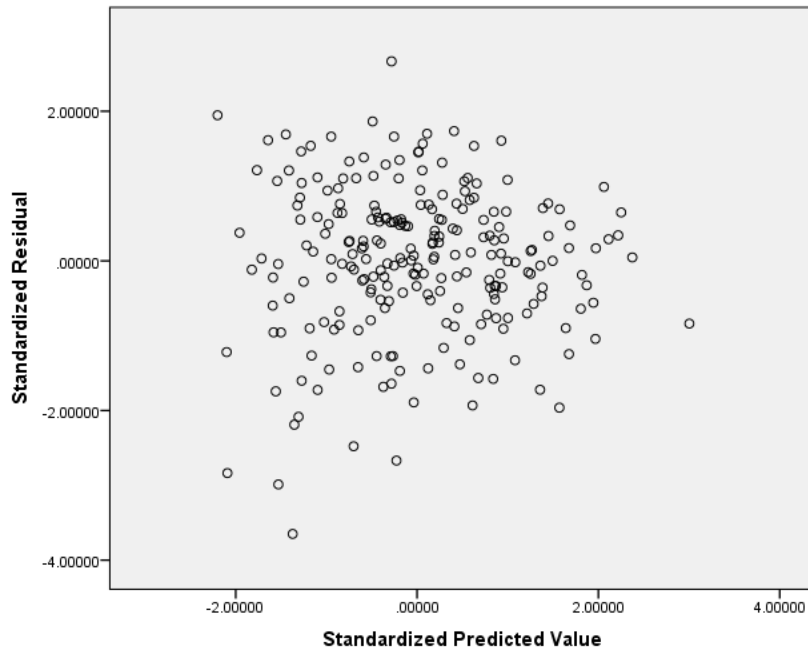
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.754 ^a	.568	.555	.104957

a. Predictors: (Constant), dr_enj, RAIN, Traffic, Age, Sex, RpmAverage, FOG

Πίνακες 5.5,5.6 : Τελικά αποτελέσματα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης



Διάγραμμα 5.2: Διάγραμμα κανονικότητας των καταλοίπων



Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα διακύμανσης των καταλοίπων

Παρατηρούνται τα εξής:

- Ο συντελεστής R^2 ισούται με 0.568.
- Υπολογίστηκαν οι συντελεστές t με χρήση του τύπου που αναφέρθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο. Είναι μεγαλύτεροι από 1,7 άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.
- Οι μεταβλητές FOG, RAIN, ομίχλη και βροχή αντίστοιχα, συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο, το οποίο ήταν και το ζητούμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.
- Το διάγραμμα κανονικότητας των καταλοίπων είναι ικανοποιητικό, συνεπώς το σφάλμα ακολουθεί κανονική κατανομή.
- Από το διάγραμμα διακύμανσης καταλοίπων δεν υποδεικνύεται καμία συστημικότητα και τα σημεία φαίνονται τυχαία κατανεμημένα εντός του διαστήματος $[-2, 2]$. Συνεπώς πληρείται και η προϋπόθεση περί σταθερής διασποράς.
- Τα κατάλοιπα είναι γραμμικά ανεξάρτητα, καθώς τα δεδομένα δεν εξαρτώνται από το χρόνο.

5.2.5 Περιγραφή των αποτελεσμάτων

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **μαθηματική σχέση** που αναπτύχθηκε:

$$\begin{aligned} \text{Log}V = & 3,238 + 0,04 * \text{Age} - 0,051 * \text{Gender} - 0,037 * \text{Traffic} - 0,037 \\ & * \text{FOG} - 0,086 * \text{RAIN} + 0,00028 * \text{RpmAverage} - 0,066 \\ & * \text{dr_enj} \end{aligned}$$

Όπου:

LogV: Λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης

Age: Ηλικία (20-23=0, 24-28=1)

Gender: Φύλο (Άντρας=0, Γυναίκα=1)

Traffic: Κυκλοφοριακός Φόρτος (Μειωμένος κυκλοφοριακός φόρτος=0, Αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος=1)

FOG: Ομίχλη (Ναι=1, Όχι=0)

RAIN: Βροχή (Ναι=1, Όχι=0)

dr_enj: Αν στον συμμετέχοντα αρέσει η οδήγηση (Ναι=1, Όχι=0)

RpmAverage: Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

Να σημειωθεί πως ο σταθερός όρος είναι η τιμή του λογαρίθμου της ταχύτητας, όταν οι μεταβλητές λαμβάνουν μηδενική τιμή. Οι συντελεστές β_i εκφράζουν τη μεταβολή του λογαρίθμου της ταχύτητας για τις μη μηδενικές τιμές των μεταβλητών.

Ηλικία συμμετέχοντα

Το θετικό πρόσημο της μεταβλητής Age, σημαίνει ότι η ταχύτητα αυξάνεται για την ηλικιακή ομάδα 24-28 ετών. Το παραπάνω αποτέλεσμα είναι εύλογο, καθώς οι μεγαλύτερης ηλικίας οδηγοί (24-28) συνήθως χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη άνεση κατά τη διάρκεια της οδήγησης, η οποία οδηγεί σε αυξημένη ταχύτητα.

Φύλο συμμετέχοντα

Το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής Gender, υποδηλώνει πως η ταχύτητα μειώνεται για τις γυναίκες οδηγούς. Το παραπάνω συμπέρασμα συμφωνεί με τα αντίστοιχα σε αναλύσεις διεθνούς βιβλιογραφίας όπου εμφανίζουν τον γυναικείο πληθυσμό περισσότερο επιφυλακτικό κατά την οδήγηση με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν μικρότερες ταχύτητες συγκριτικά με τους άνδρες οδηγούς.

Κυκλοφοριακός φόρτος

Το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής Traffic, δείχνει πως η ταχύτητα μειώνεται σε συνθήκες αυξημένου κυκλοφοριακού φόρτου, συγκριτικά με την ταχύτητα σε συνθήκες μειωμένου φόρτου, όπως ήταν αναμενόμενο.

Ομίχλη

Η μεταβλητή FOG εκφράζει την ύπαρξη ή μη ομίχλης. Όπως φαίνεται έχει αρνητικό πρόσημο, συνεπώς, οι συμμετέχοντες μείωναν την ταχύτητά τους κατά την οδήγηση με ομίχλη. Καθώς η περιορισμένη ορατότητα αποτελεί χαρακτηριστικό αποτέλεσμα της ομίχλης, οι οδηγοί ενδεχομένως μειώνουν την ταχύτητά τους προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις περισσότερες απαιτητικές οδικές συνθήκες.

Βροχή

Η μεταβλητή RAIN εκφράζει την ύπαρξη ή μη βροχής. Έχει επίσης αρνητικό πρόσημο και μεγαλύτερη τιμή από την FOG, το οποίο σημαίνει πως οι οδηγοί μείωναν περισσότερο την ταχύτητα οδήγησής τους κατά την οδήγηση με βροχή. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο, καθώς πέρα από την έλλειψη ορατότητας, η βροχή συνοδεύεται και από υγρό οδόστρωμα, συνεπώς η δυσκολία κατά την πέδηση πιθανώς να καθιστά τους οδηγούς περισσότερο επιφυλακτικούς.

Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

Η μεταβλητή RpmAverage παρουσιάζεται με θετικό πρόσημο, δηλαδή με την αύξηση του αριθμού των στροφών του κινητήρα αυξάνεται και η ταχύτητα. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο, καθώς πράγματι, συνήθως η οδήγηση με αυξημένες στροφές συνεπάγεται την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος.

Στον οδηγό αρέσει η οδήγηση

Η μεταβλητή dr_enj έχει αρνητικό πρόσημο, το οποίο δείχνει τη μείωση της ταχύτητας από τους συμμετέχοντες οι οποίοι δήλωσαν πως τους αρέσει η οδήγηση. Έτσι, προκύπτει πως οι οδηγοί αυτοί πιθανώς οδηγούν συνήθως πιο χαλαρά, παρουσιάζοντας μειωμένες, σταθερές ταχύτητες. Αντίθετα, εκείνοι που δήλωσαν πως δεν τους αρέσει η οδήγηση, όπως φαίνεται τείνουν να επισπεύσουν τη διαδικασία αυξάνοντας την ταχύτητά τους.

5.2.6 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Ο **βαθμός της επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών του παραπάνω μοντέλου στην εξαρτημένη μεταβλητή (μέση ταχύτητα οδήγησης) , 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.

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής αποδείχθηκε η πιο απλή και κατάλληλη τεχνική για τη σύγκριση των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου. Η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών του μοντέλου υπολογίστηκε με τη χρήση της ακόλουθης σχέσης:

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

Όπου:

β_i ο συντελεστής της ανεξάρτητης εξεταζόμενης μεταβλητής

X_i η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής

Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής

Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των παραπάνω μεγεθών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς και όχι για διακριτές μεταβλητές, αλλά στη στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία υπολογίστηκε η σχετική επιρροή και για τις διακριτές μεταβλητές ως μια θεωρητική έννοια, μόνο για να πραγματοποιηθεί θεωρητικά μια σύγκριση μεταξύ των μεταβλητών του μοντέλου σε ότι αφορά στην επιρροή τους στην εξαρτημένη μεταβλητή.

	Μέση ταχύτητα οδήγησης			
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	β_i	t	e_i	e_i^*
Ηλικία	0.04	2.906	0.0059	-1.852
Φύλο	-0.051	-3.559	-0.0058	1.824
Κυκλοφοριακός Φόρτος	-0.037	-2.684	-0.0049	1.544
Ομίχλη	-0.037	-2.201	-0.0032	1.0
Βροχή	-0.086	-5.089	-0.0076	2.382
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0.00028	12.952	0.17	-53.231
Στον συμμετέχοντα αρέσει ή όχι η οδήγηση	-0.066	-2.934	-0.0158	4.93

Πίνακας 5.8: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη e_i^* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη μεταβλητή.

Εξετάζοντας, λοιπόν, τη σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών παρατηρούνται τα εξής:

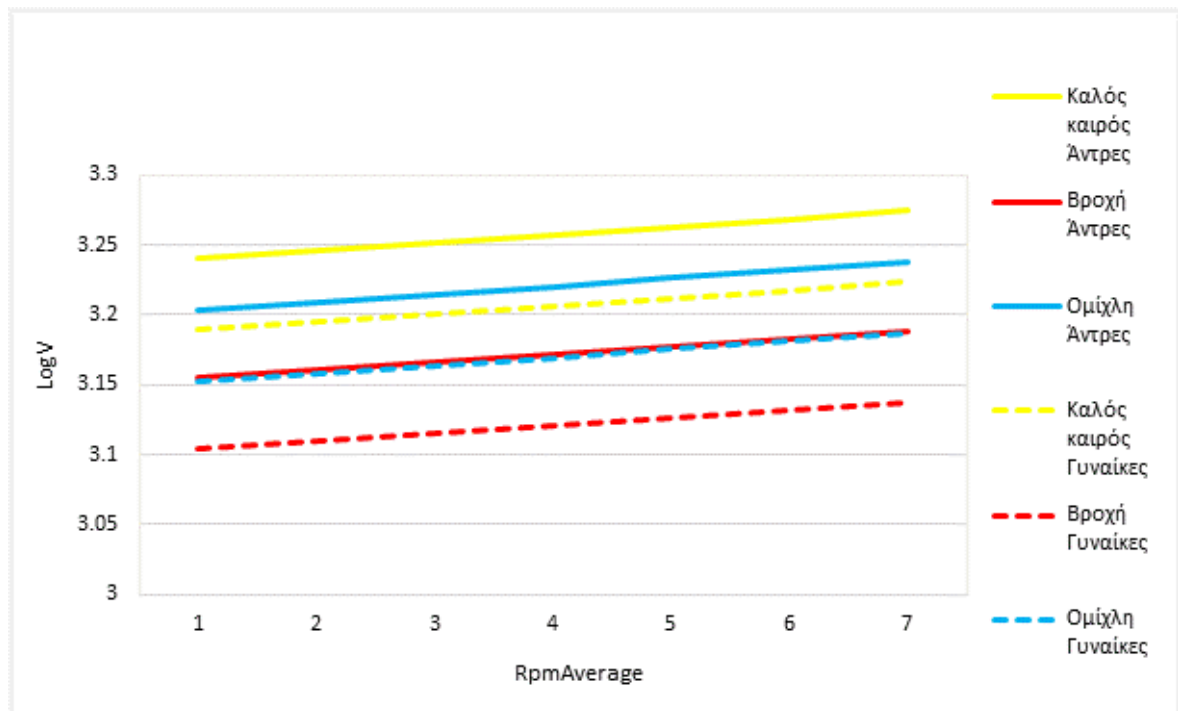
- Τη **μεγαλύτερη** επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή παρουσιάζει ο **«μέσος αριθμός στροφών κινητήρα»** (RpmAverage) , $e_i=0.17$. Έχει δηλαδή 53 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή «ομίχλη». Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι η συμπεριφορά του χρήστη της οδού (π.χ. επιθετική οδηγική συμπεριφορά) έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητά του, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη διεθνή βιβλιογραφία.
- Την αμέσως μικρότερη επιρροή παρουσίασαν οι μεταβλητές **«στο συμμετέχοντα αρέσει ή όχι η οδήγηση»** και **«βροχή»** με επιρροή $e_i=-0.02$ και $e_i=-0.008$ αντίστοιχα. Οι μεταβλητές αυτές επηρεάζουν σημαντικά την τιμή του λογαρίθμου της μέσης ταχύτητας οδήγησης, συγκεκριμένα, παρουσιάζουν

