



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής



Διπλωματική Εργασία

Διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών
στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών
σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης

Μαρία Χαιρέτη

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Γιαννή, Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την επιλογή του θέματος, την πολύτιμη καθοδήγησή του και την πολύ δημιουργική συνεργασία κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας.

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

Εξίσου θερμά ευχαριστώ τον κ. Δημοσθένη Παύλου, Διδάκτορα Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ, για τη πολύτιμη στήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, για τις υποδείξεις σε καίρια ζητήματα, καθώς και για τη βοήθεια σε θέματα που αφορούσαν στη λειτουργία του προσομοιωτή.

Ακόμη, ευχαριστώ τον κ. Παναγιώτη Παπαντωνίου, Διδάκτορα Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ, την κα Αικατερίνη Φώλλα, Υποψήφια Διδάκτορα, και τον κ. Δημήτριο Τσελέντη, Υποψήφιο Διδάκτορα, για τη βοήθεια τους σε σημαντικά ζητήματα της διπλωματικής μου εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ χρωστώ σε όσους συμμετείχαν στην πειραματική διαδικασία, καθώς ο ρόλος τους ήταν καταλυτικός στην υλοποίηση αυτής της έρευνας, καθώς και την κα Άννα Μαρία Σουρέλη, συμφοιτήτρια, για την ευχάριστη και εξαιρετική συνεργασία κατά την πειραματική διαδικασία.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω πολύ την οικογένεια μου, και ιδιαίτερα την μητέρα μου Ευαγγελία, για την ψυχολογική στήριξη, την υπομονή και την αγάπη, που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και όλους μου τους φίλους, για τη συνεχή στήριξη τους και για τις ωραίες στιγμές, που περάσαμε μαζί όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

Μαρία Χαιρέτη

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

ΜΑΡΙΑ ΧΑΙΡΕΤΗ

Επιβλέπων: Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ

ΣΥΝΟΨΗ:

Ο στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια των νέων οδηγών σε αστικές οδούς. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πραγματοποιήθηκε πειραματική διαδικασία σε προσομοιωτή οδήγησης όπου όλοι οι συμμετέχοντες οδήγησαν σε διάφορα σενάρια οδήγησης. Αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη μέση ταχύτητα οδήγησης, στην πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή (λογαριθμοκανονική) και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα (λογιστική). Από την εφαρμογή των μοντέλων προκύπτει ότι, η οδήγηση υπό βροχή συμβάλλει σε μικρή μείωση της ταχύτητας, αλλά σε σημαντική αύξηση της πιθανότητας ατυχήματος. Στην οδήγηση υπό ομίχλη, οι οδηγοί μάλλον είναι πιο προσεκτικοί, καθώς προέκυψε μείωση της πλευρικής απόστασης από τη δεξιά οριογραμμή και μείωση της πιθανότητας ατυχήματος.

Λέξεις-Κλειδιά: καιρικές συνθήκες, προσομοιωτής οδήγησης, ταχύτητα, πλευρική απόσταση, οδικά ατυχήματα, λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, λογιστική παλινδρόμηση.

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF WEATHER CONDITIONS TO YOUNG DRIVERS' BEHAVIOR AND SAFETY IN CITIES WITH THE USE OF DRIVING SIMULATOR

MARIA CHAIRETI

Supervisor: George Yannis, Professor NTUA

ABSTRACT:

This Diploma Thesis aims to investigate the impact of weather conditions on young drivers' behavior and safety in urban areas. In order to achieve this objective, an experimental process on a driving simulator was carried out, in which all participants drove in different driving scenarios. Regression statistical models were developed to investigate the impact of weather conditions on the mean speed, the lateral position of the vehicle from the right borderline (lognormal) and the accident probability (logistic). The models' application shows that driving in the rain contributes to a small reduction in speed, but also to a significant increase in the probability of an accident. When driving in fog, drivers seem to be more cautious, as the lateral position of the vehicle from the right borderlines reduced and the probability of an accident decreased.

Key words: weather conditions, driving simulator, speed, lateral position, road accidents, lognormal regression, logistic regression.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης**.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 40 νέους οδηγούς στον προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF) του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επιπλέον συμπληρώθηκαν από τους οδηγούς αυτούς ερωτηματολόγια που αφορούσαν στα χαρακτηριστικά τους.

Από την **αρχική ανάλυση** προέκυψε ο πίνακας 6.1 που απεικονίζει την ταχύτητα, την πλευρική απόσταση και τα ατυχήματα σε αστικό περιβάλλον για διαφορετικές καιρικές συνθήκες οδήγησης, καλοκαιρία, βροχή και ομίχλη, και για διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες (υψηλός και χαμηλός φόρτος κυκλοφορίας).

Στη συνέχεια έγινε **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ό,τι αφορά στη μέση ταχύτητα οδήγησης και τον μέσο χρόνο αντίδρασης και μετά από σειρά δοκιμών επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Σε ό,τι αφορά στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, επιλέχθηκε εξ αρχής η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Αξίζει να αναφερθεί ότι, πραγματοποιήθηκαν τρεις στατιστικές αναλύσεις, μία για το μοντέλο προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας οδήγησης, μία για το μοντέλο προσδιορισμού της πλευρικής απόστασης του οχήματος και μία για το μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα.

Αστική οδός	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος			Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος		
	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη
Ταχύτητα οδήγησης (km/h)	30,85	30,00	30,50	29,31	29,64	30,54
Πλευρική απόστατη (m)	2,15	2,10	2,02	2,15	2,07	2,14
Ποσοστό ατυχημάτων	0,13	0,23	0	0,15	0,08	0,40

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Ταχύτητα, πλευρική απόσταση και ποσοστό ατυχημάτων σε αστικό για τις συνθήκες οδήγησης καλοκαιρία, βροχή και ομίχλη, και για υψηλό και χαμηλό φόρτο κυκλοφορίας.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν **τα τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι, η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή (μέση ταχύτητα οδήγησης, πλευρική απόσταση και ατύχημα ή όχι ατύχημα), προσδιορίστηκε μέσω των μεγεθών της ελαστικότητας και της ψευδοελαστικότητας. **Η σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στα μοντέλα της μέσης ταχύτητας, της πλευρικής απόστασης και της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Σε αυτόν περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* των ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση Ταχύτητα				Πλευρική Απόσταση				Πιθανότητα Ατυχήματος			
	β_i	t	e_i	e^*i	β_i	t	e_i	e^*i	β_i	Wald	e_i	e^*i
Βροχή	-0,010	-1,659	-0,002	1					0,872	4,084	0,646	3,329
Ομίχλη					-0,031	-1,757	-0,034	1	-1,738	6,140	-0,690	-3,556
Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος									-1,172	6,397	0,194	1
Μεση ταχύτητα οχήματος					-0,007	3,541	0,146	-4,282				
Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα									0,014	2,841	0,445	2,296
Απόσταση από την δεξιά οριογραμμή	0,012	2,643	0,018	-7,453								
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0,002	10,777	0,058	-24,274					0,002	3,843	2,031	10,469
Ηλικία	0,020	3,079	0,007	-3,087	-0,066	-3,616	-0,705	20,734				
Φύλο	-0,024	-3,552	-0,007	2,881					0,693	2,675	-0,478	-2,466
Οδηγική εμπειρία 4-6 έτη (από ερωτηματολόγιο)					-0,042	-2,162	-0,070	2,064				
Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (από ερωτηματολόγιο)	-0,021	-2,868	-0,004	1,749								
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-0,042	-4,108	-0,025	10,574					-1,145	4,091	-0,420	-2,163
Μείωση της ταχύτητας 0-20 χλμ/ώρα στη βροχή (από ερωτηματολόγιο)	-0,021	-2,689	-0,011	4,715								

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των τριών μοντέλων

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με το αρχικό ερώτημα και στόχο της Εργασίας.

Στο υποκεφάλαιο αυτό, επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Έτσι, τα **γενικά συμπεράσματα** συνοψίζονται όπως παρακάτω:

- Διαπιστώνεται ότι, **η πιθανότητα ατυχήματος** σε αστικές οδούς επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες οδήγησης. Όπως προέκυψε, **η οδήγηση υπό βροχή** έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό ίσως μπορεί να εξηγηθεί, εξαιτίας της ολισθηρότητας του οδοστρώματος, αφού το νερό μειώνει την τριβή μεταξύ των ελαστικών και του δρόμου. Έτσι, η αποφυγή πιθανού ατυχήματος καθίσταται πιο δύσκολη. Σε αντίθεση, **η οδήγηση υπό ομίχλη**, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Οι οδηγοί τείνουν να είναι πιο προσεκτικοί στην οδήγηση με ομίχλη, το οποίο εξηγείται λόγω της ανασφάλειας που πιθανόν αισθάνονται, εξαιτίας της χαμηλής ορατότητας.
- Επίσης, και η **συμπεριφορά των οδηγών** σε αστικές οδούς φαίνεται ότι, επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες οδήγησης. Προκύπτει ότι, **η οδήγηση υπό βροχή, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέσης ταχύτητας οδήγησης**. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι, οι οδηγοί ενδεχομένως να είναι πιο ανασφαλείς σε βροχερές συνθήκες οδήγησης, κι αυτό πιθανόν γιατί λαμβάνουν υπόψη ότι, το οδόστρωμα είναι πιο ολισθηρό και υπάρχει δυσκολία στο φρενάρισμα. Έτσι οδηγούν προσεκτικότερα και με χαμηλότερες ταχύτητες.
- Πέραν από την ταχύτητα οδήγησης, φαίνεται να επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες και η **απόσταση από την δεξιά οριογραμμή**, που κρατά ο οδηγός το όχημα. Συγκεκριμένα, οι οδηγοί τείνουν να διατηρούν μικρότερη απόσταση από την δεξιά οριογραμμή, όταν οδηγούν υπό ομίχλη. Λόγω χαμηλής ορατότητας, μπορεί να αισθάνονται μεγαλύτερη ανασφάλεια και για να αντισταθμίσουν τον πιθανό κίνδυνο, απομακρύνονται από τον άξονα της οδού, που αποτελεί πιθανή αιτία σύγκρουσης με τα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.
- **Οι οδηγοί που τους αρέσει η οδήγηση**, απολαμβάνουν το χρόνο που περνούν οδηγώντας και ενδεχομένως δεν βιάζονται, ακόμη και υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Έτσι φαίνεται ότι δεν αναπτύσσουν τόσο μεγάλες ταχύτητες, όσο οι οδηγοί που δεν τους αρέσει η οδήγηση. Για τον ίδιο λόγο, πιθανόν είναι και πιο συγκεντρωμένοι στην οδήγηση, και γι' αυτό παρατηρείται μείωση της πιθανότητας ατυχήματος.
- Ακόμη συμπεραίνεται ότι, οι οδηγοί με μεγαλύτερη ηλικία τείνουν να οδηγούν με μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με οδηγούς μικρότερης ηλικίας, υπό συνθήκες βροχής. Όσο μεγαλύτερη είναι **η ηλικία του οδηγού**, τόσο πιθανόν μεγαλύτερη είναι και η οδηγική του εμπειρία. Όμως, οδηγοί με περισσότερα χρόνια εμπειρίας έχουν καλύτερη επίγνωση των ικανοτήτων τους για το χειρισμό του οχήματος, σε σχέση με

το χρόνο αντίδρασης, την απόσταση πέδησης και τις δυνατότητες πραγματοποίησης ελιγμών, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στην αύξηση της ταχύτητάς τους.

- Παρατηρήθηκε επίσης ότι σε χαμηλό **κυκλοφοριακό φόρτο**, σε συνθήκες οδήγησης υπό βροχή ή υπό ομίχλη, μειώνεται η πιθανότητα ατυχήματος. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος δημιουργεί ένα περιβάλλον οδήγησης πιο περίπλοκο με αυξημένες δυσκολίες και περισσότερες εμπλοκές οχημάτων και γι' αυτό ο οδηγός δε μπορεί να είναι το ίδιο συγκεντρωμένος και προσεκτικός σε σχέση με τις συνθήκες χαμηλού φόρτου, έχοντας έτσι μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχήματος.
- Οι οδηγοί που δηλώνουν ότι έχουν εμπλακεί σε **ατύχημα με υλικές ζημιές** τείνουν να οδηγούν με χαμηλότερη ταχύτητα σε συνθήκες βροχής. Πιθανόν αυτό να τους έχει επιβαρύνει με άγχος, που έρχεται να προστεθεί στην ανασφάλεια που ήδη μπορεί να αισθάνονται κατά την οδήγηση με βροχή. Προκειμένου ίσως να αποφύγουν στο μέλλον αντίστοιχες καταστάσεις, τείνουν να είναι πιο συντηρητικοί και αναπτύσσουν χαμηλότερες ταχύτητες σε σχέση με αυτούς που δεν έχουν εμπλακεί ποτέ σε ατύχημα.
- Τα **στατιστικά μοντέλα** που αναπτύχθηκαν για την επεξεργασία των στοιχείων σε ότι αφορά στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και την απόσταση του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή, **αποδείχθηκαν κατάλληλα** για τις συγκεκριμένες αναλύσεις και την επίτευξη των στόχων της Διπλωματικής Εργασίας αυτής.
- Τέλος, αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή η **γενίκευση των αποτελεσμάτων** της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε επόμενες συναφείς έρευνες. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές, όσον αφορά στο οδικό περιβάλλον, στις συνθήκες κυκλοφορίας και άλλα χαρακτηριστικά της οδού και των οδηγών.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	7
1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	8
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	11
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	11
2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ	11
2.3 ΣΥΝΟΨΗ	14
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	16
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	16
3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	18
3.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	19
3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	19
3.5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	19
3.5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ	21
3.5.3 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	22
3.5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	23
3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	23
3.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	27
4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	29
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	29
4.2 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ	29
4.2.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	30
4.2.2 ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ	30
4.2.3 Ο ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ	30
4.2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	35
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	43
4.3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ	44
4.3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ	49
4.4 ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	56
4.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	57

4.6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	59
5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	65
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	65
5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ	66
5.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ- ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	66
5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ.....	67
5.2.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	68
5.2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	70
5.2.5 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	71
5.2.6 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	73
5.2.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	75
5.2.8 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	78
5.2.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	80
5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ.....	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 ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	86
5.3.5 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	87
5.3.6 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ.....	88
5.3.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	90
5.3.8 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	94
5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΠΡΟΟΠΤΟ ΣΥΜΒΑΝ.....	99
5.4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ- ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	99
5.4.2 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	100
5.4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	101
5.4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	102
5.4.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	104
5.4.6 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	107
5.4.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	109
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	113
6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	113
6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	115

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	117
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	118
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η ανάπτυξη των συγκοινωνιών και των μεταφορών έχει οδηγήσει σε μεγάλες καθημερινές απώλειες και σοβαρούς τραυματισμούς σε **οδικά ατυχήματα** παγκοσμίως. Ένα από τα σημαντικότερα αντικείμενα της επιστήμης του συγκοινωνιολόγου μηχανικού, μέσα στο γενικότερο πλαίσió του, που είναι η μελέτη συστημάτων που εξασφαλίζουν τις ασφαλείς, ταχείες, οικονομικές και άνετες μετακινήσεις προσώπων και αγαθών, είναι η **οδική ασφάλεια**.

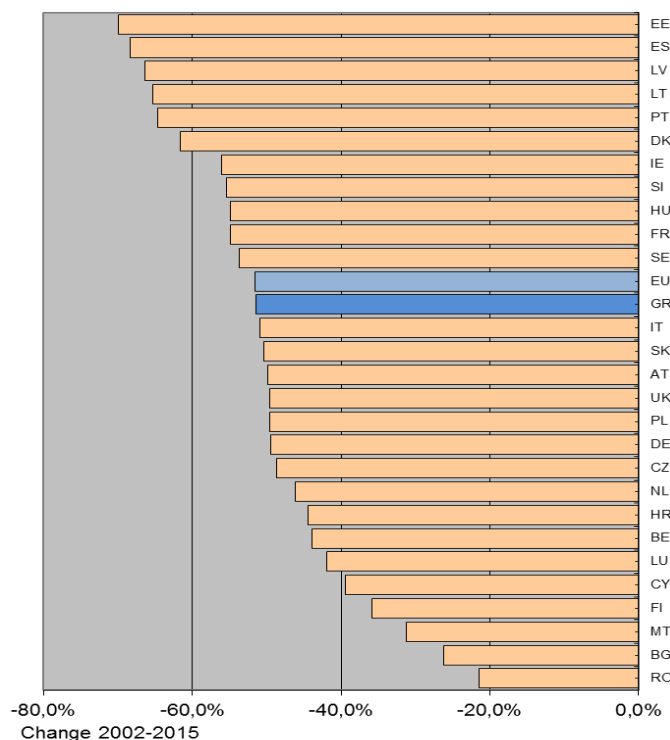
Στην Ελλάδα καταγράφονται κάθε χρόνο περίπου 12.000 οδικά ατυχήματα με θύματα τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα περί τους 800 νεκρούς, 13.000 τραυματίες και σημαντικές υλικές ζημιές (DTPE,2015). Σε παγκόσμια κλίμακα εκτιμάται ότι περισσότεροι από 1.250.000 χρήστες της οδού βρίσκουν το θάνατο κάθε χρόνο στα οδικά ατυχήματα (WHO,2013), χωρίς να συμπεριλαμβάνονται ελαφρότερα ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο.

Οι νεκροί, οι τραυματίες και οι υλικές ζημιές έχουν ένα τεράστιο **κοινωνικό και οικονομικό κόστος** και η μείωσή τους αποτελεί προτεραιότητα για κάθε χώρα. Έτσι, ξεκίνησε μια προσπάθεια σε ολόκληρη την Ε.Ε. και τέθηκε στόχος στην «Policy orientations on road safety 2011-2020: Towards a European road safety area» για την οδική ασφάλεια, να μειωθεί ο αριθμός των θυμάτων κατά 50% ως το 2020. Ειδικότερα στην Ελλάδα, εκπονήθηκε από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για λογαριασμό του Υπουργείου Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων έργο με τίτλο «**Ανάπτυξη Στρατηγικού Σχεδίου**» για τη βελτίωση της Οδικής Ασφάλειας στην Ελλάδα 2011-2020 (Κανελλαΐδης Γ. et al 2011). Ως ενδιάμεσος στόχος ορίστηκε οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα το έτος 2015 να είναι λιγότεροι από 880 και ως απώτερος στόχος οι νεκροί στα οδικά ατυχήματα το έτος 2020, να είναι λιγότεροι από 640.

Τα στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών σε ατυχήματα για την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) για τα έτη 2002-2015 φαίνονται στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί. Η απόδοση της Ελλάδας στη μείωση των θανάτων, για τα έτη αυτά, κατατάσσεται στην 12^η θέση (διάγραμμα 1.1).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2002-2015
AT	956	931	878	768	730	691	679	633	552	523	531	455	430	479	-49,9%
BE	1.306	1.213	1.162	1.089	1.069	1.071	944	944	840	862	770	723	727	732	-44,0%
BG	959	960	943	957	1.043	1.006	1.061	901	776	657	601	601	661	708	-26,2%
CY	94	97	117	102	86	89	82	71	60	71	51	44	45	57	-39,4%
CZ	1.430	1.447	1.382	1.286	1.063	1.221	1.076	901	802	773	742	654	688	734	-48,7%
DE	6.842	6.613	5.842	5.361	5.091	4.949	4.477	4.152	3.648	4.009	3.600	3.339	3.377	3.459	-49,4%
DK	463	432	369	331	306	406	406	303	255	220	167	191	182	178	-61,6%
EE	223	164	170	170	204	196	132	98	79	101	87	81	78	67	-70,0%
ES	5.347	5.400	4.741	4.442	4.104	3.822	3.098	2.714	2.479	2.060	1.902	1.680	1.688	1.689	-68,4%
FI	415	379	375	379	336	380	344	279	272	292	255	258	229	266	-35,9%
FR	7.655	6.058	5.530	5.318	4.709	4.620	4.275	4.273	3.992	3.963	3.653	3.268	3.384	3.459	-54,8%
EL	1.634	1.605	1.670	1.658	1.657	1.612	1.553	1.456	1.258	1.141	988	879	795	793	-51,5%
HR	627	701	608	597	614	619	664	548	426	418	393	368	308	348	-44,5%
HU	1.429	1.326	1.296	1.278	1.303	1.232	996	822	740	638	605	591	626	644	-54,9%
IE	378	337	377	400	365	338	280	238	212	186	162	188	193	166	-56,1%
IT	6.980	6.563	6.122	5.818	5.669	5.131	4.725	4.237	4.114	3.860	3.753	3.401	3.381	3.428	-50,9%
LT	697	709	752	773	760	740	499	370	299	296	302	256	267	242	-65,3%
LU	62	53	50	47	43	46	35	48	32	33	34	45	35	36	-41,9%
LV	559	532	516	442	407	419	316	254	218	179	177	179	212	188	-66,4%
MT	16	16	13	17	11	12	9	15	13	16	9	17	10	11	-31,3%
NL	987	1.028	804	750	730	709	677	644	537	546	562	476	476	531	-46,2%
PL	5.826	5.642	5.712	5.444	5.243	5.583	5.437	4.572	3.908	4.189	3.571	3.357	3.202	2.938	-49,6%
PT	1.675	1.546	1.294	1.247	969	974	885	840	937	891	718	637	638	593	-64,6%
RO	2.411	2.229	2.442	2.629	2.587	2.800	3.065	2.796	2.377	2.018	2.042	1.861	1.818	1.893	-21,5%
SE	560	529	480	440	445	471	397	358	266	319	285	260	270	259	-53,8%
SI	269	242	274	258	262	293	214	171	138	141	130	125	108	120	-55,4%
SK	625	653	608	606	614	661	606	384	371	325	352	251	295	310	-50,4%
UK	3.581	3.658	3.368	3.336	3.298	3.059	2.645	2.337	1.905	1.960	1.802	1.770	1.854	1.804	-49,6%
EU	54.006	51.062	47.895	45.943	43.718	43.150	39.577	35.359	31.506	30.687	28.244	25.955	25.977	26.132	-51,6%

Πίνακας 1.1: Βασικοί αριθμοί θανάτων από τροχαία ατυχήματα, Ευρωπαϊκή Ένωση 2002 – 2015. Πηγή: Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Οδικής Ασφάλειας.

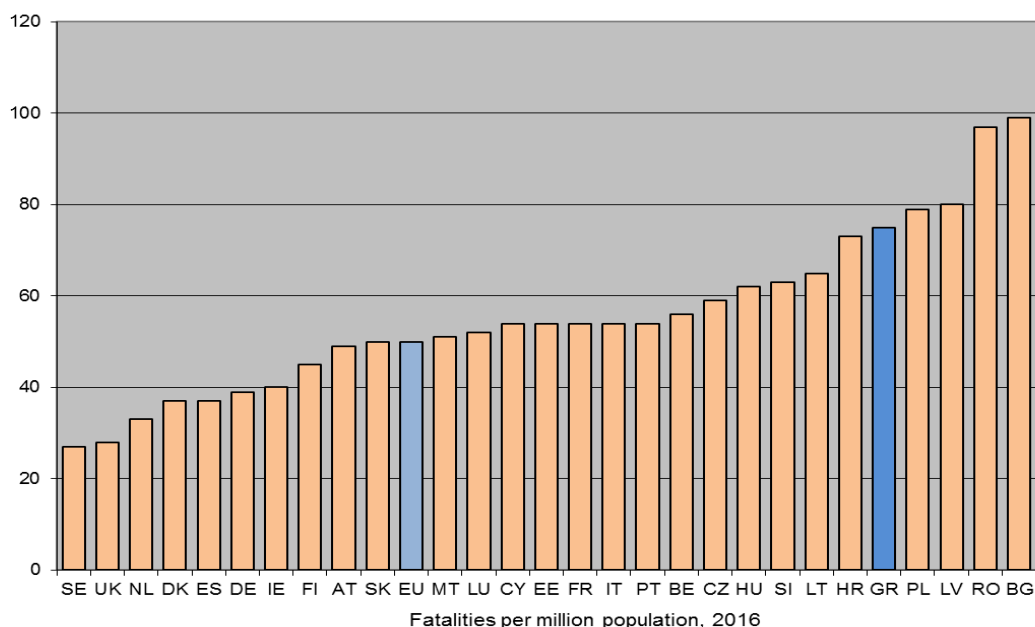


Διάγραμμα 1.1: Ποσοστιαία μείωση των θανάτων από τροχαία ατυχήματα, Ευρωπαϊκή Ένωση 2002 – 2015. Πηγή: Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Οδικής Ασφάλειας.

Αν και το 2015, η Ελλάδα εμφάνισε μείωση κατά 51.5% σε σχέση με το 2002 (πίνακας 1.1), σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το 2016, συνεχίζει να κατέχει αρνητική πρωτιά, παραμένοντας στις πρώτες θέσεις ως προς τον αριθμό των θανάτων από τροχαία ατυχήματα ανά πληθυσμό, με 75 νεκρούς ανά εκατομμύριο κατοίκων (πίνακας 1.2, διάγραμμα 1.2).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AT	83	82	76	66	62	63	54	51	56	49
BE	101	88	88	77	80	69	65	65	65	56
BG	133	141	121	105	89	82	83	91	98	99
CY	117	106	89	73	85	59	51	52	67	54
CZ	119	104	86	77	67	71	62	65	70	59
DE	60	54	51	45	50	45	41	42	43	39
DK	75	74	55	48	40	30	34	32	31	37
EE	146	99	75	59	76	66	61	59	51	54
ES	85	68	59	52	44	41	36	36	36	37
FI	72	65	52	50	54	47	48	42	49	45
FR	73	67	66	62	61	56	50	51	52	54
GR	146	140	131	115	98	89	80	73	73	75
HR	144	154	127	99	97	92	86	73	82	73
HU	122	99	82	74	64	61	60	63	65	62
IE	78	63	53	46	41	35	41	42	36	40
IT	88	81	72	66	64	63	57	56	56	54
LT	228	155	116	95	97	101	86	91	83	65
LU	95	72	97	64	64	65	84	64	64	52
LV	190	144	117	103	86	88	99	106	95	80
MT	35	37	51	36	51	22	40	24	26	51
NL	48	46	44	39	40	34	28	28	31	33
PL	146	143	120	103	110	94	88	84	77	79
PT	92	84	80	80	74	68	61	61	57	54
RO	132	148	137	117	100	102	93	91	95	97
SE	52	43	39	28	34	30	27	28	27	27
SI	146	106	84	67	69	63	61	52	58	63
SK	123	113	71	69	61	65	46	54	51	50
UK	50	44	38	31	31	28	28	29	28	28
EU	87	79	71	63	61	56	51	51	51	50

Πίνακας 1.2: Αριθμός θανάτων από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο πληθυσμού, Ευρωπαϊκή Ένωση 2007 – 2016. Πηγή: Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Οδικής Ασφάλειας



Διάγραμμα 1.2: Αριθμός θανάτων από τροχαία ατυχήματα ανά εκατομμύριο κατοίκων, Ευρωπαϊκή Ένωση 2007 – 2016. Πηγή: Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Οδικής Ασφάλειας

Τρεις είναι οι **βασικοί παράγοντες** που επιδρούν στην οδική ασφάλεια. Κατά σειρά αυξανόμενης σπουδαιότητας είναι :

- Το **όχημα** (τεχνική διαμόρφωση και εξοπλισμός, ιδιαίτερα σε σχέση με την ενεργητική και την παθητική ασφάλεια).
- Η **οδός και το περιβάλλον** (γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κατασκευαστική διαμόρφωση, επίπεδο συντήρησης, εξοπλισμός, τοπικές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, διαμόρφωση της κυκλοφορίας, καιρικές συνθήκες).
- Οι **χρήστες της οδού** (φυσικές, ψυχικές και κοινωνικές ιδιαιτερότητες καθώς επίσης και πρότυπα συμπεριφοράς).

Στις περισσότερες περιπτώσεις δύο ή και οι τρεις από τους παραπάνω παράγοντες συμβάλλουν στο ατύχημα. Η πολυπλοκότητα και η έλλειψη λεπτομερούς καταγραφής και ανάλυσης των συνθηκών, κάτω από τις οποίες έγινε ένα ατύχημα, δεν επιτρέπουν πάντα την αντικειμενική διαπίστωση της συμβολής κάθε παράγοντα. Παρόλα αυτά, διάφορες μελέτες ατυχημάτων σε βάθος δείχνουν ότι **ο χρήστης της οδού μόνος**, ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες, αποτελεί **κύρια αιτία των οδικών ατυχημάτων**. Από μελέτες που έγιναν στη Μεγάλη Βρετανία προέκυψε ότι ο ανθρώπινος παράγοντας, μόνος ή σε συνδυασμό με τους άλλους δύο παράγοντες, παίζει ρόλο στα 95% των ατυχημάτων. Ωστόσο η συμπεριφορά του χρήστη και η συσχέτισή της με τα οδικά ατυχήματα αποτελεί μια πολύ σύνθετη διαδικασία, διότι ο ανθρώπινος παράγοντας είναι περισσότερο πολύπλοκος σε σχέση με τους υπόλοιπους. (Φραντζεσκάκης και Γκόλιας 1994).

Οι έρευνες που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια πραγματοποιούνται μέσω ερωτηματολογίων, μετρήσεων σε πραγματικό περιβάλλον με τη βοήθεια καταγραφικού εξοπλισμού (π.χ. καμερών), με χρήση βάσεων δεδομένων ατυχημάτων, αλλά και με τη χρήση προσομοιωτών οδήγησης. Οι προσομοιωτές οδήγησης αποτελούν στις μέρες μας ένα σημαντικό εργαλείο, που έχει στη διάθεσή της η επιστήμη για να διερευνήσει τους παράγοντες, που επηρεάζουν την οδική συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού.

Το κυριότερο **πλεονέκτημα των προσομοιωτών οδήγησης** είναι ότι σε συνθήκες απόλυτης ασφάλειας για τον οδηγό επιτρέπουν τη συλλογή με μεγάλη ακρίβεια ενός μεγάλου πλήθους δεδομένων που θα ήταν πολύ δύσκολο να ληφθούν σε πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Με το ειδικό λογισμικό που διαθέτουν είναι δυνατόν να προσομοιωθούν αρκετά ρεαλιστικά πολλές κυκλοφοριακές συνθήκες που χρήζουν έρευνας και να μελετηθούν διεξοδικά. Παράλληλα, επιτυγχάνουν παρόμοιες συνθήκες μέτρησης για όλους τους εξεταζόμενους, κάτι το οποίο είναι δύσκολο να επιτευχθεί με άλλο τρόπο. Η επιρροή κάθε παράγοντα που ενδεχομένως σχετίζεται με την οδική ασφάλεια μπορεί να εξεταστεί υπό την επίδραση διαφορετικών οδικών

και περιβαλλοντικών συνθηκών. Επιπροσθέτως, ο τρόπος αυτός είναι φιλικός προς το περιβάλλον αφού δεν παράγονται ρύποι και εξοικονομούνται φυσικοί πόροι.

Τα **μειονεκτήματα** του προσομοιωτή οδήγησης αφορούν στη μη πλήρως ρεαλιστική απεικόνιση του περιβάλλοντος και των συνθηκών οδήγησης, η στέρηση από τον οδηγό των παραμέτρων της πραγματικής οδήγησης (π.χ. βροχή, κρύο) και η πιθανή αλλαγή της συμπεριφοράς του οδηγού στην καθημερινή ζωή, σε πραγματικές συνθήκες που δεν “παρακολουθείται” από τον προσομοιωτή οδήγησης. Ειδικότερα το αίσθημα ασφάλειας αλλά και η ζάλη που προκαλεί η παρατεταμένη οδήγηση στον προσομοιωτή οδήγησης ενδεχομένως αλλοιώνει σε ένα μικρό βαθμό την οδηγητική συμπεριφορά των συμμετεχόντων. Οι παραπάνω παρατηρήσεις αποτελούν αδυναμίες του πειράματος στον προσομοιωτή οδήγησης.

Για την επίτευξη δυναμικής παρέμβασης στο πολυπαραμετρικό πρόβλημα της οδικής ασφάλειας απαιτείται λεπτομερής ανάλυση των επιμέρους παραγόντων, που θα βοηθήσουν σε μία καλύτερη προσέγγιση του φαινομένου, καθώς και σε μία σειρά αναλυτικών συμπερασμάτων.

Η διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ότι ο καιρός και οι πιθανές αλλαγές έχουν επιρροή στην οδική ασφάλεια αλλά και στις μεταφορές γενικά. Αρκετές καιρικές παράμετροι μπορεί να έχουν επιρροή και η πιο συνηθισμένη παράμετρος είναι οι κατακρημνίσεις (π.χ. βροχή). Στις περισσότερες μελέτες διαπιστώθηκε ότι οι κατακρημνίσεις σχετίζονται με αυξημένο αριθμό συντριβών. Τα ατυχήματα μεμονωμένων οχημάτων είναι αυτά που επηρεάζονται περισσότερο από τις υγρές καιρικές συνθήκες. Αυτή η θετική γραμμική σχέση, μεταξύ βροχοπτώσεων και ατυχημάτων, φαίνεται να υπάρχει και στην ανάλυση ατυχημάτων πεζών. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι ο κίνδυνος συντριβής μειώνεται σε φυσιολογικά επίπεδα αμέσως μετά το τέλος ενός συμβάντος βροχόπτωσης. Οι συγγραφείς εξέτασαν τον κίνδυνο που αντιπροσωπεύουν οι βροχοπτώσεις ως συνδυασμό κακής τριβής των οδοστρωμάτων και χαμηλής ορατότητας και υποστηρίζουν ότι ακόμη και αν οι οδηγοί είναι ικανοί να αντισταθμίσουν τις συνθήκες βρεγμένου οδοστρώματος, ο κίνδυνος σύγκρουσης αυξάνεται λόγω χαμηλής ορατότητας. (Theofilatos and Yannis 2014).

Εκτός από τις κατακρημνίσεις, ως μεταβλητή του καιρού έχει εξεταστεί και η ομίχλη. Οι συγκρούσεις που σχετίζονται με την ομίχλη έχουν αξιοσημείωτα υψηλά ποσοστά τραυματισμού και θανάτου, τα οποία αποδίδονται στην χαμηλή ορατότητα. (Theofilatos and Yannis 2014).

Συμπερασματικά, ο αριθμός των σοβαρών και θανατηφόρων ατυχημάτων, καθώς και των μικρών ατυχημάτων, αυξάνεται λόγω των δυσμενών καιρικών συνθηκών. Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες έχουν πιο εμφανές αντίκτυπο στον κίνδυνο σύγκρουσης σε σχέση με τη σοβαρότητα των ατυχημάτων, η οποία έχει εξεταστεί λιγότερο εκτεταμένα μέχρι στιγμής. Σημειώνεται ότι οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες είναι πιθανό να αυξήσουν τη σοβαρότητα των ατυχημάτων των ευάλωτων χρηστών του

οδικού δικτύου, όπως οι ποδηλάτες και οι μοτοσικλετιστές. (Theofilatos and Yannis 2014).

Ωστόσο, μερικές πρόσφατες μελέτες έχουν βρει αντιφατικά αποτελέσματα σχετικά με τις βροχοπτώσεις και τα ατυχήματα. Υπολογίζεται ότι η επιρροή της βροχόπτωσης είναι διαφορετική στις μεσογειακές χώρες, όπου οι βροχοπτώσεις συμβαίνουν κυρίως το χειμώνα και σίγουρα σπανιότερα σε σχέση με κάποιες χώρες των ΗΠΑ και άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Ορισμένες μελέτες (Karlaftis and Yannis 2010 · Theofilatos et al. 2012, Bergel-Hayat et al. 2013) υποδηλώνουν αρνητική σχέση μεταξύ των δυσμενών καιρικών συνθηκών και της οδικής ασφάλειας, κυρίως επειδή οι οδηγοί αυτών των χωρών δεν συνηθίζουν να οδηγούν σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες και, κατά συνέπεια, να προσαρμόσουν τη συμπεριφορά τους με πιο προσεκτική οδήγηση, ιδιαίτερα όταν υπάρχει ξαφνική βροχόπτωση μετά από μακρά ξηρή περίοδο. Μια άλλη πιθανή εξήγηση είναι οι περιορισμένοι όγκοι των μοτοσικλετιστών σε αντίξοες καιρικές συνθήκες.