4.9 και 2.4 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή «ομίχλη». Επιβεβαιώνεται από το αποτέλεσμα αυτό, ότι ο ανθρωπογενής παράγοντας έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητα, καθώς η μεταβλητή «στο συμμετέχοντα αρέσει ή όχι η οδήγηση» αφορά επίσης στη συμπεριφορά του χρήστη της οδού. Η μεγάλη επιρροή της μεταβλητής «βροχή» υποδεικνύει πως μετά τον ανθρωπογενή παράγοντα, ο σημαντικότερος εξωγενής παράγοντας είναι η βροχή.

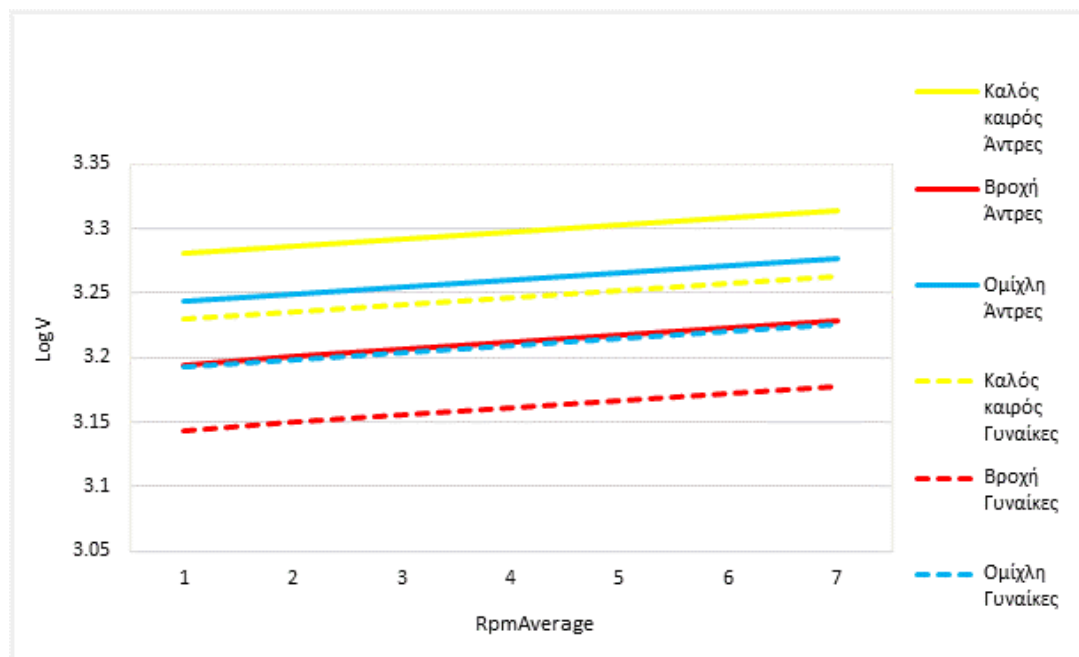
- Οι μεταβλητές «**ηλικία**» και «**φύλο**» παρουσίασαν επιρροή ίση με $e_i=0.00593$ και $e_i=0.00584$ αντίστοιχα, δηλαδή, 1.85 και 1.82 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή «ομίχλη». Προκύπτει, επομένως, ότι τα χαρακτηριστικά του οδηγού επηρεάζουν αρκετά την ταχύτητά του, συμπεράσμα το οποίο επίσης επιβεβαιώνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία.
- Η μεταβλητή «**κυκλοφοριακός φόρτος**» παρουσίασε επιρροή ίση με $e_i=0.049$, 1.544 φορές μεγαλύτερη επιρροή από τη μεταβλητή «ομίχλη». Συνεπώς, ο κυκλοφοριακός φόρτος προκύπτει ο εξωγενής παράγοντας με τη μεγαλύτερη επιρροή μετά τη βροχή.
- Η μεταβλητή «**ομίχλη**» παρουσιάζει τη **μικρότερη** επιρροή, $e_i=-0.0032$. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι η ομίχλη παρουσιάζει μικρή αλλά σαφή επιρροή στη μέση ταχύτητα οδήγησης.

5.2.7 Ανάλυση ευαισθησίας

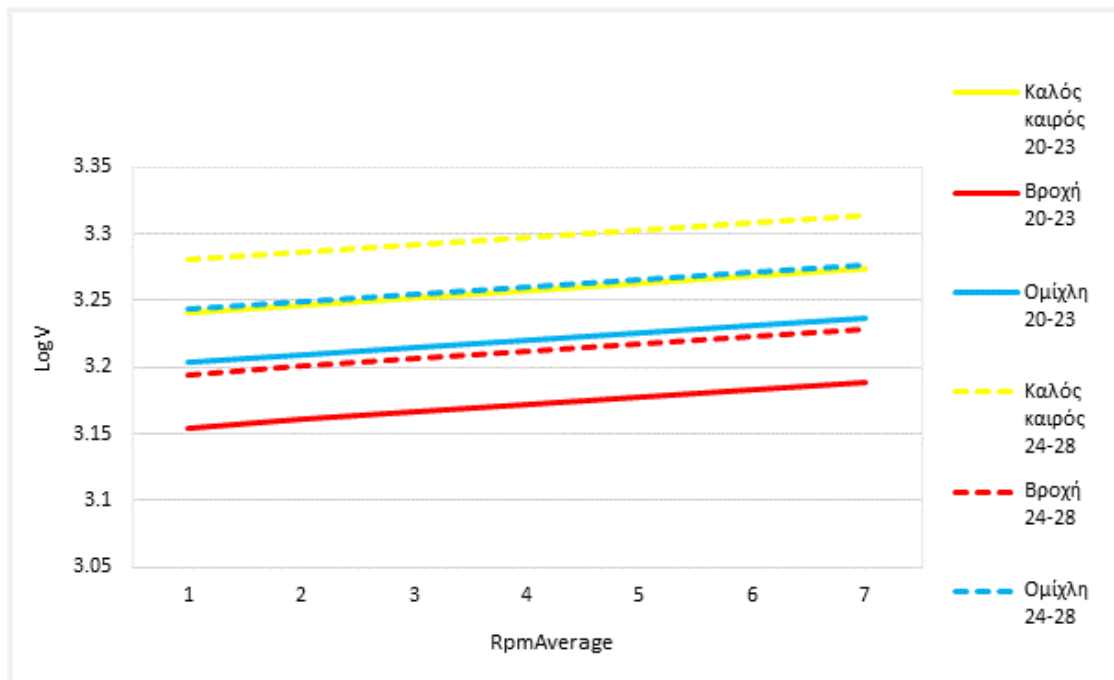
Ακολουθούν τα **διαγράμματα ευαισθησίας**, τα οποία αναπτύχθηκαν με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Στα διαγράμματα αυτά απεικονίζεται η ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής (λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης) κατά τη μεταβολή μίας συνεχούς μεταβλητής, όταν όλες οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Οι συνδυασμοί και κατ' επέκταση τα διαγράμματα που μπορεί να προκύψουν είναι πολλά, συνεπώς στο υποκεφάλαιο αυτό παρατίθενται ορισμένα ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Εδώ, η συνεχής μεταβλητή που τέθηκε στον άξονα των x είναι ο μέσος αριθμός στροφών κινητήρα (RpmAverage), η οποία είναι και η μόνη συνεχής μεταβλητή του μοντέλου. Να σημειωθεί πως όταν οι μεταβλητές FOG,RAIN είναι και οι δύο ίσες με το μηδέν λαμβάνεται ο λογάριθμος της ταχύτητας κατά την οδήγηση με καλό καιρό.



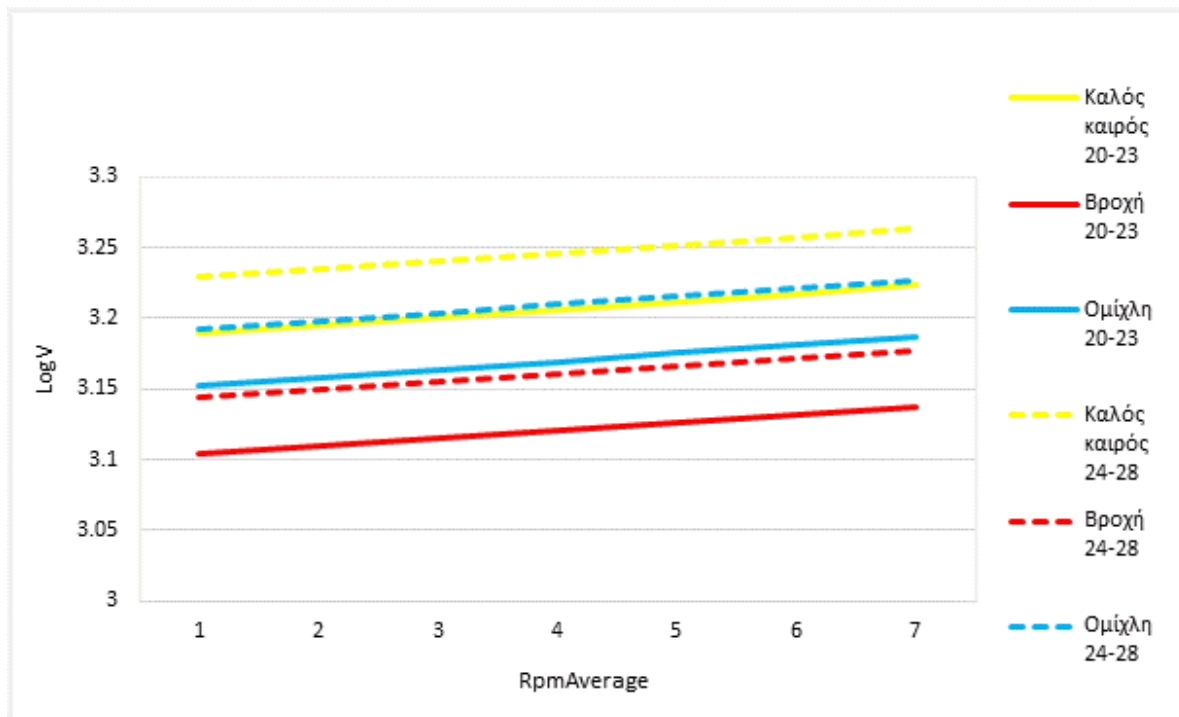
Διάγραμμα 5.4: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες 20-23 ετών για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_{enj}=0, Age=0, Traffic=0$)