Τα ευρήματα σχετικά με την υστέρηση της βροχής δεν φαίνεται να ισχύουν για δεδομένα από μεσογειακές χώρες, κυρίως λόγω της αναπροσαρμοσμένης συμπεριφοράς των οδηγών που προαναφέρθηκε. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η ξαφνική επιδείνωση των καιρικών συνθηκών δεν προκαλεί έκπληξη στους οδηγούς αλλά, αντιθέτως, τους έκανε να είναι πιο προσεκτικοί. Συμπερασματικά, είναι πολύ πιθανό ότι οι καιρικές επιπτώσεις στην ασφάλεια και στη συμπεριφορά του οδηγού εξαρτώνται από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της περιοχής, τα οποία πιθανώς επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο ο πληθυσμός αντιλαμβάνεται ακραίες καιρικές συνθήκες ή ξαφνικές αλλαγές. Αυτό πιθανώς προκαλεί αντιφάσεις και καθιστά τη μεταβίβαση των αποτελεσμάτων πιο περίπλοκη (Theofilatos and Yannis 2014).

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί **η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.**

Συγκεκριμένα θα **εξεταστεί** ο βαθμός στον οποίο οι καιρικές συνθήκες σε συνάρτηση με ορισμένα χαρακτηριστικά του οδηγού (π.χ. οδηγική εμπειρία, ηλικία, φύλο κλπ.), του τρόπου οδήγησής του (π.χ. μέσος αριθμός στροφών κινητήρα), και του κυκλοφοριακού φόρτου (υψηλός, χαμηλός), συμβάλλουν στη μεταβολή της ταχύτητας της διαδρομής, της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή και της συνεπαγόμενης πιθανότητας εμπλοκής σε ατύχημα σε αστικές οδούς.

Προκειμένου να γίνει ποσοτικοποίηση αυτών των επιρροών, απαιτείται η **εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης** των δεδομένων. Επομένως, επιμέρους στόχο της

Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, που θα αποτυπώνει επαρκώς τη σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συλλεχθούν μέσω της πειραματικής διαδικασίας σε προσομοιωτή οδήγησης.

Τα μοντέλα που θα αναπτυχθούν, μέσα από τη διαδικασία της ανάλυσης, θα περιγράφουν τη μεταβολή της ταχύτητας οδήγησης, της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή, καθώς και της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα ως συνέπεια των καιρικών συνθηκών.

Εκτιμάται ότι, τα αποτελέσματα που θα προκύψουν με το τέλος της Διπλωματικής Εργασίας, θα επιτρέψουν την κατανόηση του βαθμού και του τρόπου με τον οποίο οι καιρικές συνθήκες, σε συνδυασμό με τον κυκλοφοριακό φόρτο και ορισμένα χαρακτηριστικά του οδηγού και του τρόπου οδήγησής του, επηρεάζουν τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της οδηγικής του συμπεριφοράς και την πιθανότητα να συμβεί κάποιο ατύχημα.

1.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

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

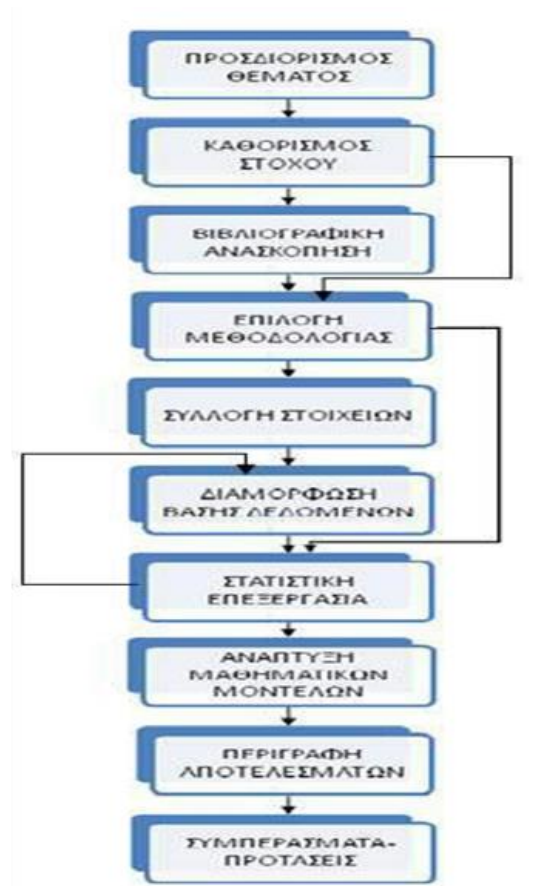
Αρχικά, καθορίστηκε το αντικείμενο που θα εξέταζε η παρούσα Διπλωματική Εργασία καθώς και ο επιδιωκόμενος στόχος. Για την υλοποίηση του στόχου πραγματοποιήθηκε ευρεία **βιβλιογραφική ανασκόπηση**. Αναζητήθηκαν, δηλαδή, έρευνες με θέμα συναφές με εκείνο της Διπλωματικής Εργασίας, τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Οι έρευνες αυτές θα φαίνονταν χρήσιμες τόσο στην επιλογή μεθόδου συλλογής στοιχείων, όσο και στην επιλογή μεθόδου ανάλυσης αυτών.

Μετά την ολοκλήρωση της αναζήτησης βιβλιογραφικών αναφορών, σειρά είχε η εύρεση του τρόπου **συλλογής των στοιχείων**. Στο στάδιο αυτό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί πείραμα στον προσομοιωτή που διέθετε το εργαστήριο Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ο συνδυασμός της μεθόδου των ερωτηματολογίων και της συλλογής στοιχείων μέσω του λειτουργικού συστήματος του προσομοιωτή, αποτέλεσε την πηγή προέλευσης των στοιχείων.

Στη συνέχεια, τα στοιχεία καταχωρήθηκαν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων, η οποία βελτιώθηκε σταδιακά, έως ότου αποκτήσει την τελική της μορφή. Ακολούθησε η **επιλογή της μεθόδου** στατιστικής επεξεργασίας των στοιχείων και η εισαγωγή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (SPSS 22.0).

Την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου διαδέχτηκε η ανάπτυξη των μαθηματικών μοντέλων και **η παρουσίαση των αποτελεσμάτων**, στο πλαίσιο της οποίας πραγματοποιήθηκε περιγραφή της επιρροής των καιρικών συνθηκών στην ταχύτητα διαδρομής, στην πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή και στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Τέλος, προέκυψαν τα συμπεράσματα για τα συνολικά ερωτήματα της έρευνας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος ροής, τα διαδοχικά στάδια που ακολουθήθηκαν κατά την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.



Διάγραμμα 1.4: Διάγραμμα ροής των σταδίων εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής εργασία, μέσω της συνοπτικής αναφοράς στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

Το **κεφάλαιο 1** είναι **εισαγωγικό** και αποτελεί τη βάση για την κατανόηση του αντικειμένου της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά αναφέρονται κάποια γενικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με το θέμα της οδικής ασφάλειας στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς και αναγράφονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα χρήσης των

προσομοιωτών οδήγησης σε πειραματικές διαδικασίες που αφορούν την οδική ασφάλεια. Έπειτα, γίνεται μια γενική ανασκόπηση σχετικά με την επιρροή των καιρικών συνθηκών στην οδηγική συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού και αναφέρονται σημαντικά συμπεράσματα που έχουν προκύψει διεθνώς από σχετικές έρευνες.

Εν συνεχεία, καταγράφεται με μεγαλύτερη σαφήνεια ο στόχος που πρόκειται να επιτευχθεί μέσα από την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας και τέλος περιγράφεται συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπιση του αντικείμενου της Διπλωματικής Εργασίας. Για την καλύτερη αντίληψη αυτής, παρατίθεται και ένα διάγραμμα ροής, που απεικονίζει την αλληλουχία των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν.

Στο **κεφάλαιο 2**, της **βιβλιογραφικής ανασκόπησης**, παρουσιάζονται μεθοδολογίες και αποτελέσματα ερευνών με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Περιγράφεται περιληπτικά ένα πλήθος ερευνών που εντοπίστηκαν και που έχουν πραγματοποιηθεί είτε με τη χρήση προσομοιωτή είτε σε πειράματα υπό πραγματικές συνθήκες. Στο τέλος του κεφαλαίου συνοψίζονται οι μεθοδολογίες όλων των ερευνών που εξετάστηκαν, καταγράφονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματά τους και γίνεται συνολική συγκριτική αξιολόγησή τους.

Στο **κεφάλαιο 3**, 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 (SPSS 22.0).

Στο **κεφάλαιο 4** γίνεται παρουσίαση των διαδικασιών της **συλλογής και επεξεργασίας** των στοιχείων, στα οποία στηρίχθηκε η Διπλωματική Εργασία. Αρχικά, περιγράφεται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας και δίνεται μια σύντομη περιγραφή του προσομοιωτή οδήγησης. Επιπροσθέτως, αναφέρονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρησιμοποίησης των προσομοιωτών οδήγησης σε πειραματικές διαδικασίες. 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 **κεφάλαιο 5** είναι ένα από τα σημαντικότερα της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς περιλαμβάνει την αναλυτική **περιγραφή της μεθόδου** που εφαρμόστηκε ως την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων. Αρχικά, περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εφαρμογή της μεθόδου και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης μαθηματικού μοντέλου. Παρουσιάζονται, δηλαδή, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου με ιδιαίτερη έμφαση στους στατιστικούς ελέγχους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Τα τελικά αποτελέσματα συνοδεύονται από τις αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις που τα περιγράφουν και από διαγράμματα ευαισθησίας, για την καλύτερη κατανόησή τους.

Το **κεφάλαιο 6** αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Σε αυτό περιλαμβάνονται τα **συνολικά συμπεράσματα** που προέκυψαν ύστερα από τη ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων, τα οποία αποτελούν μία σύνθεση αρκετών ποσοτικοποιημένων στοιχείων σε συνδυασμό με τα επιμέρους αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου. Επιπρόσθετα, καταγράφονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας είτε με άλλες μεθόδους είτε με εξέταση πρόσθετων παραμέτρων και μεταβλητών.

Στο **κεφάλαιο 7** παρατίθεται ο κατάλογος των **βιβλιογραφικών αναφορών**. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει αναφορές, που αφορούν τόσο σε έρευνες που παρουσιάστηκαν στα κεφάλαια της εισαγωγής και της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, όσο και σε στατιστικές έννοιες και μεθόδους, που αναλύθηκαν στο θεωρητικό υπόβαθρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στη **βιβλιογραφική ανασκόπηση** και περιλαμβάνει έρευνες στον τομέα της οδικής ασφάλειας, το αντικείμενο και η μεθοδολογία των οποίων παρουσιάζει συνάφεια με το αντικείμενο της Διπλωματικής Εργασίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται έρευνες που αναφέρονται στην επιρροή των καιρικών συνθηκών στην οδηγική συμπεριφορά και την οδική ασφάλεια. Για κάθε επιστημονική εργασία παρουσιάζεται σύντομη σύνοψη. Μέσω της ανασκόπησης των μεθοδολογιών των ερευνών αυτών, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός μια κατάλληλης μεθόδου για την αντιμετώπιση του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας.

2.2 ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα **βασικότερα σημεία ερευνών** που προσεγγίζουν τη μεταβολή της οδηγικής συμπεριφοράς και οδικής ασφάλειας ως αποτέλεσμα της επιρροής των καιρικών συνθηκών. Οι έρευνες αυτές βασίζονται στην παρατήρηση της συμπεριφοράς των οδηγών είτε σε πραγματικές είτε σε προσομοιωμένες συνθήκες οδήγησης.

❖ Risk of a road accident in rainy weather (Hazard 1988)

Σε αυτή την μελέτη εξετάζονται διάφοροι μέθοδοι, που έχουν προταθεί για τον υπολογισμό του πρόσθετου κινδύνου τροχαίου ατυχήματος κατά τη διάρκεια βροχερών καιρικών συνθηκών. Δύο από αυτές εφαρμόζονται με προσαρμογές σε δεδομένα από το Ισραήλ και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο **κίνδυνος ατυχήματος σε βροχερές συνθήκες** μπορεί να είναι ουσιαστικός και συγκεκριμένα δύο έως και τρεις φορές μεγαλύτερος από ό, τι σε ξηρό καιρό. Ειδικά, όταν μια βροχή ακολουθεί μία ξηρή περίοδο, ο κίνδυνος θα μπορούσε να είναι ακόμη μεγαλύτερος.

❖ Effects of Adverse Weather on Traffic Crashes: Systematic Review and Meta-Analysis (Faouzi et al. 2010)

Για να γίνει ποσοτικοποίηση του βαθμού στον οποίο οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τον ρυθμό σύγκρουσης, πραγματοποιήθηκε μια μετα-ανάλυση για τη γενίκευση των ευρημάτων της έρευνας σχετικά με αυτό το θέμα και την προσπάθεια ποσοτικοποίησης του αντίκτυπου του καιρού στις συγκρούσεις κυκλοφορίας.

Διεξήχθησαν μελέτες μεταξύ 1967 και 2005 που εξέτασαν την αλληλεπίδραση μεταξύ καιρού και ασφάλειας της κυκλοφορίας. Οι ρυθμοί σύγκρουσης από κάθε μελέτη κανονικοποιήθηκαν σε σχέση με το μέγεθος της επίδρασης για γενίκευση της μετα-ανάλυσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο ρυθμός σύγκρουσης συνήθως αυξάνεται κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης. Το χιόνι έχει μεγαλύτερη επίδραση από τη βροχή σε περιστατικό σύγκρουσης: το χιόνι μπορεί να αυξήσει το ποσοστό σύγκρουσης κατά 84% και το ποσοστό τραυματισμού κατά 75%. Περαιτέρω αποτελέσματα υποδηλώνουν επίσης ότι οι **μεταβολές στα αποτελέσματα** της μελέτης μπορούν να εξηγηθούν **από το σχεδιασμό μελέτης, την ημερομηνία της μελέτης και την περιοχή** ή τις χώρες που περιλαμβάνονται στη μελέτη.

❖ **A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety** (Theofilatos and Yannis 2014)

Το παρόν έγγραφο κάνει ανασκόπηση της επίδρασης των κυκλοφοριακών και κλιματικών χαρακτηριστικών στην οδική ασφάλεια. Παρά την ύπαρξη γενικά μικτών στοιχείων σχετικά με την επίδραση των παραμέτρων της κυκλοφορίας, μπορούν να προκύψουν κάποια συμπεράσματα. Για παράδειγμα, η κυκλοφοριακή ροή φαίνεται να έχει μη γραμμική σχέση με τα ποσοστά ατυχημάτων, παρόλο που μερικές μελέτες υποδεικνύουν γραμμική σχέση με ατυχήματα. Όσον αφορά τις καιρικές επιπτώσεις, προκύπτει ότι η επίδραση των βροχοπτώσεων οδηγεί γενικά σε **αυξημένη συχνότητα ατυχημάτων**, πολλές μελέτες συμφωνούν με αυτό, αλλά δεν φαίνεται να συμφωνούν σχετικά με τη σοβαρότητα των ατυχημάτων. Οι επιδράσεις άλλων παραμέτρων του καιρού στην ασφάλεια, όπως η ορατότητα, η ταχύτητα και η θερμοκρασία του ανέμου, δεν εξακριβώθηκαν.

❖ **Assessing the impact of reduced visibility on traffic crash risk using microscopic data and surrogate safety measures** (Peng et al. 2017)

Η έρευνα αυτή διεξήχθη με βάση ένα νέο σύστημα ανίχνευσης ορατότητας, τοποθετώντας συστοιχίες αισθητήρων ορατότητας σε συνδυασμό με προσαρμοστικές ενότητες για την παροχή ακριβέστερων ανιχνευτικών ορατότητας. Η μειωμένη ορατότητα, λόγω ομίχλης, αναλύθηκε σε σύγκριση με διαυγείς συνθήκες, για τον προσδιορισμό των διαφορών, που βασίζονται σε διάφορα μέτρα υποκατάστασης ασφαλείας σε διαφορετικές κατηγορίες ορατότητας. Επιπλέον, τα οχήματα χωρίστηκαν σε διαφορετικούς τύπους και τα οχήματα σε διαφορετικές λωρίδες συγκρίθηκαν προκειμένου να προσδιοριστεί εάν η επίδραση της μειωμένης ορατότητας λόγω ομίχλης στον κίνδυνο σύγκρουσης κυκλοφορίας ποικίλλει ανάλογα με τους τύπους οχημάτων και τις λωρίδες κυκλοφορίας. Ακολούθως εφαρμόστηκε μοντελοποίηση, για να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ σύγκρουσης και ορατότητας και με άλλες παραμέτρους της κυκλοφορίας. Με βάση τα ακριβή δεδομένα ορατότητας και κίνησης που συλλέχθηκαν από το νέο σύστημα ορατότητας και ανίχνευσης

κυκλοφορίας, προέκυψε το συμπέρασμα ότι η μειωμένη ορατότητα θα αυξήσει σημαντικά τον κίνδυνο της σύγκρουσης κυκλοφορίας, ιδίως των οπισθίων συγκρούσεων, και ο αντίκτυπος στον **κίνδυνο σύγκρουσης ήταν διαφορετικός για διαφορετικούς τύπους οχημάτων και διαφορετικές λωρίδες**. Τα αποτελέσματα θα ήταν χρήσιμα για την κατανόηση της αλλαγής του κινδύνου σύγκρουσης κυκλοφορίας και των συντελεστών συντριβής που οφείλονται σε συνθήκες ομίχλης.

❖ **Driver behaviour in fog is not only a question of degraded visibility – A simulator study** (Rosey et al. 2017)

Σκοπός αυτής της μελέτης σε προσομοιωτή οδήγησης ήταν να προσδιοριστεί εάν οι **επιπτώσεις της ομίχλης** στη συμπεριφορά του οδηγού ήταν πανομοιότυπες για έναν συγκεκριμένο τύπο οδού και εάν μπορούσαν να ερμηνευθούν τα ατυχήματα, που σχετίζονται με την ομίχλη, ανάλογα με τον τύπο οδού. Τριαντατρείς συμμετέχοντες οδήγησαν σε επαρχιακές οδούς δύο λωρίδων και σε αυτοκινητόδρομους δύο λωρίδων, υπό τρεις διαφορετικές συνθήκες ορατότητας (διαυγής καιρός, ορατότητα 60 μέτρων και ορατότητα 30 μέτρων) και υπό δύο διαφορετικές καταστάσεις οδήγησης (μη ελεύθερη οδήγηση και ελεύθερη οδήγηση). Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η ταχύτητα, απόσταση και η χρονοαπόσταση από το προπορευόμενο όχημα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι οδηγοί μείωσαν την ταχύτητά τους όταν οδηγούσαν υπό μειωμένη απόσταση ορατότητας, δηλαδή οι ταχύτητες ήταν μικρότερες στις συνθήκες ορατότητας 30 μέτρων σε σχέση με τις διαυγείς συνθήκες, αν και **οι ταχύτητες στον αυτοκινητόδρομο δύο λωρίδων παρέμειναν μεγαλύτερες** σε σχέση με τον επαρχιακό δρόμο δύο λωρίδων, ακόμη και για την πυκνότερη ομίχλη.

❖ **Simulating on the road behavior using a driving simulator** (Andreas Riener 2010)

Σε αυτή την μελέτη, συνοψίζονται αρχικές μελέτες σχετικά με το κατά πόσο οι προσομοιωτές οδήγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να λειτουργήσουν ως φθηνά και εύκολα υλοποιήσιμα περιβάλλοντα για την προσομοίωση συμπεριφοράς στο δρόμο. Στόχος αυτών των αρχικών μελετών ήταν να συμπεράνουν, αν είναι δυνατόν να αντικατασταθούν οι πραγματικές μελέτες οδήγησης με πειράματα προσομοιωτή οδήγησης και επιπλέον, να προσδιορίσουν παραμέτρους ή / και περιορισμούς για μια δεύτερη σειρά πειραμάτων προσομοιωτή με βελτιωμένες ρυθμίσεις. Διεξάχθηκαν δύο μελέτες, που σύγκριναν τον χρόνο αντίδρασης του οδηγού σε πραγματικό και προσομοιωμένο περιβάλλον. Η σύγκριση των δύο μελετών έδειξε ότι, το πείραμα που χρησιμοποιεί προσομοιωτή, παρουσιάζει **καλύτερα αποτελέσματα**, για τη μέτρηση του χρόνου αντίδρασης, σε σύγκριση με την πραγματική μελέτη οδήγησης.

❖ Driving Simulator Validity: Some Considerations (Kaptein et al. 1996)

Διερευνάται η ισχύς των προσομοιωτών οδήγησης για συμπεριφορική έρευνα. Εξηγείται η έννοια της εγκυρότητας και ακολουθεί μία επισκόπηση μελετών επικύρωσης σε προσομοιωτή οδήγησης ΤΝΟ, αλλά και σε άλλους προσομοιωτές. Τα αποτελέσματα για προσομοιωτές οδήγησης μεσαίου επιπέδου δείχνουν ότι, επιτυγχάνεται γενικά η απόλυτη εγκυρότητα της συμπεριφοράς επιλογής διαδρομής και επιτυγχάνεται σχετική εγκυρότητα της συμπεριφοράς ταχύτητας και πλευρικού ελέγχου. Υπάρχουν στοιχεία, που υποδεικνύουν ότι, για μια σειρά εφαρμογών, η παρουσία μιας κινούμενης βάσης και ενδεχομένως υψηλότερης ανάλυσης εικόνας, μπορεί να αυξήσει την **εγκυρότητα ενός προσομοιωτή οδήγησης**.

2.3 ΣΥΝΟΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν ορισμένες μόνο από ένα πλήθος ερευνών, που αφορούν την επιρροή των καιρικών συνθηκών, στην κυκλοφορία και την οδική ασφάλεια. Από τη **σύνθεση των βασικών σημείων** τους προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

- Η οδήγηση **υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες** επιφέρει μεταβολή στη **συμπεριφορά** των οδηγών. Μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις τα αποτελέσματα των ερευνών να διαφέρουν αριθμητικά ή να είναι αρκετά εξειδικευμένα, δείχνουν όμως μια γενική τάση στη μεταβολή των διαφόρων παραμέτρων.
- Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά στην οδήγηση υπό ομίχλη αποτελεί αναμφισβήτητα η **έλλειψη ορατότητας**.
- Οι ταχύτητες τείνουν να μειώνονται σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας, λόγω ομίχλης, σε σχέση με διαυγείς συνθήκες, αν και όχι στον ίδιο βαθμό ανάλογα με τον δρόμο. Οπότε για διαφορετικό **τύπο οδού** παρατηρείται **διαφορετική μεταβολή** στην ταχύτητα.
- Η **πιθανότητα ατυχήματος σε βροχερές συνθήκες αυξάνεται σημαντικά**, σε σχέση με ξηρές συνθήκες και ακόμη περισσότερο μετά από μία ξηρή περίοδο.
- Ο κίνδυνος που αντιπροσωπεύουν οι βροχοπτώσεις θεωρείται συνδυασμός **κακής τριβής των οδοστρωμάτων και χαμηλής ορατότητας**. Ακόμη και αν οι οδηγοί είναι ικανοί να αντισταθμίσουν τις συνθήκες βρεγμένου οδοστρώματος, ο κίνδυνος σύγκρουσης αυξάνεται λόγω χαμηλής ορατότητας.
- Οι συνθήκες κακής ορατότητας, στη βροχή, **μειώνουν την αποτελεσματικότητα της οπτικής αντίληψης** του οδικού περιβάλλοντος των οδηγών με αποτέλεσμα τον υψηλό κίνδυνο ατυχήματος.

- Ωστόσο, μερικές πρόσφατες μελέτες έχουν βρει **αντιφατικά αποτελέσματα** σχετικά με τις βροχοπτώσεις και τα ατυχήματα. Υπολογίζεται ότι η επιρροή της βροχόπτωσης είναι διαφορετική στις μεσογειακές χώρες, όπου οι βροχοπτώσεις συμβαίνουν κυρίως το χειμώνα και σίγουρα σπανιότερα σε σχέση με κάποιες χώρες των ΗΠΑ και άλλες ευρωπαϊκές χώρες.
- Οι **έμπειροι οδηγοί** φαίνεται να είναι πιο ικανοί να προβλέψουν ένα επερχόμενο ατύχημα σε σχέση με τους άπειρους οδηγούς, παρόλο που το **απόλυτο επίπεδο απόδοσης μειώνεται κατά τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες**.
- Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες έχουν **προφανή αντίκτυπο στα ποσοστά ατυχημάτων** σε οδούς και αυτοκινητοδρόμους. Μπορεί να υπάρχουν **διαφορές** στα αποτελέσματα διάφορων μελετών, μπορούν όμως να εξηγηθούν από το σχεδιασμό της εκάστοτε μελέτης, την ημερομηνία της μελέτης και την περιοχή ή τις χώρες που περιλαμβάνονται σε αυτή.
- Οι προσομοιωτές οδήγησης αποτελούν στις ημέρες μας ένα σημαντικό εργαλείο που έχει στη διάθεσή της η επιστήμη για να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την οδική συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού. Παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, αλλά με μία σειρά από εφαρμογές, υπάρχει προοπτική βελτίωσης και αύξησης της **εγκυρότητας ενός προσομοιωτή οδήγησης**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, που αφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο, παρουσιάζεται η θεωρία στην οποία βασίζεται η στατιστική ανάλυση της Διπλωματικής Εργασίας. Η μέθοδος που αρχικά επιλέχθηκε για την ανάλυση των στοιχείων ήταν η γραμμική παλινδρόμηση (linear regression). Ο κύριος λόγος στον οποίο στηρίχθηκε η επιλογή της μεθόδου αυτής συνίσταται στο ότι η εξαρτημένη μεταβλητή του προβλήματος (ταχύτητα διαδρομής) αφενός λαμβάνει συνεχείς τιμές και αφετέρου ακολουθεί κανονική κατανομή. Ένας πρόσθετος λόγος που οδήγησε στη χρήση της μεθόδου αυτής είναι ότι πρόκειται περί μίας απλής, ευρέως χρησιμοποιούμενης μεθόδου πρόβλεψης κάποιας μεταβλητής. Στην πορεία αναζήτησης μιας καλύτερης συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών επιλέχθηκε η λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression). Σχετικά με το αν θα συμβεί τελικά κάποιο ατύχημα, επιλέχθηκε η μέθοδος της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης (binary logistic regression). Αυτό έγινε διότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή και λαμβάνει μόνο δύο τιμές. Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, και αφού γίνει αναφορά σε κάποιες βασικές στατιστικές έννοιες, αναλύονται τα επιμέρους θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στη γραμμική και στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης, καθώς και στα κριτήρια αποδοχής ενός προτύπου. Τέλος, αναπτύσσονται κάποιες βασικές λειτουργίες του ειδικού στατιστικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε.

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ

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 αδύνατον 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:

(α) 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 μιας τέτοιας μεταβλητής είναι καθαρά συμβολική και δεν έχει την έννοια της μέτρησης. Η οικογενειακή κατάσταση είναι μια τέτοια μεταβλητή.

(β) Ποσοτικές μεταβλητές (quantitative variables). Είναι οι μεταβλητές με τιμές αριθμούς, που όμως έχουν τη σημασία της μέτρησης. Η ηλικία και ο αριθμός παιδιών μιας οικογένειας συνιστούν τέτοιες μεταβλητές. Οι ποσοτικές μεταβλητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις **διακριτές (ή ασυνεχείς)** και τις **συνεχείς**.

Σε μια διακριτή μεταβλητή η μικρότερη μη μηδενική διαφορά που μπορούν να έχουν δύο τιμές της είναι σταθερή ποσότητα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αριθμός των μελών της οικογένειας. Αντίθετα, σε μία συνεχή μεταβλητή δύο τιμές θα μπορούσε να είναι χρόνια, μήνες, ημέρες, ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα. Στην πράξη, συνεχής θεωρείται μια μεταβλητή όταν μπορεί να πάρει όλες τις τιμές σε ένα διάστημα, διαφορετικά θεωρείται διακριτή.

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

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

Μέτρα διασποράς και μεταβλητότητας (measures of variability): Στην περίπτωση όπου τα δεδομένα αποτελούν ένα δείγμα, η διακύμανση συμβολίζεται με s^2 και διαιρείται με $(n-1)$:

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

Όπου $\bar{x}$ ο δειγματικός μέσος, δηλαδή η μέση τιμή των παρατηρήσεων στο δείγμα.

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

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

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.

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

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 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

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 και σ_Y^2 αντίστοιχα και συνδιασπορά $\sigma_{XY} = \text{cov}(X, Y)$ καθορίζεται με το **συντελεστή συσχέτισης** (correlation coefficient) ρ ο οποίος ορίζεται ως:

$$\rho = (\sigma_{XY}/\sigma_X) \times (1/\sigma_Y)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης ρ εκφράζει το βαθμό και τον τρόπο που οι δύο μεταβλητές συσχετίζονται. Δεν εξαρτάται από τη μονάδα μέτρησης των X και Y και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Τιμές κοντά στο 1 δηλώνουν ισχυρή θετική συσχέτιση, τιμές κοντά στο -1 δηλώνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση και τιμές κοντά στο 0 δηλώνουν γραμμική ανεξαρτησία των X και Y .

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 :

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

3.4 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

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:

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

όπου μ και σ είναι σταθερές ίσες με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση, αντιστοίχως.

3.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

3.5.1 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Ο κλάδος της στατιστικής, ο οποίος εξετάζει τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μιας από τις υπόλοιπες, ονομάζεται **ανάλυση παλινδρόμησης** (regression analysis). 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 «καθοδηγείται» από την ανεξάρτητη μεταβλητή. 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 ενός μαθηματικού μοντέλου αποτελεί μια στατιστική διαδικασία που συμβάλλει στην **ανάπτυξη εξισώσεων** που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της μεθόδου ανάπτυξης ενός μοντέλου βασίζεται στο αν η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής ή διακριτό μέγεθος.

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

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή X και μια εξαρτημένη μεταβλητή Y , που προσεγγίζεται ως μια γραμμική συνάρτηση του X .

Η τιμή y_i της Y , για κάθε τιμή της x_i της X , δίνεται από τη σχέση:

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

Το πρόβλημα της παλινδρόμησης είναι η εύρεση των παραμέτρων α και β που εκφράζουν καλύτερα τη γραμμική συνάρτηση της Y από τη X . Κάθε ζεύγος τιμών (α , β) καθορίζει μια διαφορετική γραμμική σχέση που εκφράζεται γεωμετρικά από ευθεία γραμμή και οι δύο παράμετροι ορίζονται ως εξής:

- Ο σταθερός όρος α είναι η τιμή του y για $x=0$.
- Ο συντελεστής β του x είναι η κλίση (slope) της ευθείας ή αλλιώς ο **συντελεστής παλινδρόμησης** (regression coefficient).
- Εκφράζει τη μεταβολή της μεταβλητής Y όταν η μεταβλητή X μεταβληθεί κατά μία μονάδα .
- Η τυχαία μεταβλητή ε_i λέγεται **σφάλμα παλινδρόμησης** (regression error) και ορίζεται ως η διαφορά της y_i από τη δεσμευμένη μέση τιμή $E(Y|X=x_i)$ όπου $E(Y|X=x_i) = \alpha + \beta x_i$.

Για την ανάλυση της γραμμικής παλινδρόμησης γίνονται οι παρακάτω υποθέσεις:

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

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

Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή Y εξαρτάται γραμμικά από περισσότερες από μία μεταβλητές X ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$), γίνεται αναφορά στην **πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση** (multiple linear regression). Η εξίσωση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών είναι η εξής:
$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

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

παλινδρόμηση είναι ότι πριν προχωρήσει κανείς στην εκτίμηση των παραμέτρων πρέπει να ελέγξει αν πράγματι πρέπει να συμπεριληφθούν όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Εκείνο που απαιτείται να εξασφαλιστεί είναι η μηδενική συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών ($\rho(x_i, x_j) \forall i \neq j \rightarrow 0$)

3.5.2 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Στην πορεία αναζήτησης μιας καταλληλότερης μεθόδου 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 σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι και αυτή γραμμική. Στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση (lognormal regression) οι συντελεστές των μεταβλητών του μοντέλου είναι οι συντελεστές της γραμμικής παλινδρόμησης.

Υπολογίζεται από την ανάλυση παλινδρόμησης με βάση **την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων** δηλαδή υπολογίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα:

$$\sum (Y - (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i))^2$$

Η **λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση** 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 παρατηρημένων 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:

$$(y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \epsilon_i$$

Όπου y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή και $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$: είναι οι συντελεστές μερικής παλινδρόμησης $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}$: είναι οι ανεξάρτητες μεταβλητές

Εναλλακτικά μπορεί να διατυπωθεί με την παρακάτω πολύπλοκη μορφή:

$$\mu_i = \exp(\beta_0) \exp(\beta_1 X_{i1}) \dots \exp(\beta_q X_{iq})$$

Όπου το $\log(\mu_i)$ ακολουθεί κανονική κατανομή με μέσο μ_i και τυπική απόκλιση σ^2 .

3.5.3 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Στα μοντέλα γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης που περιγράφονται στο κεφάλαιο αυτό ισχύει η προϋπόθεση ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι συνεχής. Εντούτοις, στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή είναι διακριτή (όπως το ενδεχόμενο να συμβεί κάποιο ατύχημα) χρησιμοποιείται η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης και ταξινόμησης. Είναι δυνατή η έκβαση μιας κατηγορικής μεταβλητής με δυο κατηγορίες με τη χρήση ενός συνόλου συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση, 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, σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$Y = \text{logit}(P) = \text{LN}(P/(1 - P)) = B_0 + B_i X_i$$

όπου:

B_0 : είναι η σταθερά του μοντέλου

B_i : είναι παραμετρικές εκτιμήτριες για τις ανεξάρτητες μεταβλητές ($X_{ii}=1, \dots, n$ το σύνολο των εξαρτημένων μεταβλητών)

Η πιθανότητα κυμαίνεται από 0 έως 1, ενώ ο νεπέριος λογάριθμος $\text{LN}(P/(1-P))$ κυμαίνεται από μείον άπειρο ως 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 οδηγούμαστε στην εξής νέα σχέση:

$$(P/(1 - P)) = e^{B_0 + B_i X_i} = e^{B_0} e^{B_i X_i}$$

Η θεμελιώδης εξίσωση για τη λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι όταν η τιμή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής αυξηθεί κατά μια μονάδα και όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές παραμένουν σταθερές ο νέος λόγος πιθανοφάνειας $P/(1-P)$ δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$(P/(1 - P)) = e^{B_0} e^{B_i (X_i + 1)} = e^{B_0} e^{B_i X_i} e^{B_i}$$

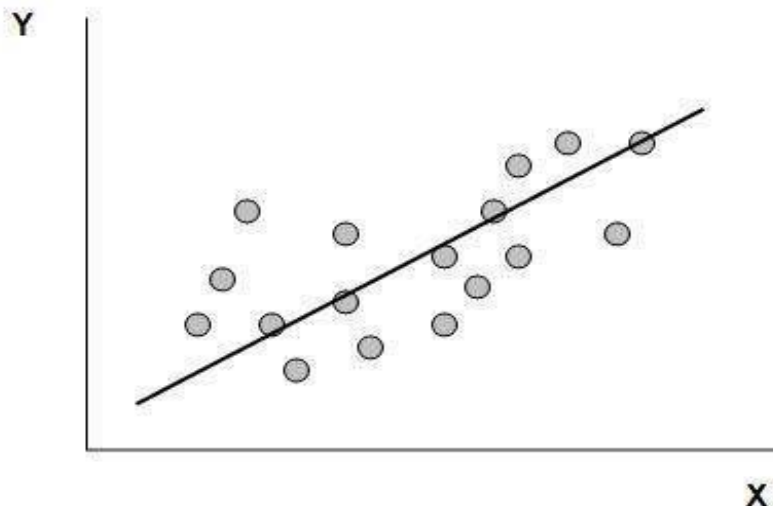
Έτσι παρατηρείται ότι όταν η ανεξάρτητη μεταβλητή X_i αυξηθεί κατά μια μονάδα, με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές να παραμένουν σταθερές, η πιθανότητα $P/(1-P)$ αυξάνεται κατά ένα συντελεστή e^{B_i} .