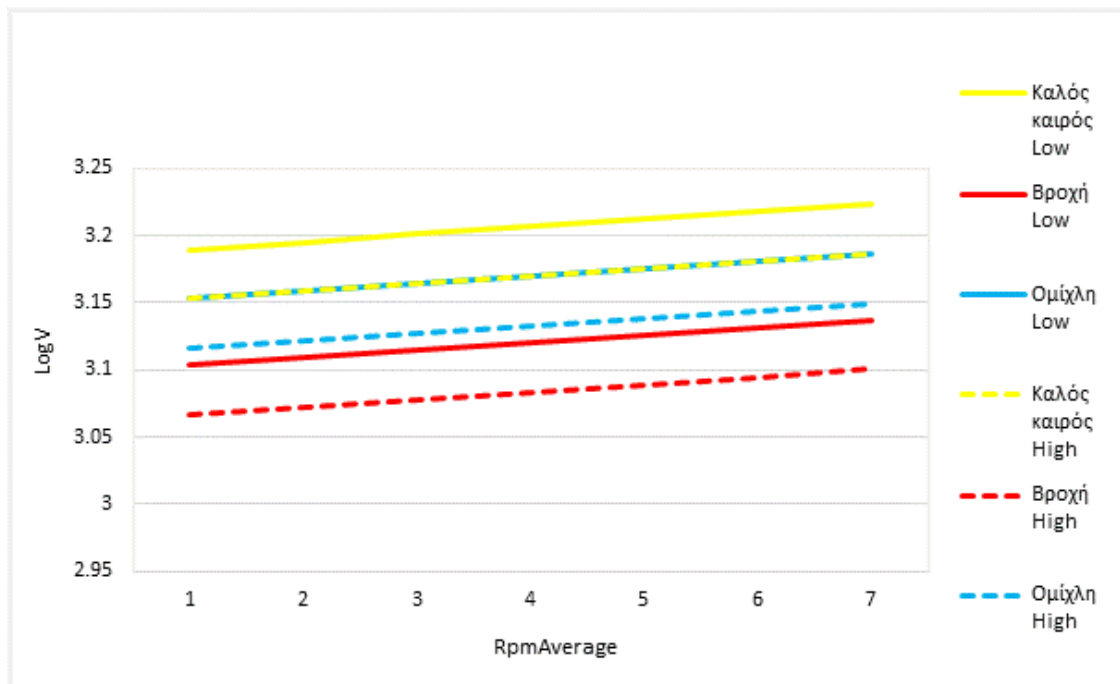
Διάγραμμα 5.5: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες 24-28 ετών για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_{enj}=0, Age=1, Traffic=0$)



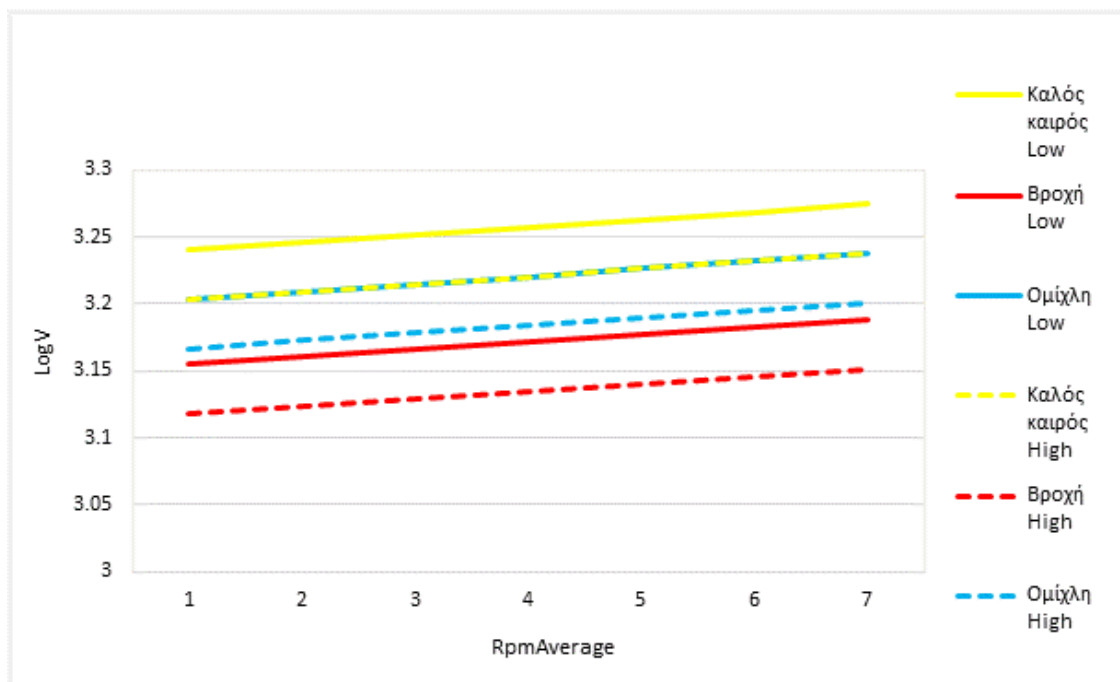
Διάγραμμα 5.6: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε άντρες 20-23 ετών και 24-28 ετών για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_enj=0, Sex=0, Traffic=0$)



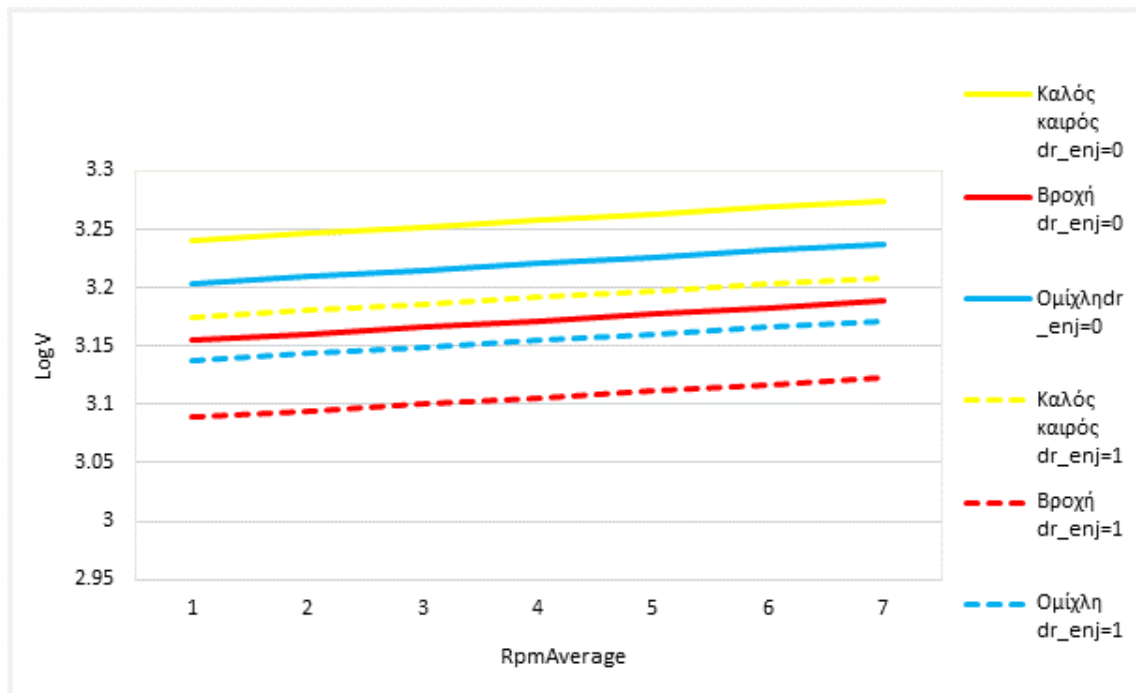
Διάγραμμα 5.7: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε γυναίκες 20-23 ετών και 24-28 ετών για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_enj=0, Sex=1, Traffic=0$)



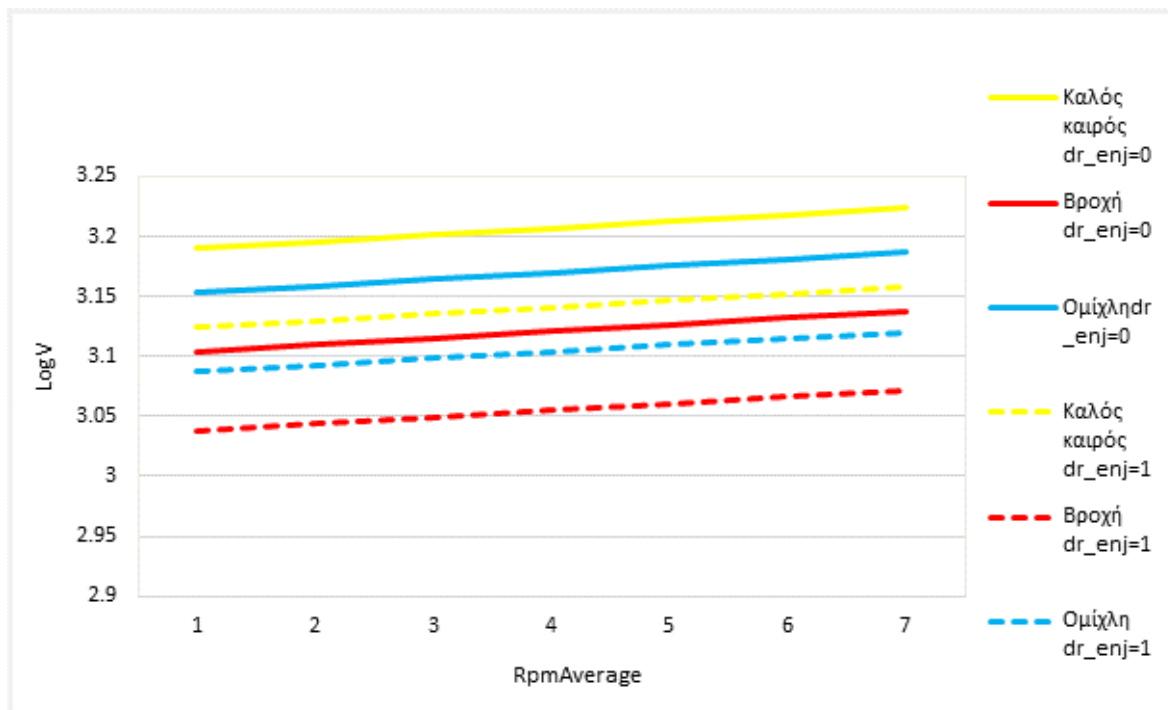
Διάγραμμα 5.8: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, για γυναίκες οδηγούς, για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_{enj}=0, Sex=1, Age=0$)



Διάγραμμα 5.9: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε χαμηλό και υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, για άντρες οδηγούς, για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_{enj}=0, Sex=0, Age=0$)



Διάγραμμα 5.10: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε άντρες οδηγούς που τους αρέσει η οδήγηση και γυναίκες οδηγούς που δεν τους αρέσει η οδήγηση για διαφορετικές καιρικές συνθήκες (Traffic=0, Sex=1, Age=0)



Διάγραμμα 5.11: Συσχέτιση λογαρίθμου μέσης ταχύτητας οδήγησης και μέσου αριθμού στροφών κινητήρα ανάμεσα σε γυναίκες οδηγούς που τους αρέσει η οδήγηση και άντρες οδηγούς που δεν τους αρέσει η οδήγηση για διαφορετικές καιρικές συνθήκες (Traffic=0, Sex=0, Age=0)

Τα διαγράμματα αυτά απεικονίζουν συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν κατά την ανάπτυξη του μοντέλου, τον τρόπο με τον οποίο, δηλαδή, επιδρούν στην μέση ταχύτητα οδήγησης, συγκεκριμένα στο λογάριθμό της, οι ανεξάρτητες μεταβλητές που συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο. Τα συμπεράσματα αυτά, επιβεβαιώνουν όσα περιγράφηκαν από τους συντελεστές β_i των ανεξάρτητων μεταβλητών:

- Οι **άντρες** οδηγοί ανέπτυξαν **αυξημένες ταχύτητες** συγκριτικά με τις γυναίκες οδηγούς, τόσο στην ηλικιακή ομάδα 20-23 όσο και στην 24-28.
- Οι οδηγοί **24-28 ετών** παρουσίασαν **μεγαλύτερες ταχύτητες** από τους οδηγούς της μικρότερης ηλικιακής ομάδας (20-23 ετών). Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνεται για άντρες και γυναίκες οδηγούς.
- Κατά την οδήγηση με **αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο**, οι οδηγοί παρουσίασαν **μειωμένες ταχύτητες** συγκριτικά με την οδήγηση σε μειωμένο κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οι **οδηγοί που δήλωσαν πως τους αρέσει η οδήγηση** ανέπτυξαν **μικρότερες ταχύτητες** από εκείνους που απάντησαν αρνητικά στην ερώτηση.
- Σε κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις οι οδηγοί παρουσίασαν σημαντική **μείωση της ταχύτητας** τους κατά την οδήγηση με **ομίχλη** και ακόμα μεγαλύτερη μείωση κατά την οδήγηση με **βροχή**.

Επίσης, παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Οι **γυναίκες** οδηγοί παρουσίασαν **μεγαλύτερες ταχύτητες** κατά την οδήγηση με **καλό καιρό** σε σύγκριση με τις **ταχύτητες των αντρών** κατά την οδήγηση με **βροχή**.
- Οι ταχύτητες των **γυναικών** κατά την οδήγηση με **ομίχλη** και των **αντρών** κατά την οδήγηση με **βροχή** παρουσίασαν πολύ κοντινές τιμές.
- Οι συμμετέχοντες **20-23 ετών** κατά την οδήγηση με **καλό καιρό** σημείωσαν **ταχύτητες με τιμές πολύ κοντινές** σε αυτές των οδηγών **24-28 ετών** κατά την οδήγηση με **ομίχλη**.
- Οι οδηγοί **20-23 ετών** παρουσίασαν **μεγαλύτερες ταχύτητες** κατά την οδήγηση με **ομίχλη** σε σύγκριση με τις ταχύτητες των οδηγών **24-28 ετών** κατά την οδήγηση με **βροχή**.
- Κατά την οδήγηση με **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και καλό καιρό**, οι ταχύτητες **σχεδόν ταυτίζονται** με εκείνες κατά την οδήγηση με **χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και ομίχλη**.
- Κατά την οδήγηση με **υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και ομίχλη** σημειώθηκαν **μεγαλύτερες ταχύτητες** από την οδήγηση με **χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και βροχή**.
- Οι οδηγοί που δήλωσαν πως **τους αρέσει η οδήγηση** παρουσίασαν κατά την οδήγηση με **καλό καιρό** ταχύτητες **μεγαλύτερες** από εκείνες των οδηγών που δήλωσαν πως **δεν τους αρέσει η οδήγηση** κατά την οδήγηση με **βροχή**.

5.3 Μαθηματικό μοντέλο πιθανότητας ατυχήματος

Ο επόμενος στόχος της Διπλωματικής Εργασίας ήταν η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στην ασφάλεια του οδηγού. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε το μαθηματικό μοντέλο **πιθανότητας ατυχήματος**. Ο όρος ατύχημα περιλαμβάνει τη σύγκρουση με άλλο όχημα (στο ίδιο ή στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας) , ζώο (απρόοπτο συμβάν) ή σταθερό αντικείμενο, καθώς και η εκτροπή από την οδό.

5.3.1 Δεδομένα εισόδου-Καθορισμός μεταβλητών

Για την ανάπτυξη του μοντέλου προσδιορισμού της πιθανότητας ατυχήματος πραγματοποιήθηκε πλήθος δοκιμών, στις οποίες συμπεριλήφθηκαν όλες οι μεταβλητές που συλλέχθηκαν, θα παρουσιαστούν όμως μόνο οι μεταβλητές του τελικού μοντέλου για λόγους οικονομίας χώρου.

Εξαρτημένη μεταβλητή:

Accident: Πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος (Ατύχημα=1, Όχι ατύχημα=0)

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

dr_exp1: Οδηγική εμπειρία συμμετέχοντα 1-3 έτη

FOG: Ομίχλη

RAIN: Βροχή

StdevHwayAverage: Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα

StdevBrakeAverage: Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου

inf_fog: Απάντηση στην ερώτηση «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες; »

Οι μεταβλητές StdevHwayAverage και StdevBrakeAverage ορίστηκαν ως συνεχείς (scale) ,ενώ οι υπόλοιπες ως διακριτές (nominal) ,χωρίς να έχουν την έννοια της φυσικής διάταξης (ordinal) .

5.3.2 Περιγραφική στατιστική

Ακολούθησε ο υπολογισμός των **περιγραφικών μέτρων** των δεδομένων (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο) . Στο πεδίο Variables εισάγονται μόνο οι συνεχείς μεταβλητές, StdevLateralPosition και StdevBrakeAverage.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
StdevBrakeAverage	237	1.507	18.273	7.23194	3.470647
StdevHwayAverage	237	9.087	406.651	169.50451	78.740606
Valid N (listwise)	237				

Πίνακας 5.9: Περιγραφικά μέτρα συνεχών μεταβλητών μοντέλου

5.3.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Στο υποκεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**, σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν νωρίτερα.

Correlations

		StdevHwayAverage	StdevBrakeAverage
StdevHwayAverage	Pearson Correlation	1	-.143 [*]
	Sig. (2-tailed)		.027
	N	237	237
StdevBrakeAverage	Pearson Correlation	-.143 [*]	1
	Sig. (2-tailed)	.027	
	N	237	237

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

Πίνακας 5.10: Συσχέτιση τελικών συνεχών μεταβλητών του μοντέλου

Correlations

			inf_fog	FOG	RAIN	dr_exp1
Spearman's rho	inf_fog	Correlation Coefficient	1.000	-.011	.000	.038
		Sig. (2-tailed)	.	.871	1.000	.558
		N	238	237	237	237
	FOG	Correlation Coefficient	-.011	1.000	-.495**	.012
		Sig. (2-tailed)	.871	.	.000	.854
		N	237	237	237	237
	RAIN	Correlation Coefficient	.000	-.495**	1.000	-.014
		Sig. (2-tailed)	1.000	.000	.	.826
		N	237	237	237	237
	dr_exp1	Correlation Coefficient	.038	.012	-.014	1.000
		Sig. (2-tailed)	.558	.854	.826	.
		N	237	237	237	237

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

Πίνακας 5.11: Συσχέτιση τελικών διακριτών μεταβλητών μοντέλου

5.3.4 Επιλογή της μεθόδου παλινδρόμησης

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης συνίσταται στην επιλογή του είδους της παλινδρόμησης. Καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή (η πραγματοποίηση ή μη ατυχήματος) είναι **διακριτή** και συγκεκριμένα, μπορεί να λάβει δύο πιθανές τιμές (Ατύχημα=1, Ατύχημα=0) , επιλέγεται η μέθοδος της **λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης**. Η ακολουθία των εντολών για την πραγματοποίηση της μεθόδου περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ως επίπεδο αναφοράς των διακριτών μεταβλητών ορίστηκε η **μικρότερη** τιμή της μεταβλητής, δηλαδή η μη πραγματοποίηση ατυχήματος. Όσον αφορά τους ελέγχους για την αξιολόγηση του μοντέλου, ισχύει ότι και για τη γραμμική παλινδρόμηση, με μόνη διαφορά ότι το t-test στην περίπτωση αυτή έχει την ονομασία **Wald**. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή θα πρέπει επίσης να είναι μεγαλύτερη του 1,7. Ακολουθούν τα τελικά αποτελέσματα στον πίνακα 5.12.

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	RAIN(1)	2.675	.463	33.368	1	.000	14.519
	dr_exp1(1)	.673	.405	2.756	1	.097	1.960
	inf_fog(1)	1.864	.723	6.654	1	.010	6.449
	FOG(1)	-1.203	.688	3.054	1	.081	.300
	StdevHWayAverage	-.005	.002	4.290	1	.038	.995
	StdevBrakeAverage	.186	.055	11.396	1	.001	1.204
	Constant	-2.583	.708	13.294	1	.000	.076

a. Variable(s) entered on step 1: RAIN, dr_exp1, inf_fog, FOG, StdevHwayAverage, StdevBrakeAverage.

Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	12.618	8	.126

Πίνακας 5.12: Τελικά αποτελέσματα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης

Λόγοι πιθανοφανειών του μοντέλου(LRT) :

Iteration	-2 Log likelihood
Step 0 1	294.373

Πίνακας 5.13: Άδειο μοντέλο

Step	-2 Log likelihood
1	209.390 ^a

Πίνακας 5.14: Τελικό μοντέλο με τις μεταβλητές

Ακολουθεί ο έλεγχος LRT (Likelihood Ratio Test) , σύμφωνα με τη σχέση που περιγράφηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο: $LRT = -2[L(b) - L(0)] = 294.373 - 209.39 = 84.98 > \chi^2 = 12.592$, με 6 βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Υπολογισμός ρ^2 : Ακολουθεί ο έλεγχος για τον καθορισμό της **ποιότητας του μοντέλου**. $\rho^2 = 1 - \frac{L(b)}{L(0)} = 1 - (209.39/294,373) = 0.289$

Παρατηρούνται τα εξής:

- Ο συντελεστής ρ^2 ισούται με 0.289.
- Οι συντελεστές Wald οι οποίοι παρουσιάζονται στον πίνακα 5.11 είναι μεγαλύτεροι από 1,7 άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.
- Πληρείται ο έλεγχος LRT (Likelihood Ratio Test) .
- Οι μεταβλητές FOG,RAIN, ομίχλη και βροχή αντίστοιχα, συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο, το οποίο ήταν και το ζητούμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.
- Η οδηγική εμπειρία προέκυψε στατιστικά σημαντική μόνο για συμμετέχοντες με 1-3 έτη εμπειρίας.

5.3.5 Περιγραφή των αποτελεσμάτων

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **μαθηματική σχέση** που αναπτύχθηκε. Η σχέση αυτή αποτελεί τη **συνάρτηση χρησιμότητας (Utility Function)**. Με χρήση της συνάρτησης αυτής υπολογίζεται η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα ως εξής :

$$P = \frac{e^U}{e^U + 1}$$

$$U = -2,583 + 0,673 * dr_exp1 + 0,186 * StdevBrakeAverage - 1,203 * FOG + 2,675 * RAIN - 0,005 * StdevHwayAverage + 1,864 * inf_fog$$

Όπου:

dr_exp1: Οδηγική εμπειρία του συμμετέχοντα 1-3 έτη (Ναι=1, Όχι=0)

StdevBrakeAverage: Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου

FOG: Ομίχλη (Ναι=1, Όχι=0)

RAIN: Βροχή (Ναι=1, Όχι=0)

StdevHwayAverage: Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα

inf_fog: Απάντηση στην ερώτηση «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες; » (Ναι=1, Όχι=0)

Οδηγική εμπειρία συμμετέχοντα

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής **dr_exp₁** είναι θετικό, συνεπώς η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα αυξάνεται στην περίπτωση που ο συμμετέχων διαθέτει οδηγική εμπειρία 1-3 έτη, δηλαδή μικρή οδηγική εμπειρία. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο, καθώς οι λιγότερο έμπειροι οδηγοί συνήθως δεν δείχνουν την απαραίτητη ψυχραιμία και πιθανώς να μην είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν απρόοπτα συμβάντα με την ίδια ευκολία με κάποιον έμπειρο οδηγό.

Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης φρένου

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής **StdevBrakeAverage** είναι θετικό, γεγονός που δηλώνει πως η αύξησή της συνεπάγεται την αύξηση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό, καθώς μη σταθερά ποσοστά χρήσης του φρένου προκύπτουν από συνεχείς εναλλαγές στην ταχύτητα οδήγησης και γενικότερα ασταθή οδηγική συμπεριφορά.

Ομίχλη

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής **FOG** είναι αρνητικό, συνεπώς η ύπαρξη της ομίχλης φαίνεται να μειώνει την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται πιθανώς στην επιφυλακτική οδήγηση λόγω μειωμένης ορατότητας.

Βροχή

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής **RAIN** είναι θετικό, άρα η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα αυξάνεται κατά την οδήγηση με βροχή. Το συμπέρασμα αυτό είναι εύλογο, καθώς το υγρό οδόστρωμα, όπως δείχνει και η διεθνής βιβλιογραφία, είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες οδικών ατυχημάτων που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα.

Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα

Το πρόσημο του συντελεστή της μεταβλητής **StdevHwayAverage** είναι αρνητικό, γεγονός που δηλώνει ότι καθώς ο οδηγός ρυθμίζει καταλλήλως την απόσταση από το προπορευόμενο όχημα μειώνεται η πιθανότητα σύγκρουσης με αυτό και κατ' επέκταση η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, όπως θα ήταν αναμενόμενο.

Ενημέρωση για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες κατά την οδήγηση με ομίχλη

Ο συντελεστής της μεταβλητής *inf_fog* έχει θετικό πρόσημο, συνεπώς οι συμμετέχοντες που απάντησαν θετικά πραγματοποίησαν μεγαλύτερο αριθμό ατυχημάτων. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι η ενημέρωση για τις καιρικές και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη αποτελεί χαρακτηριστικό οδηγού με χαμηλή εξοικείωση στην οδήγηση υπό δυσμενή καιρικά φαινόμενα και γενικότερα ανασφάλεια για την οδηγική του ικανότητα.

5.3.6 Σχετική επιρροή των μεταβλητών

Όπως προαναφέρθηκε, για τον προσδιορισμό της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη χρησιμοποιείται η θεωρία της ελαστικότητας. Στην περίπτωση αυτή, θα χρησιμοποιηθούν οι σχέσεις που αφορούν στη **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**.

Με την ελαστικότητα υπολογίζεται η επιρροή που έχουν μικρές αλλαγές των ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στην πιθανότητα επιλογής κάποιας εναλλακτικής. Η ελαστικότητα είναι αδιάστατο μέγεθος και η τιμή της ερμηνεύεται ως το ποσοστό επί τις εκατό της μεταβολής της πιθανότητας $P(i)$ που προκαλείται από μία μεταβολή του x_{ik} κατά 1%. Σημειώνεται ότι πρόκειται για σημειακές ελαστικότητες (point elasticities), που αφορούν σε μικρές μεταβολές των μεταβλητών και υπολογίζονται από τη μερική παράγωγο για κάθε παρατήρηση από τη σχέση (Washington et al. 2003):

$$E_{X_{ink}}^{P(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial X_{ink}} * \frac{X_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln X_{ink}} = \left[1 - \sum_{i=1}^I P_n(i) \right] * X_{ink} * \beta_k$$

Όπου, $P(i)$ είναι η πιθανότητα της εναλλακτικής (i) και x_{ink} η τιμή της μεταβλητής (k) για την εναλλακτική (i) του ατόμου (η) και I το πλήθος των εναλλακτικών που περιέχουν τη μεταβλητή x_{ink} . Η παραπάνω σχέση αφορά σε **συνεχείς** μεταβλητές.

Για τον υπολογισμό της επιρροής των **διακριτών** μεταβλητών, εισάγεται η έννοια της **ψευδοελαστικότητας** (pseudoelasticity) (Shankar & Mannering, 1996; Chang & Mannering, 1999), η οποία περιγράφει τη μεταβολή στην τιμή της πιθανότητας επιλογής κατά τη μετάβαση από τη μία διακριτή τιμή της μεταβλητής στην άλλη. Για διττές διακριτές μεταβλητές, η ψευδοελαστικότητα υπολογίζεται από τη σχέση (Ulfarsson & Mannering, 2004):

$$E_{X_{ink}}^{P(i)} = e^{\beta_{ik}} * \frac{\sum_{i=1}^I e^{\beta' i X_n}}{\sum_{i=1}^I e^{\Delta(\beta' i X_n)}} - 1$$

Όπου I είναι το πλήθος των πιθανών επιλογών, $\Delta(\beta' x_n)$ είναι η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1, ενώ

β'χη είναι η αντίστοιχη τιμή όταν η xnk έχει την τιμή 0, και bik είναι η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής xnk. Εφόσον η παραπάνω σχέση αφορά σε κάθε άτομο (η), 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):

$$E_{Xik}^{P(i)} = \frac{\sum_{n=1}^N P_n(i) * E_{Xink}^{Pn(i)}}{\sum_{n=1}^N P_n(i)}$$

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, για συνεχείς και διακριτές μεταβλητές. Όπως και προηγουμένως, στη στήλη ei^* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Πιθανότητα ατυχήματος				
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	β_i	Wald	ei	ei*
Οδηγική εμπειρία ¹ (1-3 έτη)	0.673	2.756	0.964	-1.409
Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου	0.186	11.396	1.02	-1.491
Ομίχλη	-1.203	3.054	-0.699	1.022
Βροχή	2.675	33.368	13.045	-19.066
Τυπική απόκλιση απόστασης από το προπορευόμενο όχημα	-0.005	4.29	-0.684	1
Απάντηση στην ερώτηση «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες;»	1.864	6.654	5.411	-7.908

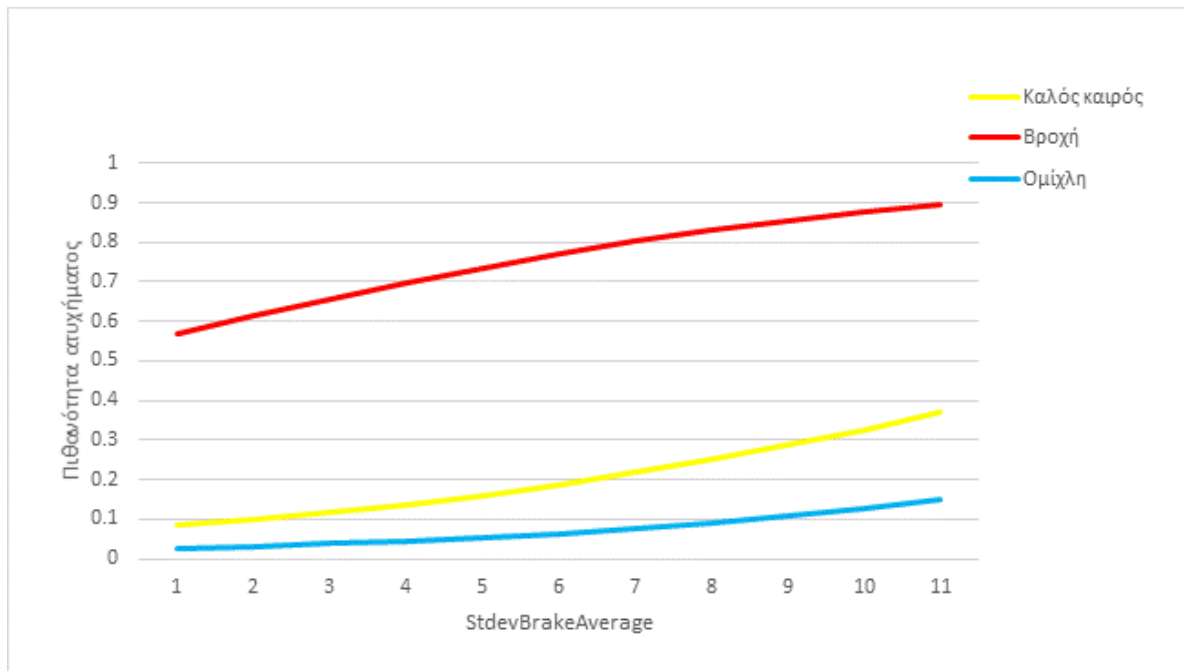
Πίνακας 5.15: Σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

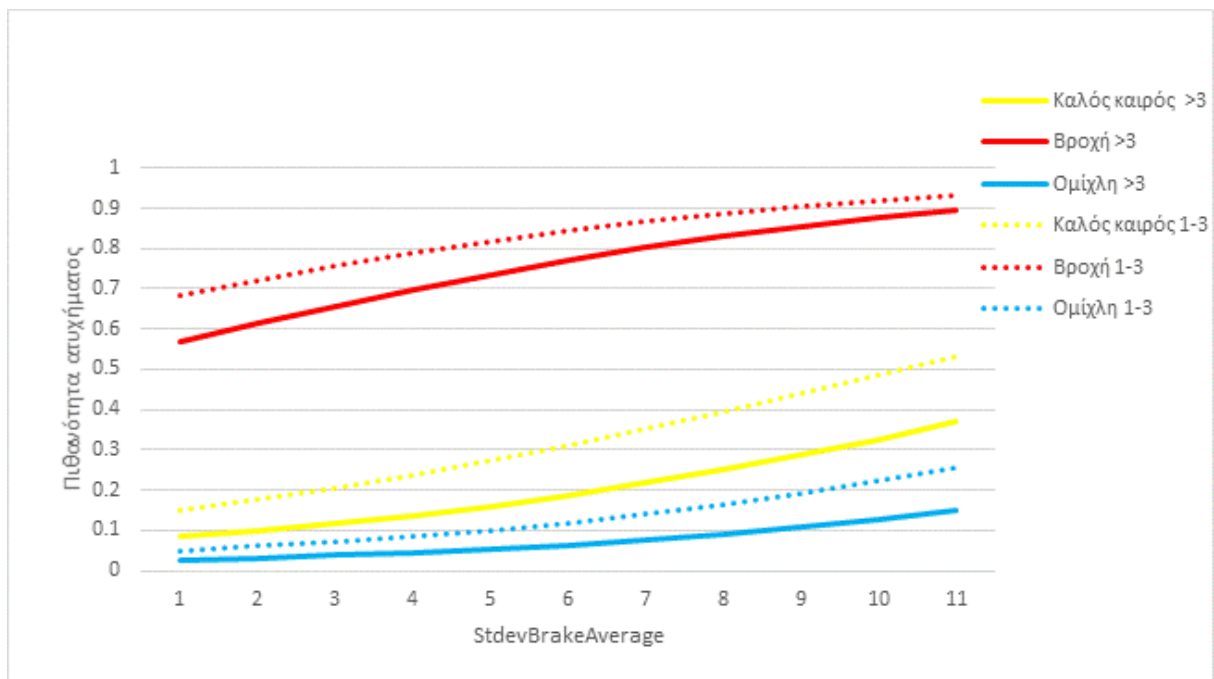
- Τη **μεγαλύτερη** επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή παρουσιάζει η μεταβλητή **«βροχή»**, $e_i=13.05$, 19 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της μεταβλητής «τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα». Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η δυσκολία κατά την πέδηση λόγω του υγρού οδοστρώματος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες οδικών ατυχημάτων που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα, όπως δείχνει και η διεθνής βιβλιογραφία. Συνεπώς, είναι αναμενόμενο η βροχή να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή ανάμεσα στους υπόλοιπους παράγοντες που εξετάζονται.
- Σημαντική φαίνεται να είναι η επιρροή της απάντησης στην ερώτηση: **«Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες;»**, συγκεκριμένα προέκυψε ίση με 5.41, δηλαδή 8 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της μεταβλητής «τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα». Καθώς ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για τα οδικά ατυχήματα, οι συνήθειες και η συμπεριφορά του οδηγού είναι λογικό να παρουσιάζουν σημαντική επιρροή.
- Οι μεταβλητές **«Οδηγική εμπειρία1»** (δηλαδή οδηγική εμπειρία 1-3 έτη) και **«τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου»** παρουσίασαν επιρροή ίση με $e_i=0.96$ και $e_i=1.02$ αντίστοιχα, δηλαδή επιρροή μεγαλύτερη από εκείνη της μεταβλητής «τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα» 1.41 και 1.49 φορές. Οι παράγοντες αυτοί επίσης αφορούν στα χαρακτηριστικά και τη συμπεριφορά του οδηγού, συνεπώς επιβεβαιώνεται το συμπέρασμα πως η συμπεριφορά του χρήστη της οδού επιδρά σημαντικά στην οδική ασφάλεια.
- Ακολουθεί η μεταβλητή **«ομίχλη»** με $e_i=-0.6992$. Μικρή αλλά σαφής η επιρροή της ομίχλης, καθώς ενδεχομένως η δυσκολία λόγω μειωμένης ορατότητας αντισταθμίζεται με την επιφυλακτική συμπεριφορά που παρουσίασαν οι οδηγοί.
- Τη **μικρότερη** σχετική επιρροή παρουσιάζει η μεταβλητή **«τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα»**, με $e_i=-0.6842$. Φαίνεται, λοιπόν, ότι κατά την οδήγηση σε υπεραστική οδό, όπου οι ταχύτητες είναι αυξημένες και ο κυκλοφοριακός φόρτος χαμηλότερος σε σύγκριση με τον φόρτο αστικής οδού, η συχνή προσαρμογή της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα επηρεάζει λιγότερο από τους υπόλοιπους ανθρωπογενείς παράγοντες.