3.5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

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 βί, 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

3.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο εδάφιο, οι **βασικές προϋποθέσεις** που εξετάζονται **πριν την ανάπτυξη ενός μοντέλου** αφορούν καταρχήν στην κανονικότητα. Βάσει της προϋπόθεσης αυτής, απαιτείται οι τιμές της μεταβλητής Y να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Η **συσχέτιση των ανεξάρτητων μεταβλητών** αποτελεί τη δεύτερη βασική προϋπόθεση. Σύμφωνα με αυτή, οι ανεξάρτητες μεταβλητές πρέπει να είναι γραμμικώς ανεξάρτητες μεταξύ τους ($\rho(X_i, X_j) = 0 \forall i \neq j$), γιατί σε αντίθετη περίπτωση 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.

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ενός μοντέλου **μετά τη διαμόρφωσή του** είναι τα πρόσημα και οι τιμές των συντελεστών βί της εξίσωσης, η στατιστική σημαντικότητα, η ποιότητα του μοντέλου και το σφάλμα της εξίσωσης.

Όσον αφορά στους **συντελεστές της εξίσωσης**, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα λογικής ερμηνείας των προσήμων 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 βί της ταχύτητας να έχει αρνητικό πρόσημο. Η τιμή του συντελεστή θα πρέπει και αυτή να ερμηνεύεται λογικά, δεδομένου ότι αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής (xi) κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά βί μονάδες. Στην περίπτωση που η αύξηση αυτή εκφράζεται σε ποσοστά, τότε πρόκειται για την ελαστικότητα (elasticity). Η **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:

$$e_i = (\Delta Y / \Delta X_i) (X_i / Y_i) = \beta_i (X_i / Y_i)$$

Η **στατιστική εμπιστοσύνη του γραμμικού μοντέλου** αξιολογείται μέσω του ελέγχου **t-test** (κριτήριο της κατανομής student). 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:

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

όπου s.e: τυπικό λάθος (standard error).

Βάσει της ανωτέρω σχέσης, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα τόσο αυξάνεται ο συντελεστής tstat και συνεπώς αυξάνεται η επάρκεια (efficiency). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα. Στον πίνακα που δίνεται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κρίσιμες τιμές του συντελεστή t (t*) για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Βαθμός Ελευθερίας	Επίπεδο Εμπιστοσύνης				
	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995
80	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Πίνακας 3.1: Κρίσιμες τιμές του συντελεστή t

Έτσι για μέγεθος δείγματος περί τα 80 και επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι $t^* = 1,7$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Αν λοιπόν έχουμε $t = -3,2$ για κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή X_i τότε παρατηρείται ότι απόλυτη τιμή του t είναι μεγαλύτερη από την τιμή του t^* (1,7) και άρα είναι αποδεκτή η μεταβλητή ως στατιστικά σημαντική για το 95% των περιπτώσεων.

Μετά τον έλεγχο της στατιστικής εμπιστοσύνης εξετάζεται η **ποιότητα του μοντέλου**. Η ποιότητα του μοντέλου καθορίζεται βάσει του **συντελεστή προσαρμογής**. Ο συντελεστής R^2 χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων **στο γραμμικό μοντέλο** και ορίζεται από τη σχέση :

$$R^2 = SSR/SST$$

$$\text{όπου: } SSR = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \beta^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{και} \\ SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

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 R^2 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 στο **σφάλμα** της εξίσωσης του μοντέλου, αυτό θα πρέπει να πληροί τρεις προϋποθέσεις:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma_\epsilon^2 = c$ και
- Να έχει μηδενική συσχέτιση, $\rho(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0 \quad \forall \quad i \neq j$

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.

Όσον αφορά στα **μοντέλα λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης**, ισχύει ό,τι και στην απλή και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, με τη διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το αντίστοιχο t-test έχει την ονομασία **Wald**. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μικρότερη του 1,7 όπως ακριβώς και για το συντελεστή t.

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης παίζει η **πιθανοφάνεια**. Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων β χρησιμοποιείται η μέθοδος της 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 προτιμώνται 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 το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το **Likelihood Ratio Test (LRT)** (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας).

Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφανειών (LRT), εάν η διαφορά $LRT = -2 \times (L(b) - L(0))$, όπου $L(b) = L(\text{μοντέλο με τις } p \text{ μεταβλητές})$, ενώ $L(0) = L(\text{μοντέλο χωρίς τις } p \text{ μεταβλητές})$, είναι μεγαλύτερη από την τιμή του χ^2 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.

Ο **συντελεστής ρ^2** καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου. Ο συντελεστής αυτός είναι ανάλογος του συντελεστή R^2 της απλής γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης και χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης. Υπολογίζεται ως εξής: $\rho^2 = 1 - (L(b)/L(0))$ όπου $L(b) = L(\text{μοντέλο με τις } p \text{ μεταβλητές})$ ενώ $L(0) = L(\text{μοντέλο χωρίς τις } p \text{ μεταβλητές})$. Συγκεκριμένα, 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 ρ^2 στη 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. Είναι επιθυμητό να προβλέπεται 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 δύο αντίστοιχων ποσοστών των δύο ενδεχομένων.

3.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

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

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

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

- **Descriptive Statistics:** Διαδικασίες για την παραγωγή περιγραφικών αποτελεσμάτων. Εδώ βρίσκεται η επιλογή **Options**. Πρόκειται για χρήσιμες στατιστικές περιγραφικές συναρτήσεις (μέσος, τυπική απόκλιση, μέγιστο, ελάχιστο).
- **Correlate:** Η διαδικασία που μετράει τη συσχέτιση 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**) που επιλέξαμε για την ανάλυση των δεδομένων μας. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s).

Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter που σημαίνει ότι στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που αναγράφονται εκεί.

Τέλος, τα αποτελέσματα εμφανίζονται στα δεδομένα εξόδου. **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 δεν λήφθηκαν υπόψη, να είναι κατά το δυνατό μικρότερος.
- **Η τιμή του στατιστικού ελέγχου t** να είναι μεγαλύτερη από την τιμή 1,7 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και
- **Το επίπεδο σημαντικότητας** να είναι μικρότερο από 5%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών συναφών με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, αναπτύχθηκε το θεωρητικό υπόβαθρο που οδήγησε στην επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης. Ως μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης επιλέχθηκαν η γραμμική, η λογαριθμοκανονική και η λογιστική παλινδρόμηση. Επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή μιας κατάλληλης διαδικασίας εκτέλεσης του πειράματος, από όπου θα προέκυπταν τα απαραίτητα στοιχεία. Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων αυτών θα οδηγήσει στην επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή στη **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.**

Το κεφάλαιο αυτό, που αφορά τη **συλλογή και επεξεργασία στοιχείων**, περιλαμβάνει δύο υποκεφάλαια. Στο υποκεφάλαιο, που αναφέρεται στη συλλογή στοιχείων, περιγράφεται το πείραμα που πραγματοποιήθηκε και τα βασικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που συλλέχθηκαν. Παράλληλα, παρουσιάζονται επιγραμματικά κάποια βασικά στοιχεία, που αφορούν τον τρόπο χρήσης και τις βασικές λειτουργίες του προσομοιωτή, που έπρεπε να ρυθμιστούν, ώστε να συλλεχθούν τα απαραίτητα δεδομένα. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο, το οποίο αφορά την επεξεργασία των στοιχείων, παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των στοιχείων και ο τρόπος εισαγωγής τους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επιπρόσθετα, αναπτύσσεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά τη χρήση προγραμμάτων του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Συγκεκριμένα, δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα του τρόπου επεξεργασίας των στοιχείων και των τρόπων αντιμετώπισης των διάφορων προβλημάτων που προέκυψαν.

4.2 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν στο προηγούμενο σκέλος, στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης.

4.2.1 ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Εξετάστηκε πειραματικά σε προσομοιωτή οδήγησης ο βαθμός, στον οποίο οι καιρικές συνθήκες σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά του οδηγού και τον κυκλοφοριακό φόρτο, επιδρούν στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του οδηγού, που εξετάστηκαν, αφορούν την ηλικία, το φύλο, την οδηγική εμπειρία κ.α.

4.2.2 ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ

Αποφασίστηκε η έρευνα να εστιάσει στη μελέτη της συμπεριφοράς **νέων οδηγών**. Η απόφαση αυτή βασίστηκε στο γεγονός ότι, η ομάδα του δείγματος έπρεπε να είναι συμπαγής, με συγκεκριμένο μέγεθος και ήταν πιο εύκολο να αναζητηθούν νέοι οδηγοί. Επιπροσθέτως, είναι γνωστό από στατιστικά στοιχεία ότι ο κίνδυνος ατυχήματος σχετίζεται με την ηλικία του οδηγού. Οι νέοι ηλικιακά οδηγοί, εκτός του ότι έχουν μικρότερη εμπειρία στην οδήγηση, έχουν την τάση για υπερεκτίμηση της προσωπικής οδηγικής ικανότητάς τους και παρατηρείται μια αυξημένη πιθανότητα να εμπλακούν σε ατύχημα. Για τον λόγο αυτό, η επιλογή των συμμετεχόντων περιορίστηκε σε οδηγούς ηλικίας 20-30 ετών. Στο πείραμα συμμετείχαν 40 εθελοντές, 24 άντρες και 16 γυναίκες. Όλοι τους ήταν κάτοχοι διπλώματος οδήγησης, ενώ στην πλειοψηφία τους ήταν φοιτητές του Πολυτεχνείου.

4.2.3 Ο ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ

Το πείραμα αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί 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 εκατοστά, ενώ το πλάτος βάσης είναι 78 εκατοστά.



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

Διαθέτει ρυθμιζόμενο κάθισμα οδήγησης, τιμόνι διαμέτρου 27 εκατοστά, 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 οδήγησης

Το εικονικό οδικό περιβάλλον παράγεται μέσω υπολογιστή και απεικονίζει το οδόστρωμα και το οδικό περιβάλλον. Οι χρήστες οδηγούν κατά μήκος της οδού, υπό συνθήκες που προσομοιώνουν ρεαλιστικά τις πραγματικές. Επισημαίνεται ότι, οι συνθήκες οδήγησης στον προσομοιωτή δεν μπορεί να είναι απολύτως όμοιες, με εκείνες που αντιλαμβάνεται ο οδηγός στην πραγματικότητα. Όμως η αλλαγή συμπεριφοράς του οδηγού δεν επηρεάζει απαραίτητα τη σχετική επιρροή των διαφόρων παραμέτρων. Αυτό ενδεχομένως είναι πιο έντονο στη βροχή, όπου ο οδηγός υπό πραγματικές συνθήκες την αντιλαμβάνεται διαφορετικά σε σχέση με την οδήγηση στο προσομοιωμένο περιβάλλον.

Επίσης, στον προσομοιωτή παρέχεται η δυνατότητα προσομοίωσης πολλών καταστάσεων, μεταξύ εναλλακτικών τύπων οδών (αστική - υπεραστική οδός, αυτοκινητόδρομος) σε διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες (κανονική - μειωμένη - χωρίς - μόνο συνοδευτική ή επερχόμενη κυκλοφορία), και υπό διαφορετικό περιβάλλον (ευμενείς καιρικές συνθήκες, ομίχλη, βροχή, χιόνι, νύχτα). Παράλληλα ανάλογα με τις απαιτήσεις του πειράματος, μπορεί να επιλεγεί η προσομοίωση διαφόρων επικίνδυνων καταστάσεων, 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 4.4).



Εικόνα 4.4: Επικίνδυνα γεγονότα – Εμφάνιση εμποδίου (παιδιού)

Οι επιλογές αυτές ρυθμίζονται στο λογισμικό του προσομοιωτή μέσω ενός **ειδικού πληκτρολογίου ελέγχου** (Εικόνα 4.5). Το πλήκτρο **Mode** χρησιμοποιείται για την περιήγηση σε διαφορετικούς καταλόγους επιλογών του κύριου προγράμματος και για την αλλαγή στις επιλογές στο εσωτερικό ενός συγκεκριμένου καταλόγου, ενώ το πλήκτρο **Line** δίνει τη δυνατότητα περιήγησης εντός των επιλογών κάθε καταλόγου.



Εικόνα 4.5: Πληκτρολόγιο ελέγχου

Η **αποθήκευση των δεδομένων** των πειραμάτων πραγματοποιείται αυτόματα στο τέλος της διαδικασίας. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στο φάκελο «D:\Logfiles σε μορφή κειμένου(*txt)». Για να μετακινηθεί κάποιος από την οθόνη λειτουργίας του προσομοιωτή στην επιφάνεια εργασίας σε περιβάλλον Windows, αρκεί να πατήσει το

πλήκτρο Alt-Win  δεξιά του πλήκτρου Ctrl του πληκτρολογίου ή εναλλακτικά τα πλήκτρα Ctrl+Esc ταυτόχρονα για να μεταβεί στο μενού Έναρξης. Για κάθε πείραμα δημιουργούνται δυο αρχεία, ένα που φέρει την ονομασία Logfile*.txt και περιέχει όλες τις μεταβλητές που μετρήθηκαν και ένα αρχείο με την ονομασία ErrLog*.txt που περιέχει τα σφάλματα που πραγματοποίησε ο οδηγός. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο προσομοιωτής καταγράφει δεδομένα ανά διαστήματα των 33 έως 50 χιλιοστών του δευτερολέπτου (ms), γεγονός που σημαίνει ότι κάθε δευτερόλεπτο μετρώνται οι τιμές κάθε μεταβλητής έως και 30 φορές. Αρχικά καταγράφονται 33 μεταβλητές σε κάθε μέτρηση (Πίνακας 4.1). Αναλυτικά οι μεταβλητές αυτές θα περιγραφούν στο υποκεφάλαιο παρατηρηθείσες μεταβλητές.

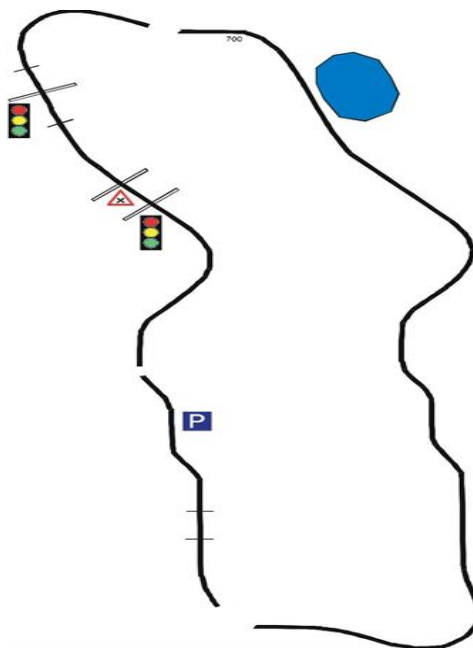
1	Time	current real-time in milliseconds since start of the drive.
2	x-pos	x-position of the vehicle in m.
3	y-pos	y-position of the vehicle in m.
4	z-pos	z-position of the vehicle in m.
5	Road	road number of the vehicle in [int].
6	Richt	direction of the vehicle on the road in [BOOL] (0/1).
7	Rdist	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	Drigh	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/sA2
25	acclon	acceleration longitudinal, in m/sA2
26	Evvis	event-visible-flag/event-indication, 0 = no event, 1 = event.
27	Evdist	event-distance in m.
28	ErrIno	number of the most important driving failure since the last data set
29	errlval	state date belonging to the failure, content varies according to type of failure
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 μεταβλητών. Πηγή: DR -ING.REINER FOERST GMB

4.2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ο προσομοιωτής, ως εργαλείο για τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς, διαθέτει ένα πλήθος σεναρίων οδήγησης και επιλογών που μπορούσαν να βοηθήσουν στο πείραμα. Με βάση τη βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε, την ελληνική πραγματικότητα αλλά και ένα πλήθος δοκιμών, που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ διαφορετικών σεναρίων, επιλέχθηκαν τελικά έξι διαφορετικά σενάρια ως η πιο κατάλληλη λύση για την επίτευξη του στόχου αυτής της Διπλωματικής Εργασίας. Και τα έξι αυτά σενάρια ουσιαστικά, αποτελούνται από την ίδια διαδρομή, η οποία όμως, θα παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με το κάθε σενάριο. Η συγκεκριμένη διαδρομή περιλαμβάνει οδήγηση σε **αστικό περιβάλλον μεγάλης πόλης** μήκους περίπου 1,67 χιλιομέτρων με όριο ταχύτητας τα 50 χιλιόμετρα ανά ώρα.

Το αστικό περιβάλλον περιλάμβανε σηματοδότες ελέγχου της κυκλοφορίας, κινήσεις πεζών, κυκλικό κόμβο, καταστήματα με βιτρίνες και επερχόμενη κυκλοφορία. Η οδός αρχικά είχε δύο λωρίδες κυκλοφορίας, μία ανά κατεύθυνση, χωρίς διαχωριστική νησίδα μεταξύ τους, ενώ περίπου από την Χ.Θ +720m και μέχρι το τέλος της διαδρομής παρέμενε με δύο λωρίδες κυκλοφορίας αλλά πλέον δύο ανά κατεύθυνση και με διαχωριστική νησίδα μεταξύ τους. Η διαδρομή αποτελούνταν από δύο μεγάλες ευθείες με έξι διαστρώσεις, ενώ δεν υπήρχε πουθενά κατά μήκος κλίση.



Εικόνα 4.6: Σκαρίφημα διαδρομής

Και στα έξι σενάρια που επιλέχθηκαν, η οδήγηση θα πραγματοποιούνταν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο πρώτος διαχωρισμός σχετικά με τα σενάρια οδήγησης σχετίζεται με τρεις διαφορετικές **καιρικές συνθήκες**, οδήγηση υπό καλές καιρικές

συνθήκες, οδήγηση υπό βροχή και οδήγηση υπό ομίχλη. Ο δεύτερος διαχωρισμός αφορά τις **συνθήκες κυκλοφορίας**, δηλαδή οδήγηση με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο ή οδήγηση με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Έτσι, τα τελικά σενάρια οδήγησης ήταν:

- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον υπό καλές καιρικές συνθήκες με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον υπό καλές καιρικές συνθήκες ,με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον υπό βροχή με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον υπό βροχή με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον υπό ομίχλη με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.
- Οδήγηση στο αστικό περιβάλλον υπό ομίχλη με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο.

Κρίθηκε σκόπιμο κατά τη διάρκεια της οδήγησης να συμβαίνουν σε συγκεκριμένα σημεία της διαδρομής (τα σημεία αυτά διέφεραν ανά σενάριο) διάφορα **επικίνδυνα συμβάντα**. Με βάση τις καταγραφές των αντιδράσεων των οδηγών στις μη αναμενόμενες καταστάσεις θα προκύψουν δεδομένα, που αναμένεται να είναι σημαντικά για τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών, σε αστικές οδούς, στην οδηγική συμπεριφορά και την ασφάλεια των συμμετεχόντων. Πρέπει να σημειωθεί ότι, λόγω του τρόπου με τον οποίο είχαν προγραμματιστεί τα συγκεκριμένα σενάρια, αυτά που αφορούσαν σε οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με καλές καιρικές συνθήκες (με υψηλό/ χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο) εκτελούνταν διαδοχικά, χωρίς ανάπαυλα μεταξύ τους. Αντίστοιχα, διαδοχικά εκτελούνταν και τα σενάρια που αφορούσαν οδήγηση στο αστικό περιβάλλον με βροχή (με υψηλό/ χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο) και αντίστοιχα με ομίχλη. Μετά την ολοκλήρωση ενός ζεύγους σεναρίων πραγματοποιείτο ένα διάλειμμα (η διάρκεια του οποίου καθοριζόταν από το συμμετέχοντα), που αφορούσε τον ίδιο τον οδηγό, καθώς η παρατεταμένη οδήγηση στον προσομοιωτή οδήγησης πιθανόν να του προκαλούσε κάποιες παρενέργειες, όπως π.χ. η ναυτία ή ζαλάδα, που έχει παρατηρηθεί σε παρόμοιες έρευνες. Στη συνέχεια παρατίθενται κάποιες επιπλέον εικόνες από το συγκεκριμένο περιβάλλον οδήγησης.



Εικόνα 4.7: Σενάριο οδήγησης σε αστικό περιβάλλον υπό ομίχλη



Εικόνα 4.8: Σενάριο οδήγησης σε αστικό περιβάλλον υπό βροχή



Εικόνα 4.9: Σενάριο οδήγησης σε αστικό περιβάλλον υπό καλές καιρικές συνθήκες-Κυκλικός κόμβος

4.2.6 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε μεταξύ τέλη Μαρτίου και αρχές Μαΐου 2017. Οι 40 συμμετέχοντες πήραν μέρος στην έρευνα εθελοντικά, οδήγησαν έξι φορές ο καθένας στον προσομοιωτή οδήγησης και κατόπιν, τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο.

Κάποια από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του προσομοιωτή οδήγησης αποτελούν η μη πλήρως ρεαλιστική απεικόνιση του περιβάλλοντος και των συνθηκών οδήγησης, η στέρηση από τον οδηγό των παραμέτρων της πραγματικής οδήγησης (π.χ. βροχή, κρύο) και η πιθανή αλλαγή της συμπεριφοράς του οδηγού στην καθημερινή ζωή, σε πραγματικές συνθήκες, που δεν «παρακολουθείται» από τον προσομοιωτή οδήγησης. Προκειμένου να μειωθούν οι επιπτώσεις στα αποτελέσματα του προσομοιωτή οδήγησης, που οφείλονται στην μη εξοικείωση του οδηγού με το περιβάλλον προσομοίωσης, αλλά και με τον ίδιο τον προσομοιωτή οδήγησης (π.χ. διαφορετική θέση στο κιβώτιο ταχυτήτων στον προσομοιωτή οδήγησης σε σχέση με τη θέση που έχει στο προσωπικό αυτοκίνητο του συμμετέχοντα κ.λπ.), αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν κάποιες **δοκιμαστικές διαδρομές** πριν την έναρξη του πειράματος.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια όλων των πειραματικών διαδικασιών ήταν παρών ο **συντονιστής του πειράματος**. Ο συντονιστής του πειράματος είχε γνώση

του χειρισμού του προσομοιωτή και ήταν αυτός που είχε αναλάβει την περιήγηση στο μενού του προσομοιωτή και την επιλογή έναρξης του κάθε σεναρίου οδήγησης, που καλείτο να πραγματοποιήσει ο κάθε εθελοντής. Επιπλέον, ο ρόλος του στο πείραμα είχε και συμβουλευτικό χαρακτήρα, καθώς φρόντιζε να εξοικειώσει όσο το δυνατόν καλύτερα τους συμμετέχοντες με τον προσομοιωτή οδήγησης κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών διαδρομών.

Βοηθούσε τους εθελοντές να ρυθμίσουν το κάθισμά τους, να εξοικειωθούν στην οδήγηση με τις τρεις διαφορετικές οθόνες του προσομοιωτή οδήγησης, έδινε οδηγίες για το πώς να παραμείνουν εντός της λωρίδας κυκλοφορίας τους (λόγω της οδήγησης σε προσομοιωτή ο συμμετέχων δεν μπορεί να έχει καλή αίσθηση του μεγέθους και των διαστάσεων του αυτοκινήτου στο δρόμο) ή για το αν σε κάποια σημεία των διαδρομών έπρεπε να επιβραδύνουν (π.χ. σε κάποιες στροφές όπου υπήρχε ο κίνδυνος να χάσουν τον έλεγχο του αυτοκινήτου λόγω της κακής απεικόνισης του περιβάλλοντος από τον προσομοιωτή οδήγησης, εξαιτίας της αυξημένης ταχύτητας). Τέλος, μπορεί να κρατούσε πρόχειρες σημειώσεις για κάποια τυχαία περιστατικά κατά τη διάρκεια των πειραματικών διαδικασιών, όπως αν ζητήθηκε από το συμμετέχοντα να πραγματοποιήσει σκόπιμα ατύχημα, επειδή ο προσομοιωτής οδήγησης παρουσίασε κάποια δυσλειτουργία κ.α.

Η συλλογή στοιχείων μέσω του προσομοιωτή οδήγησης περιλάμβανε τέσσερις φάσεις:

Στην **πρώτη φάση** αποκλειστικός σκοπός αποτελούσε η **εξοικείωση** των συμμετεχόντων με τον προσομοιωτή οδήγησης. Αποφασίστηκε ο κάθε εθελοντής, πριν από την έναρξη των μετρήσεων, να οδηγήσει τουλάχιστον σε δύο διαφορετικές διαδρομές (θα έκρινε ο συντονιστής του πειράματος αν χρειαζόταν παραπάνω ανάλογα με το βαθμό εξοικείωσης που ο κάθε οδηγός φαινόταν να έχει αποκτήσει μετά το πέρας αυτών των διαδρομών). Η **πρώτη δοκιμαστική διαδρομή** πραγματοποιήθηκε στο σενάριο «Ελεύθερη Οδήγηση» και περιλάμβανε τόσο τμήμα υπεραστικής οδού όσο και τμήμα αστικής οδού. Επιλέχθηκαν καλές καιρικές συνθήκες και χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος. Η **δεύτερη δοκιμαστική διαδρομή** επιλέχθηκε να είναι τμήμα επαρχιακής οδού, μέχρι το πρώτο επικίνδυνο συμβάν, ώστε να συνηθίσει ο οδηγός τα χαρακτηριστικά του οχήματος (χρήση φρένου). Μετά το τέλος και αυτής της διαδρομής ακολουθούσε διάλειμμα μικρής διάρκειας, στο οποίο ο οδηγός ξεκουραζόταν και έθετε στο συντονιστή του πειράματος τυχόν απορίες του.

Στην πρώτη φάση ο συντονιστής του πειράματος, αφού πρώτα είχε κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις στον προσομοιωτή, έκανε γνωστό στους συμμετέχοντες ότι πρόκειται για τη φάση εξοικείωσης και ότι τα δεδομένα δε θα χρησιμοποιηθούν για τη Διπλωματική Εργασία, έτσι ώστε να μην αγχωθούν από τυχόν λάθη τους. Παρέμενε συνεχώς δίπλα στους συμμετέχοντες, δίνοντας όσο το δυνατόν περισσότερες κατευθυντήριες συμβουλές και παρουσιάζοντάς τους τυχόν ιδιαιτερότητες του

προσομοιωτή. Στο τέλος και της δεύτερης δοκιμαστικής διαδρομής, ο παρατηρητής επέλυε τυχόν απορίες του οδηγού ή, εάν έκρινε απαραίτητο, επέλεγε τη συνέχιση της δοκιμαστικής διαδικασίας, μέχρι ο κάθε συμμετέχων να έχει αποκτήσει τον απαραίτητο βαθμό εξοικείωσης. Επίσης, ρύθμιζε τον προσομοιωτή σύμφωνα με το επόμενο σενάριο οδήγησης και έδινε οδηγίες για την επόμενη φάση του πειράματος.

Στην **δεύτερη φάση**, ο οδηγός καλείτο να οδηγήσει στο επιλεγμένο σενάριο, δηλαδή με καλές καιρικές συνθήκες ή με ομίχλη ή με βροχή, διαδοχικά, χωρίς ανάπαυλα, δύο φορές την **προκαθορισμένη διαδρομή** εντός του αστικού περιβάλλοντος, μία υπό χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο και μία υπό υψηλό (το με ποιο από τα δύο σενάρια κυκλοφοριακού φόρτου θα ξεκινούσε, καθοριζόταν αποκλειστικά από το συντονιστή). Ήταν υποχρεωμένος να μην ομιλεί και να οδηγεί συγκεντρωμένος, όπως οδηγεί κανονικά στην καθημερινότητά του. Μετά την ολοκλήρωση της 2^{ης} φάσης του πειράματος ακολουθούσε διάλειμμα μικρής διάρκειας, η οποία καθοριζόταν από τον οδηγό ανάλογα με την κόπωση που είχε αισθανθεί.

Ο ρόλος του συντονιστή του πειράματος σε αυτή τη φάση ήταν σαφώς πιο περιορισμένος. Πρώτη του αρμοδιότητα αποτελούσε να πραγματοποιήσει τις απαραίτητες ρυθμίσεις στον προσομοιωτή και να επιλέξει με ποιο σενάριο οδήγησης θα ξεκινούσε ο κάθε συμμετέχων, ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν καλύτερη κατανομή των οδηγών σχετικά με το ποιο σενάριο θα αποτελούσε το πρώτο τους (και άρα ακόμη δε θα είχαν την καλύτερη εξοικείωση με τον προσομοιωτή). Κατά την υπόλοιπη διάρκεια του πειράματος, σε αυτή τη φάση, δε συμμετείχε καθόλου και παρακολουθούσε απλά το πείραμα από μία διακριτική απόσταση και εκτός του οπτικού πεδίου του οδηγού, ώστε να μην αποτελεί έναν παράγοντα απόσπασης προσοχής. Μοναδική παρέμβαση πραγματοποιείτο στο τέλος της 1^{ης} διαδρομής, όπου έδινε οδηγίες στους συμμετέχοντες προκειμένου να μεταφερθούν αυτόματα στο επόμενο σενάριο οδήγησης. Βασικός του ρόλος ήταν να καταγράφει τη διαδοχή των σεναρίων που ακολουθήθηκε, αλλά και τυχόν παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος (π.χ. σβήσιμο της μηχανής, εσκεμμένη εμπλοκή σε ατύχημα λόγω δυσλειτουργίας του προσομοιωτή κ.α.). Μετά το πέρας και των δύο διαδρομών, τερμάτιζε αυτός το σενάριο (με σκοπό να αποθηκευτούν τα δεδομένα στον ίδιο φάκελο) και ρύθμιζε τον προσομοιωτή σύμφωνα με το επόμενο σενάριο οδήγησης.

Η **τρίτη φάση** του πειράματος προσομοίωσης ήταν πανομοιότυπη με τη δεύτερη, η μόνη διαφορά ήταν στις ειδικές συνθήκες του σεναρίου οδήγησης. Εάν ο οδηγός για παράδειγμα στη δεύτερη φάση είχε οδηγήσει υπό καλές καιρικές συνθήκες, τότε σε αυτήν τη φάση οδηγούσε υπό βροχή ή υπό ομίχλη κοκ. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν **διαφορετικοί συνδυασμοί σχετικά με την αλληλουχία των σεναρίων οδήγησης**, που είχε τη δυνατότητα να οδηγήσει ο κάθε συμμετέχων, έτσι ώστε η σταδιακή εξοικείωσή του με τον προσομοιωτή να μην επηρεάσει συνολικά τα αποτελέσματα.

Η **τέταρτη φάση** του πειράματος προσομοίωσης ήταν πανομοιότυπη με τη δεύτερη και την τρίτη, η μόνη διαφορά ήταν στις ειδικές συνθήκες του σεναρίου οδήγησης. Στη τέταρτη φάση του πειράματος οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν το σενάριο που είχε απομείνει. Στο τέλος της τέταρτης φάσης ο συντονιστής του πειράματος μετέφερε τα αρχεία των δεδομένων από τον υπολογιστή του προσομοιωτή σε μία φορητή μονάδα αποθήκευσης, αφού πρώτα είχε δημιουργήσει ένα φάκελο ξεχωριστά για τις μετρήσεις που αντιστοιχούσαν σε κάθε συμμετέχοντα, ώστε να αποθηκευτούν τελικά στον υπολογιστή που θα πραγματοποιηθεί η επεξεργασία και να κρατηθούν αντίγραφα ασφαλείας.

Μετά το τέλος του πειράματος στον προσομοιωτή, ο συμμετέχον καλούνταν να **συμπληρώσει το παρακάτω ερωτηματολόγιο**.

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:

(μπορείτε να σημειώσετε περισσότερες από μία απαντήσεις)

	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	Ίσως	Όχι
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
Ενημερώνετε 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 μετά την ολοκλήρωση του πειράματος

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η **διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων** που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων και της πειραματικής διαδικασίας. Δίδεται μια σύντομη παρουσίαση των προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιούνται και κάποια χρήσιμα στοιχεία πάνω στη λειτουργία τους και παρουσιάζεται επιγραμματικά η διαδικασία εισαγωγής των μεταβλητών στο λογισμικό της στατιστικής ανάλυσης.

4.3.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Τα **δεδομένα των ερωτηματολογίων** καταχωρήθηκαν σε ένα πίνακα με 40 γραμμές, όσοι ήταν και οι συμμετέχοντες, και αφορούν τόσο στα δημογραφικά χαρακτηριστικά τους όσο και στις συνήθειές τους κατά την οδήγηση. Στο σημείο αυτό προέκυψε το ερώτημα, με ποιο τρόπο θα καταχωρούνταν τα στοιχεία στον πίνακα που αποτελούνταν από ποσοτικά μεγέθη, όπως είναι η ηλικία, και από ποιοτικά, όπως είναι το φύλο.

Για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων στο πρόγραμμα της στατιστικής ανάλυσης ήταν αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος, ώστε όλες οι **μεταβλητές** να είναι **συγκρίσιμες** μεταξύ τους. Για να αποκτήσουν οι ποιοτικές μεταβλητές την έννοια της μέτρησης αποφασίστηκε να καταχωρηθούν στον πίνακα με τέτοιο τρόπο, ώστε η κάθε πιθανή απάντηση του ερωτηματολογίου να αντιστοιχεί σε κάποιον ακέραιο αριθμό. Για παράδειγμα η οδηγική εμπειρία χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες, 1-3, 4-6, >7 έτη, οι οποίες αντιπροσωπεύονται από τρεις μεταβλητές, dr_expr1, dr_expr2 και dr_expr3 αντίστοιχα, και έπαιρναν τις τιμές 1 και 0, για «ναι» και «όχι» αντίστοιχα. Σε περίπτωση που κάποιος απαντούσε ότι, έχει εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές εντός πόλης, στην αντίστοιχη στήλη τοποθετήθηκε 1 (καταφατική απάντηση), αλλιώς 0 (αρνητική απάντηση). Η ηλικία επίσης εισήχθη ως διακριτή μεταβλητή και έπαιρνε την τιμή 1 για ηλικίες από 20 έως 23 ετών και την τιμή 0 για 24 έως 28 ετών. Τέλος και το φύλο εισήχθη ως διακριτή μεταβλητή, με την τιμή 1 για «Γυναίκα» και την τιμή 0 για «Άντρα». Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μεταβλητές που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο (Πίνακες 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3), καθώς και απόσπασμα από τον πίνακα που καταχωρήθηκαν οι μεταβλητές αυτές (Πίνακας 4.3).

μεταβλητή	περιγραφή/ τιμές	τύπος μεταβλητής
Age	ηλικία συμμετέχοντα (από 20-23 ετών=0, από 24-28 ετών=1)	nominal
Gender	φύλο συμμετέχοντα (Άντρας=0, Γυναίκα=1)	nominal
dr_exp1	οδηγική εμπειρία από 1-3 έτη (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_exp2	οδηγική εμπειρία από 4-6 έτη (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_exp3	οδηγική εμπειρία >7 έτη (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_enj	αν αρέσει η οδήγηση στον συμμετέχοντα (ναι=1, όχι=0)	nominal
acc_inj_g	αν ο συμμετέχοντας έχει εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες με καλές καιρικές συνθήκες εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
acc_inj_r	αν ο συμμετέχοντας έχει εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες με βροχή εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
acc_inj_f	αν ο συμμετέχοντας έχει εμπλακεί σε ατύχημα με παθόντες με ομίχλη εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
acc_dam_g	αν ο συμμετέχοντας έχει εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές με καλές καιρικές συνθήκες εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
acc_dam_r	αν ο συμμετέχοντας έχει εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές με βροχή εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
acc_dam_f	αν ο συμμετέχοντας έχει εμπλακεί σε ατύχημα με υλικές ζημιές με ομίχλη εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_hes_r	αν θα απέφευγε να οδηγήσει με βροχή εντός πόλης (ίσως=2, ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_hes_f	αν θα απέφευγε να οδηγήσει με βροχή εντός πόλης (ίσως=2, ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_start_inf_r	αν ενημερώνεται για τα πρόσφατα δεδομένα καιρού και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή, εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_start_inf_f	αν ενημερώνεται για τα πρόσφατα δεδομένα καιρού και τις οδικές συνθήκες κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη, εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal

Πίνακας 4.2.1: Πίνακας μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο

μεταβλητή	περιγραφή/ τιμές	τύπος μεταβλητής
dr_start_plan_r	αν σχεδιάζει την διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσει κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή, εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_start_plan_f	αν σχεδιάζει την διαδρομή που πρόκειται να ακολουθήσει κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη, εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_start_func_t_r	αν βεβαιώνεται για την καλή λειτουργία των υαλοκαθαριστήρων και των φωτών πορείας κατά την εκκίνηση της οδήγησης με βροχή, εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_start_func_t_f	αν βεβαιώνεται για την καλή λειτουργία των υαλοκαθαριστήρων και των φωτών πορείας κατά την εκκίνηση της οδήγησης με ομίχλη, εντός πόλης (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_sp_r	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στη βροχή, μειώνοντας ταχύτητα και οδηγώντας πιο προσεκτικά (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_sp_f	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στην ομίχλη, μειώνοντας ταχύτητα και οδηγώντας πιο προσεκτικά (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_r_r	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στη βροχή, οδηγώντας στην άκρη του δρόμου (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_r_f	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στην ομίχλη, οδηγώντας στην άκρη του δρόμου (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_nbr_r	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στη βροχή, αποφεύγοντας τα απότομα φρεναρίσματα(ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_nbr_f	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στην ομίχλη, αποφεύγοντας τα απότομα φρεναρίσματα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_l_r	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στη βροχή, ανάβοντας τα φώτα πορείας (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_l_f	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στην ομίχλη, ανάβοντας τα φώτα πορείας (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_dist_r	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στη βροχή, τηρώντας αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα(ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_dist_f	η οδική του συμπεριφορά μεταβάλλεται στην ομίχλη, τηρώντας αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα(ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_nc_r	η οδική του συμπεριφορά δεν μεταβάλλεται στη βροχή (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_nc_f	η οδική του συμπεριφορά δεν μεταβάλλεται στην ομίχλη (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_stop_r	σταματάει το όχημα στη βροχή (ναι=1, όχι=0)	nominal
dr_beh_stop_f	σταματάει το όχημα στην ομίχλη (ναι=1, όχι=0)	nominal

Πίνακας 4.2.2: Πίνακας μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο

μεταβλητή	περιγραφή/ τιμές	τύπος μεταβλητής
dang1_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang1_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang2_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή το ολισθηρό οδόστρωμα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang2_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη το ολισθηρό οδόστρωμα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang3_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή την δυσκολία στο φρενάρισμα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang3_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη την δυσκολία στο φρενάρισμα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang4_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή την επικύνδυνη συμπεριφορά των άλλων (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang4_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη την επικύνδυνη συμπεριφορά των άλλων (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang5_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang5_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang6_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang6_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang7_r	θεωρεί επικύνδυνο στη βροχή την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
dang7_f	θεωρεί επικύνδυνο στην ομίχλη την περιορισμένη ορατότητα (ναι=1, όχι=0)	nominal
redspeed(r)<20	αν μειώνει την ταχύτητα από 0-20 χλμ/ώρα σε βροχή (ναι=1, όχι=0)	nominal
redspeed(r)>20	αν μειώνει την ταχύτητα από >20 χλμ/ώρα σε βροχή (ναι=1, όχι=0)	nominal
redspeed(f)<20	αν μειώνει την ταχύτητα από 0-20 χλμ/ώρα σε ομίχλη (ναι=1, όχι=0)	nominal
redspeed(f)>20	αν μειώνει την ταχύτητα από >20 χλμ/ώρα σε ομίχλη (ναι=1, όχι=0)	nominal

Πίνακας 4.2.3: Πίνακας μεταβλητών που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο

PersonID	Age	Gender	dr_exp1	dr_exp2	dr_exp3	dr_enj	acc_inj_g	acc_inj_r	acc_inj_f	acc_dam_g	acc_dam_r	acc_dam_f	dr_hes_r
AMS1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS4	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS5	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS6	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS7	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
AMS8	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS9	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS10	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS11	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2
AMS12	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS13	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS14	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	2
AMS15	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
AMS16	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS17	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
AMS19	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2
AMS20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS21	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS22	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2
AMS23	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
AMS24	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS24	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
AMS25	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
AMS26	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2

Πίνακας 4.3: Απόσπασμα τελικού πίνακα μεταβλητών ερωτηματολογίου

Τέλος, στα γραφήματα που ακολουθούν, αποτυπώνονται οι κατανομές των διακριτών μεταβλητών του φύλου και της οδηγικής εμπειρίας των συμμετεχόντων οδηγών.



Γράφημα 4.1: Κατανομή του φύλου των συμμετεχόντων



Γράφημα 4.2: Κατανομή της οδηγικής εμπειρίας των συμμετεχόντων

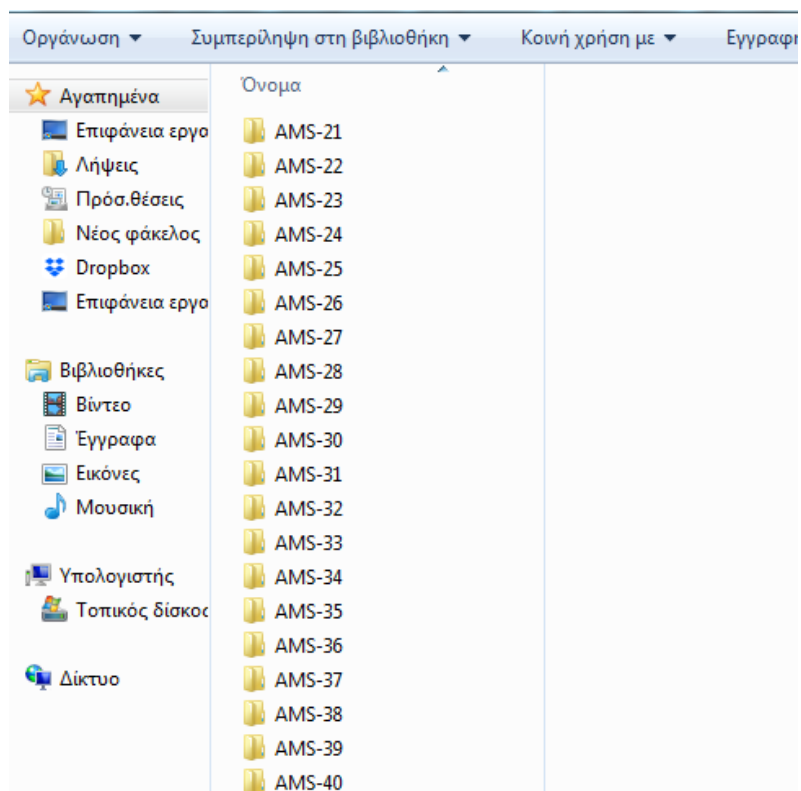
4.3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

Τα αρχεία με τις **μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης** που εξάγονται είναι σε μορφή κειμένου (*.txt). Για να γίνει δυνατή η επεξεργασία τους αρχικά έγινε η εισαγωγή τους σε φύλλο επεξεργασίας Excel. Τα αρχεία που προκύπτουν, περιλαμβάνουν όλες τις μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος. Αυτό σημαίνει ότι η 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.

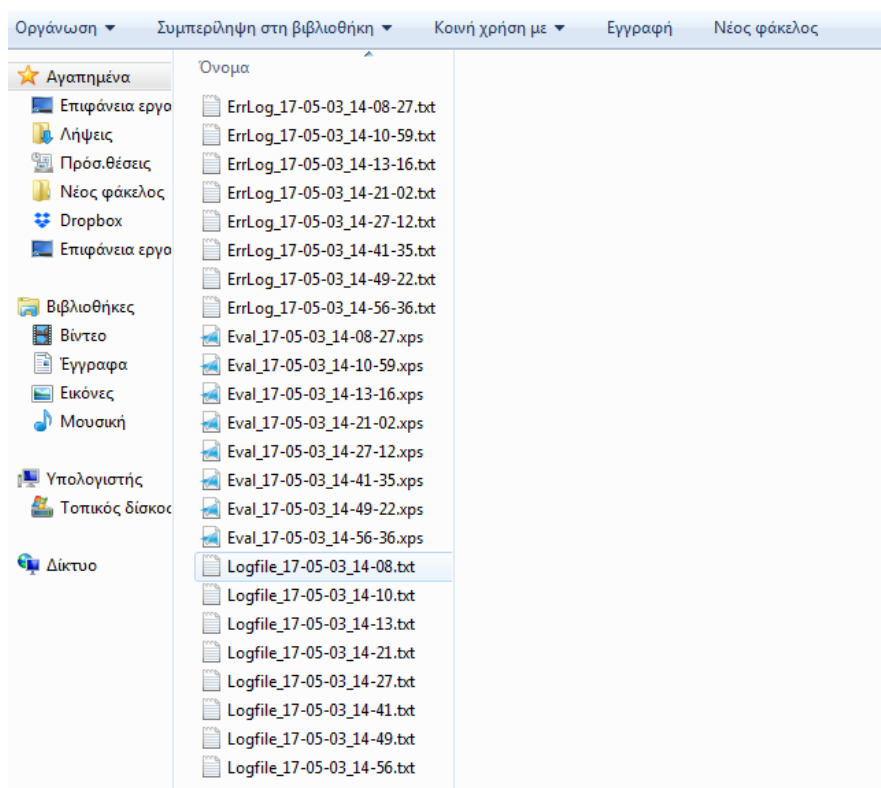
4.3.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ EXCEL

Για κάθε διαδρομή κάθε συμμετέχοντα δημιουργήθηκε ένα διαφορετικό φύλλο εργασίας. Οι διαφορετικές διαδρομές (για τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες), στη φάση προσομοίωσης του πειράματος, αποθηκεύτηκαν στον ίδιο φάκελο για κάθε οδηγό για λόγους ασφαλείας και ομαδοποίησης (Εικόνα 4.10). Στο φάκελο αυτό περιλαμβάνονται τα αρχεία από κάθε ζεύγος διαδρομών (Logfile*.txt), καθώς και τα αρχεία με τα λάθη και τις παρατηρήσεις που αφορούν κάθε ζεύγος διαδρομών (ErrLog*.txt) (Εικόνα 4.11).

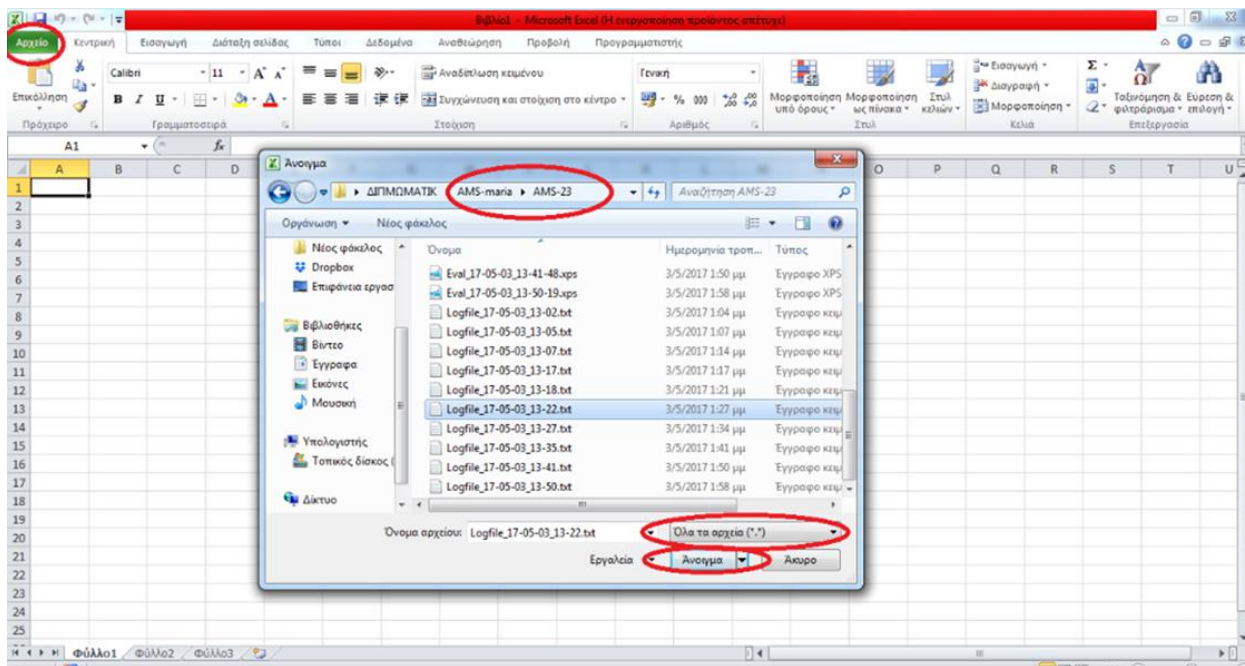
Τα αρχεία, που συλλέχθηκαν από τον προσομοιωτή οδήγησης για κάθε συμμετέχοντα, εισάγονται στο λογισμικό EXCEL μέσω της εντολής Αρχείο >Άνοιγμα >Επιλογή αρχείου Logfile*.txt >Όλα τα αρχεία >Άνοιγμα. (Εικόνες 4.12)



Εικόνα 4.10 : Αρχεία οδηγιών από τις μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης



Εικόνα 4.11: Αρχεία δεδομένων διαδρομών οδηγιών από τις μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης



Εικόνα 4.12: Εισαγωγή εξωτερικών δεδομένων στο Excel

Logfile_17-05-03_13-22.txt - Microsoft Excel (Η εγγραφή είναι κλειστή)

ΑρχείοΚεντρικήΕισαγωγήΔιασάφειαςΤύποιΔεδομέναΑναζήτησηΠροβολήΠρογραμματιστής

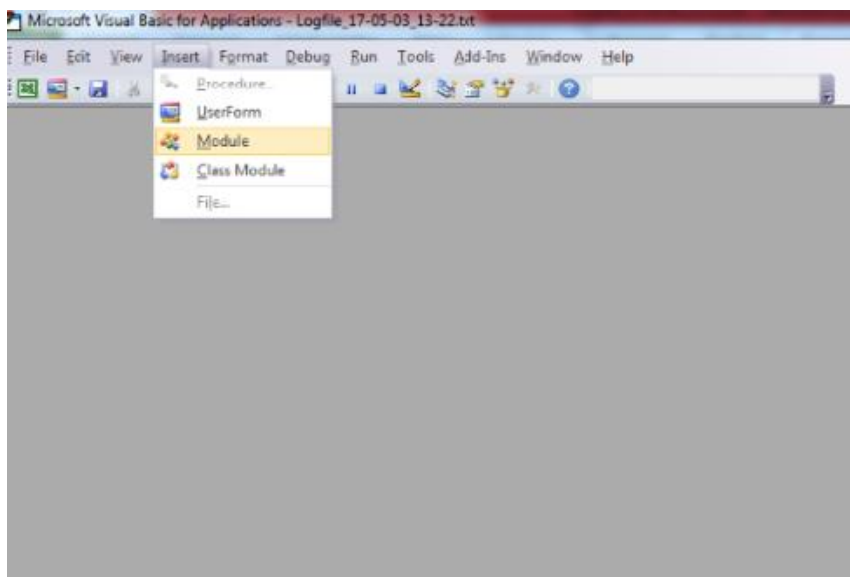
Calibri11A⁺⁻
B I U

Εικόνα 4.13: Εισαγωγή μετρήσεων στο Excel

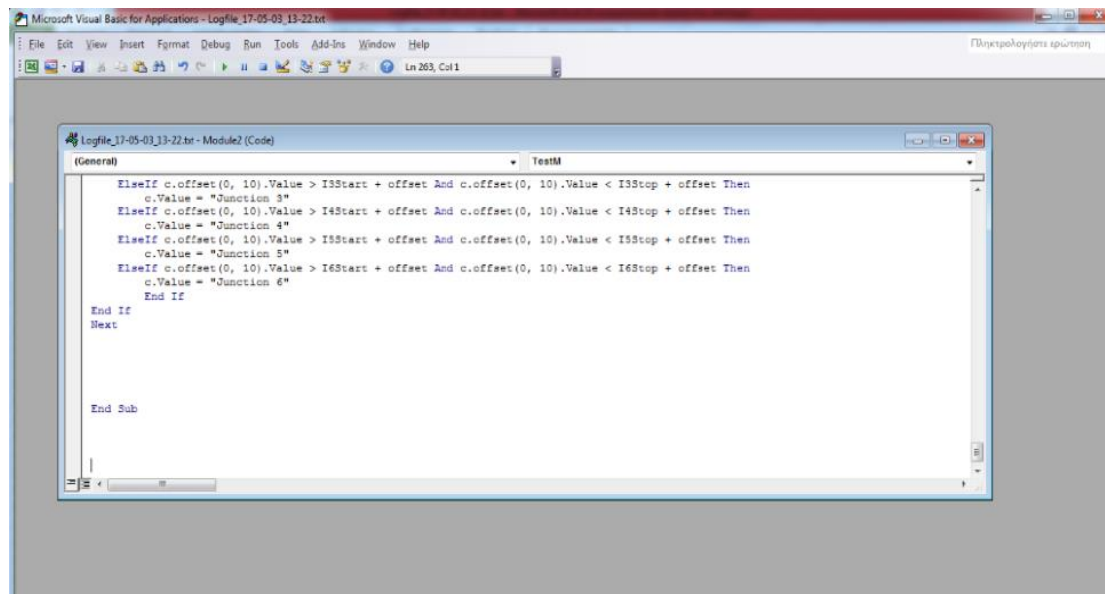
4.3.2.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕ VISUAL BASIC

Παρατηρώντας τα στοιχεία που παρείχε ο προσομοιωτής οδήγησης για την κάθε μέτρηση που πραγματοποιήθηκε, αναγνωρίστηκε η ανάγκη για περαιτέρω επεξεργασία των στοιχείων, καθώς για το σκοπό της έρευνας τα στοιχεία κρίθηκαν ελλιπή. Για λόγους οικονομίας χρόνου, αντιλαμβανόμενοι τον όγκο των καταγραφών, θεωρήθηκε σωστότερη η χρήση της visual basic με τη δημιουργία ενός script, με το οποίο «έτρεχαν» τα δεδομένα και τελικώς παρείχαν πλέον επαρκείς μεταβλητές. Η παραπάνω επεξεργασία πραγματοποιείτο μέσω της εντολής Προγραμματιστής >Visual Basic >Insert >Module (Εικόνα 4.14). Έπειτα, αφού δημιουργήθηκε το script σε αρχείο της μορφής .txt, εισαγόταν στο περιβάλλον της Visual Basic (Εικόνα 4.15) και επιλεγόταν η εντολή Run. Μετά την επεξεργασία στον πίνακα των δεδομένων, προστέθηκαν στήλες, που προσέφεραν περισσότερα στοιχεία, τόσο μεταβλητές, όσο και στοιχεία κατανόησης και οργάνωσης.

Με την εφαρμογή του παραπάνω προγράμματος, οι στήλες για καλύτερη κατανόηση και οργάνωση, που προστέθηκαν, ήταν το **Personal ID** (Εικόνα 4.16), όπου τοποθετείται ο κωδικός του οδηγού (AMS1, AMS2, κοκ), το **Traffic** (Εικόνα 4.17), όπου αναγράφονται οι συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου, που επικρατούσαν στην κάθε διαδρομή (L ή H) και η στήλη **Distractor** (Εικόνα 4.18), όπου αν η συγκεκριμένη διαδρομή ήταν υπό καλές καιρικές συνθήκες, συμπληρωνόταν με την ένδειξη NICE, αν ήταν υπό βροχή, με την ένδειξη RAIN, ενώ αν ήταν υπό ομίχλη, με την ένδειξη FOG. Επίσης, προστέθηκε αυτόματα η στήλη State (Εικόνα 4.19), όπου αναγράφεται αν υπήρξε κάποιο συμβάν κάθε στιγμή π.χ. NO EVENT.



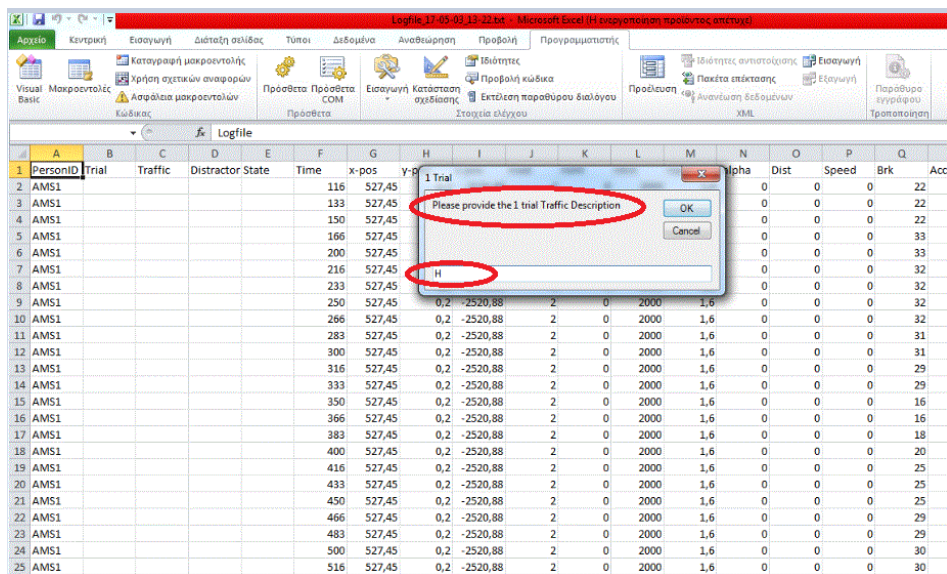
Εικόνα 4.14: Εντολή Insert Module



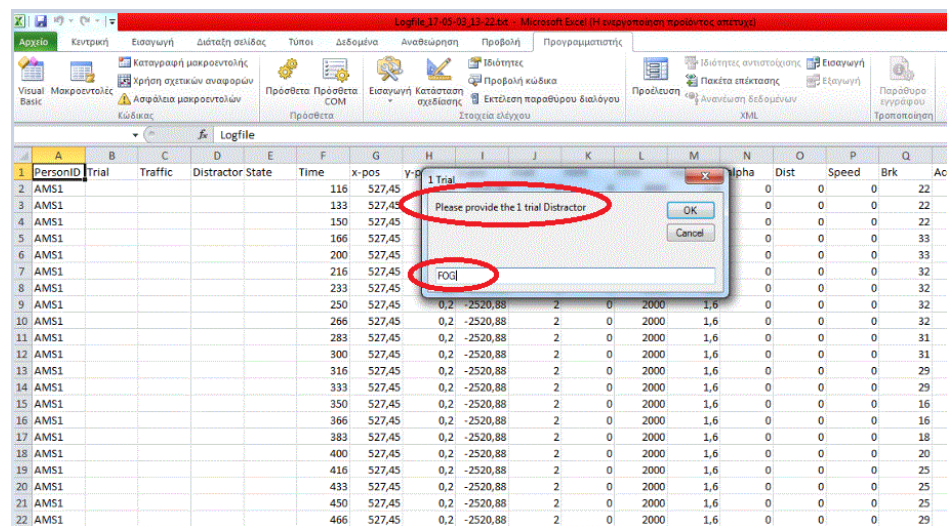
Εικόνα 4.15: Εισαγωγή εντολών Script στην Visual Basic

PersonID	Trial	Traffic	Distractor	State	Time	x-pos	y-pos	Alpha	Dist	Speed	Brk	Acc	Clutch	Gear	RPM
116	527,45								0	0	0	22	0	100	0
133	527,45								0	0	0	22	0	100	0
150	527,45								0	0	0	22	0	100	0
166	527,45								0	0	0	33	0	100	0
200	527,45								0	0	0	33	0	100	0
216	527,45								0	0	0	32	0	100	0
233	527,45								0	0	0	32	0	100	0
250	527,45								0	0	0	32	0	100	0
266	527,45								0	0	0	32	0	100	0
283	527,45								0	0	0	31	0	100	0
300	527,45								0	0	0	31	0	100	0
316	527,45								0	0	0	29	0	100	0
333	527,45								0	0	0	29	0	100	0
350	527,45								0	0	0	16	0	100	0
366	527,45								0	0	0	16	0	100	0
383	527,45								0	0	0	18	0	100	0
400	527,45								0	0	0	20	100	100	0
416	527,45								0	0	0	25	100	100	0
433	527,45								0	0	0	25	100	100	0
450	527,45								0	0	0	25	100	100	0
466	527,45								0	0	0	29	100	100	0
483	527,45								0	0	0	29	100	100	0
500	527,45								0	0	0	30	0	100	0
516	527,45								0	0	0	30	0	100	0

Εικόνα 4.16: PersonID, Κωδικός οδηγού της μέτρησης



Εικόνα 4.17: Συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου που επικρατούσαν



Εικόνα 4.18: Καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν

Αρχείο

Κεντρική

Εισαγωγή

Διάταξη σελίδας

Τύποι

Δεδομένα

Αναθεώρηση

Προβολή

Προγραμματισμός

Visual Basic

Μακροεντολές

Καταγραφή μακροεντολής

Χρήση σχετικών αναφορών

Ασφάλεια μακροεντολών

Πρόσθετα

Πρόσθετα COM

Εισαγωγή

Κατάσταση σχεδίασης

Ιδιότητες

Προβολή κώδικα

Εκτύπωση παραθύρου διαλόγου

Προέκταση

Κώδικας

Στοιχεία ελέγχου

A183

AMS1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	PersonID	Trial	Traffic	Distract	State	Junction	Time	x-pos	y-pos	z-pos	road	richt
2	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	116	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
3	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	133	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
4	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	150	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
5	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	166	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
227	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3883	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
228	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3899	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
229	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3916	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
230	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3933	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
231	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3949	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
232	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3966	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
233	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3983	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
234	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	3999	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
235	AMS1	1 H	FOG	SPEED 0	No Junction	4016	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
236	AMS1	1 H	FOG	NO EVENT	No Junction	4033	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
237	AMS1	1 H	FOG	NO EVENT	No Junction	4049	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
238	AMS1	1 H	FOG	NO EVENT	No Junction	4066	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
239	AMS1	1 H	FOG	NO EVENT	No Junction	4083	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
240	AMS1	1 H	FOG	NO EVENT	No Junction	4099	527,45	0,2	-2520,88	2	0	
241	AMS1	1 H	FOG	NO EVENT	No Junction	4116	527,45	0,2	-2520,88	2	0	

Εικόνα 4.19: Πίνακας Excel μετά τη χρήση της Visual Basic

4.3.2.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, δημιουργήθηκαν τελικά 40 συνολικά αρχεία Excel, με το καθένα να αντιστοιχεί στις μετρήσεις του προσομοιωτή οδήγησης για τον κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά. Σκοπός αποτελεί η δημιουργία μίας ενιαίας βάσης μετρήσεων συγκεντρωτικά για όλους τους οδηγούς. Χρήσιμο εργαλείο σε αυτή τη φάση της Διπλωματικής Εργασίας, αποδείχθηκε η χρήση της Microsoft Office Access με τη δημιουργία και την εκτέλεση δύο «queries» με τα οποία «έτρεχαν» τα δεδομένα και τελικά αυτά εξάγονταν υπό μορφή εύκολα επεξεργάσιμη και κατανοητή.

Με την εφαρμογή του πρώτου από τα «queries» προκύπτει ένας συγκεντρωτικός πίνακας, όπου σε κάθε συμμετέχοντα αντιστοιχούν έξι σειρές. Η κάθε σειρά αντιστοιχεί σε κάθε διαφορετικό σενάριο οδήγησης (τα οποία δημιουργήθηκαν αναλόγως με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις διαφορετικές καιρικές συνθήκες) και περιλαμβάνει τα συγκεντρωτικά στοιχεία του κάθε σεναρίου. Τα στοιχεία αυτά αφορούν στους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις όλων των μεταβλητών, οι οποίες παρέχονται από τον προσομοιωτή. Για τον υπολογισμό των προαναφερθέντων στοιχείων εξαιρέθηκαν τα τμήματα της διαδρομής, στα οποία υπήρχαν συμβάντα, τα τμήματα στα οποία υπήρχαν διασταυρώσεις, όπως επίσης και τα τμήματα στα οποία για οποιοδήποτε λόγο η ταχύτητα του οδηγού ήταν μηδενική.

Με την εφαρμογή του δεύτερου από τα «queries» προκύπτει ένας συγκεντρωτικός πίνακας, όπου σε κάθε συμμετέχοντα αντιστοιχούν δώδεκα σειρές. Ο αριθμός των

σειρών είναι διπλάσιος του αριθμού των σεναρίων οδήγησης, καθώς σε κάθε διαφορετικό σενάριο πραγματοποιούνταν δύο ξεχωριστά απρόσμενα συμβάντα. Έτσι, η κάθε σειρά αντιστοιχεί σε κάθε συμβάν ξεχωριστά και περιλαμβάνει το **χρόνο αντίδρασης** του οδηγού και την πληροφορία, **για το αν στο συγκεκριμένο συμβάν πραγματοποιήθηκε ατύχημα ή όχι**.

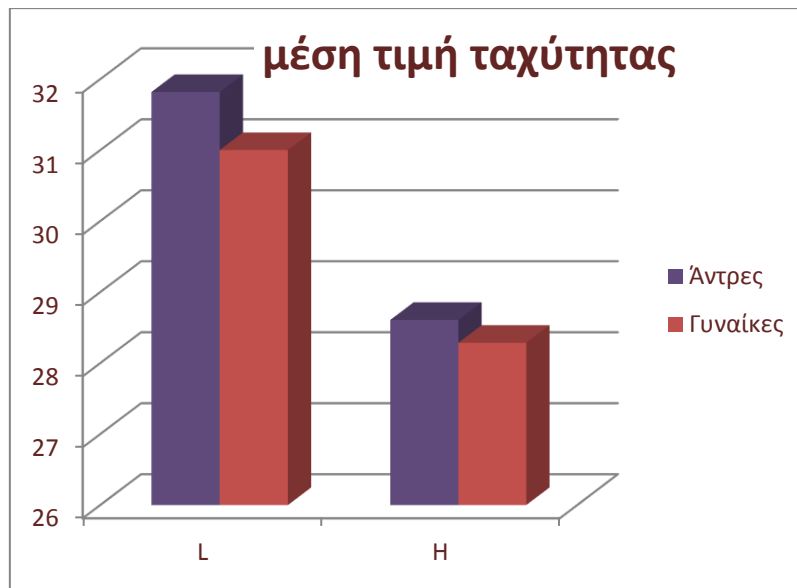
Στη συνέχεια, ο καθένας από τους παραπάνω πίνακες μεταφέρθηκε σε ξεχωριστό φύλλο επεξεργασίας του Excel. Με τη χρήση απλών εντολών επεξεργασίας, δημιουργήθηκε σε ένα ενιαίο αρχείο, η τελική βάση δεδομένων, που περιλαμβάνει τα επεξεργασμένα πλέον δεδομένα των μετρήσεων του προσομοιωτή και αποτελείται από έξι σειρές ανά συμμετέχοντα, όσα δηλαδή και τα αντίστοιχα σενάρια οδήγησης.

ID	PersonID	Trial	Traffic	Distractor	State	Junction	Time	x-pos	y-pos	z-pos	road
658239	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	No Junction	33	2,24	0	154,79	
658240	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	No Junction	50	2,24	0	154,79	
658241	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	No Junction	66	2,24	0	154,79	
658242	AMS1	1	H	FOG	SPEED 0	No Junction	83	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	100	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	116	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	133	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	200	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	216	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	267	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	283	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	300	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	316	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	333	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	350	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	366	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	383	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	400	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	416	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	433	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	450	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	466	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	483	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	500	802	0	-550	11
				FOG	SPEED 0	No Junction	516	802	0	-550	11

Εικόνα 4.20: Εντολή εκτέλεσης «queries» στην Microsoft Office Access

4.4 ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σκοπός αυτής της παραγράφου αποτελεί η περιγραφή της τελικής βάσης δεδομένων. Στις παραγράφους 4.3.1 και 4.3.2 περιγράφηκαν οι πίνακες δεδομένων, όπως προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια και την πειραματική διαδικασία. Μέσω των πινάκων αυτών δημιουργήθηκε τελικά μια ενιαία βάση δεδομένων, που θα χρησιμοποιηθεί για τη στατιστική ανάλυση. Στους πίνακες δεδομένων, που αφορούσαν στις μετρήσεις του προσομοιωτή προστέθηκε και ο πίνακας με τις μεταβλητές του ερωτηματολογίου για κάθε οδηγό. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε μία ενιαία βάση δεδομένων για τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών σε αστικές οδούς.



Γράφημα 4.4: Μέση ταχύτητα οδήγησης σε διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες, για άντρες και γυναίκες οδηγούς.

Κατά ποιον τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε	με βροχή	με ομίχλη
Μειώνετε ταχύτητα και οδηγείτε πιο προσεκτικά	95%	95%
Οδηγείτε στην άκρη του δρόμου	5%	20%
Αποφεύγετε τα απότομα φρεναρίσματα	37.5%	75%
Ανάβετε τα φώτα πορείας	65%	85%
Τηρείτε αυξημένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα	82.5%	72.5%
Δεν αλλάζετε συμπεριφορά	0%	0%
Σταματάτε το όχημα	0%	2.50%

Πίνακας 4.4: Οι απαντήσεις των οδηγών, σε ποσοστιαία μορφή, στις ερωτήσεις «Κατά ποιον τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με βροχή;» και «Κατά ποιον τρόπο μεταβάλλετε την οδική σας συμπεριφορά όταν οδηγείτε με ομίχλη;» αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω γραφήματα παρατηρούνται τα εξής:

- Για τις ίδιες συνθήκες κυκλοφοριακού φόρτου οι συμμετέχοντες στα σενάρια οδήγησης υπό βροχή εμπλάκηκαν σε πολύ περισσότερα ατυχήματα, σε σχέση με την οδήγηση σε καλές καιρικές συνθήκες, ενώ στα σενάρια οδήγησης υπό ομίχλη σε πολύ λιγότερα. Ακόμη παρατηρείται ότι, και στις τρεις διαφορετικές καιρικές συνθήκες, τα ατυχήματα σε συνθήκες χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου είναι λιγότερα απ' ό,τι στις συνθήκες υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου.

- Επίσης, στα σενάρια υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου, αναπτύσσονται μικρότερες ταχύτητες, ανεξαρτήτως του φύλου του οδηγού, ενώ οι γυναίκες αναπτύσσουν μικρότερες ταχύτητες σε σχέση με τους άντρες σε κάθε διαφορετικό σενάριο κυκλοφοριακών συνθηκών.

4.6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μετά τη διαμόρφωση των τελικών πινάκων στο λογισμικό EXCEL, ακολούθησε η εισαγωγή τους στο πεδίο δεδομένων (data view) του **ειδικού πακέτου στατιστικής ανάλυσης**. Στη συνέχεια καθορίστηκε το όνομα, ο τύπος και ο αριθμός των ψηφίων κάθε μεταβλητής στο πεδίο των μεταβλητών (variable view).