5.3.7 Ανάλυση ευαισθησίας

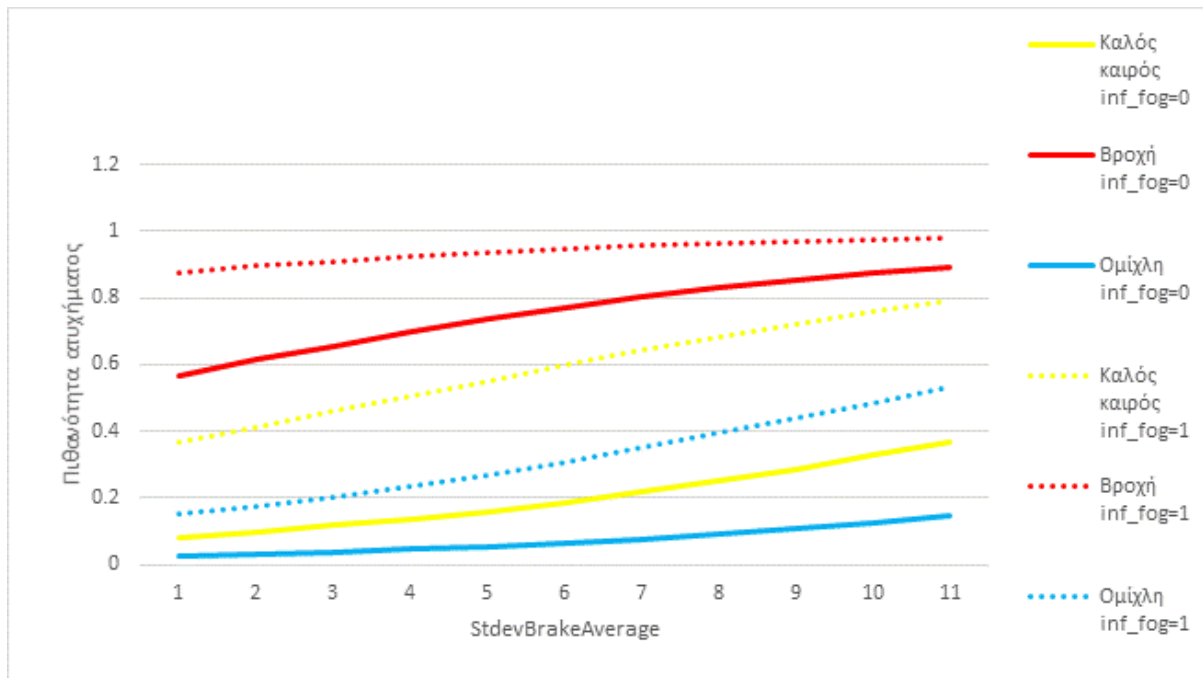
Ακολουθούν τα διαγράμματα ευαισθησίας που αναπτύχθηκαν με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη. Όταν τοποθετείται μία συνεχής μεταβλητή στον άξονα των η άλλη θεωρείται ίση με το μηδέν. Να σημειωθεί πως όταν οι μεταβλητές FOG, RAIN είναι και οι δύο ίσες με το μηδέν λαμβάνεται η πιθανότητα κατά την οδήγηση με καλό καιρό.



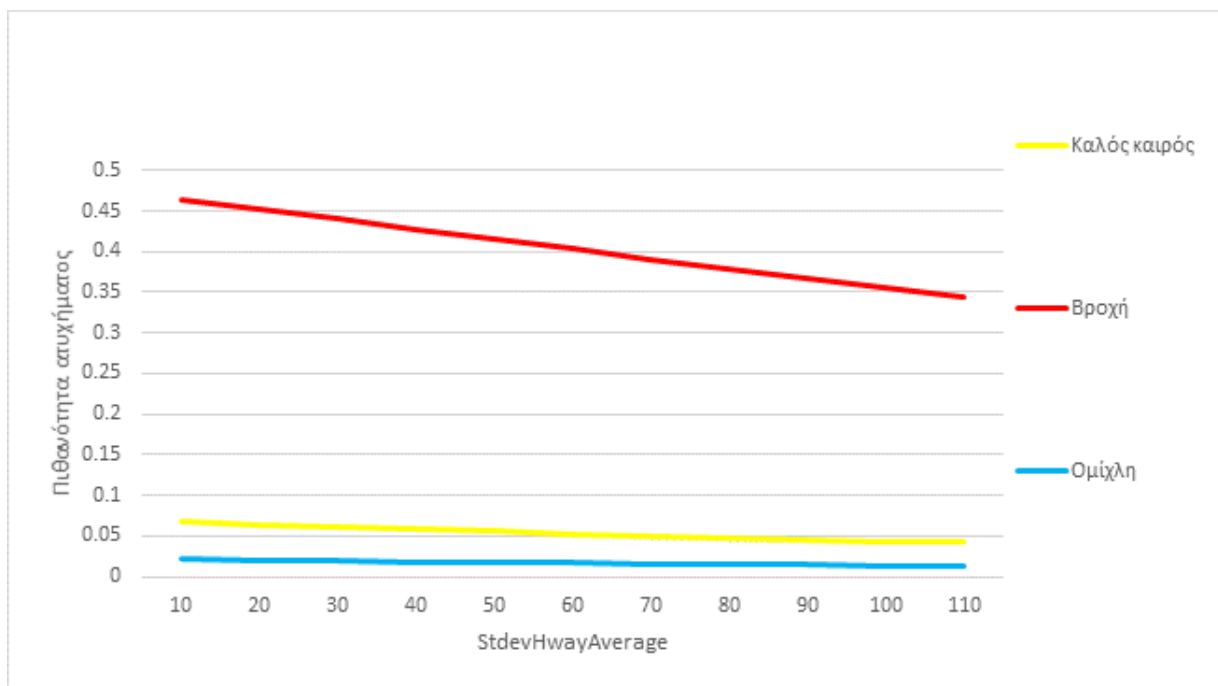
Διάγραμμα 5.12: Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης του ποσοστού χρήσης του φρένου για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($inf_fog=0$, $dr_exr1=0$)



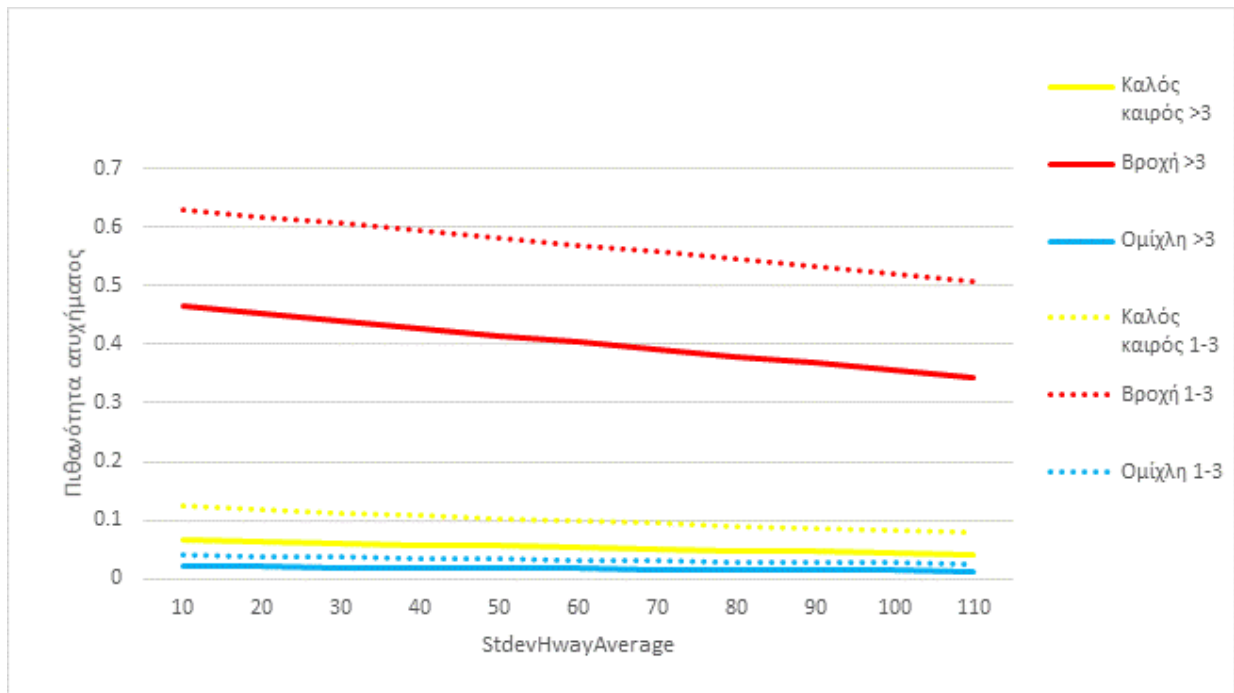
Διάγραμμα 5.13: Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης ποσοστού χρήσης του φρένου ανάμεσα σε οδηγούς με διαφορετική οδηγική εμπειρία ($inf_fog=0$)



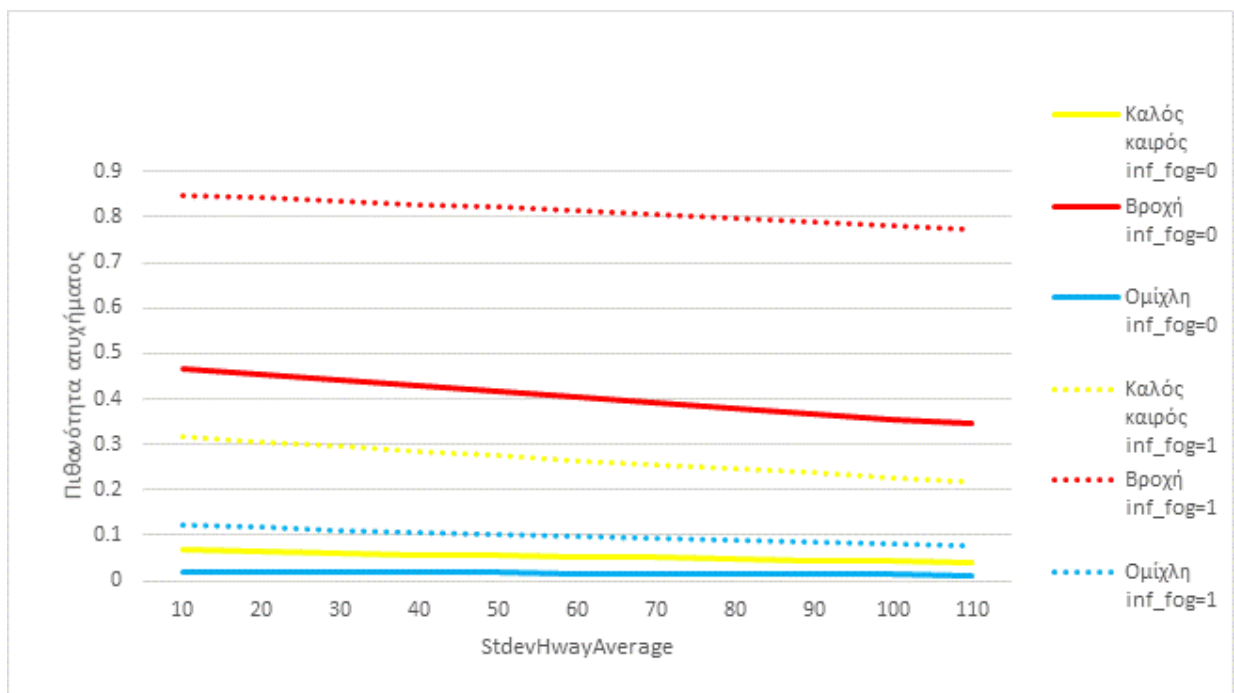
Διάγραμμα 5.14: Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης ποσοστού χρήσης του φρένου ανάμεσα σε οδηγούς που δήλωσαν πως ενημερώνονται για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη και σε εκείνους που απάντησαν αρνητικά για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_exp1=0$)



Διάγραμμα 5.15: Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($inf_fog=0, dr_exp1=0$)



Διάγραμμα 5.16: Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ανάμεσα σε οδηγούς με διαφορετική οδηγική εμπειρία για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($inf_fog=0$)



Διάγραμμα 5.17: Συσχέτιση πιθανότητας ατυχήματος και τυπικής απόκλισης της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα ανάμεσα σε οδηγούς που δήλωσαν πως ενημερώνονται για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη και σε εκείνους που απάντησαν αρνητικά για διαφορετικές καιρικές συνθήκες ($dr_exp1=0$)

Από τα διαγράμματα αυτά προκύπτουν αποτελέσματα τα οποία επιβεβαιώνουν τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η μέθοδος της παλινδρόμησης και συμφωνούν με τους συντελεστές β στους οποίους κατέληξε. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως:

- Συγκρίνοντας την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα κατά την οδήγηση με καλό καιρό με την οδήγηση υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες, προκύπτει πως αυτή **αυξάνεται** κατά την οδήγηση με **βροχή** και **μειώνεται** κατά την οδήγηση με **ομίχλη**.
- Οι συμμετέχοντες με **οδηγική εμπειρία 1-3 έτη** παρουσίασαν **αυξημένη πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** σε σύγκριση με τους πιο έμπειρους οδηγούς.
- Οι οδηγοί οι οποίοι δήλωσαν πως **ενημερώνονται για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες** κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη σημείωσαν **αυξημένη πιθανότητα να συμβεί ατύχημα**.
- Όσο **αυξάνεται η τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης φρένου** **αυξάνεται η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα**, σε αντίθεση με την **τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα**, η αύξηση της οποίας φαίνεται να προκαλεί **μείωσή** της.

Επίσης, παρατηρήθηκε το εξής:

- Οι οδηγοί που δήλωσαν ότι **ενημερώνονται για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες** κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη, παρουσίασαν **κατά την οδήγηση με ομίχλη αυξημένη πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** σε σύγκριση με εκείνους που απάντησαν αρνητικά κατά την οδήγηση με καλό καιρό.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η **ανάλυση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού σε υπεραστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης**.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία με χρήση του προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF) του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στο πείραμα συμμετείχαν 40 νέοι οδηγοί, ηλικίας 20-28 ετών, οι οποίοι στη συνέχεια συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια αναφορικά με τα χαρακτηριστικά τους και την οδηγική τους συμπεριφορά.

Για τη **στατιστική επεξεργασία** των στοιχείων που συλλέχθηκαν, επιλέχθηκε για την ανάπτυξη του μαθηματικού μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης, κατόπιν διαφόρων δοκιμών, η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** και όσον αφορά στο μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**. Τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν κατά τη διαδικασία της στατιστικής ανάλυσης αποτυπώνουν τη συσχέτιση των εξεταζόμενων εξαρτημένων μεταβλητών και των ανεξάρτητων μεταβλητών που συλλέχθηκαν μέσω του προσομοιωτή και των ερωτηματολογίων.

Για τον προσδιορισμό της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στις αντίστοιχες εξαρτημένες χρησιμοποιήθηκε η θεωρία της ελαστικότητας και όσον αφορά στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το μέγεθος της ψευδοελαστικότητας. Η ποσοτικοποίηση αυτή της επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μέσω του μεγέθους της **σχετικής επιρροής** προσέφερε τη δυνατότητα σύγκρισης των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του κάθε μοντέλου.

Στους πίνακες που ακολουθούν (Πίνακες 6.1,6.2) περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i , t και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* για κάθε μοντέλο.

	Μοντέλο μέσης ταχύτητας οδήγησης			
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	t	ei	ei*
Συνεχείς μεταβλητές				
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0.00028	12.952	0.17	-53.231
Διακριτές μεταβλητές				
Βροχή	-0.086	-5.089	-0.0076	2.382
Ομίχλη	-0.037	-2.201	-0.0032	1
Ηλικία	0.04	2.906	0.0059	-1.852
Φύλο	-0.051	-3.559	-0.0058	1.824
Κυκλοφοριακός φόρτος	-0.037	-2.684	-0.0049	1.544
Αν στο συμμετέχοντα αρέσει η οδήγηση	-0.066	-2.934	-0.0158	4.93

Πίνακας 6.1: Σχετική επιρροή των μεταβλητών του μοντέλου μέσης ταχύτητας οδήγησης

	Μοντέλο πιθανότητας ατυχήματος			
			Σχετική επιρροή	
Ανεξάρτητες μεταβλητές	β_i	Wald	ei	ei*
Συνεχείς μεταβλητές				
Τυπική απόκλιση του ποσοστού χρήσης του φρένου	0.186	11.396	1.02	-1.491
Τυπική απόκλιση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα	-0.005	4.29	-0.6842	1
Διακριτές μεταβλητές				
Βροχή	2.675	33.368	13.045	-19.066
Ομίχλη	-1.203	3.054	-0.699	1.022
Οδηγική εμπειρία συμμετέχοντα 1-3 έτη	0.673	2.756	0.964	-1.409
Απάντηση στην ερώτηση «Κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη ενημερώνεστε για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες; »	1.864	6.654	5.411	-7.908

Πίνακας 6.2: Σχετική επιρροή των μεταβλητών του μοντέλου πιθανότητας ατυχήματος

6.2 Συνολικά συμπεράσματα

Μέσα από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία επιχειρούν να απαντήσουν στα ερωτήματα και τον αρχικό της στόχο, δηλαδή την επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού. Στο υποκεφάλαιο αυτό, συνθέτονται τα αποτελέσματα αυτά και συνοψίζονται σε κάποια **γενικότερα συμπεράσματα**:

- ❖ Η **βροχή** φαίνεται να **αυξάνει σημαντικά την πιθανότητα ατυχήματος**, παρά την παρατηρούμενη μείωση της ταχύτητας από τους οδηγούς. Συγκεκριμένα, από τη διαδικασία προσδιορισμού της επιρροής κάθε παραμέτρου στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα προέκυψε η επιρροή της βροχής σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη των υπόλοιπων παραμέτρων. Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με τη διεθνή βιβλιογραφία η οποία υποδεικνύει το υγρό οδόστρωμα ως έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες οδικών ατυχημάτων που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα.
- ❖ Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τη **μέση ταχύτητα οδήγησης**, συγκεκριμένα παρατηρήθηκε σημαντική **μείωση** κατά την οδήγηση με **βροχή**, αλλά και κάποια μείωση κατά την οδήγηση με **ομίχλη**. Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως οφείλεται στην έλλειψη ορατότητας κατά την οδήγηση με δυσμενείς καιρικές συνθήκες αλλά και στο υγρό οδόστρωμα κατά την οδήγηση με βροχή, το οποίο προκαλεί δυσκολία κατά την πέδηση. Οι δυσκολίες αυτές πιθανώς να καθιστούν τους οδηγούς περισσότερο επιφυλακτικούς κατά την οδήγηση με βροχή και λιγότερο κατά την οδήγηση με ομίχλη.
- ❖ Η **βροχή** παρουσιάζει σημαντικά **μεγαλύτερη επιρροή** από την **ομίχλη** τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό εξηγείται ενδεχομένως από την επιπρόσθετη δυσκολία κατά την οδήγηση με βροχή λόγω του υγρού οδοστρώματος και της περιορισμένης ορατότητας από το βρεγμένο παρμπρίζ.
- ❖ Από τη διαδικασία της **ανάπτυξης των μαθηματικών μοντέλων** προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας οδήγησης και πιθανότητας ατυχήματος προέκυψαν τα εξής:
 - IV. Το **φύλο** φάνηκε να επηρεάζει τη **μέση ταχύτητα οδήγησης** αλλά όχι την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Συγκεκριμένα, οι γυναίκες οδηγοί παρουσίασαν μικρότερες ταχύτητες. Το παραπάνω συμπέρασμα συμφωνεί με τα αντίστοιχα σε αναλύσεις διεθνούς βιβλιογραφίας όπου εμφανίζουν τον γυναικείο πληθυσμό

περισσότερο επιφυλακτικό κατά την οδήγηση με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν μειωμένες ταχύτητες συγκριτικά με τους άνδρες οδηγούς.