Επισημαίνεται ότι το πρόγραμμα αυτό αναγνωρίζει μόνο λατινικούς χαρακτήρες με λιγότερα από 8 ψηφία και όλες οι στήλες αποτελούνται από αριθμούς και όχι από κείμενο. Για το λόγο αυτό, κατά την αντιγραφή της βάσης δεδομένων στο ειδικό λογισμικό επιλέχθηκε η εντολή ειδικής επικόλλησης (paste special) >τιμές (values) ώστε να μεταφερθούν μόνο οι τιμές των κελιών. Επιπλέον, σε περίπτωση που λείπει κάποια τιμή, στη θέση της εισάγεται ειδική σταθερά (9999,000) η οποία δεν λαμβάνεται υπόψη στην στατιστική ανάλυση.

Επίσης, έγινε διάκριση κάθε μεταβλητής σε συνεχή (scale), διατεταγμένη (ordinal) και διακριτή (nominal). Μετά την εισαγωγή της βάσης δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η εντολή **analyze**, με την οποία πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι τόσο στο λογισμικό EXCEL όσο και στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης, δημιουργήθηκε μία ενιαία βάση δεδομένων.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν περιγράφονται στη συνέχεια:

1. **Descriptive statistics:** πρόκειται για διαδικασία για την παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων, όπως αυτή της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου (analyze >descriptive statistics >Descriptives >options)
2. **Correlate:** πρόκειται για διαδικασία για τη μέτρηση της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών. Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πλαίσιο **Variables** (analyze >correlate >bivariate >correlations). Χρήσιμες επιλογές είναι οι Pearson ή οι Spearman συσχετίσεις.
3. **Regression:** πρόκειται για διαδικασία που εκτελεί διάφορα είδη αναλύσεων παλινδρόμησης. Η διαδικασία της ανάλυσης ξεκινά με τη γραμμική παλινδρόμηση,

οπότε και επιλέγεται η εντολή **Linear** (analyze > regression linear). Επίσης, για το σκοπό του πειράματος χρησιμοποιείται και η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης, οπότε και επιλέγεται η εντολή **Binary logistic** (analyze > regression > binary logistic). Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές με τις οποίες θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Independent(s). Στο πλαίσιο Method μπορεί να επιλεγεί μια μέθοδος για τη βέλτιστη επιλογή επεξηγηματικών μεταβλητών. Αυτή συνήθως αφήνεται Enter, που σημαίνει ότι, στο μοντέλο εισέρχονται όλες μεταβλητές βρίσκονται στο πλαίσιο Independent(s) με τη σειρά που περιγράφονται εκεί.

Εφαρμογή, των όσων περιγράφηκαν στο εδάφιο αυτό, παρουσιάζεται στις επόμενες εικόνες.

	Perso...	Age	Gender	TrialNumber	Traffic	Weather	Traffic_H	traffic_L	Weather_A	GoodWeather
1	AMS1	,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	,0	1,0	,0
2	AMS1	,0	1,0	1,0	,0	,0	,0	1,0	,0	1,0
3	AMS1	,0	1,0	1,0	,0	2,0	,0	1,0	2,0	,0
4	AMS1	,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	,0	2,0	,0
5	AMS1	,0	1,0	2,0	,0	1,0	,0	1,0	1,0	,0
6	AMS1	,0	1,0	2,0	1,0	,0	1,0	,0	,0	1,0
7	AMS2	1,0	,0	1,0	1,0	1,0	1,0	,0	1,0	,0
8	AMS2	1,0	,0	1,0	1,0	2,0	1,0	,0	2,0	,0
9	AMS2	1,0	,0	1,0	,0	,0	,0	1,0	,0	1,0
10	AMS2	1,0	,0	2,0	1,0	,0	1,0	,0	,0	1,0
11	AMS2	1,0	,0	2,0	,0	1,0	,0	1,0	1,0	,0
12	AMS2	1,0	,0	2,0	,0	2,0	,0	1,0	2,0	,0
13	AMS3	,0	,0	1,0	,0	1,0	,0	1,0	1,0	,0
14	AMS3	,0	,0	1,0	1,0	2,0	1,0	,0	2,0	,0
15	AMS3	,0	,0	1,0	,0	,0	,0	1,0	,0	1,0
16	AMS3	,0	,0	2,0	1,0	1,0	1,0	,0	1,0	,0
17	AMS3	,0	,0	2,0	1,0	,0	1,0	,0	,0	1,0
18	AMS3	,0	,0	2,0	,0	2,0	,0	1,0	2,0	,0
19	AMS4	,0	1,0	1,0	1,0	,0	1,0	,0	,0	1,0
20	AMS4	,0	1,0	1,0	,0	1,0	,0	1,0	1,0	,0
21	AMS4	,0	1,0	1,0	,0	2,0	,0	1,0	2,0	,0
22	AMS4	,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	,0	1,0	,0

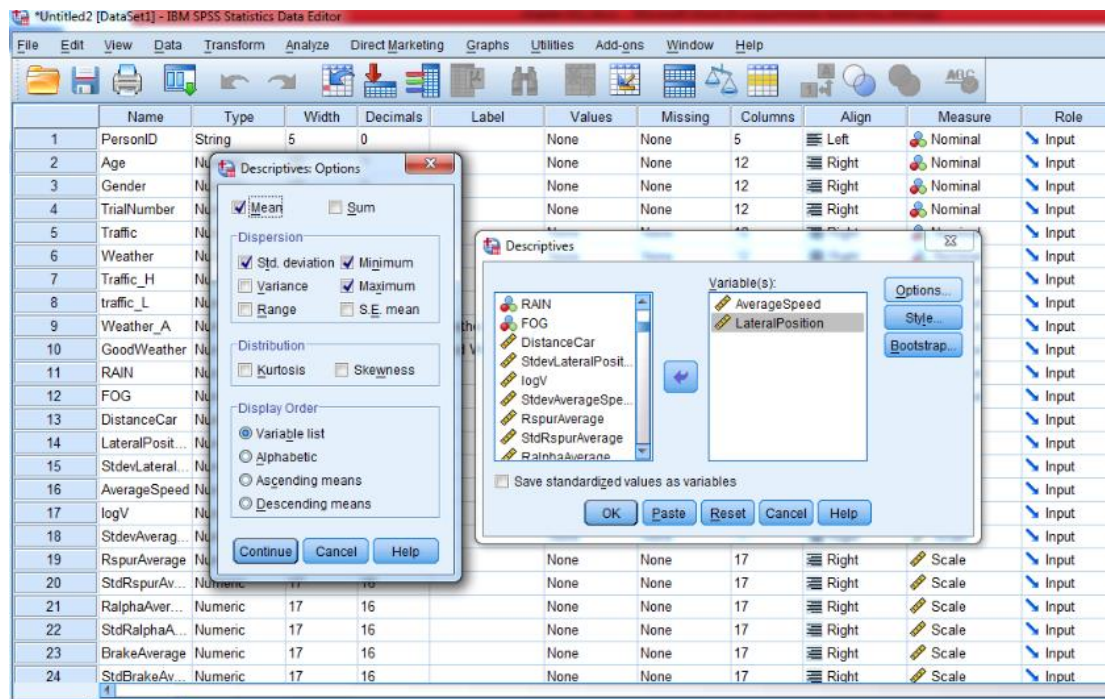
Εικόνα 4.22: Παράδειγμα εισαγωγής στοιχείων στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	PersonID	String	5	0		None	None	5	Left	Nominal	Input
2	Age	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
3	Gender	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
4	TrialNumber	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
5	Traffic	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
6	Weather	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
7	Traffic_H	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
8	traffic_L	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
9	Weather_A	Numeric	12	1	Weather	None	None	12	Right	Nominal	Input
10	GoodWeather	Numeric	12	1	Good Weather	None	None	12	Right	Nominal	Input
11	RAIN	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
12	FOG	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
13	DistanceCar	Numeric	12	2		None	None	12	Right	Scale	Input
14	LateralPosit...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
15	StdevLateral...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
16	AverageSpeed	Numeric	16	15		None	None	16	Right	Scale	Input
17	logV	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
18	StdevAverag...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
19	RspurAverage	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
20	StdRspurAv...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
21	RalphaAver...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
22	StdRalphaA...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
23	BrakeAverage	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
24	StdBrakeAv...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input

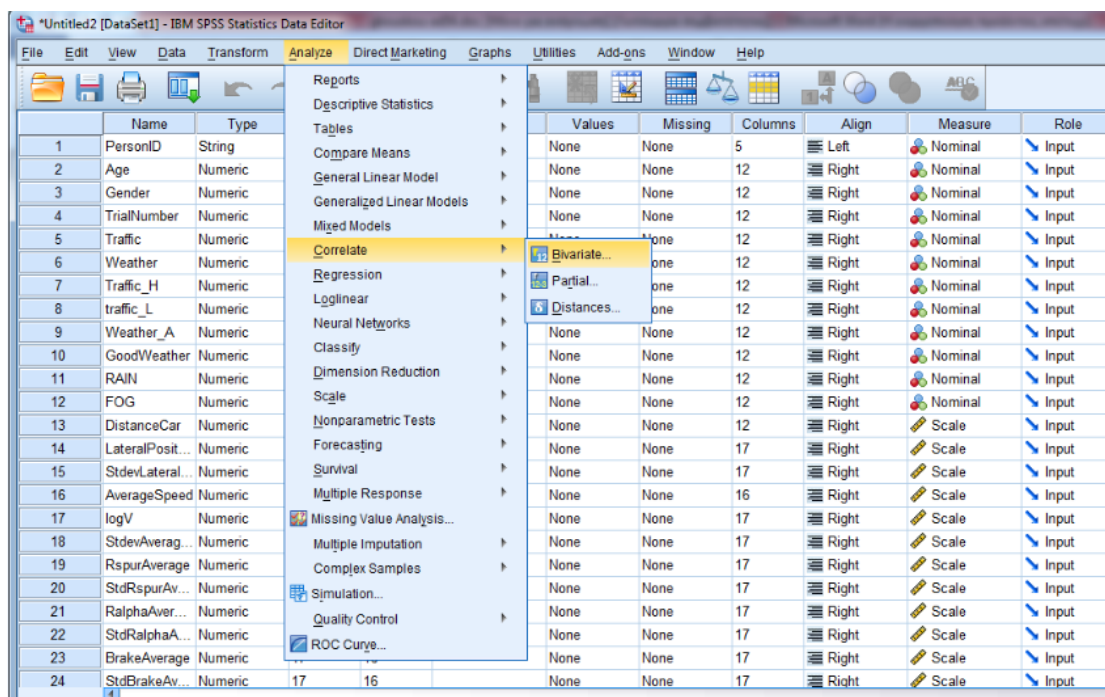
Εικόνα 4.23: Παράδειγμα καθορισμού των μεταβλητών στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

*Untitled2 [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor											
	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	PersonID	String	5	0		None	None	5	Left	Nominal	Input
2	Age	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
3	Gender	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
4	TrialNumber	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
5	Traffic	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
6	Weather	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
7	Traffic_H	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
8	traffic_L	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
9	Weather_A	Numeric	12	1	Weather	None	None	12	Right	Nominal	Input
10	GoodWeather	Numeric	12	1	Good Weather	None	None	12	Right	Nominal	Input
11	RAIN	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
12	FOG	Numeric	12	1		None	None	12	Right	Nominal	Input
13	DistanceCar	Numeric	12	2		None	None	12	Right	Scale	Input
14	LateralPosit...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
15	StdevLateral...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
16	AverageSpeed	Numeric	16	15		None	None	16	Right	Scale	Input
17	logV	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
18	StdevAverag...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
19	RspurAverage	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
20	StdRspurAv...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
21	RalphaAver...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
22	StdRalphaA...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
23	BrakeAverage	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input
24	StdBrakeAv...	Numeric	17	16		None	None	17	Right	Scale	Input

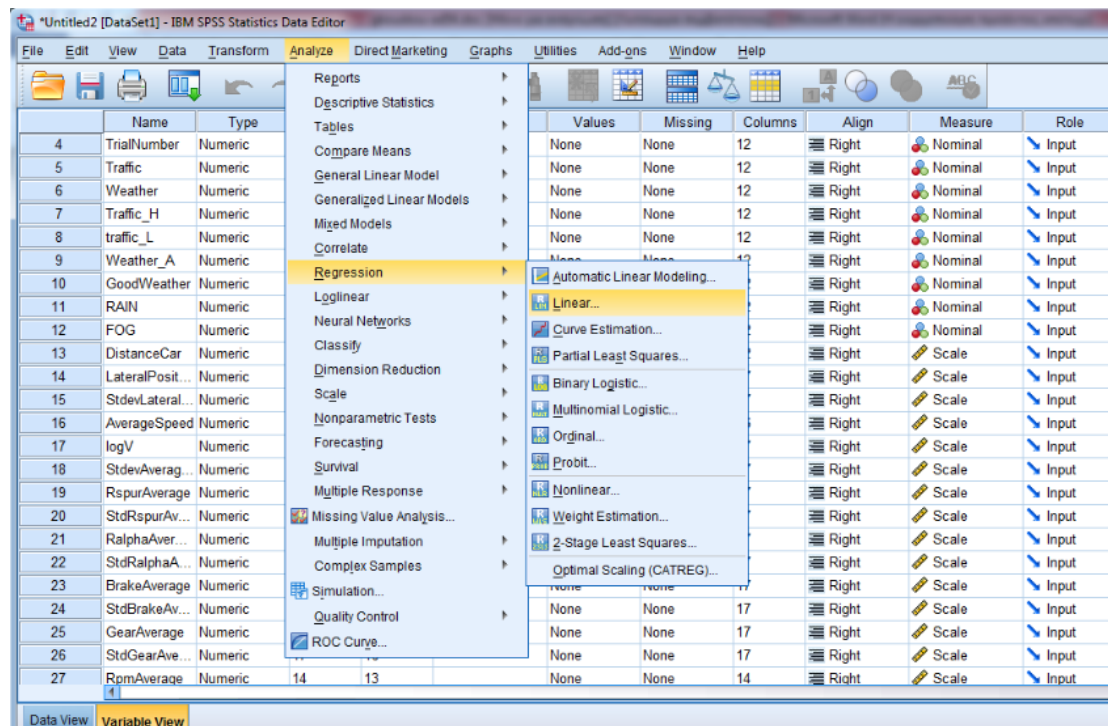
Εικόνα 4.23: Παραγωγή περιγραφικών συναρτήσεων στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης



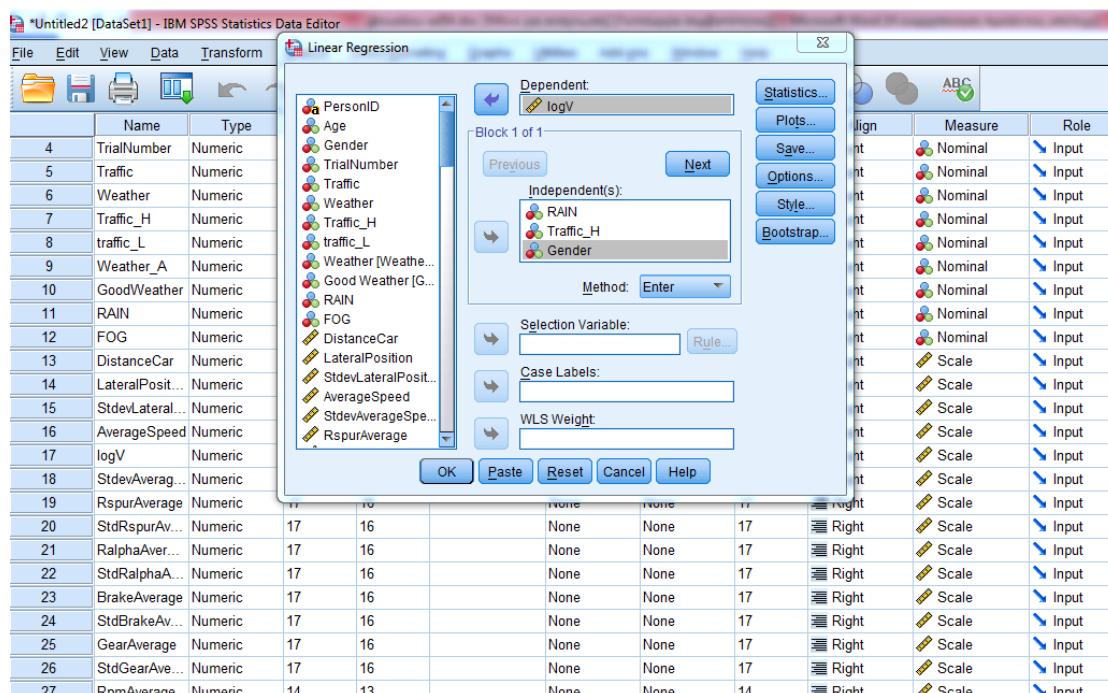
Εικόνα 4.24: Επιλογή περιγραφικών συναρτήσεων της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης



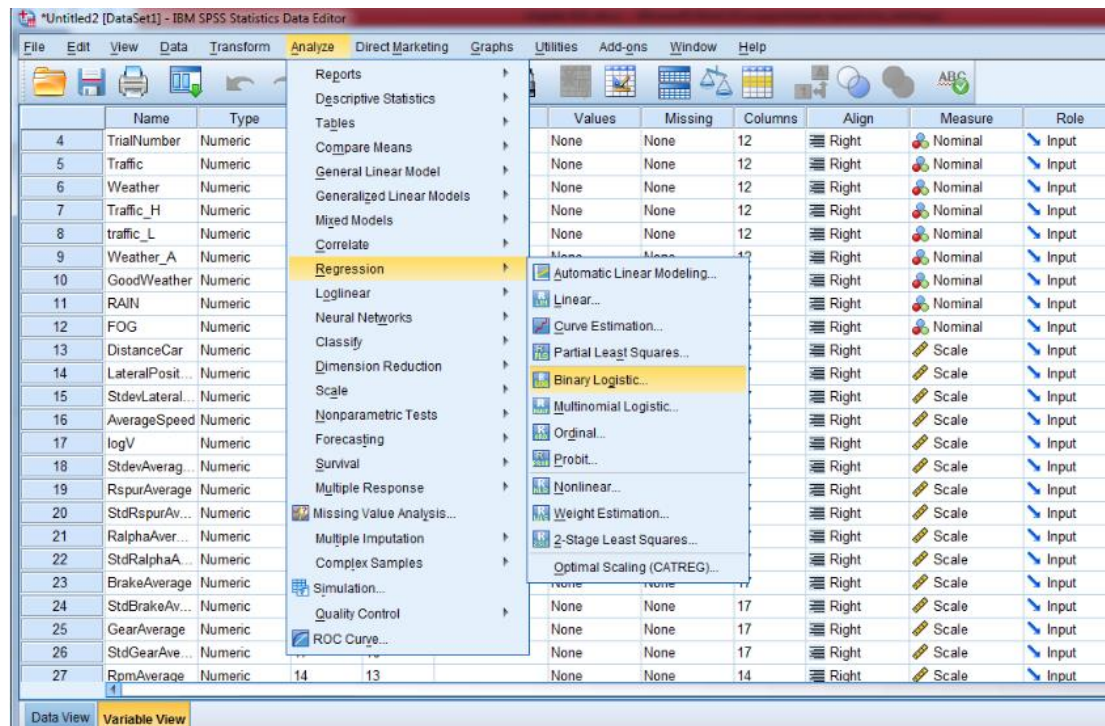
Εικόνα 4.25: Διαδικασία συσχέτισης μεταβλητών στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης



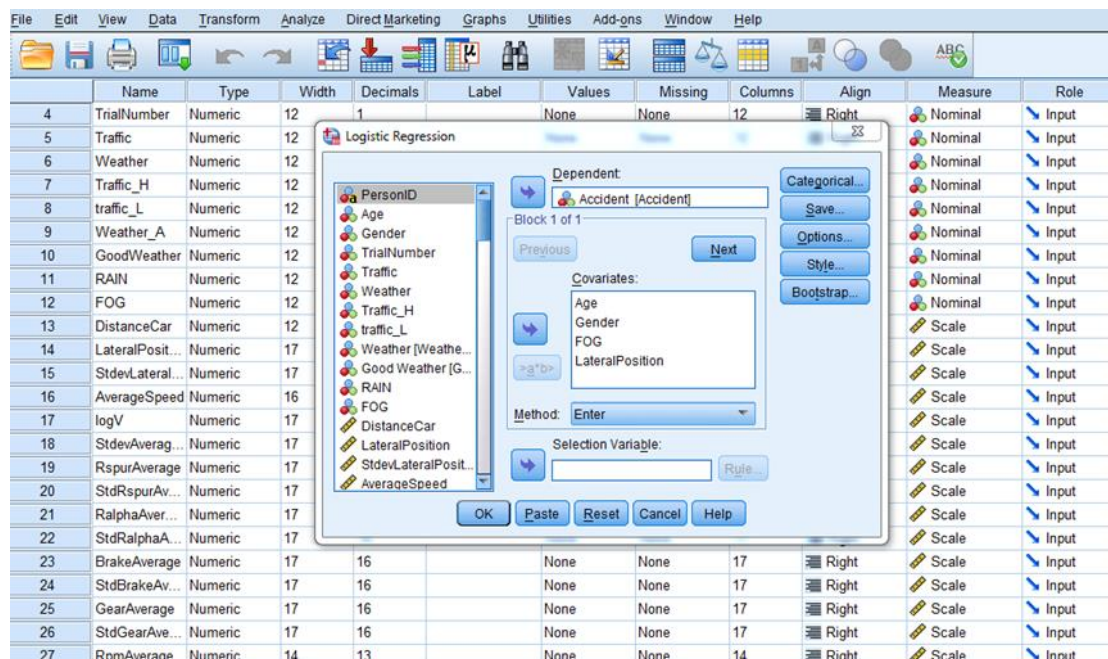
Εικόνα 4.26: Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης



Εικόνα 4.27: Ορισμός εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών για τη γραμμική παλινδρόμηση στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης



Εικόνα 4.28: Ανάλυση με λογιστική παλινδρόμηση στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης



Εικόνα 4.29: Ορισμός εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών για τη λογιστική παλινδρόμηση στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της εφαρμογής της μεθοδολογίας, καθώς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας.

Η **στατιστική ανάλυση των στοιχείων** που συλλέχθηκαν κατά το προηγούμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές μεθόδους: την γραμμική, τη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση και τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης.

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης κατάλληλων μοντέλων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην παρουσίαση ζητημάτων αξιοπιστίας των δεδομένων και στις διαδικασίες αντιμετώπισής τους. Αναπόσπαστο μέρος των αποτελεσμάτων αποτελούν **οι στατιστικοί έλεγχοι** που απαιτούνται για την αποδοχή ή μη των μοντέλων.

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

- Παρουσίαση των εξαγόμενων στοιχείων
- Περιγραφή των αποτελεσμάτων
- Εξήγηση των αποτελεσμάτων

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

Αξίζει να αναφερθεί ότι πραγματοποιήθηκαν **τρεις ξεχωριστές στατιστικές αναλύσεις**, μία για το μοντέλο προσδιορισμού πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή, μία για το μοντέλο προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας και μία για το μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Σε κάθε στατιστικό πρότυπο εξετάστηκε η επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς.

Τα μοντέλα που ακολουθούν προέκυψαν μετά από μία μεγάλη σειρά δοκιμών διαφορετικών μοντέλων, διαδικασία χρονοβόρα και δύσκολη. Από τις μετρήσεις του προσομοιωτή αλλά και από τα ερωτηματολόγια προέκυψε ένα μεγάλο πλήθος μεταβλητών, οι οποίες στη συνέχεια θα χρησιμοποιούνταν στα μοντέλα. Σε κάθε περίπτωση έγινε η προσπάθεια οι ανεξάρτητες μεταβλητές κάθε μοντέλου να έχουν μικρή μεταξύ τους συσχέτιση και μεγάλη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή, ενώ έπρεπε να διακρίνονται και για τη δυνατότητα φυσικής ερμηνείας τους. Ο σημαντικότερος έλεγχος για την αποδοχή μιας ανεξάρτητης μεταβλητής στο μοντέλο, ήταν εκείνος του ελέγχου **t-test**, κατά τον οποίο κάθε μεταβλητή έπρεπε να εμφανίζει τιμή του συντελεστή t μεγαλύτερη από μία δεδομένη τιμή.

5.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή και θα διερευνηθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών σε αυτή. Σημειώνεται ότι, θα πραγματοποιηθεί μία στατιστική ανάλυση με την οποία θα διερευνηθούν οι μεταβλητές, που επηρεάζουν την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή.

5.2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ- ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο στατιστικό μοντέλο προσδιορισμού της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή εξετάστηκαν οι μεταβλητές της τελικής βάσης δεδομένων (μεταβλητές ερωτηματολογίου και μεταβλητές που προέκυψαν από τον προσομοιωτή). Η βάση δεδομένων εισήχθη στο **ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης** με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ακολούθησε ο καθορισμός του ονόματος και του τύπου των μεταβλητών, στο πεδίο των μεταβλητών (variable view). Παρακάτω αναφέρονται οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο τελικό στατιστικό πρότυπο.

ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

LogLateralP: πλευρική απόσταση του οχήματος στο οδόστρωμα από την δεξιά οριογραμμή

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

FOG: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με ομίχλη (ναι= 1, όχι= 0)

dr_exp2: οδηγική εμπειρία από 4 έως 6 χρόνια (ναι= 1, όχι= 0)

Age: η ηλικία του συμμετέχοντος (24-28 χρονών= 1, 20-23 χρονών= 0)

AverageSpeed: η μέση ταχύτητα οδήγησης

Επισημαίνεται ότι, από τις ανωτέρω μεταβλητές, οι μεταβλητές LogLateralP και AverageSpeed ορίστηκαν ως συνεχείς (scale). Αντίθετα, όλες οι υπόλοιπες ορίστηκαν ως διακριτές (nominal), χωρίς όμως να έχουν την έννοια της φυσικής διάταξης (ordinal). Οι δυνατές τιμές των διακριτών μεταβλητών διακρίθηκαν σε δύο κατηγορίες, στις οποίες αντιστοιχήθηκαν οι τιμές 0 και 1.

5.2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Ολόκληρη η διαδικασία της ανάλυσης που θα παρουσιαστεί στην παράγραφο αυτή πραγματοποιείται μέσω της εντολής **Analyze**.

Αυτό που ενδιαφέρει αρχικά, είναι η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Αφού επιλεγεί η εντολή Analyze, ακολουθεί η επιλογή της εντολής Descriptive statistics και στη συνέχεια η επιλογή Descriptives, προκειμένου για την **παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων** (analyze >descriptive statistics >descriptive >options). Οι συναρτήσεις που επιλέγονται είναι εκείνη της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μέγιστου και του ελάχιστου. Είναι προφανές ότι οι προαναφερθείσες συναρτήσεις έχουν νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές. Επομένως, στο πλαίσιο των μεταβλητών (variables) εισάγονται μόνο οι μεταβλητές **LogLateralP** (πλευρική απόσταση του οχήματος στο οδόστρωμα) και **AverageSpeed** (η μέση ταχύτητα οδήγησης). Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
AverageSpeed	237	21,0956	43,9274	30,1363	4,4829
LogLateralP	237	-0,0466	0,5378	0,2992	0,1464
Valid N (listwise)	237				

Πίνακας 5.1: Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών

5.2.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο υποκεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε ζευγάρια μεταβλητών πραγματοποιείται και πάλι μέσω της εντολής `analyze >correlate >bivariate correlations`). Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πεδίο Variables. Απόλυτες τιμές των συντελεστών κοντά στη μονάδα αποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώνουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας της διερεύνησης της συσχέτισης τόσο για τις συνεχείς, όσο και για τις διακριτές μεταβλητές, που ελήφθησαν υπόψη στα τελικά μοντέλα, φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι τελικές μεταβλητές επελέγησαν **μετά από μεγάλο αριθμό δοκιμών**. Μερικά αποτελέσματα που παρουσίαζαν υψηλή συσχέτιση, άρα δεν ήταν ανεξάρτητα μεταξύ τους, παρουσιάζονται παρακάτω μαζί με τους πίνακες τελικών μεταβλητών.

Correlations				
		Age	dr_exp2	FOG
Age	Pearson Correlation	1	,183**	-,015
	Sig. (2-tailed)		,005	,814
	N	237	237	236
dr_exp2	Pearson Correlation	,183**	1	-,023
	Sig. (2-tailed)	,005		,724
	N	237	237	236
FOG	Pearson Correlation	-,015	-,023	1
	Sig. (2-tailed)	,814	,724	
	N	236	236	236

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

Πίνακας 5.2: Συσχέτιση τελικών διακριτών μεταβλητών του μοντέλου της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα

Correlations						
		Age	Gender	FOG	dr_exp1	dr_exp2
Age	Pearson Correlation	1	-,041	-,015	-,373**	,183**
	Sig. (2-tailed)		,532	,814	,000	,005
	N	237	237	236	237	237
Gender	Pearson Correlation	-,041	1	-,003	,004	,206**
	Sig. (2-tailed)	,532		,968	,953	,001
	N	237	237	236	237	237
FOG	Pearson Correlation	-,015	-,003	1	,027	-,023
	Sig. (2-tailed)	,814	,968		,679	,724
	N	236	236	236	236	236
dr_exp1	Pearson Correlation	-,373**	,004	,027	1	-,752**
	Sig. (2-tailed)	,000	,953	,679		,000
	N	237	237	236	237	237
dr_exp2	Pearson Correlation	,183**	,206**	-,023	-,752**	1
	Sig. (2-tailed)	,005	,001	,724	,000	
	N	237	237	236	237	237

Πίνακας 5.3: Απόρριψη διακριτών μεταβλητών που παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση του μοντέλου της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα

Correlations			
		LogLateral P	AverageSpeed
LogLateralP	Pearson Correlation	1	,198**
	Sig. (2-tailed)		,002
	N	237	237
AverageSpeed	Pearson Correlation	,198**	1
	Sig. (2-tailed)	,002	
	N	237	237

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

Πίνακας 5.4: Συσχέτιση τελικών συνεχών μεταβλητών του μοντέλου της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα

Correlations					
		LogLateralP	AverageSpeed	BrakeAverage	RspurAverage
LogLateralP	Pearson Correlation	1	,198**	,116	-,964
	Sig. (2-tailed)		,002	,074	,000
	N	237	237	237	237
AverageSpeed	Pearson Correlation	,198**	1	,531**	-,206**
	Sig. (2-tailed)	,002		,000	,001
	N	237	237	237	237
BrakeAverage	Pearson Correlation	,116	,531**	1	-,158*
	Sig. (2-tailed)	,074	,000		,015
	N	237	237	237	237
RspurAverage	Pearson Correlation	-,964**	-,206**	-,158*	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,015	
	N	237	237	237	237

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

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

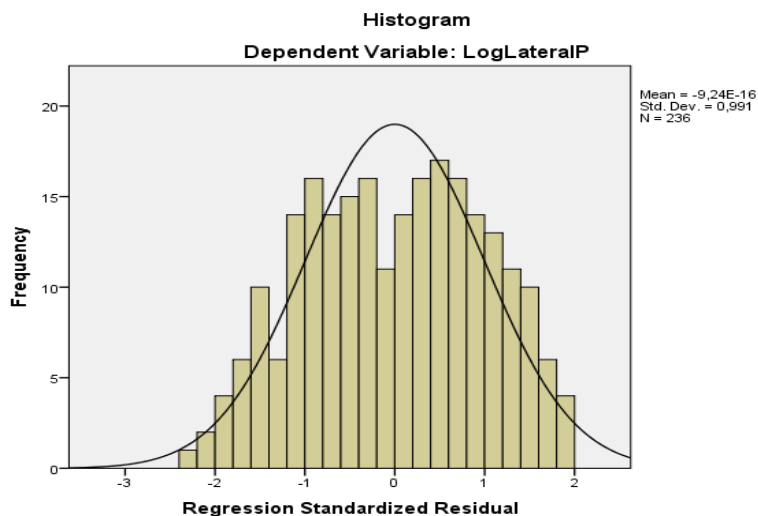
Πίνακας 5.5: Απόρριψη συνεχών μεταβλητών που παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση του μοντέλου της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα

Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, απαιτείται η μη ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν σε αυτό. Όπως υπολογίστηκε, **δεν παρατηρείται καμία συσχέτιση** μεταξύ αυτών των διακριτών και συνεχών μεταβλητών σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Συνεπώς, οι ανεξάρτητες αυτές μεταβλητές σωστά ελήφθησαν υπόψη στο τελικό μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα από την δεξιά οριογραμμή.

5.2.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης συνίσταται στην **επιλογή του είδους της παλινδρόμησης**, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλου μαθηματικού μοντέλου σχετικού με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή τη διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς.

Η επιρροή των καιρικών συνθηκών, στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς, θα μελετηθεί μέσω του μοντέλου της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή. Επομένως, ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται η πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή (LogLateralP). Επειδή ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου ανάλυσης είναι **η κατανομή που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή**, αναπτύχθηκαν τα διαγράμματα της κατανομής.



Διάγραμμα 5.1: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή του μέσου χρόνου αντίδρασης του οδηγού σε απρόσμενο συμβάν.

5.2.5 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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

Η γραμμική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών: `analyze > regression > linear`.

Τη μετάβαση στην επιλογή `linear` διαδέχεται ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο `Dependent`. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο `Independent(s)`. Προτεραιότητα, στο σημείο αυτό, δίδεται στην περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης των δεδομένων εξόδου της ανάλυσης και κατ' επέκταση του μοντέλου.

Τα δεδομένα που εξετάζονται για την **αξιολόγηση του μοντέλου** είναι ο συντελεστής R^2 οι συντελεστές της εξίσωσης βί, οι τιμές t του στατιστικού ελέγχου t -test και το σφάλμα της εξίσωσης.

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 . Λαμβάνει τιμές από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά βρίσκεται η τιμή του R^2 στη μονάδα, τόσο πιο ισχυρή είναι η γραμμική σχέση εξάρτησης των μεταβλητών Y και X .

Επισημαίνεται ότι ο συντελεστής R^2 έχει συγκριτική αξία. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη τιμή του R^2 που κρίνεται ως αποδεκτή ή απορριπτέα, αλλά μεταξύ δύο ή περισσότερων μοντέλων επιλέγεται ως καταλληλότερο εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 .

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. 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. Βάσει της φυσικής έννοιας της τιμής του συντελεστή, αύξηση της ανεξάρτητης μεταβλητής κατά μία μονάδα επιφέρει αύξηση της εξαρτημένης κατά β_i μονάδες.

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.

Ο συντελεστής t ορίζεται από τη σχέση: $t_{stat} = \beta_i / s.e$

όπου, $s.e$: τυπικό σφάλμα (standard error).

Από την ανωτέρω σχέση παρατηρείται ότι, όσο μειώνεται το τυπικό σφάλμα αυξάνεται ο συντελεστής t_{stat} . Όπως προαναφέρθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του t , τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή της συγκεκριμένης μεταβλητής στο τελικό αποτέλεσμα.

Για κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης ορίζεται μια κρίσιμη τιμή του t (t^*). Έτσι, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και μεγάλο μέγεθος δείγματος, είναι $t^* = 1,7$ και για επίπεδο εμπιστοσύνης 90% είναι $t^* = 1,3$. Οι μεταβλητές των οποίων οι απόλυτες τιμές του t είναι μικρότερες από το 1,7 δε συμπεριλαμβάνονται στην επόμενη δοκιμή για τη διαμόρφωση του μοντέλου, με μοναδική εξαίρεση αυτής της μεταβλητής του FOG, η οποία αντιπροσωπεύει την οδήγηση σε ομίχλη και για την οποία θα δεχτούμε επίπεδο εμπιστοσύνης 90%. Από την αξιολόγηση ενός μοντέλου δε θα πρέπει να

παραλείπεται ο έλεγχος του σφάλματος. Σε κάθε εξίσωση υπάρχει ο προσθετέος ϵ , που ονομάζεται σφάλμα της εξίσωσης.

Το σφάλμα πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να ακολουθεί κανονική κατανομή
- Να έχει σταθερή διασπορά $\text{Var}(\epsilon_i) = \sigma^2 = c$ και
Να έχει μηδενική αυτοσυσχέτιση, $\rho(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$
- Να έχει μηδενικό μέσο όρο ($\mu=0$)

Η ισχύς των προϋποθέσεων αυτών ελέγχονται μέσω της ακολουθίας εντολών:
`analyze > regression > linear > plot` του στατιστικού λογισμικού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν αναπτύχθηκαν αρκετά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης με ικανοποιητική προσαρμογή. Επίσης, θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί και το ενδεχόμενο η καμπύλη συσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής να μην παρουσιάζει σταθερή κλίση σε όλα τα τμήματά της και για το λόγο αυτό εξετάστηκε η πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή και με την ανάπτυξη **μοντέλου λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, όπως αυτό περιγράφεται στη συνέχεια.

5.2.6 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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

Η **διαδικασία της ανάλυσης** είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη που ακολουθήθηκε προηγουμένως για τη γραμμική παλινδρόμηση (`analyze > regression > linear`), με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί ως εξαρτημένη μεταβλητή ο λογάριθμος της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα (LogLateralP).

Τα **τελικά αποτελέσματα**, που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν. Αναφέρεται ότι, κάθε φορά που εξεταζόταν κάποιο στατιστικό μοντέλο, χρησιμοποιούνταν διαδοχικά οι ανεξάρτητες μεταβλητές και κάθε φορά απορρίπτονταν όσες είχαν t μικρότερο από 1,7, με μοναδική εξαίρεση τη μεταβλητή FOG, η οποία απορριπτόταν εάν είχε t μικρότερο του 1,3. Επισημαίνεται ότι τα τελικά

αποτελέσματα επιλέχθηκαν έπειτα από **πολλές δοκιμές**. Το πιο συχνό πρόβλημα που προέκυψε ήταν η χαμηλή σημαντικότητα ($t < 1,7$). Παράδειγμα απόρριψης μεταβλητών παρατίθεται παρακάτω.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,151	,070		2,159	,032
	FOG	-,030	,019	-,096	-1,543	,124
	Traffic_H	,010	,018	,033	,528	,598
	Gender	-,015	,019	-,050	-,758	,450
	Age	-,074	,018	-,253	-4,071	,000
	AverageSpeed	,007	,002	,207	3,136	,002
a. Dependent Variable: LogLateralP						

Πίνακας 5.6: Πίνακας απόρριψης μεταβλητών λόγω χαμηλής σημαντικότητας στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση.

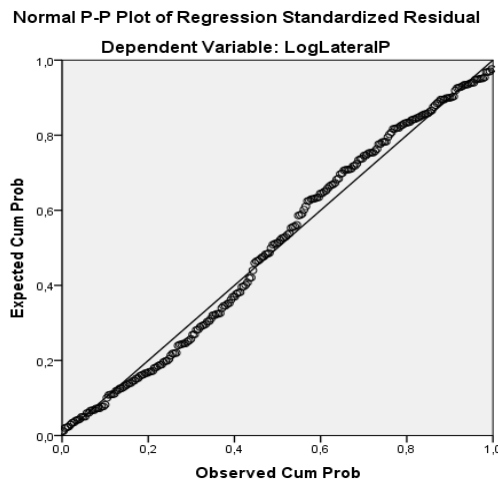
Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,361 ^a	,130	,115	,137

a. Predictors: (Constant), AverageSpeed, dr_exp2, FOG, Age

Coefficients ^a					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Model 1 (Constant)	,162	,062		2,595	,010
FOG	-,031	,016	-,099	-1,757	,087
Age	-,066	,018	-,226	-3,615	,000
dr_exp2	-,042	,019	-,135	-2,162	,032
AverageSpeed	,007	,002	,218	3,541	,000

a. Dependent Variable: LogLateralP

Πίνακες 5.7, 5.8: Αποτελέσματα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης.



Διάγραμμα 5.2: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος

Στα τελικά αποτελέσματα εξάγονται οι εξής παρατηρήσεις:

- i. Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** ισούται με 0,130 στο μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα
- ii. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν συντελεστή **t μεγαλύτερο από 1,7**, άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης.
- iii. Στο μοντέλο εμπεριέχεται η **μεταβλητή FOG** που αντιπροσωπεύει την οδήγηση με ομίχλη ή χωρίς ομίχλη.
- iv. Το μοντέλο διακρίνεται για την **ερμηνευτικότητα** των ανεξάρτητων μεταβλητών του.
- v. Ικανοποιείται η βασική προϋπόθεση του σφάλματος, αφού **τα τυπικά σφάλματα** στο διάγραμμα 5.2 θεωρείται πως προσεγγίζουν την ευθεία της διαγωνίου, άρα ακολουθούν **κανονική κατανομή**.

5.2.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **μαθηματική σχέση** που αναπτύχθηκε και έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή την πλευρική απόσταση του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή.

Η **μαθηματική σχέση** του μοντέλου που προέκυψε είναι:

$$\text{LogLateralP} = +0.162 - 0.031 \cdot \text{FOG} - 0.042 \cdot \text{dr_exp2} - 0.066 \cdot \text{Age} + 0.007 \cdot \text{AverageSpeed}$$

Η παραπάνω σχέση γράφεται ως εξής:

$$\text{LateralP} = 10^{(+0.162 - 0.031 \cdot \text{FOG} - 0.042 \cdot \text{dr_exp2} - 0.066 \cdot \text{Age} + 0.007 \cdot \text{AverageSpeed})}$$

Όπου:

LogLateralP: πλευρική απόσταση του οχήματος στο οδόστρωμα, από την δεξιά οριογραμμή

FOG: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με ομίχλη (ναι= 1, όχι= 0)

dr_exp2: οδηγική εμπειρία από 4 έως 6 χρόνια (ναι= 1, όχι= 0)

Age: η ηλικία του συμμετέχοντος (24-28 χρονών= 1, 20-23 χρονών= 0)

AverageSpeed: η μέση ταχύτητα οδήγησης

ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΟΜΙΧΛΗ

Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής «FOG» είναι αρνητικό, γεγονός που δείχνει ότι, όσο αυξάνεται η τιμή της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο περισσότερο παίρνει την τιμή 1, που σημαίνει «οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με ομίχλη», τόσο **μειώνεται η τιμή** της εξαρτημένης μεταβλητής «LogLateralP». Δηλαδή, παρατηρείται ότι οι οδηγοί διατηρούσαν μικρότερη πλευρική απόσταση στις διαδρομές στις οποίες υπήρχε ομίχλη, σε σχέση με αυτές που δεν υπήρχε. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι, πιθανόν αισθάνονται ανασφάλεια, εξαιτίας της χαμηλής ορατότητας. Έτσι για μεγαλύτερη ασφάλεια απομακρύνονται από τον άξονα της οδού, που αποτελεί πιθανή αιτία σύγκρουσης με τα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Υπογραμμίζεται ότι η μεταβλητή «FOG» θεωρείται στατιστικά σημαντική αφού η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test είναι 1,757.

ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής «Age» συνεπάγεται ότι, αύξηση της τιμής της διακριτής αυτής μεταβλητής έχει ως αποτέλεσμα τη **μείωση της τιμής** της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα, από την δεξιά οριογραμμή. Το συμπέρασμα αυτό χαρακτηρίζεται εύλογο, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του συμμετέχοντος, τόσο πιθανόν μεγαλύτερη είναι και η οδηγική του εμπειρία. Οι οδηγοί με περισσότερα χρόνια εμπειρίας έχουν καλύτερη αντίληψη των διαστάσεων του οχήματος και των αποστάσεων που πρέπει να διατηρούν, οπότε και εμφανίζουν μικρότερη πλευρική απόσταση, οδηγώντας σε σωστότερη θέση στη λωρίδα κυκλοφορίας τους. Η μεταβλητή παριστάνεται στατιστικά σημαντική, αφού η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test είναι 3,615.

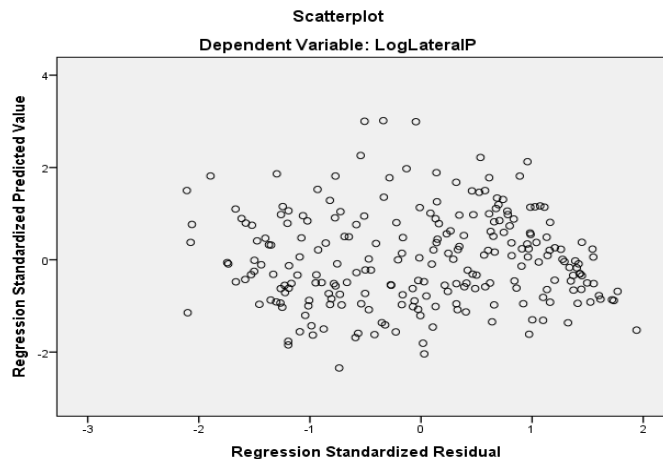
ΟΔΗΓΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Η διακριτή μεταβλητή «dr_exp2» προέρχεται από το ερωτηματολόγιο, που δόθηκε στους συμμετέχοντες μετά από την ολοκλήρωση της διαδικασίας του πειράματος, και αναφέρεται στο αν η οδηγική τους εμπειρία είναι από 4 έως 6 χρόνια. Η μεταβλητή αυτή παρουσίασε στο μοντέλο αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι, οι οδηγοί με 4 έως 6 χρόνια εμπειρίας έχουν καλύτερη αντίληψη των διαστάσεων του οχήματος και των αποστάσεων που πρέπει να διατηρούν, οπότε και εμφανίζουν μικρότερη πλευρική απόσταση, οδηγώντας σε σωστότερη θέση στη λωρίδα κυκλοφορίας τους. Ενώ, έχουν την τάση να είναι πιο συντηρητικοί σε σχέση με οδηγούς μεγαλύτερης οδηγικής εμπειρίας, γι' αυτό και απομακρύνονται από τον άξονα της οδού, που αποτελεί πιθανή αιτία σύγκρουσης με τα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test της μεταβλητής είναι 2,162, επιβεβαιώνοντας τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής στο μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα.

ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Η συνεχής μεταβλητή «AverageSpeed» εμφανίζεται στο μαθηματικό μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα με θετικό πρόσημο. Παρατηρήθηκε, δηλαδή, ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής αυτής συνεπάγεται **αύξηση της πλευρικής απόστασης** που διατηρούσαν οι οδηγοί. Συνεπώς, η αύξηση της μέσης ταχύτητας επιφέρει αύξηση της απόστασης του οχήματος από την άκρη του οδοστρώματος. Το πιο πάνω συμπέρασμα θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι, οι πιο επιθετικοί οδηγοί, βρίσκονται κοντά στον άξονα της οδού και αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες, ενώ οι πιο συντηρητικοί οδηγούν με χαμηλότερες ταχύτητες, πιο κοντά στη δεξιά οριογραμμή και απομακρύνονται από τον άξονα της οδού που αποτελεί πιθανή αιτία σύγκρουσης με τα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Αυτή η σχέση ενδεχομένως εξηγείται και από το γεγονός ότι, οι οδηγοί, οι οποίοι τείνουν να αναπτύσσουν μεγαλύτερη ταχύτητα, αυξάνουν την απόσταση από τη δεξιά οριογραμμή, όπου πιθανώς υπάρχουν πλευρικά εμπόδια (π.χ. σταθμευμένα οχήματα), για να έχουν περισσότερη άνεση στην οδήγηση. Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της στατιστικής σημαντικότητας της μεταβλητής «AverageSpeed» είναι 3,541.

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



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3: Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών των σφαλμάτων. Επιπρόσθετα, φαίνεται η σταθερή διασπορά των σφαλμάτων γύρω από το μηδέν και η κατά προσέγγιση μηδενική τιμή του μέσου όρου. Αναφέρεται ότι η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

Τα προαναφερθέντα συγκλίνουν στο ότι πληρούνται ικανοποιητικά και οι τέσσερις προϋποθέσεις για τον έλεγχο του σφάλματος, ώστε αυτό να μην επηρεάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου.

5.2.8 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Ο **βαθμός της επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών στο παραπάνω μοντέλο στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή που περιέχεται στη μαθηματική σχέση του μοντέλου της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή, εκφράζεται ποσοτικά μέσω του μεγέθους της σχετικής επιρροής. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού βασίστηκε στη θεωρία της ελαστικότητας και αντικατοπτρίζει την ευαισθησία της εξαρτημένης μεταβλητής Y στη μεταβολή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών.

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

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

$$e_i = (\Delta Y_i / \Delta X_i) * (X_i / Y_i) = \beta_i * (X_i / Y_i)$$

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση $e_i = \beta_i * (X_i / Y_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές και όχι για διακριτές μεταβλητές, 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.

	Πλευρική Απόσταση			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e^*i
Ομίχλη	0,031	-1,75	-0,03	1
Οδηγική εμπειρία 4-6 χρόνια	0,042	-2,16	-0,07	2,07
Ηλικία	0,066	-3,61	-0,71	20,73
Μέση ταχύτητα	0,007	3,54	0,15	-4,28

Πίνακας 5.9: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή.

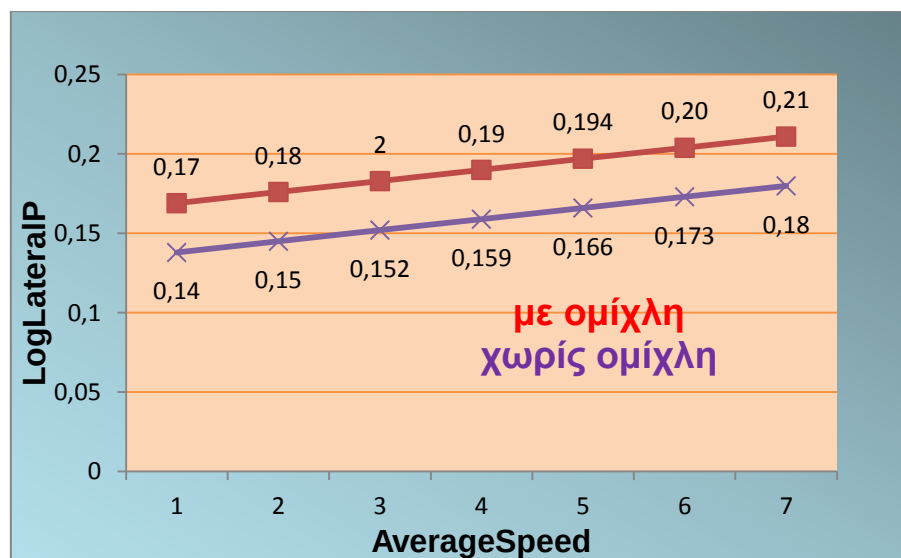
Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη. Στη στήλη e_i^* δίνεται ο βαθμός της σχετικής επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών ως προς την επιρροή εκείνης της μεταβλητής που επηρεάζει λιγότερο την εξαρτημένη.

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος από τη δεξιά οριογραμμή παρατηρούμε τα εξής:

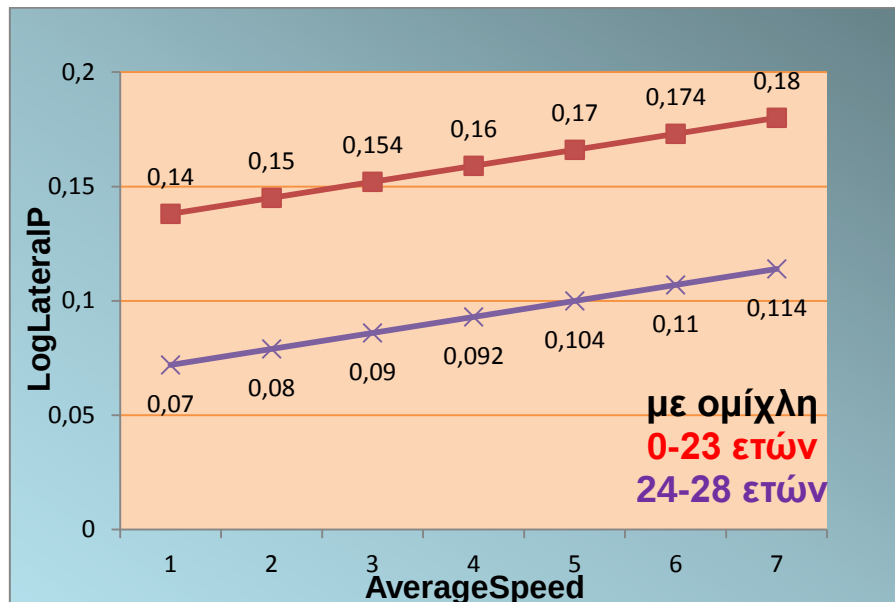
- Η μεταβλητή «**Ομίχλη**» παρουσιάζει τη **μικρότερη επιρροή** στην εξαρτημένη μεταβλητή με $e_i = -0,034$.
- Την αμέσως μικρότερη σχετική επιρροή φαίνεται να παρουσιάζει η μεταβλητή που αφορά στην οδηγική εμπειρία του οδηγού από 4 έως 6 χρόνια, με επιρροή 2,1 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τη μεταβλητή «**Ομίχλη**».
- Η μεταβλητή «**Ηλικία**» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τις υπόλοιπες στο μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα. Έχει 20,7 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με την «**Ομίχλη**».
- Τέλος, η μεταβλητή «**Μέση ταχύτητα**» παρουσιάζει 4,3 φορές μεγαλύτερη σχετική επιρροή αντίστοιχα, σε σχέση με τη μεταβλητή «**Ομίχλη**».

5.2.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας**, που αναπτύχθηκαν με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Τέλος αναφέρονται μερικά γενικά συμπεράσματα.



Διάγραμμα 5.4: Συσχέτιση απόστασης του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος με την μέση ταχύτητα διαδρομής, σε διαδρομές με ή χωρίς ομίχλη. (Age=0, dr_exp2=0)



Διάγραμμα 5.5: Συσχέτιση απόστασης του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος με την μέση ταχύτητα του οχήματος, σε διαδρομές με ομίχλη, για οδηγούς ηλικίας από 20 έως 23 ετών και οδηγούς ηλικίας από 24 έως 28 ετών. (Fog=1, dr_exp2=0)

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας, προκύπτουν τα εξής ενδιαφέροντα γενικά συμπεράσματα, σε συμφωνία με τα όσα έχουν αναφερθεί και στα προηγούμενα:

- Οι οδηγοί διατηρούσαν μικρότερη πλευρική απόσταση στις διαδρομές με ομίχλη, συγκριτικά με εκείνες χωρίς ομίχλη, αποδεικνύοντας την επιρροή της στην οδηγική συμπεριφορά των συμμετεχόντων.
- Οδηγοί μεγαλύτερης ηλικίας διατηρούσαν μικρότερη πλευρική απόσταση, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη οδηγική τους εμπειρία.
- Σε όλα τα σενάρια οδήγησης οι συμμετέχοντες που οδηγούσαν με μεγαλύτερες ταχύτητες, είχαν τη τάση να απομακρύνονται περισσότερο από τη δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος, ανεξαρτήτου ηλικίας.

5.3 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία ανάλυσης για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας οδήγησης και θα διερευνηθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών σε αυτή. Σημειώνεται ότι θα πραγματοποιηθεί στατιστική ανάλυση με την οποία θα διερευνηθούν οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη μέση ταχύτητα οδήγησης.

5.3.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο στατιστικό μοντέλο προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας οδήγησης εξετάστηκαν οι μεταβλητές της τελικής βάσης δεδομένων (μεταβλητές ερωτηματολογίου και μεταβλητές που προέκυψαν από τον προσομοιωτή). Η βάση δεδομένων εισήχθη στο **ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης** με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ακολούθησε ο καθορισμός του ονόματος και του τύπου των μεταβλητών, στο πεδίο των μεταβλητών (variable view). Παρακάτω αναφέρονται οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο τελικό στατιστικό πρότυπο.

ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

LogV: μέση ταχύτητα οδήγησης

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

RAIN: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

Gender: το φύλο του συμμετέχοντος (γυναίκα= 1, άνδρας= 0)

Age: η ηλικία του συμμετέχοντος (24-28 χρονών= 1, 20-23 χρονών= 0)

RpmAverage: μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

LateralPosition: απόσταση οχήματος από την δεξιά οριογραμμή

Acc{Dam}: αν έχει συμβεί ατύχημα με υλικές ζημιές στο συμμετέχοντα, σε αστικό περιβάλλον (ναι= 1, όχι= 0)

dr_enj: αν αρέσει η οδήγηση στον συμμετέχοντα (ναι= 1, όχι= 0)

redspeed(r)<20: αν δηλώνει ο συμμετέχοντας ότι μειώνει την ταχύτητα του από 0 έως 20 χιλιόμετρα ανά ώρα, όταν οδηγεί σε βροχή, σε αστική οδό (ναι= 1, όχι= 0).

Επισημαίνεται ότι, από τις ανωτέρω μεταβλητές, οι μεταβλητές LogV, RpmAverage και LateralPosition ορίστηκαν ως συνεχείς (scale). Αντίθετα, οι μεταβλητές RAIN, Gender, Age, Acc{Dam}, dr_enj και redspeed(r)<20 ορίστηκαν ως διακριτές (nominal), στις οποίες διακρίθηκαν δύο κατηγορίες που αντιστοιχήθηκαν οι τιμές 0 και 1.

5.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Ολόκληρη η διαδικασία της ανάλυσης που θα παρουσιαστεί στην παράγραφο αυτή πραγματοποιείται μέσω της εντολής **Analyze**.

Αυτό που ενδιαφέρει αρχικά, είναι η διαμόρφωση μιας πληρέστερης εικόνας για την κατανομή των τιμών των μεταβλητών, μέσω της περιγραφικής στατιστικής. Αφού επιλεγεί η εντολή Analyze ακολουθεί η επιλογή της εντολής Descriptive statistics και στη συνέχεια η επιλογή Descriptives, προκειμένου για την **παραγωγή χρήσιμων περιγραφικών συναρτήσεων** (analyze >descriptive statistics >descriptive >options). Οι συναρτήσεις που επιλέγονται είναι εκείνη της μέσης τιμής, της τυπικής απόκλισης, του μεγίστου και του ελαχίστου. Είναι προφανές ότι, οι προαναφερθείσες συναρτήσεις έχουν νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές. Επομένως, στο πλαίσιο των μεταβλητών (variables) εισάγονται μόνο οι μεταβλητές **LogV** (μέση ταχύτητα οδήγησης), **RpmAverage** (μέσος αριθμός στροφών κινητήρα) και **LateralPosition** (απόσταση οχήματος από την δεξιά οριογραμμή). Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας φαίνονται παρακάτω:

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
RpmAverage	237	1211,95288	2736,91557	1863,23156	258,64919
LateralPosition	237	0,89817	3,45019	2,10376	0,67665
logV	237	1,32419	1,64274	1,47439	0,06391
Valid N (listwise)	237				

Πίνακας 5.10: Περιγραφικές συναρτήσεις συνεχών μεταβλητών

5.3.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο υποκεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η **διερεύνηση της συσχέτισης των μεταβλητών**. Εκείνο που επιδιώκεται είναι η μέγιστη δυνατή συσχέτιση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών και μηδενική συσχέτιση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η διαδικασία της μέτρησης της συσχέτισης ανάμεσα σε

ζευγάρια μεταβλητών πραγματοποιείται και πάλι μέσω της εντολής analyze (analyze >correlate >bivariate correlations). Οι μεταβλητές που ενδιαφέρουν εισάγονται στο πεδίο Variables. Απόλυτες τιμές των συντελεστών κοντά στη μονάδα αποδεικνύουν ισχυρή συσχέτιση, ενώ τιμές κοντά στο μηδέν φανερώουν ανύπαρκτη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας της διερεύνησης της συσχέτισης, τόσο για τις συνεχείς, όσο και για τις διακριτές μεταβλητές, που ελήφθησαν υπόψη στα τελικά μοντέλα, φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι τελικές μεταβλητές επιλέγηκαν **μετά από μεγάλο αριθμό δοκιμών**. Μερικά αποτελέσματα που παρουσίαζαν υψηλή συσχέτιση, άρα δεν ήταν ανεξάρτητα μεταξύ τους, παρουσιάζονται παρακάτω μαζί με τους πίνακες τελικών μεταβλητών.

Correlations				
		logV	RpmAverage	HWayAverage
logV	Pearson Correlation	1	,621**	,174**
	Sig. (2-tailed)		,000	,007
	N	237	237	237
RpmAverage	Pearson Correlation	,621**	1	,014
	Sig. (2-tailed)	,000		,827
	N	237	237	237
HWayAverage	Pearson Correlation	,174**	,014	1
	Sig. (2-tailed)	,007	,827	
	N	237	237	238

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

Πίνακας 5.11: Απόρριψη συνεχών μεταβλητών που παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση του μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης

Correlations					
		logV	RpmAverage	HWayAverage	TTCAverage
logV	Pearson Correlation	1	,621**	,174**	,132*
	Sig. (2-tailed)		,000	,007	,044
	N	237	237	237	234
RpmAverage	Pearson Correlation	,621**	1	,014	,086
	Sig. (2-tailed)	,000		,827	,187
	N	237	237	237	234
HWayAverage	Pearson Correlation	,174**	,014	1	,367**
	Sig. (2-tailed)	,007	,827		,000
	N	237	237	238	234
TTCAverage	Pearson Correlation	,132*	,086	,367**	1
	Sig. (2-tailed)	,044	,187	,000	
	N	234	234	234	234

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

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

Πίνακας 5.12: Συσχέτιση τελικών συνεχών μεταβλητών του μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης.

Correlations							
		RAIN	Gender	Age	Acc{Dam}	dr_enj	redspeed(r)<20
RAIN	Pearson Correlation	1	,003	-,014	,014	,006	,009
	Sig. (2-tailed)		,969	,832	,827	,927	,891
	N	237	237	237	237	237	237
Gender	Pearson Correlation	,003	1	-,041	-,252**	-,047	,056
	Sig. (2-tailed)	,969		,532	,000	,470	,388
	N	237	237	237	237	237	237
Age	Pearson Correlation	-,014	-,041	1	,144*	,036	,180**
	Sig. (2-tailed)	,832	,532		,027	,585	,005
	N	237	237	237	237	237	237
Acc{Dam}	Pearson Correlation	,014	-,252**	,144*	1	-,116	-,083
	Sig. (2-tailed)	,827	,000	,027		,074	,203
	N	237	237	237	237	237	237
dr_enj	Pearson Correlation	,006	-,047	,036	-,116	1	,040
	Sig. (2-tailed)	,927	,470	,585	,074		,544
	N	237	237	237	237	237	237
redspeed(r)<20	Pearson Correlation	,009	,056	,180**	-,083	,040	1
	Sig. (2-tailed)	,891	,388	,005	,203	,544	
	N	237	237	237	237	237	237

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

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

Πίνακας 5.13: Συσχέτιση τελικών διακριτών μεταβλητών του μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης της μέσης ταχύτητας οδήγησης

Correlations							
		RAIN	Gender	dr_exp2	dr_exp1	redspeed(r)<20	redspeed(r)>20
RAIN	Pearson Correlation	1	,003	,025	-,045	,009	-,008
	Sig. (2-tailed)		,969	,699	,489	,891	,908
	N	237	237	237	237	237	237
Gender	Pearson Correlation	,003	1	,206**	,004	,056	-,083
	Sig. (2-tailed)	,969		,001	,953	,388	,203
	N	237	237	237	237	237	237
dr_exp2	Pearson Correlation	,025	,206**	1	-,752**	,062	-,145*
	Sig. (2-tailed)	,699	,001		,000	,341	,025
	N	237	237	237	237	237	237
dr_exp1	Pearson Correlation	-,045	,004	-,752**	1	-,208**	,281**
	Sig. (2-tailed)	,489	,953	,000		,001	,000
	N	237	237	237	237	237	237
redspeed(r)<20	Pearson Correlation	,009	,056	,062	-,208**	1	-,840**
	Sig. (2-tailed)	,891	,388	,341	,001		,000
	N	237	237	237	237	237	237
redspeed(r)>20	Pearson Correlation	-,008	-,083	-,145*	,281**	-,840**	1
	Sig. (2-tailed)	,908	,203	,025	,000	,000	
	N	237	237	237	237	237	237

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

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

Πίνακας 5.14: Απόρριψη διακριτών μεταβλητών που παρουσίασαν υψηλή συσχέτιση του μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης

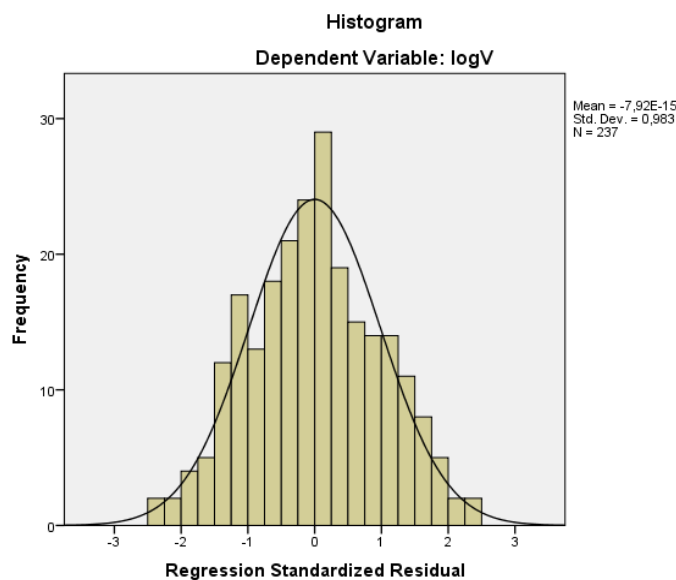
Όπως προαναφέρθηκε, για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου, απαιτείται η μη ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα συμπεριληφθούν σε αυτό. Όπως υπολογίστηκε, **δεν παρατηρείται καμία συσχέτιση** μεταξύ αυτών των διακριτών και συνεχών μεταβλητών σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01. Συνεπώς, οι ανεξάρτητες αυτές μεταβλητές σωστά ελήφθησαν υπόψη στο τελικό μοντέλο της πλευρικής απόστασης του οχήματος στο οδόστρωμα.

5.3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης συνίσταται στην **επιλογή του είδους της παλινδρόμησης**, με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλου μαθηματικού μοντέλου σχετικού με το αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, δηλαδή τη

διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια του οδηγού σε αστικές οδούς.

Η επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και ασφάλεια του οδηγού θα μελετηθεί μέσω του μοντέλου της μέσης ταχύτητας οδήγησης. Επομένως, ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρείται η μέση ταχύτητα οδήγησης (LogV). Επειδή ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την επιλογή της μεθόδου ανάλυσης είναι **η κατανομή που ακολουθεί η εξαρτημένη μεταβλητή**, αναπτύχθηκε το διάγραμμα της κατανομής.



Διάγραμμα 5.6: Ιστόγραμμα συχνοτήτων για την εξαρτημένη μεταβλητή της μέσης ταχύτητας οδήγησης

5.3.5 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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

Η γραμμική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών: `analyze > regression > linear`.

Τη μετάβαση στην επιλογή `linear` διαδέχεται ο **καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών**. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο `Dependent`. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο `Independent(s)`. Προτεραιότητα, στο σημείο αυτό, δίδεται στην περιγραφή της

διαδικασίας αξιολόγησης των δεδομένων εξόδου της ανάλυσης και κατ' επέκταση του μοντέλου.

Τα δεδομένα που εξετάζονται για την **αξιολόγηση του μοντέλου** είναι ο συντελεστής R^2 οι συντελεστές της εξίσωσης βί, οι τιμές t του στατιστικού ελέγχου t -test και το σφάλμα της εξίσωσης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αναπτύχθηκαν αρκετά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης με ικανοποιητική προσαρμογή. Όμως, θεωρήθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί και το ενδεχόμενο η καμπύλη συσχέτισης της εξαρτημένης μεταβλητής να μην παρουσιάζει σταθερή κλίση σε όλα τα τμήματά της και για το λόγο αυτό εξετάστηκε η μέση ταχύτητα οδήγησης και με την ανάπτυξη **μοντέλου λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης**, όπως αυτό περιγράφεται στη συνέχεια.

5.3.6 ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

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

Η **διαδικασία της ανάλυσης** είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη που ακολουθήθηκε προηγουμένως για τη γραμμική παλινδρόμηση (analyze >regression >linear), με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί ως εξαρτημένη μεταβλητή ο λογάριθμος της μέσης ταχύτητας οδήγησης (LogV).

Τα **τελικά αποτελέσματα** που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν. Αναφέρεται ότι κάθε φορά που εξεταζόταν κάποιο στατιστικό πρότυπο, χρησιμοποιούνταν διαδοχικά οι ανεξάρτητες μεταβλητές και κάθε φορά απορρίπτονταν όσες είχαν t μικρότερο από 1,7, με μοναδική εξαίρεση τη μεταβλητή **RAIN**, η οποία απορριπτόταν εάν είχε t μικρότερο του 1,3. Επισημαίνεται ότι τα τελικά αποτελέσματα επιλέγηκαν έπειτα από **πολλές δοκιμές**. Το πιο συχνό πρόβλημα που προέκυψε ήταν η χαμηλή σημαντικότητα ($t < 1,7$). Παράδειγμα απόρριψης μεταβλητών παρατίθενται παρακάτω.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,214	,028		44,118	,000
	RAIN	-,011	,006	-,084	-1,737	,084
	dang5_f	-,004	,007	-,029	-,548	,584
	dr_enj	-,039	,010	-,184	-3,729	,000
	RpmAverage	,000	,000	,604	11,771	,000
	Traffic_H	-,003	,006	-,027	-,562	,574
	Age	,014	,006	,107	2,141	,033
	LateralPosition	,012	,005	,131	2,587	,010
	Gender	-,019	,007	-,150	-2,818	,005

a. Dependent Variable: logV

Πίνακας 5.15: Πίνακας απόρριψης μεταβλητών λόγω χαμηλής σημαντικότητας στη λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση.

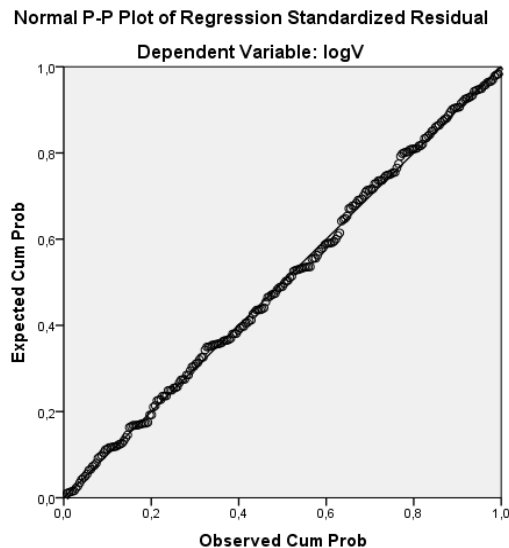
Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,708a	,501	,483	,459

a. Predictors: (Constant), Gender, RAIN, Age, dr_enj, redspeed(r) <20, LateralPosition, RpmAverage, Acc{Dam}
b. Dependent Variable: logV

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,256	,029		43,216	,000
	RAIN	-,010	,006	-,078		,099
	Acc{Dam}	-,021	,007	-,148	-2,868	,005
	dr_enj	-,042	,010	-,196	-4,108	,000
	redspeed(r) <20	-,021	,008	-,131	-2,689	,008
	RpmAverage	,000	,000	,555	10,777	,000
	Age	,020	,006	,154	3,079	,002
	LateralPosition	,012	,005	,132	2,643	,009
	Gender	-,024	,007	-,183	-3,552	,000

a. Dependent Variable: logV

Πίνακες 5.16, 5.17: Αποτελέσματα λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης



Διάγραμμα 5.7: Αθροιστική πιθανότητα σφάλματος

Στα τελικά αποτελέσματα εξάγονται οι εξής παρατηρήσεις:

- i. Ο **συντελεστής συσχέτισης R^2** ισούται με 0,501 στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης.
- ii. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν έχουν συντελεστή **t μεγαλύτερο από 1,7**, άρα παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης, εκτός από την μεταβλητή «RAIN».
- iii. Στο μοντέλο **εμπεριέχεται η μεταβλητή «RAIN»**, η οποία αντιπροσωπεύει την οδήγηση με ή χωρίς βροχή και η οποία παρουσιάζει υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης με **t μεγαλύτερο από 1,3**.
- iv. Το μοντέλο διακρίνεται για την **ερμηνευτικότητα** των ανεξάρτητων μεταβλητών του.
- v. Ικανοποιείται η βασική προϋπόθεση του σφάλματος, αφού τα **τυπικά σφάλματα** στο διάγραμμα 5.7 θεωρείται πως προσεγγίζουν την ευθεία της διαγωνίου, άρα **ακολουθούν κανονική κατανομή**.