- V. Η **ηλικία** προέκυψε πως επηρεάζει τη **μέση ταχύτητα οδήγησης** αλλά όχι την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Συγκεκριμένα, οι οδηγοί μεγαλύτερης ηλικίας (24-28 ετών) παρουσίασαν μεγαλύτερες ταχύτητες συγκριτικά με τους νεότερους οδηγούς (20-24 ετών). Το αποτέλεσμα αυτό πιθανώς να εξηγείται από την ενδεχόμενη μεγαλύτερη εμπειρία και άνεση των μεγαλύτερων οδηγών κατά τη διάρκεια της οδήγησης, η οποία οδηγεί σε αυξημένη ταχύτητα.
- VI. Η οδηγική εμπειρία φάνηκε να επηρεάζει την **πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** αλλά όχι τη μέση ταχύτητα οδήγησης και ειδικότερα, μόνο η **μικρή οδηγική εμπειρία** (1-3 έτη) φαίνεται να επηρεάζει. Το συμπέρασμα αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι λιγότερο έμπειροι οδηγοί ενδεχομένως να μη δείχνουν την απαραίτητη ψυχραιμία, συνεπώς είναι πιθανό να μην είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν απρόοπτα συμβάντα με την ίδια ευκολία με κάποιον έμπειρο οδηγό.
- ❖ Μέσω της σχετικής επιρροής προσδιορίστηκε ο βαθμός επιρροής της κάθε παραμέτρου στη **μέση ταχύτητα οδήγησης**. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:
- III. Μεγαλύτερη επιρροή στην μέση ταχύτητα οδήγησης παρουσίασε ο **μέσος αριθμός στροφών κινητήρα**. Συγκεκριμένα, με την αύξηση του αριθμού των στροφών του κινητήρα αυξάνεται και η ταχύτητα. Το αποτέλεσμα αυτό είναι εύλογο, καθώς πράγματι, η οδήγηση με αυξημένες στροφές συνεπάγεται την αύξηση της ταχύτητας του οχήματος. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι η συμπεριφορά του χρήστη της οδού έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην ταχύτητά του, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία.
- IV. Μετά τον ανθρωπογενή παράγοντα, ο εξωγενής παράγοντας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση ταχύτητα οδήγησης είναι η **βροχή**.
- ❖ Από τη διαδικασία υπολογισμού της σχετικής επιρροής κάθε παραμέτρου στην **πιθανότητα να συμβεί ατύχημα** προέκυψαν τα εξής:
- III. Μεγαλύτερη επιρροή στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα παρουσίασε η **βροχή**. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η δυσκολία

κατά την πέδηση λόγω του υγρού οδοστρώματος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες οδικών ατυχημάτων που οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα, όπως δείχνει και η διεθνής βιβλιογραφία. Συνεπώς, σε συνδυασμό με τη μειωμένη ορατότητα, είναι λογικό η βροχή να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιρροή ανάμεσα στους υπόλοιπους παράγοντες που εξετάζονται.

- IV. Οι οδηγοί που απάντησαν ότι ενημερώνονται για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή παρουσίασαν μεγαλύτερη πιθανότητα να τους συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι η συνήθεια αυτή ενδεχομένως να αποτελεί χαρακτηριστικό οδηγού με χαμηλή εξοικείωση στην οδήγηση υπό δυσμενή καιρικά φαινόμενα και γενικότερα ανασφάλεια για την οδηγική του ικανότητα.
- ❖ Η **ομίχλη**, όπως προέκυψε από τη διαδικασία υπολογισμού της σχετικής επιρροής των μεταβλητών φαίνεται να έχει μία μικρή αλλά σαφή επιρροή τόσο στη μέση ταχύτητα οδήγησης όσο και στην πιθανότητα ατυχήματος.
 - ❖ Κατά τη στατιστική επεξεργασία αποδείχτηκε πως η κατάλληλη μέθοδος για την ανάπτυξη του μοντέλου της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα είναι η **λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης**. Όσον αφορά στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης επιλέχθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση. Κατά συνέπεια, οι μέθοδοι αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες αντίστοιχες περιπτώσεις, βέβαια πάντα με τις απαραίτητες προσαρμογές.

6.3 Προτάσεις για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας

Στο υποκεφάλαιο αυτό επιχειρείται η παράθεση προτάσεων, με βάση τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν από την παρούσα Διπλωματική Εργασία, οι οποίες ενδεχομένως να βελτιώσουν την οδική ασφάλεια.

- ❖ **Εκπαίδευση όλων των οδηγών** και ειδικότερα των νέων, για τη σωστή οδηγική συμπεριφορά κατά την οδήγηση με δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, οι οδηγοί θα πρέπει να εκπαιδεύονται για διαφορετικά οδηγικά σενάρια, με διαφορετικές καιρικές συνθήκες (βροχή, ομίχλη, καλές καιρικές συνθήκες). Η εκπαίδευση αυτή μπορεί να πραγματοποιείται είτε σε πραγματικό περιβάλλον είτε με χρήση προσομοιωτή οδήγησης. Με τον τρόπο αυτό, θα καλλιεργείται σωστή και ασφαλής οδηγική συμπεριφορά ανάλογη με τις εκάστοτε συνθήκες. Ταυτόχρονα, είναι απαραίτητο να

επισημαίνονται οι απαραίτητες ενέργειες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με δυσμενείς καιρικές συνθήκες (έλεγχος της λειτουργίας των υαλοκαθαριστών και φωτών πορείας, κατάλληλος σχεδιασμός της επικείμενης διαδρομής, ενημέρωση για τα πρόσφατα δεδομένα για τον καιρό και τις οδικές συνθήκες).

- ❖ **Τακτική ενημέρωση μέσω φωτεινών πινακίδων** για τις οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες, ιδιαίτερα για απρόβλεπτα καιρικά φαινόμενα (π.χ. καταιγίδα) και προσδιορισμός τυχόν επικίνδυνων θέσεων και οδικών τμημάτων. Ταυτόχρονα, θα ήταν χρήσιμο οι ανακοινώσεις αυτές να συνοδεύονται με οδηγίες για την οδηγική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια των δυσμενών καιρικών φαινομένων, όπως η μείωση της ταχύτητας ή η τήρηση αυξημένης απόστασης από το προπορευόμενο όχημα. Η ενημέρωση αυτή μπορεί να συνδυαστεί με αντίστοιχα ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά δελτία.
- ❖ **Μεταβλητά όρια ταχύτητας** ανάλογα με τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες, ώστε να περιοριστούν ως ένα βαθμό τα αποτελέσματα της δυσκολίας κατά την πέδηση λόγω υγρού οδοστρώματος και της τυχόν κακής εκτίμησης της απόστασης λόγω περιορισμένης ορατότητας που οφείλονται σε δυσμενή καιρικά φαινόμενα.
- ❖ **Κατάλληλη κατασκευή και συντήρηση της οδικής υποδομής**, συγκεκριμένα χάραξη της οδού με κατάλληλο δίκτυο αποστράγγισης, κλίσεις και επικλίσεις, σε συνδυασμό με βελτίωση της αντιστοίχης ικανότητας του ασφαλτοτάπητα. Ταυτόχρονα, η εισαγωγή ειδικής προειδοποιητικής πινακίδας στα σημεία όπου έχει παρατηρηθεί συχνή εμφάνιση ομίχλης είναι απαραίτητη για την ενημέρωση των οδηγών για τον κίνδυνο ομίχλης και το μήκος της οδού που εμφανίζεται.

6.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

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

- ❖ Η διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας και η εξέταση των ίδιων παραμέτρων σε **μεγαλύτερο δείγμα** ατόμων και σε **περισσότερες ηλικιακές ομάδες**.
- ❖ Η πραγματοποίηση αντίστοιχου πειράματος σε **πραγματικές συνθήκες** κυκλοφορίας.

- ❖ Χρήσιμη θα ήταν επιπλέον η εφαρμογή **άλλων μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, διαφορετικής οικογένειας από την επιλεγείσα, με σκοπό την εξαγωγή επιπλέον μοντέλων.
- ❖ Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η προσθήκη **επιπλέον παραμέτρων**, όπως το χιόνι ή η οδήγηση κατά τη διάρκεια της νύχτας και η σύγκριση της επιρροής τους με τις παραμέτρους που ήδη εξετάσθηκαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία. Στη συνέχεια, θα μπορούσε να γίνει μία **κατάταξη** σε σειρά επικινδυνότητας των παραμέτρων αυτών.
- ❖ Επιπλέον ενδιαφέρουσα θα ήταν και μία αντίστοιχη έρευνα σε **διαφορετικά οδικά περιβάλλοντα** (αυτοκινητόδρομος, αστική οδός) και η σύγκριση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν στην παρούσα Διπλωματική Εργασία για την υπεραστική οδό.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Χριστοφόρου Χ. (Ιούλιος 2012) **«Προσομοίωση των επιπτώσεων των γραπτών μηνυμάτων στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια νέων οδηγών σε αστική και επαρχιακή οδό»**, ΕΜΠ
2. Βουτσινά Δ. (Μάρτιος 2017) **«Συγκριτική ανάλυση συμπεριφοράς νέων οδηγών σε συνθήκες κανονικές και προσομοίωσης σε αστική οδό»**, ΕΜΠ
3. Γκούσκου Α. (Ιούλιος 2015) **«Η επιρροή των διαφημιστικών πινακίδων στη συμπεριφορά και την ασφάλεια των οδηγών στις πόλεις»**, ΕΜΠ
4. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι.Κ. (Αθήνα, 1994) **«Οδική ασφάλεια»**
5. Τσαγρής Μ. (Μάρτιος, 2014) **«Στατιστική με τη χρήση του πακέτου IBM SPSS 22»**
6. Μπαϊράμης Χ., Σκλιάς Β. (Οκτώβριος, 2010) **«Διερεύνηση της επιρροής της συνομιλίας, της κατανάλωσης φαγητού και του καπνίσματος στη συμπεριφορά του οδηγού και στην πιθανότητα ατυχήματος»**, ΕΜΠ
7. Παπαθανασίου Ε., Πόνσταντζη Ε. (Μάρτιος, 2011) **«Η επιρροή της χρήσης του κινητού τηλεφώνου και της μουσικής στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού με χρήση προσομοιωτή οδήγησης»**, ΕΜΠ
8. Κουγιουμτζής Δ. (2009) **«Σημειώσεις για το μάθημα στατιστική για πολιτικούς μηχανικούς»**, ΑΠΘ
9. Ρούμπας Λ. (Μάρτιος, 2010) **«Διερεύνηση της επιρροής της χρήσης κινητού τηλεφώνου στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης»**, ΕΜΠ
10. Λοΐζος Α., Πλατή Χ. (Οκτώβριος, 2014) **«Σημειώσεις για το μάθημα ειδικά θέματα οδοστρωμάτων»**, ΕΜΠ
11. Spink A.et.al (Utrecht, 2012) **“Measuring behavior 2012”**, 8th Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research
12. Cools M.et.al (October, 2009) **“Assessing the Impact of Weather on Traffic Intensity”**, Hasselt University
13. Pisano P.A., et.al (2008) **“U.S. HIGHWAY CRASHES IN ADVERSE ROAD WEATHER CONDITIONS”**
14. Bella F. et.al (2014) **“Analysis of driver speeds under night driving conditions using a driving simulator”**, Journal of Safety Research, Volume 49, Pages 45.
15. Chakrabarty N. et.al (December, 2013) **“Analysis of driver behavior and crash characteristics during adverse weather conditions”**, 2ndConference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG)

16. Hermans E., et.al (2006) **“The impact of weather conditions on Road Safety Investigated on an Hourly Basis”**
17. Van der Horst R., De Ridder S. (2007) **“Influence of roadside Infrastructure on Driving Behaviour: Driving Simulator Study”**
18. Perrels A. et.al. (Helsinki, 2015) **“Weather conditions, weather information and car crashes”**, Finnish Meteorological Institute
19. Mueller A.S., Trick L.M. (2012) **“Driving in fog: The effects of driving experience and visibility on speed compensation and hazard avoidance”**
20. Saffarian M. et.al. (July, 2012) **“Why do drivers maintain short headways in fog? A driving-simulator study evaluating feeling of risk and lateral control during automated and manual car following”**
21. De Winter J.F.C. et.al. (2012) **“Advantages and Disadvantages of Driving Simulators: A Discussion”**, Delft University of Technology
22. Yannis G. et.al. (2014) **“First exploration of the effect of road and traffic environment on distracted driving through a driving simulator study”**, Transport Research Arena 2014, Paris
23. Hirsch P., Bellavance F. (April, 2016) **“Pilot Project to Validate the Transfer of Training of Driving skills Learned on a High Fidelity Driving Simulator to On-Road Driving”**
24. Ntua Road Safety Observatory, www.nrso.ntua.gr
25. U.S Department of Transportation, ops.fhwa.dot.gov
26. European Road Safety Observatory, ec.europa.eu/transport/road_safety