5.3.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Παραπάνω παρουσιάστηκε το τελικό μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η **μαθηματική σχέση** που αναπτύχθηκε και έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή τη μέση ταχύτητα οδήγησης.

Η **μαθηματική σχέση** του μοντέλου που προέκυψε είναι:

$$\text{LogV} = +1.256 - 0.010 \cdot \text{RAIN} - 0.24 \cdot \text{Gender} + 0.020 \cdot \text{Age} - 0.021 \cdot \text{ACC}\{\text{DAM}\} + 0,000137 \cdot \text{RpmAverage} + 0,12 \cdot \text{LateralPosition} - 0,042 \cdot \text{dr_enj} - 0,021 \cdot \text{redspeed}(r) < 20$$

Η παραπάνω σχέση γράφεται ως εξής:

$$V = 10^{(+1.256 - 0.010 \cdot \text{RAIN} - 0.24 \cdot \text{Gender} + 0.020 \cdot \text{Age} - 0.021 \cdot \text{ACC}\{\text{DAM}\} + 0,000137 \cdot \text{RpmAverage} + 0,12 \cdot \text{LateralPosition} - 0,042 \cdot \text{dr_enj} - 0,021 \cdot \text{redspeed}(r) < 20)}$$

Όπου:

LogV: μέση ταχύτητα οδήγησης

RAIN: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

Gender: το φύλο του συμμετέχοντος (γυναίκα= 1, άνδρας= 0)

Age: η ηλικία του συμμετέχοντος (24-28 χρονών= 1, 20-23 χρονών= 0)

RpmAverage: μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

LateralPosition: απόσταση οχήματος από την δεξιά οριογραμμή

Acc{Dam}: αν έχει συμβεί στο συμμετέχοντα ατύχημα με υλικές ζημιές, σε αστικό περιβάλλον (ναι= 1, όχι= 0)

dr_enj: αν αρέσει η οδήγηση στον συμμετέχοντα (ναι= 1, όχι= 0)

redspeed(r)<20: αν δηλώνει ο συμμετέχοντας ότι μειώνει την ταχύτητα του από 0 έως 20 χιλιόμετρα ανά ώρα, όταν οδηγεί σε βροχή, σε αστική οδό (ναι= 1, όχι= 0)

ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΒΡΟΧΗ

Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής «RAIN» στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης εμφανίζεται αρνητικό. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 (οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή), έχει ως αποτέλεσμα τη **μείωση της μέσης ταχύτητας** οδήγησης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από το γεγονός ότι, όταν οι συμμετέχοντες καλούνταν να οδηγήσουν με βροχή, αισθάνονταν πιο ανασφαλείς, γι' αυτό και οδηγούσαν προσεκτικότερα και με χαμηλότερη ταχύτητα.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test είναι 1,659 πιστοποιώντας έτσι τη στατιστική σημαντικότητα της μεταβλητής.

ΦΥΛΟ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Η διακριτή μεταβλητή «gender» εμφανίζεται στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης με αρνητικό πρόσημο, που σημαίνει ότι όσο μειώνεται η τιμή της μεταβλητής αυτής, **αυξάνεται η μέση ταχύτητα**. Το αρνητικό πρόσημο, σε αυτή την περίπτωση, δηλώνει ότι οι άνδρες (τιμή 0 της μεταβλητής) παρουσιάζουν ψηλότερη ταχύτητα από εκείνη των γυναικών (τιμή 1 της μεταβλητής). Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας, που διαχωρίζουν τα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά, με τις γυναίκες στην πλειοψηφία τους να θεωρούνται πιο επιφυλακτικές και να οδηγούν με χαμηλότερες ταχύτητες σε σύγκριση με τους άνδρες. Η τιμή του δείκτη t-test της μεταβλητής στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας είναι 3,552.

ΗΛΙΚΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Το θετικό πρόσημο της μεταβλητής «Age», συνεπάγεται ότι αύξηση της τιμής της συνεχούς αυτής μεταβλητής έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση της τιμής** της εξαρτημένης μεταβλητής «LogV». Το συμπέρασμα αυτό χαρακτηρίζεται εύλογο, καθώς, όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του συμμετέχοντος, τόσο πιθανόν μεγαλύτερη είναι και η οδηγική του εμπειρία. Επομένως, οδηγοί με περισσότερα χρόνια εμπειρίας έχουν καλύτερη επίγνωση των ικανοτήτων τους για το χειρισμό του οχήματος σε σχέση με το χρόνο αντίδρασης, την απόσταση πέδησης και τις δυνατότητες πραγματοποίησης ελιγμών, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στην αύξηση της ταχύτητάς τους. Η μεταβλητή παριστάνεται στατιστικά σημαντική, αφού η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test είναι 3,079.

ΕΜΠΛΟΚΗ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ ΣΕ ΑΤΥΧΗΜΑ ΜΕ ΥΛΙΚΕΣ ΖΗΜΙΕΣ

Η μεταβλητή «Acc{Dam}» προέκυψε από το ερωτηματολόγιο που κλήθηκαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες και αναφέρεται στο εάν έχουν εμπλακεί ποτέ στο παρελθόν σε ατύχημα με υλικές ζημιές οδηγώντας σε αστική περιοχή. Στο μοντέλο παρουσιάζεται με αρνητικό πρόσημο, που σημαίνει ότι όσο περισσότερο αυξάνει η τιμή της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1, τόσο **μειώνεται η τιμή** της εξαρτημένης μεταβλητής «LogV». Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί λαμβάνοντας υπόψη ότι, όσοι οδηγοί έχουν εμπλακεί σε ατύχημα, η οδήγησή τους φαίνεται να είναι περισσότερο επιφυλακτική και να έχουν την τάση να διατηρούν χαμηλότερες ταχύτητες σε σχέση με εκείνους, που δεν έχουν εμπλακεί ποτέ σε ατύχημα. Η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test της μεταβλητής είναι 2,868 πιστοποιώντας έτσι τη στατιστική σημαντικότητα της διακριτής αυτής μεταβλητής.

ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Η μεταβλητή «RpmAverage» παρουσιάζεται στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης με θετικό πρόσημο. Αύξηση του μέσου αριθμού στροφών του κινητήρα οδηγεί σε **αύξηση της μέσης ταχύτητας** οδήγησης. Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται εύλογο, καθώς είναι φυσικό ότι, η οδήγηση σε αυξημένες στροφές επιφέρει συνήθως αύξηση της ταχύτητας του οχήματος. Επίσης, ο αυξημένος αριθμός στροφών κινητήρα μπορεί ερμηνευθεί και ως χαρακτηριστικό νευρικού οδηγού, γεγονός που

ενδεχομένως εξηγεί και την αυξημένη ταχύτητα οδήγησης. Η μεταβλητή παριστάνεται στατιστικά σημαντική, αφού η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test είναι 10,776.

ΜΕΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΕΞΙΑ ΟΡΙΟΓΡΑΜΜΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ

Η συνεχής μεταβλητή «LateralPosition» εμφανίζεται στο μαθηματικό μοντέλο της μέσης ταχύτητας με θετικό πρόσημο. Παρατηρήθηκε, δηλαδή, ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής συνεπάγεται **αύξηση της μέσης ταχύτητας** του οδηγού. Συνεπώς, η αύξηση της μέσης απόστασης του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή της οδού επιφέρει μείωση της ταχύτητας. Το πιο πάνω συμπέρασμα θα μπορούσε να εξηγηθεί από το ότι, οι πιο επιθετικοί οδηγοί βρίσκονται κοντά στον άξονα της οδού και αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες, ενώ οι πιο συντηρητικοί οδηγούν με χαμηλότερες ταχύτητες πιο κοντά στη δεξιά οριογραμμή και απομακρύνονται από τον άξονα της οδού, που αποτελεί πιθανή αιτία σύγκρουσης με τα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας. Αυτή η σχέση ενδεχομένως εξηγείται και από το ότι, καθώς αυξάνεται η απόσταση από την δεξιά οριογραμμή της οδού, ο οδηγός έχει μεγαλύτερη απόσταση από πλευρικά εμπόδια (π.χ. σταθμευμένα οχήματα) και έτσι έχει περισσότερη άνεση στην οδήγηση με αποτέλεσμα να αναπτύσσει μεγαλύτερες ταχύτητες. Η απόλυτη τιμή του δείκτη t της στατιστικής σημαντικότητας της μεταβλητής «LateralPosition» είναι 2,643.

ΕΑΝ ΑΡΕΣΕΙ ΣΤΟΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΑ Η ΟΔΗΓΗΣΗ

Η μεταβλητή «dr_enj» προέκυψε από το ερωτηματολόγιο που κλήθηκαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες και αναφέρεται στο εάν τους αρέσει η οδήγηση ή όχι. Στο μοντέλο παρουσιάζεται με αρνητικό πρόσημο, που σημαίνει ότι όσο περισσότερο αυξάνει η τιμή της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1, τόσο **μειώνεται η τιμή** της εξαρτημένης μεταβλητής «LogV». Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί σκεπτόμενοι ότι σε όσους αρέσει η οδήγηση πιθανόν να είναι λιγότερο νευρικοί οδηγοί, να απολαμβάνουν το χρόνο που περνούν οδηγώντας και να μην βιάζονται. Για αυτό και δεν αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες.

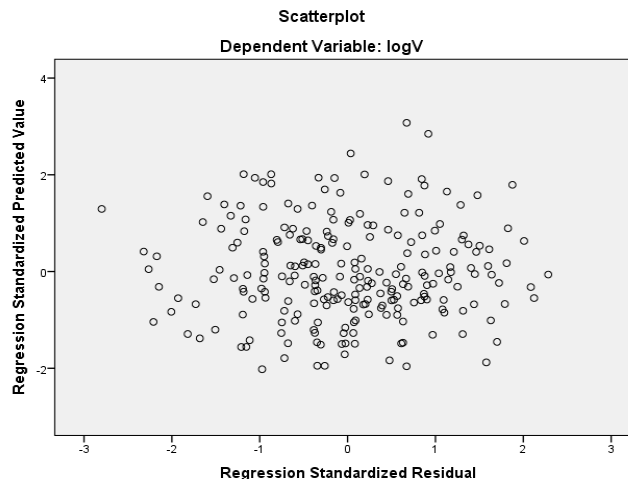
Η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test της μεταβλητής είναι 2,868 πιστοποιώντας έτσι τη στατιστική σημαντικότητα της διακριτής αυτής μεταβλητής.

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΒΡΟΧΗ ΣΕ ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟ

Η μεταβλητή «redspeed(r)<20» προέκυψε από το ερωτηματολόγιο, που κλήθηκαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες. Αναφέρεται στο κατά πόσο μειώνουν την ταχύτητα οδήγησης, σε συνθήκες βροχής, σε αστική οδό και η συγκεκριμένη μεταβλητή αντιπροσωπεύει την μείωση από 0 έως 20 χιλιόμετρα την ώρα. Στο μοντέλο παρουσιάζεται με αρνητικό πρόσημο, που σημαίνει ότι όσο περισσότερο αυξάνει η τιμή της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1, τόσο **μειώνεται η τιμή** της εξαρτημένης μεταβλητής «LogV». Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται λογικό. Όσοι δήλωσαν την συγκεκριμένη απάντηση, είναι γεγονός ότι μείωσαν την ταχύτητα τους σε συνθήκες βροχής στην οδήγηση στον προσομοιωτή.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη t-test της μεταβλητής είναι -2,689 πιστοποιώντας έτσι τη στατιστική σημαντικότητα της διακριτής αυτής μεταβλητής.

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



Διάγραμμα 5.8 : Συσχέτιση και διασπορά των σφαλμάτων στο μοντέλο.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των τιμών των σφαλμάτων. Επιπρόσθετα, φαίνεται η σταθερή διασπορά των σφαλμάτων γύρω από το μηδέν και η κατά προσέγγιση μηδενική τιμή του μέσου όρου. Αναφέρεται ότι η διασπορά του σφάλματος εξαρτάται από το συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Όσο μεγαλύτερο είναι το R^2 τόσο μικρότερη είναι η διασπορά του σφάλματος, δηλαδή τόσο καλύτερη είναι η πρόβλεψη που βασίζεται στην ευθεία παλινδρόμησης.

Τα προαναφερθέντα συγκλίνουν στο ότι πληρούνται ικανοποιητικά και οι τέσσερις προϋποθέσεις για τον έλεγχο του σφάλματος, ώστε αυτό να μην επηρεάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου.

5.3.8 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Ο **βαθμός της επιρροής** των ανεξάρτητων μεταβλητών στο παραπάνω μοντέλο στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή, που περιέχεται στη μαθηματική σχέση του μοντέλου της μέσης ταχύτητας 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.

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

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

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

Ο υπολογισμός της σχετικής επιρροής για κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές των μοντέλων ακολούθησε την παρακάτω διαδικασία. Στη στήλη της σχετικής επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής εφαρμόστηκε η σχέση $ei = \beta_i * (X_i / Y_i)$, όπου β_i ο συντελεστής της εξεταζόμενης ανεξάρτητης μεταβλητής, X_i η τιμή της και Y_i η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Για την εξαγωγή της τιμής της σχετικής επιρροής, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η έννοια της επιρροής έχει νόημα μόνο για συνεχείς μεταβλητές και όχι για διακριτές μεταβλητές, 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.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση Ταχύτητα			
	β_i	t	Σχετική επιρροή	
			e_i	e^*i
Βροχή	-0,01	-1,66	0,00	1,00
Ατύχημα με υλικές ζημιές (από ερωτηματολόγιο)	-0,02	-2,87	0,00	1,75
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-0,04	-4,11	-0,03	10,57
Μείωση της ταχύτητας 0-20 χλμ/ώρα στη βροχή (από ερωτηματολόγιο)	-0,02	-2,69	-0,01	4,71
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0,00	10,78	0,06	-24,27
Ηλικία	0,02	3,08	0,01	-3,09
Απόσταση από την δεξιά οριογραμμή	0,01	2,64	0,02	-7,45
Φύλο	-0,02	-3,55	-0,01	2,88

Πίνακας 5.18: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλου μέσης ταχύτητας οδήγησης

Από τον παραπάνω πίνακα, προκύπτει το είδος και το μέγεθος της επιρροής της 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.

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οδήγησης, παρατηρούμε τα εξής:

Η μεταβλητή **«Βροχή»** εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή με τιμή $e_i = -0,0024$.

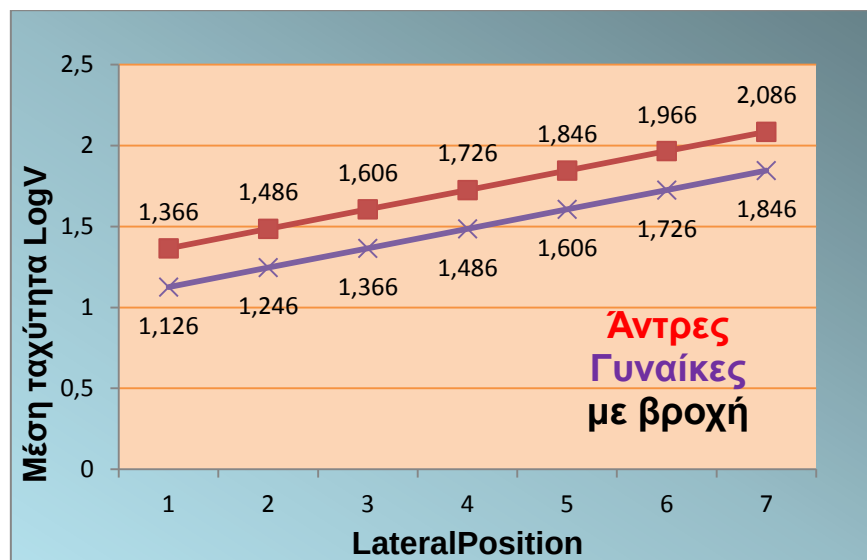
Τις αμέσως μεγαλύτερες επιρροές στο μοντέλο της ταχύτητας εμφάνισαν, με τη σειρά, οι μεταβλητές «Ατύχημα με υλικές ζημιές», «Φύλο», «Ηλικία», «Μείωση της ταχύτητας 0-20 χλμ/ώρα στην βροχή» και «Απόσταση από την δεξιά οριογραμμή σε σχέση με τη μεταβλητή «Βροχή».

Η μεταβλητή **«Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα»** έχει τη μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τις υπόλοιπες στο μοντέλο της μέσης ταχύτητας οχήματος. Έχει 24,3 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με την **«Βροχή»**.

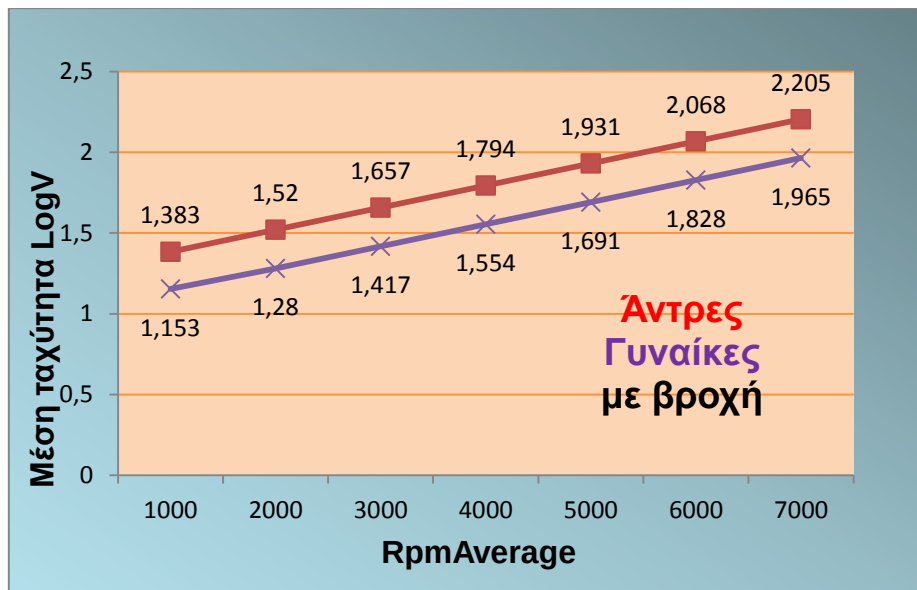
Τέλος, η μεταβλητή «**Απόλαυση της οδήγησης**» παρουσιάζει 10,8 φορές μεγαλύτερη σχετική επιρροή αντίστοιχα, σε σχέση με τη μεταβλητή «**Βροχή**».

5.3.9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

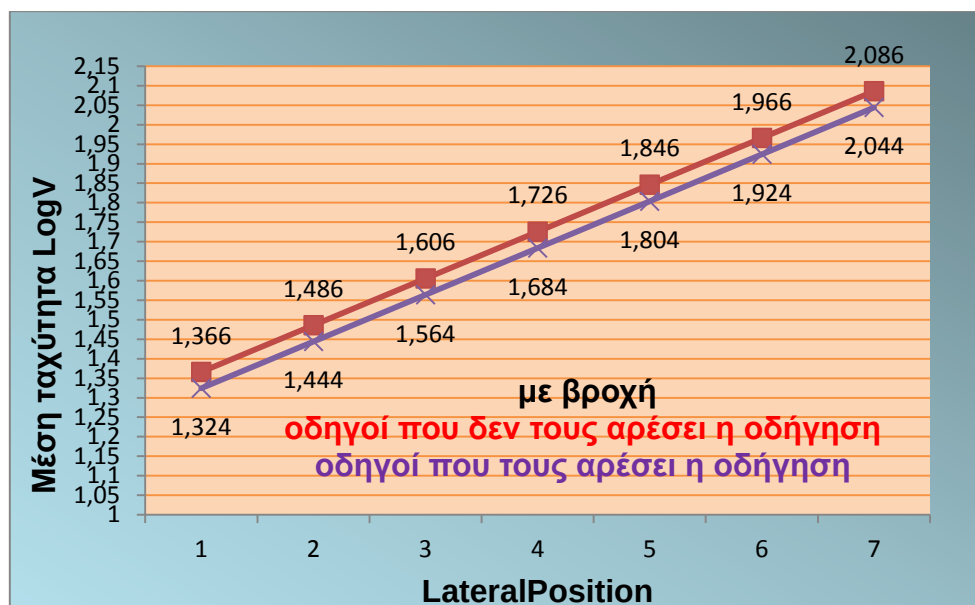
Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται ορισμένα **διαγράμματα ευαισθησίας**, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Τα συγκεκριμένα διαγράμματα περιγράφουν την ευαισθησία της εξεταζόμενης εξαρτημένης μεταβλητής, όταν μεταβάλλεται μία εκ των ανεξάρτητων συνεχών μεταβλητών και οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές. Τέλος, αναφέρονται μερικά γενικά συμπεράσματα.



Διάγραμμα 5.9: Συσχέτιση της μέσης ταχύτητας του οχήματος με την απόσταση του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος, σε διαδρομές με βροχή, για άντρες και γυναίκες οδηγούς.



Διάγραμμα 5.10: Συσχέτιση της μέσης ταχύτητας του οχήματος με τον μέσο αριθμό στροφών του κινητήρα σε διαδρομές με βροχή, για άντρες και γυναίκες οδηγούς.



Διάγραμμα 5.11: Συσχέτιση της μέσης ταχύτητας του οχήματος με την απόσταση του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος, σε διαδρομές με βροχή, για οδηγούς που τους αρέσει η οδήγηση και οδηγούς που δεν τους αρέσει η οδήγηση.

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας προκύπτουν τα εξής ενδιαφέροντα γενικά συμπεράσματα, σε συμφωνία με όσα έχουν αναφερθεί και στα προηγούμενα:

- Στην οδήγηση με βροχή, όταν αυξάνεται η απόσταση από την δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος, αλλά και όταν αυξάνεται ο αριθμός των στροφών του κινητήρα, σημειώνεται αύξηση στην ταχύτητα του οχήματος. Και στις δύο περιπτώσεις οι άντρες οδηγοί, αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες από τις γυναίκες.

- Επίσης, οι οδηγοί που δεν τους αρέσει η οδήγηση αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες, σε σχέση με εκείνους που τους αρέσει, ενώ η ταχύτητα αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η απόσταση από την δεξιά οριογραμμή του οδοστρώματος.

5.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΠΡΟΟΠΤΟ ΣΥΜΒΑΝ

Ο στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών σε αστικό περιβάλλον στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του οδηγού. Στην παράγραφο αυτή θα περιγραφεί η διαδικασία ανάλυσης για την ανάπτυξη των μοντέλων, που αφορούν την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα και να εξετασθεί η επιρροή των καιρικών συνθηκών σε αυτή. Συνολικά θα πραγματοποιηθεί μία στατιστική ανάλυση.

5.4.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ- ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο στατιστικό μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα εξετάστηκαν οι μεταβλητές της τελικής βάσης δεδομένων (μεταβλητές ερωτηματολογίου και μεταβλητές που προέκυψαν από τον προσομοιωτή). Η βάση δεδομένων εισήχθη στο ειδικό λογισμικό στατιστικής ανάλυσης με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ακολούθησε ο καθορισμός του ονόματος και του τύπου των μεταβλητών, στο πεδίο των μεταβλητών (variable view). Παρακάτω αναφέρονται οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στο τελικό στατιστικό πρότυπο.

ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ:

Accident: Αν συνέβη ατύχημα (ΑΤΥΧΗΜΑ= 1, ΟΧΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 0)

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ:

FOG: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

RAIN: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

Gender: το φύλο του συμμετέχοντος (γυναίκα= 1, άνδρας= 0)

Traffic_L: χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος (ναι= 1, όχι= 0)

dr_enj: αν αρέσει στο συμμετέχοντα η οδήγηση (ναι= 1, όχι= 0)

RpmAverage: μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

HWayAverage: απόσταση οχήματος από το προπορευόμενο όχημα

Επισημαίνεται ότι, από τις ανωτέρω μεταβλητές, οι μεταβλητές RpmAverage, HWayAverage και ορίστηκαν ως συνεχείς (scale). Αντίθετα, οι μεταβλητές FOG, RAIN, Gender, Traffic_L, dr_enj ορίστηκαν ως διακριτές (nominal), οι οποίες διακρίθηκαν δύο κατηγορίες στις οποίες αντιστοιχήθηκαν οι τιμές 0 και 1.

5.4.2 ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Με στόχο, τη διερεύνηση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα ως εξαρτημένη μεταβλητή, ελήφθη η μεταβλητή **«Accident»**, δηλαδή το εάν συνέβη ή όχι ατύχημα στους οδηγούς του πειράματος, σε κάποιο τμήμα της οδού. Η μεταβλητή αυτή είναι διακριτή και μάλιστα είναι δυνατό να λάβει μόνο δύο τιμές (ΝΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 1, ΟΧΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 0).

Για το λόγο αυτό η ανάλυση έγινε με τη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης (binary logistic regression). Η λογιστική παλινδρόμηση εφαρμόζεται μέσω της ακολουθίας των εντολών: `analyze > regression > binary logistic`. Τη μετάβαση στην επιλογή binary logistic διαδέχεται ο καθορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών. Η μεταβλητή που ενδιαφέρει (εξαρτημένη μεταβλητή) εισάγεται στο πλαίσιο Dependent. Οι επεξηγηματικές μεταβλητές, βάσει των οποίων θα εξηγηθεί η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής, εισάγονται στο πλαίσιο Covariates. Στη συνέχεια, στην επιλογή categorical τοποθετούμε όσες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι διακριτές.

Γενικά, ισχύει ό,τι και στην απλή γραμμική και λογαριθμοκανονική παλινδρόμηση, με τη διαφορά ότι στη λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης το αντίστοιχο t-test έχει την ονομασία Wald. Η τιμή του Wald για κάθε μεταβλητή πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1,7 όπως ακριβώς και για το συντελεστή t.

Σημαντικό ρόλο στην επιλογή των μεταβλητών των μοντέλων της λογιστικής ανάλυσης παλινδρόμησης παίζει η **πιθανοφάνεια**. Για την εκτίμηση της επιρροής των παραμέτρων βί χρησιμοποιείται η μέθοδος της 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 προτιμώνται 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 το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε το **Likelihood Ratio Test (LRT)** (κριτήριο λόγου πιθανοφάνειας).

Σύμφωνα με το κριτήριο του λόγου πιθανοφανειών (LRT), εάν η διαφορά $LRT = -2 \cdot (L(b) - L(0))$, όπου $L(b) = L$ (μοντέλο με τις p μεταβλητές), ενώ $L(0) = L$ (μοντέλο χωρίς τις p μεταβλητές), είναι μεγαλύτερη από την τιμή του κριτηρίου χ^2 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.

Ο **συντελεστής ρ^2** καθορίζει την ποιότητα του μοντέλου. Ο συντελεστής αυτός, είναι ανάλογος του συντελεστή R^2 της απλής γραμμικής και λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης, και χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης. Υπολογίζεται ως εξής $\rho^2 = 1 - (L(b)/L(0))$ όπου $L(b) = L$ (μοντέλο με τις p μεταβλητές) και $L(0) = L$ (μοντέλο χωρίς τις p μεταβλητές). Συγκεκριμένα, 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 ρ^2 στη 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 προβλέπεται 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 65% και να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο αντίστοιχων ποσοστών των δυο ενδεχομένων.

5.4.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Τα αποτελέσματα της διαδικασίας διερεύνησης της συσχέτισης τόσο για τις συνεχείς, όσο και για τις διακριτές μεταβλητές, που ελήφθησαν υπόψη στο τελικό μοντέλο, φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν. Παρόλο που το στατιστικό πρόγραμμα, μεταξύ των μεταβλητών «FOG» και «RAIN» του Πίνακα 5.21 υπολόγισε ότι, υπάρχει συσχέτιση, αυτές δεν αγνοήθηκαν από τα μοντέλα καθώς είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες και το ενδεχόμενο να συμβούν ρυθμίζεται τυχαία.

Correlations						
		Gender	dr_enj	RAIN	FOG	traffic_L
Gender	Pearson Correlation	1	-,047	,003	-,003	-,004
	Sig. (2-tailed)		,470	,969	,968	,955
	N	237	237	237	236	237
dr_enj	Pearson Correlation	-,047	1	,006	,001	,029
	Sig. (2-tailed)	,470		,927	,988	,653
	N	237	237	237	236	237
RAIN	Pearson Correlation	,003	,006	1	-,513**	,006
	Sig. (2-tailed)	,969	,927		,000	,929
	N	237	237	237	236	237
FOG	Pearson Correlation	-,003	,001	-,513**	1	,009
	Sig. (2-tailed)	,968	,988	,000		,891
	N	236	236	236	236	236
traffic_L	Pearson Correlation	-,004	,029	,006	,009	1
	Sig. (2-tailed)	,955	,653	,929	,891	
	N	237	237	237	236	237

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

Πίνακας 5.19: Συσχέτιση διακριτών μεταβλητών του μοντέλου της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα.

Correlations			
		RpmAverage	HWayAverage
RpmAverage	Pearson Correlation	1	,014
	Sig. (2-tailed)		,827
	N	237	237
HWayAverage	Pearson Correlation	,014	1
	Sig. (2-tailed)	,827	
	N	237	238

Πίνακας 5.20: Συσχέτιση συνεχών μεταβλητών του μοντέλου της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα.

5.4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Στη συνέχεια παρατίθεται το τελικό μοντέλο λογιστικής παλινδρόμησης που περιγράφει την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, στο οποίο παρατηρούνται τα εξής:

- Οι λόγοι πιθανοφανειών του μοντέλου (Likelihood Ratio test) ικανοποιούν το κριτήριο $LRT = -2*(L(b) - L(0)) > \chi^2$, με n-1 βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο σημαντικότητας 10%.

Iteration History ^{a,b,c}		
Iteration		-2 Log likelihood
Step 0	1	214,316

Model Summary	
Step	-2 Log likelihood
1	172,595 ^a

Πίνακες 5.21, 5.22: Αποτελέσματα λογιστικής παλινδρόμησης για άδειο μοντέλο (χωρίς τις μεταβλητές) και για μοντέλο με τις μεταβλητές αντίστοιχα.

Likelihood Ratio test

$LRT = -2*(L(b) - L(0)) = -2*(172,595 - 214,316) = 83,442 > \chi^2 (=16,812)$ με $n-1=6$ βαθμούς ελευθερίας και επίπεδο σημαντικότητας 10%.

- Ο συντελεστής ρ^2 υπολογίσθηκε ίσος με 0,19.

Υπολογισμός ρ^2

$$\rho^2 = 1 - [L(b)/L(0)] = 1 - (172,595)/(214,316) = 0,19$$

- Ο μέσος όρος του ποσοστού που προβλέπονται τα ατυχήματα είναι 83,5%. Αναλυτικότερα η πιθανότητα να προβλεφθεί σωστά ότι συνέβη ατύχημα είναι 10,3%, ενώ ότι δε συνέβη 98,0%.

Classification Table ^a					
Observed			Predicted		
			Accident		Percentage Correct
			0	1	
Step 1	Accident	όχι ατύχημα	193	4	98,0
		ναι ατύχημα	35	4	10,3
	Overall Percentage				83,5

a. The cut value is ,500

Πίνακας 5.23: Αποτελέσματα λογιστικής παλινδρόμησης.

- Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την εξαρτημένη μεταβλητή παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές Wald.

Variables in the Equation		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a	Gender(1)	,693	,324	2,675	1	,092	1,999
	dr_enj(1)	-1,145	,566	4,091	1	,043	,318
	RpmAverage	,002	,001	3,843	1	,050	1,002
	HWayAverage	,014	,008	2,841	1	,092	1,014
	FOG(1)	-1,738	,701	6,140	1	,013	,176
	RAIN(1)	,872	,432	4,084	1	,043	2,393
	Traffic_L(1)	-1,172	,464	6,397	1	,011	,310
	Constant	-4,161	1,567	7,048	1	,008	,016
	a Variable(s) entered on step 1: RAIN , Gender, RpmAverage, dr_enj, traffic_L, FOG, HWayAverage.						

Πίνακας 5.24: Αποτελέσματα λογιστικής παλινδρόμησης.

5.4.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παραπάνω παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα του τελικού μοντέλου της λογιστικής παλινδρόμησης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μαθηματική σχέση που αναπτύχθηκε για να υπολογίσει την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα. Η μαθηματική αυτή σχέση υπολογίζει τη συνάρτηση χρησιμότητας *U* ή αλλιώς *Utility Function*. Οπότε η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα είναι:

$$P = e^U / (e^U + 1)$$

Η **μαθηματική σχέση** του τελικού μοντέλου είναι:

$$U = -4,161 + 0,872 \cdot RAIN - 1,738 \cdot FOG + 0,693 \cdot Gender - 1,145 \cdot dr_enj - 1,172 \cdot Traffic_L + 0,014 \cdot HwayAverage + 0,002 \cdot RpmAverage$$

Όπου:

U: Αν συνέβη ατύχημα (ΝΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 1, ΟΧΙ ΑΤΥΧΗΜΑ= 0)

RAIN: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

FOG: οδήγηση σε αστικό περιβάλλον με βροχή (ναι= 1, όχι= 0)

Gender: το φύλο του συμμετέχοντος (γυναίκα= 1, άνδρας= 0)

Traffic_L: χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος (ναι= 1, όχι= 0)

dr_enj: αν αρέσει στο συμμετέχοντα η οδήγηση (ναι= 1, όχι= 0)

RpmAverage: μέσος αριθμός στροφών κινητήρα

HWayAverage: απόσταση οχήματος από το προπορευόμενο όχημα

ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΒΡΟΧΗ

Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής «RAIN» στο μοντέλο εμφανίζεται θετικό. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 (οδήγηση με βροχή), έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση της πιθανότητας** να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί λογικά, λόγω της ολισθηρότητας του οδοστρώματος, αφού το νερό μειώνει την τριβή μεταξύ των ελαστικών και του δρόμου. Επισημαίνεται ότι, η μεταβλητή «RAIN» θεωρείται στατιστικά σημαντική, καθώς η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald είναι 4,084.

ΟΔΗΓΗΣΗ ΜΕ ΟΜΙΧΛΗ

Παρατηρείται ότι το πρόσημο της μεταβλητής «FOG» στο μοντέλο εμφανίζεται αρνητικό. Αυτό συνεπάγεται ότι αύξηση της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1 (οδήγηση με ομίχλη), έχει ως αποτέλεσμα την **μείωση της πιθανότητας** να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί λογικά. Οι οδηγοί τείνουν να είναι πιο προσεκτικοί στην οδήγηση με ομίχλη, το οποίο εξηγείται λόγω της ανασφάλειας που αισθάνονται οι οδηγοί, εξαιτίας της χαμηλής ορατότητας. Επισημαίνεται ότι η μεταβλητή «FOG» θεωρείται στατιστικά σημαντική, καθώς η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald είναι 6,140.

ΦΥΛΟ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΟΣ

Το θετικό πρόσημο της διακριτής μεταβλητής «Gender», δηλώνει **αύξηση της πιθανότητας** να συμβεί ατύχημα, με την αύξηση της τιμής της μεταβλητής. Επειδή η μεταβλητή παίρνει την τιμή 1 για τις γυναίκες και την τιμή 0 για τους άντρες, προκύπτει ότι οι γυναίκες παρουσιάζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να τους συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως να εξηγείται από τη γενικότερη αντίθεση που παρατηρείται ανάμεσα στα δύο φύλα ως προς την οδηγική τους συμπεριφορά. Μπορεί οι γυναίκες στην πλειοψηφία να μην εμπλέκονται γενικά σε οδικά ατυχήματα, αλλά στην περίπτωση των δυσμενών καιρικών συνθηκών, οι άντρες μπορούν να ανταπεξέλθουν καλύτερα. Επισημαίνεται ότι η μεταβλητή «Gender» θεωρείται στατιστικά σημαντική, καθώς η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald είναι 2,675.

ΧΑΜΗΛΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ

Από το αρνητικό πρόσημο της μεταβλητής στο μοντέλο προκύπτει ότι, όσο αυξάνεται η τιμή της μεταβλητής, τόσο **μειώνεται η πιθανότητα** να συμβεί ατύχημα. Αυτό

φαίνεται λογικό, καθώς όταν υπάρχει χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος, ο οδηγός μπορεί να είναι πιο άνετος και συγκεντρωμένος, επίσης υπάρχουν λιγότερες εμπλοκές, άρα και λιγότερα ατυχήματα. Επισημαίνεται ότι η μεταβλητή αυτή θεωρείται στατιστικά σημαντική, καθώς η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald είναι 6,397.

ΑΠΟΛΑΥΣΗ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΑ

Η μεταβλητή «dr_enj» προέκυψε από το ερωτηματολόγιο που κλήθηκαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες και αναφέρεται στο εάν τους αρέσει η οδήγηση ή όχι. Στο μοντέλο παρουσιάζεται με αρνητικό πρόσημο, που σημαίνει ότι όσο περισσότερο **αυξάνει η τιμή** της διακριτής αυτής μεταβλητής, δηλαδή όσο πλησιάζει την τιμή 1, τόσο μειώνεται η τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί ενδεχομένως να ερμηνευτεί σκεπτόμενοι ότι, σε όσους αρέσει η οδήγηση πιθανόν είναι λιγότερο νευρικοί οδηγοί. Απολαμβάνουν το χρόνο που περνούν οδηγώντας, δεν βιάζονται, είναι πιο συγκεντρωμένοι στην οδήγηση και γι' αυτό παρατηρείται μείωση της ταχύτητας ατυχήματος. Η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald της μεταβλητής είναι 4,091, πιστοποιώντας έτσι τη στατιστική σημαντικότητα της διακριτής αυτής μεταβλητής.

ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Το θετικό πρόσημο της μεταβλητής «RpmAverage» δηλώνει ότι, αύξηση του μέσου αριθμού στροφών του κινητήρα οδηγεί σε **αύξηση της πιθανότητας** να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται εύλογο, καθώς είναι φυσικό ότι η οδήγηση σε αυξημένες στροφές επιφέρει αύξηση της ταχύτητας του οχήματος και άρα μικρότερη ικανότητα αποφυγής ατυχήματος. Επίσης αυξημένες στροφές κινητήρα μπορεί να δείχνουν ότι ο οδηγός είναι νευρικός και άρα πιο επιρρεπής σε οδικά ατυχήματα. Η μεταβλητή παριστάνεται στατιστικά σημαντική, αφού η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald είναι 3,843.

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΟΠΟΡΕΥΟΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ

Η συνεχής μεταβλητή «HwayAverage» εμφανίζεται στο μαθηματικό μοντέλο του ατυχήματος με θετικό πρόσημο. Παρατηρήθηκε, δηλαδή, ότι αύξηση της τιμής της μεταβλητής συνεπάγεται **αύξηση της πιθανότητας** να συμβεί ατύχημα. Το παραπάνω συμπέρασμα θα μπορούσε να εξηγηθεί από το ότι, όταν η απόσταση από το προπορευόμενο είναι μεγάλη, τόσο πιο πιθανόν είναι να εμφανιστεί κάποιο απρόοπτο συμβάν, παραδείγματος χάρη πεζός που διασχίζει τον δρόμο, και να προκύψει ατύχημα. Ακόμη, είναι πιθανόν, το όχημα να αναπτύσσει μεγαλύτερη ταχύτητα, καθώς η μεγάλη απόσταση από το προπορευόμενο το επιτρέπει, γεγονός που επιφέρει μεγαλύτερη δυσκολία στην αποφυγή ατυχήματος.

Η απόλυτη τιμή του δείκτη Wald της στατιστικής σημαντικότητας της μεταβλητής είναι 2,841.

5.4.6 ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η σχετική επιρροή των μεταβλητών στο μοντέλο που αφορούν την πιθανότητα να συμβεί ατύχημα υπολογίστηκε με τη θεωρία ελαστικότητας με σχέσεις που αφορούν στο λογιστικό μοντέλο 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):

$$E_{x_{ink}}^{P(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{ink}} \frac{x_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{ink}} = [1 - \sum_{i'=1}^I P_n(i')] x_{ink} \beta_k$$

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} .

Σημειώνεται, ωστόσο, ότι οι παραπάνω σχέσεις δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν σε διακριτές μεταβλητές. Για τον υπολογισμό της ελαστικότητας των μεταβλητών αυτών χρησιμοποιείται 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, $\Delta(\beta'_{xn})$ είναι η τιμή της συνάρτησης που καθορίζει την κάθε επιλογή αφού η τιμή της x_{nk} έχει μεταβληθεί από 0 σε 1, ενώ β'_{xn} είναι η αντίστοιχη τιμή όταν η x_{nk} έχει την τιμή 0, και β_{ik} είναι η τιμή της παραμέτρου της μεταβλητής x_{nk} .

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):

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

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

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

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Πιθανότητα Ατυχήματος			
	β_i	Wald	Σχετική επιρροή	
			ei	e^*i
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0,002	3,843	2,031	10,469
Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα	0,014	2,841	0,445	2,296
Βροχή	0,872	4,084	0,646	3,329
Ομίχλη	-1,738	6,140	-0,690	-3,556
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-1,145	4,091	-0,420	-2,163
Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	-1,172	6,397	0,194	1,000
Φύλο	0,693	2,675	-0,478	-2,466

Πίνακας 5.25: Σχετική επιρροή μεταβλητών μοντέλων ατυχήματος.

Εξετάζοντας τις παραπάνω σχετικές επιρροές των ανεξάρτητων μεταβλητών **στο μοντέλο ατυχήματος**, παρατηρούμε τα εξής:

Η μεταβλητή «Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος» εμφανίζει τη μικρότερη επιρροή στην εξαρτημένη μεταβλητή με τιμή $e_i = 0,194$.

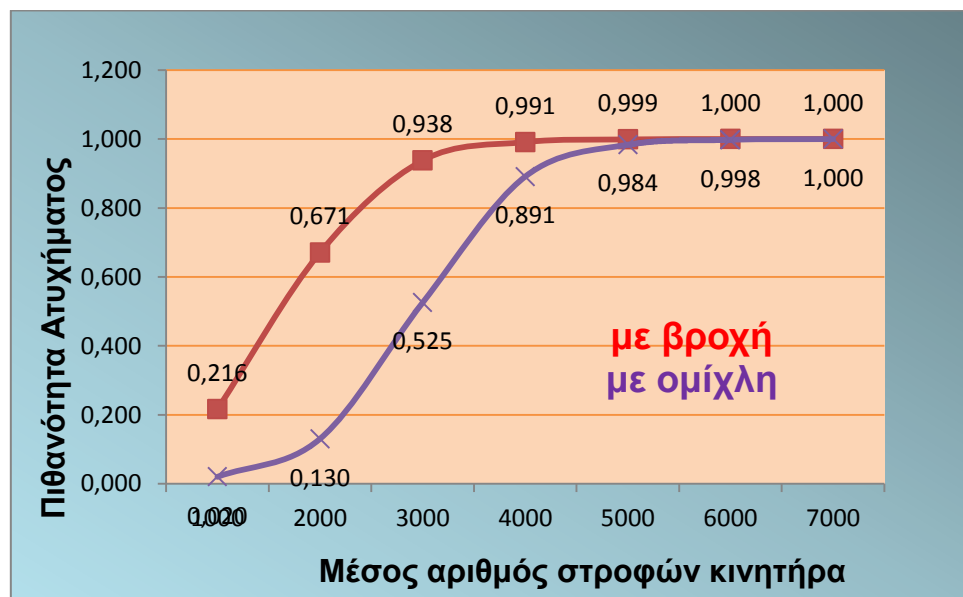
Τις αμέσως μικρότερες επιρροές στο λογάριθμο της ταχύτητας εμφάνισαν, με τη σειρά, οι μεταβλητές «Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα», «Απόλαυση της οδήγησης» και «Φύλο», με επιρροές 2,3, 2,2 και 2,5 φορές αντίστοιχα, μεγαλύτερες σε σχέση με τη μεταβλητή «Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος».

Η μεταβλητή «Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα» έχει τη μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τις υπόλοιπες στο μοντέλο της πιθανότητας ατυχήματος.

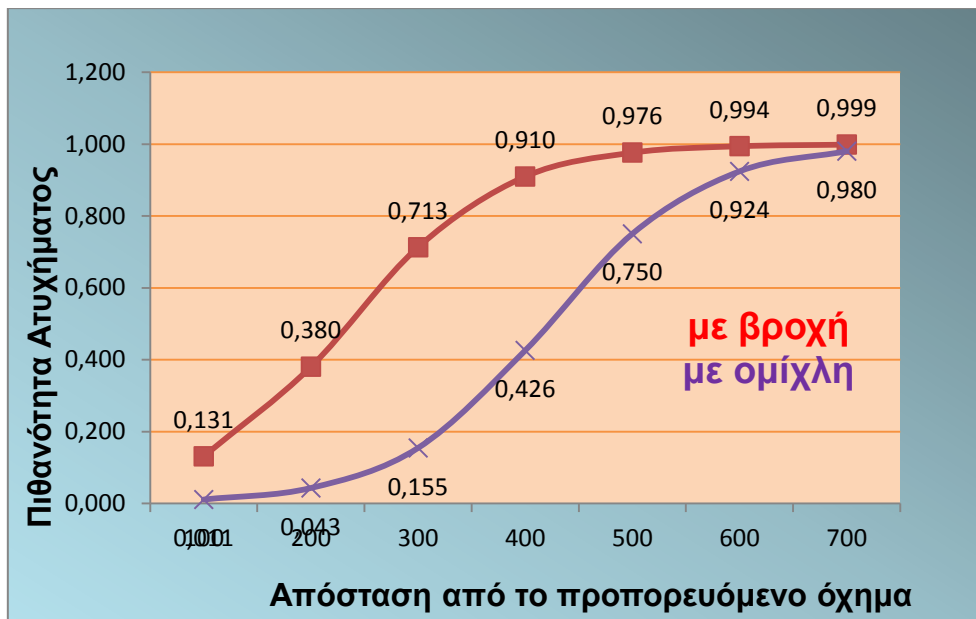
Τέλος, η μεταβλητή «Ομίχλη» παρουσιάζει 3,6 φορές μεγαλύτερη επιρροή σε σχέση με τη μεταβλητή «Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος» και η μεταβλητή «Βροχή» 3,3 φορές αντίστοιχα.

5.4.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

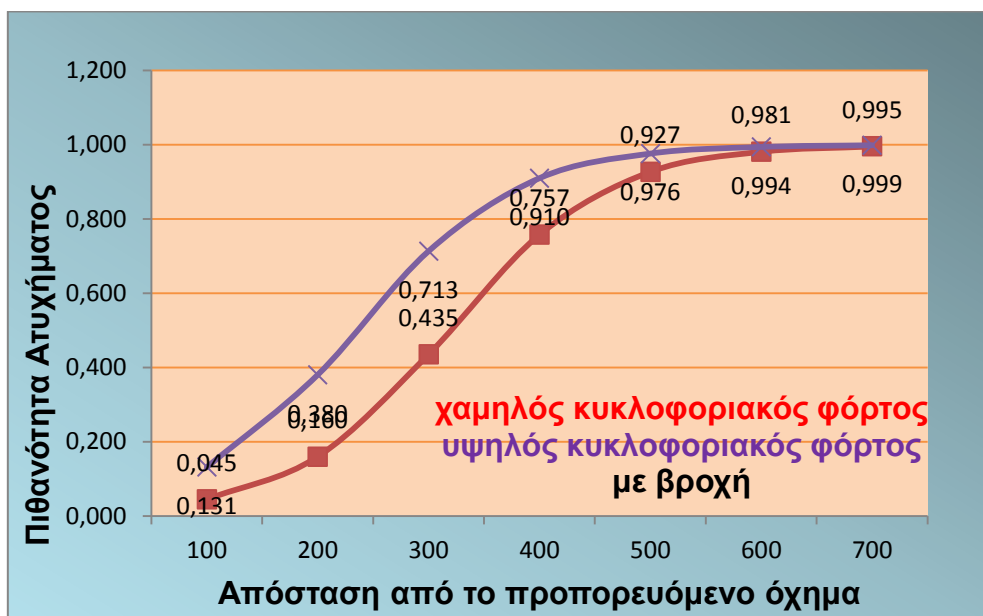
Στο παρόν εδάφιο παρουσιάζονται ορισμένα διαγράμματα ευαισθησίας, που αναπτύχθηκαν, με στόχο την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, που προβλέπει το μοντέλο της λογιστικής παλινδρόμησης. Τέλος αναφέρονται μερικά γενικά συμπεράσματα.



Διάγραμμα 5.12: Συσχέτιση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα με τον αριθμό των στροφών του κινητήρα, σε διαδρομές με βροχή και με ομίχλη αντίστοιχα.



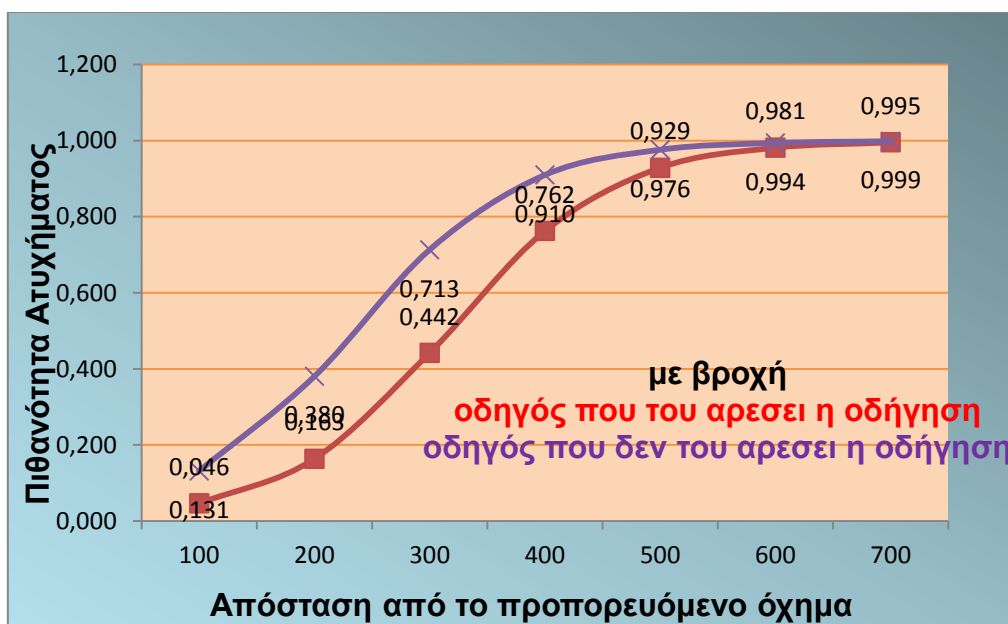
Διάγραμμα 5.15: Συσχέτιση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα με την απόσταση του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, σε διαδρομές με ομίχλη για άντρες και για γυναίκες.



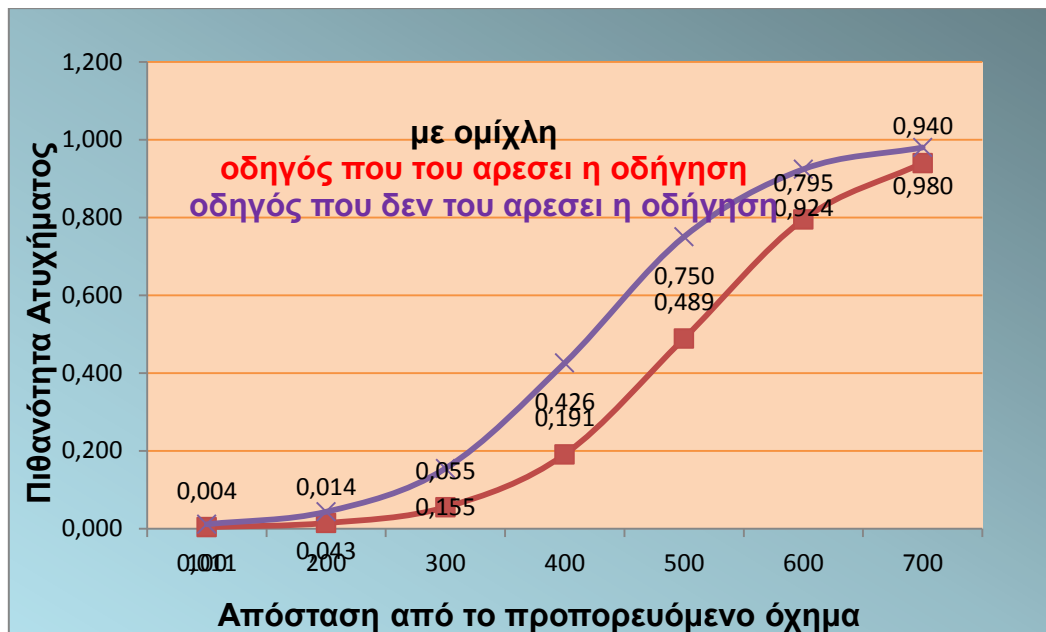
Διάγραμμα 5.16: Συσχέτιση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα με την απόσταση του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, σε διαδρομές με βροχή, για διαδρομές με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και για διαδρομές με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.



Διάγραμμα 5.17: Συσχέτιση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα με την απόσταση του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, σε διαδρομές με ομίχλη, για διαδρομές με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο και για διαδρομές με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο.



Διάγραμμα 5.18: Συσχέτιση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα με την απόσταση του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, σε διαδρομές με βροχή, για οδηγούς που τους αρέσει η οδήγηση και οδηγούς που δεν τους αρέσει η οδήγηση.



Διάγραμμα 5.19: Συσχέτιση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα με την απόσταση του οχήματος από το προπορευόμενο όχημα, σε διαδρομές με βροχή, για οδηγούς που τους αρέσει η οδήγηση και οδηγούς που δεν τους αρέσει η οδήγηση.

Από τα παραπάνω διαγράμματα ευαισθησίας προκύπτουν τα εξής γενικά συμπεράσματα:

- Οι οδηγοί εμφάνισαν μεγαλύτερη πιθανότητα να τους συμβεί ατύχημα σε διαδρομές με βροχή από ότι σε διαδρομές με την ομίχλη. Η πιθανότητα και στις δύο περιπτώσεις αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των στροφών στον κινητήρα του οχήματος.
- Η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα επίσης αυξάνεται σε υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, είτε σε βροχή, είτε σε ομίχλη.
- Όταν στον οδηγό αρέσει η οδήγηση, η πιθανότητα να συμβεί ατύχημα είναι μικρότερη, σε σχέση με την περίπτωση που στον οδηγό δεν αρέσει η οδήγηση, είτε σε βροχή, είτε σε ομίχλη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η **διερεύνηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και την ασφάλεια νέων οδηγών σε αστικές οδούς με τη χρήση προσομοιωτή οδήγησης**.

Για τη **συλλογή των απαραίτητων στοιχείων** πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 40 νέους οδηγούς στον προσομοιωτή οδήγησης (Driving Simulator FPF) του Εργαστηρίου Κυκλοφοριακής Τεχνικής του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επιπλέον συμπληρώθηκαν από τους οδηγούς αυτούς ερωτηματολόγια που αφορούσαν στα χαρακτηριστικά τους.

Από την **αρχική ανάλυση** προέκυψε ο πίνακας 6.1 που απεικονίζει την ταχύτητα, την πλευρική απόσταση και τα ατυχήματα σε αστικό περιβάλλον για διαφορετικές καιρικές συνθήκες οδήγησης, καλοκαιρία, βροχή και ομίχλη, και για διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες (υψηλός και χαμηλός φόρτος κυκλοφορίας).

Αστική οδός	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος			Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος		
	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη	Καλοκαιρία	Βροχή	Ομίχλη
Ταχύτητα οδήγησης (km/h)	30,85	30,00	30,50	29,31	29,64	30,54
Πλευρική απόστατη (m)	2,15	2,10	2,02	2,15	2,07	2,14
Ποσοστό ατυχημάτων	0,13	0,23	0	0,15	0,08	0,40

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: Ταχύτητα, πλευρική απόσταση και ποσοστό ατυχημάτων σε αστικό για τις συνθήκες οδήγησης καλοκαιρία, βροχή και ομίχλη, και για υψηλό και χαμηλό φόρτο κυκλοφορίας.

Στη συνέχεια έγινε **στατιστική επεξεργασία των στοιχείων** καθώς και ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων σε ό,τι αφορά στη μέση ταχύτητα οδήγησης και τον μέσο χρόνο αντίδρασης και μετά από σειρά δοκιμών επιλέχθηκε η εφαρμογή της μεθόδου της λογαριθμοκανονικής παλινδρόμησης. Σε ό,τι αφορά στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, επιλέχθηκε εξ αρχής η λογιστική ανάλυση παλινδρόμησης. Αξίζει να αναφερθεί ότι, πραγματοποιήθηκαν τρεις στατιστικές αναλύσεις, μία για το μοντέλο προσδιορισμού της μέσης ταχύτητας οδήγησης, μία για το μοντέλο προσδιορισμού

της πλευρικής απόστασης του οχήματος και μία για το μοντέλο προσδιορισμού της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα.

Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψαν **τα τελικά μαθηματικά μοντέλα** που αποτυπώνουν τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επισημαίνεται ότι, η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών κάθε μοντέλου στην αντίστοιχη εξαρτημένη μεταβλητή (μέση ταχύτητα οδήγησης, πλευρική απόσταση και ατύχημα ή όχι ατύχημα), προσδιορίστηκε μέσω των μεγεθών της ελαστικότητας και της ψευδοελαστικότητας. **Η σχετική επιρροή** χρησιμοποιήθηκε για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ των επιρροών των διαφορετικών μεταβλητών του ίδιου μοντέλου.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η σχετική επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στα μοντέλα της μέσης ταχύτητας, της πλευρικής απόστασης και της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Σε αυτόν περιλαμβάνονται οι τιμές των συντελεστών β_i και οι τιμές της σχετικής επιρροής e_i και e_i^* των ανεξάρτητων μεταβλητών των μοντέλων.

Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Μέση Ταχύτητα				Πλευρική Απόσταση				Πιθανότητα Ατυχήματος			
	β_i	t	e_i	e_i^*	β_i	t	e_i	e_i^*	β_i	Wald	e_i	e_i^*
Βροχή	-0,010	-1,659	-0,002	1					0,872	4,084	0,646	3,329
Ομίχλη					-0,031	-1,757	-0,034	1	-1,738	6,140	-0,690	-3,556
Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος									-1,172	6,397	0,194	1
Μεση ταχύτητα οχήματος					-0,007	3,541	0,146	-4,282				
Απόσταση από το προπορευόμενο όχημα									0,014	2,841	0,445	2,296
Απόσταση από την δεξιά οριογραμμή	0,012	2,643	0,018	-7,453								
Μέσος αριθμός στροφών κινητήρα	0,002	10,777	0,058	-24,274					0,002	3,843	2,031	10,469
Ηλικία	0,020	3,079	0,007	-3,087	-0,066	-3,616	-0,705	20,734				
Φύλο	-0,024	-3,552	-0,007	2,881					0,693	2,675	-0,478	-2,466
Οδηγική εμπειρία 4-6 έτη (από ερωτηματολόγιο)					-0,042	-2,162	-0,070	2,064				
Εμπλοκή σε ατύχημα με υλικές ζημιές (από ερωτηματολόγιο)	-0,021	-2,868	-0,004	1,749								
Απόλαυση της οδήγησης (από ερωτηματολόγιο)	-0,042	-4,108	-0,025	10,574					-1,145	4,091	-0,420	-2,163
Μείωση της ταχύτητας 0-20 χλμ/ώρα στη βροχή (από ερωτηματολόγιο)	-0,021	-2,689	-0,011	4,715								

Πίνακας 6.2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των τριών μοντέλων

6.2 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας προέκυψαν αποτελέσματα άμεσα συνδεδεμένα με το αρχικό ερώτημα και στόχο της Εργασίας. Στο υποκεφάλαιο αυτό, επιχειρείται να δοθεί απάντηση στα συνολικά ερωτήματα της έρευνας με σύνθεση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων. Έτσι, τα **γενικά συμπεράσματα** συνοψίζονται όπως παρακάτω:

- Διαπιστώνεται ότι, **η πιθανότητα ατυχήματος** σε αστικές οδούς επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες οδήγησης. Όπως προέκυψε, **η οδήγηση υπό βροχή** έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Το αποτέλεσμα αυτό ίσως μπορεί να εξηγηθεί, εξαιτίας της ολισθηρότητας του οδοστρώματος, αφού το νερό μειώνει την τριβή μεταξύ των ελαστικών και του δρόμου. Έτσι, η αποφυγή πιθανού ατυχήματος καθίσταται πιο δύσκολη. Σε αντίθεση, **η οδήγηση υπό ομίχλη**, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της πιθανότητας να συμβεί ατύχημα. Οι οδηγοί τείνουν να είναι πιο προσεκτικοί στην οδήγηση με ομίχλη, το οποίο εξηγείται λόγω της ανασφάλειας που πιθανόν αισθάνονται, εξαιτίας της χαμηλής ορατότητας.
- Επίσης, και η **συμπεριφορά των οδηγών** σε αστικές οδούς φαίνεται ότι, επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες οδήγησης. Προκύπτει ότι, **η οδήγηση υπό βροχή, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέσης ταχύτητας οδήγησης**. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι, οι οδηγοί ενδεχομένως να είναι πιο ανασφαλείς σε βροχερές συνθήκες οδήγησης, κι αυτό πιθανόν γιατί λαμβάνουν υπόψη ότι, το οδόστρωμα είναι πιο ολισθηρό και υπάρχει δυσκολία στο φρενάρισμα. Έτσι οδηγούν προσεκτικότερα και με χαμηλότερες ταχύτητες.
- Πέραν από την ταχύτητα οδήγησης, φαίνεται να επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες και η **απόσταση από την δεξιά οριογραμμή**, που κρατά ο οδηγός το όχημα. Συγκεκριμένα, οι οδηγοί τείνουν να διατηρούν μικρότερη απόσταση από την δεξιά οριογραμμή, όταν οδηγούν υπό ομίχλη. Λόγω χαμηλής ορατότητας, μπορεί να αισθάνονται μεγαλύτερη ανασφάλεια και για να αντισταθμίσουν τον

πιθανό κίνδυνο, απομακρύνονται από τον άξονα της οδού, που αποτελεί πιθανή αιτία σύγκρουσης με τα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

- **Οι οδηγοί που τους αρέσει η οδήγηση**, απολαμβάνουν το χρόνο που περνούν οδηγώντας και ενδεχομένως δεν βιάζονται, ακόμη και υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Έτσι φαίνεται ότι δεν αναπτύσσουν τόσο μεγάλες ταχύτητες, όσο οι οδηγοί που δεν τους αρέσει η οδήγηση. Για τον ίδιο λόγο, πιθανόν είναι και πιο συγκεντρωμένοι στην οδήγηση, και γι' αυτό παρατηρείται μείωση της πιθανότητας ατυχήματος.
- Ακόμη συμπεραίνεται ότι, οι οδηγοί με μεγαλύτερη ηλικία τείνουν να οδηγούν με μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με οδηγούς μικρότερης ηλικίας, υπό συνθήκες βροχής. Όσο μεγαλύτερη είναι **η ηλικία του οδηγού**, τόσο πιθανόν μεγαλύτερη είναι και η οδηγική του εμπειρία. Όμως, οδηγοί με περισσότερα χρόνια εμπειρίας έχουν καλύτερη επίγνωση των ικανοτήτων τους για το χειρισμό του οχήματος, σε σχέση με το χρόνο αντίδρασης, την απόσταση πέδησης και τις δυνατότητες πραγματοποίησης ελιγμών, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στην αύξηση της ταχύτητάς τους.
- Παρατηρήθηκε επίσης ότι σε χαμηλό **κυκλοφοριακό φόρτο**, σε συνθήκες οδήγησης υπό βροχή ή υπό ομίχλη, μειώνεται η πιθανότητα ατυχήματος. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι ο υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος δημιουργεί ένα περιβάλλον οδήγησης πιο περίπλοκο με αυξημένες δυσκολίες και περισσότερες εμπλοκές οχημάτων και γι' αυτό ο οδηγός δε μπορεί να είναι το ίδιο συγκεντρωμένος και προσεκτικός σε σχέση με τις συνθήκες χαμηλού φόρτου, έχοντας έτσι μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχήματος.
- Οι οδηγοί που δηλώνουν ότι έχουν εμπλακεί σε **ατύχημα με υλικές ζημιές** τείνουν να οδηγούν με χαμηλότερη ταχύτητα σε συνθήκες βροχής. Πιθανόν αυτό να τους έχει επιβαρύνει με άγχος, που έρχεται να προστεθεί στην ανασφάλεια που ήδη μπορεί να αισθάνονται κατά την οδήγηση με βροχή. Προκειμένου ίσως να αποφύγουν στο μέλλον αντίστοιχες καταστάσεις, τείνουν να είναι πιο συντηρητικοί

και αναπτύσσουν χαμηλότερες ταχύτητες σε σχέση με αυτούς που δεν έχουν εμπλακεί ποτέ σε ατύχημα.

- Τα **στατιστικά μοντέλα** που αναπτύχθηκαν για την επεξεργασία των στοιχείων σε ότι αφορά στην πιθανότητα να συμβεί ατύχημα, τη μέση ταχύτητα οδήγησης και την απόσταση του οχήματος από την δεξιά οριογραμμή, **αποδείχθηκαν κατάλληλα** για τις συγκεκριμένες αναλύσεις και την επίτευξη των στόχων της Διπλωματικής Εργασίας αυτής.
- Τέλος, αναφέρεται ότι, υπό προϋποθέσεις, μπορεί να καταστεί δυνατή η **γενίκευση των αποτελεσμάτων** της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, ώστε να χρησιμοποιηθούν και σε επόμενες συναφείς έρευνες. Θα πρέπει βέβαια να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες προσαρμογές, όσον αφορά στο οδικό περιβάλλον, στις συνθήκες κυκλοφορίας και άλλα χαρακτηριστικά της οδού και των οδηγών.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τα συνολικά συμπεράσματα που εξάχθηκαν κατά την εκπόνηση της Εργασίας αυτής, επιχειρείται η παράθεση μιας σειράς προτάσεων, οι οποίες ενδεχομένως να συμβάλουν στη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας καθώς και στην βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας.

- Εκστρατείες ενημέρωσης των οδηγών για την επιρροή των διαφόρων καιρικών συνθηκών στην οδηγική συμπεριφορά και την οδική ασφάλεια. Σχολεία, Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης και άλλοι αρμόδιοι φορείς καλούνται να λάβουν δράση, με σκοπό την ευαισθητοποίηση των οδηγών για την ζωτική σημασία της σωστής και κατάλληλα προσαρμοζόμενης οδικής συμπεριφοράς στις εκάστοτε καιρικές συνθήκες.
- 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.

6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Για τη περαιτέρω μελέτη του αντικειμένου της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η διερεύνηση των θεμάτων που ακολουθούν:

- Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η παρατήρηση των ίδιων μεταβλητών σε **μεγαλύτερο δείγμα οδηγών**. Όσοι περισσότεροι οδηγοί συμμετέχουν στο πείραμα, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα προκύπτουν και ίσως αυτό να έδινε τη δυνατότητα ανάπτυξης μοντέλων με ισχυρότερη επιρροή μεταξύ των μεταβλητών.
- Ένα πείραμα με συμμετέχοντες **διαφορετικών ηλικιακών ομάδων**, ίσως καθιστούσε εφικτή την εξαγωγή συμπερασμάτων για την επιρροή των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια του συνόλου των οδηγών και για τη σύγκριση της συμπεριφοράς ανάμεσα στις ηλικιακές ομάδες.

- Για περαιτέρω στατιστική ανάλυση και εξαγωγή επιπλέον μοντέλων, θα φαινόταν χρήσιμη η **εφαρμογή άλλων μεθόδων στατιστικής ανάλυσης**, οι οποίες θα ανήκουν σε διαφορετική οικογένεια από την ήδη επιλεγείσα.
- Ενδιαφέρουσα, τέλος, θα ήταν μια έρευνα αντίστοιχη της παρούσης, η οποία θα πραγματοποιηθεί υπό την επίδραση **και άλλων περιβαλλοντικών συνθηκών** για παράδειγμα υπό χιόνι, **και σε άλλα οδικά περιβάλλοντα** (αυτοκινητόδρομοι, ορεινή περιοχή, κλπ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γκούσκου Α. (Ιούλιος 2015) «Η επιρροή των διαφημιστικών πινακίδων στη συμπεριφορά και την ασφάλεια των οδηγών στις πόλεις», ΕΜΠ
- Χριστοφόρου Χ. (Ιούλιος 2012) «Προσομοίωση των επιπτώσεων των γραπτών μηνυμάτων στη συμπεριφορά και στην ασφάλεια νέων οδηγών σε αστική και επαρχιακή οδό», ΕΜΠ
- Βουτσινά Δ. (Μάρτιος 2017) «Συγκριτική ανάλυση συμπεριφοράς νέων οδηγών σε συνθήκες κανονικές και προσομοίωσης σε αστική οδό», ΕΜΠ
- Μάριος Νίκας (Οκτώβριος 2013) «Η επιρροή των διαφημιστικών πινακίδων στη συμπεριφορά και την ασφάλεια των οδηγών στις πόλεις», ΕΜΠ
- Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι.Κ. (Αθήνα, 1994) «Οδική ασφάλεια», ΕΜΠ
- Τσαγρής Μ. (Μάρτιος, 2014) «Στατιστική με τη χρήση του πακέτου IBM SPSS 22», Σημειώσεις
- Λοϊζος Α., Πλατή Χ. (Οκτώβριος, 2014) «Σημειώσεις για το μάθημα ειδικά θέματα οδοστρωμάτων», ΕΜΠ
- Andreas Riener 2010 “**Simulating on the road behavior using a driving simulator**”, 3rd International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, ACHI 2010
- Kaptein et al. 1996 “**Driving Simulator Validity: Some Considerations**”
- Rosey et al. 2017 “**Driver behaviour in fog is not only a question of degraded visibility – A simulator study**”, Safety Science
- Peng et al. 2017 “**Assessing the impact of reduced visibility on traffic crash risk using microscopic data and surrogate safety measures**”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies
- Theofilatos and Yannis 2014 “**A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety**”, Accident Analysis and Prevention
- Faouzi et al. 2010 “**Effects of Adverse Weather on Traffic Crashes: Systematic Review and Meta-Analysis**”, SIRWEC 2010: 15th International Road Weather Conference

- Hazard 1988 “**Risk of a road accident in rainy weather**”, Rain
- Ntua Road Safety Observatory, www.nrso.ntua.gr
- U.S Department of Transportation, ops.fhwa.dot.gov
- European Road Safety Observatory, ec.europa.eu/transport/road_safety

